



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

Aplicación industrial de motores de inducción. Clases de servicio

Apellidos, nombre	Puche Panadero, Rubén (rupupca@die.upv.es)
Departamento	Departamento de Ingeniería Eléctrica
Centro	Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño Universidad Politécnica de Valencia



1 Resumen

Las máquinas eléctrica en general, trabajan aportando como mucho la potencia nominal o máxima potencia que de forma que térmica no provoque un envejecimiento acelerado de la máquina, pero en muchas ocasiones puede disponer de una potencia bastante mayor a la denominada como "potencia nominal".

Con este artículo se plantean posibles alternativas de aplicaciones de motores eléctricos de inducción, de forma que se optimice los recursos disponibles en el motor. Así se analizan los límites mecánicos de la máquina eléctrica y según en qué caso cual es el límite real de dicha máquina.

La Norma, establece unas ecuaciones que limitan, en cada tipo estandarizado de aplicación, el límite térmico y el límite mecánico. En este trabajo se plantean los diferentes tipos normalizados de aplicaciones y de ellos a modo ilustrativo se extraen y plantean unos ejercicios de optimización de recurso.

2 Introducción

Cuando se pretende hacer uso de un motor eléctrico como elemento propulsor de una máquina cualesquiera, uno de los parámetros más importantes a la hora de elegir el motor es el que determina que el motor tiene suficiente potencia para poder "arrastrar", lo que se denomina como "potencia nominal" del motor. Pero realmente se pueden plantear varias preguntas: ¿Que es lo que determina esta potencia nominal?. ¿Esta es la potencia única a la que puede funcionar el motor?. ¿La potencia nominal es la máxima a la que puede trabajar el motor?.

Pues bien, en los tratados clásicos todas estas preguntas se pueden contestar mediante una gráfica que nos relaciona el par disponible en el motor eléctrico, con la velocidad de giro del rotor de dicha máquina. En el apartado 3 se estudia esta característica, que es propia de cada motor, en todo caso, y dependiendo del tipo de aplicación, la potencia máxima depende del régimen de trabajo a que se someta al motor.

Hay que decir que el denominado como punto de funcionamiento nominal, es aquel en el que el motor no sobrepasa una determinada temperatura (que en la impone los aislantes). Por lo tanto, el punto de funcionamiento nominal queda determinado por características térmicas y por tanto son muchos los parámetros que puede influir en ese punto.

En la placa de características de un motor y en los catálogos, solo se puede poner un número limitado de valores identificativos, entonces los datos que son reflejados son los de funcionamiento en unas condiciones determinadas. Entre otras se puede resaltar:

- Régimen de trabajo continuo, significa que trabajos de 8 horas consecutivas.
- Altitud de trabajo, los datos están referidos al nivel del mar.
- Temperatura ambiente máxima.

Toda variación de estas condiciones ambientales y de trabajo implica que el motor pueda trabajar aportando potencias sensiblemente diferentes. En este trabajo nos referiremos al primer punto indicado, que según el tiempo de



funcionamiento y el tiempo de parada se determina una serie de clases de servicio. Como este tipo de incidencia es tan habitual, ha hecho que se desarrolle una normativa sobre regímenes de trabajo (denominada "Clases de servicio") que es aplicable a este tipo de máquinas eléctricas, a la aparataje eléctrica, y otros equipos similares.

3 Objetivos

Son varios los objetivos que se pretenden alcanzar con el desarrollo de este trabajo, todos ellos relacionados con aquellas necesidades que tiene el técnico para poder realizar aplicaciones con criterio de economía y practicidad. De hecho en la gran mayoría de aplicaciones se podía haber utilizado un motor diferente al que realmente se utiliza, generalmente más pequeño. Por lo tanto, bajo esta perspectiva se plantean los siguientes objetivos:

- Consultar las diferentes partes de la Norma referida a las aplicaciones de motores y sus clases de servicio.
- Obtener las limitaciones tanto mecánicas como térmicas del funcionamiento de un motor a partir de los datos de catálogo .
- Evaluar las modificaciones de los valores nominales del motor en función del tipo de aplicación.

4 Desarrollo

Cuando se quiere accionar una máquina mediante un motor eléctrico, el proceso habitual de selección del motor es calcular previamente la potencia de arrastre de la máquina a accionar y la velocidad de funcionamiento de dicha máquina, o lo que es lo mismo, el par necesario de arrastre de dicha aplicación. Entonces desde un catálogo, o mediante los datos de la placa de características, se elige el motor que aporte dicha potencia o par. Hay que resaltar que los datos que aparecen en estos dos documentos son los correspondientes al punto de funcionamiento nominal y este punto de trabajo es uno más de los posibles, dentro del rango de trabajo del motor a elegir.

Con los datos nominales de un motor desde catálogo se puede extraer lo que se conoce como curva de par velocidad. En ella se refleja el rango de funcionamiento de un motor eléctrico, que para el caso de un motor industrial convencional de los denominados "motor asíncrono con rotor en jaula de ardilla" podría ser la de la figura 1.

El punto de funcionamiento nominal, no es más que un determinado punto de trabajo, que no es el que corresponde al par máximo, ni el de mayor velocidad. En concreto este punto de funcionamiento nominal viene fijado por un criterio térmico. Se puede decir que este punto de trabajo (que se encuentra regulado por Normativa) es aquel en el que, funcionando el motor de forma continua, los aislantes del devanado no superan su temperatura límite. En caso contrario, se produce un proceso de envejecimiento prematuro, tanto más acelerado cuanto mayor sea la temperatura alcanzada.

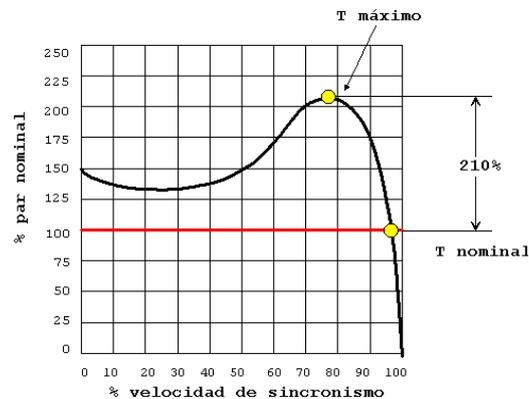


Figura 1.- Curva de par velocidad de un motor asíncrono

Cuando un motor trabaja de forma continua (al menos las 8 horas diarias), se dice que está trabajando en una clase de servicio denominada como "S1" o "Servicio continuo", pero es de sobra conocido que hay muchas aplicaciones en las que los motores no están trabajando bajo este régimen continuo. Al tener periodos más o menos largos de inactividad, entonces el motor puede enfriarse y/o calentarse de forma muy diferente al que se estima para la clase de servicio "S1", disponiendo así de más potencia que la indicada como punto nominal.

4.1 Calentamiento del motor asíncrono y determinación de las clases de servicio

Las variaciones de temperatura que experimenta el motor NO son instantáneas, dependen de las capacidades térmicas de los materiales que lo componen. La ecuación 1 rige el proceso de calentamiento, representado en la figura 2:

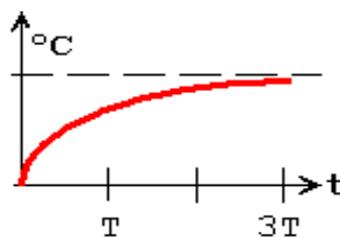


Figura 2.- Evolución de la temperatura

$$Q_I - Q_E = M \cdot C_e \cdot \frac{\Delta\theta}{\Delta t}$$

Ecuación 1. Definición de la ecuación de calor.

Dónde Q_I es el calor interno generado, Q_E es el calor evacuado, M es la masa del motor, C_e el calor específico y θ es el incremento de temperatura respecto al ambiente. Por tanto, el salto de temperatura **NO** es instantáneo. El motor tiene una "inercia térmica" que determina la velocidad de calentamiento y enfriamiento.



Para cada motor, el fabricante proporciona el valor de su inercia térmica mediante una constante en minutos "T". Cuando se alcanza un tiempo de 3 veces el de la constante proporcionada por el fabricante el motor ha alcanzado aproximadamente el 95% de su temperatura final. En la tabla 1, se dan las características de ciertos motores:

Motor	Potencia nominal (kW)	Peso (kgs)	"T" (minutos)
1LA7053	0,09	3	11
1LA7107	3	26	12
1LA7133	5.5	45	14
1LA7163	11	76	19
1LA7207	30	170	35
1LA7110	110	830	55

Tabla 1.- Referencias de potencia, peso y constante de calentamiento

La variable "T" de la última columna de la tabla1 es la constante térmica de calentamiento del motor. Además esta constante, será distinta para el calentamiento que para el enfriamiento, ya que en este caso actúa el ventilador (normalmente va acoplado al eje). Por ejemplo, para motores de hasta 25 Kw, la constante de enfriamiento es unas 9 veces menor que la de calentamiento.

Por lo tanto, como se ha indicado anteriormente en el cálculo de la temperatura del motor hay que tener en cuenta su variable "T" de calentamiento y naturalmente su régimen de trabajo, denominado como "CLASE DE SERVICIO". Es fácil de entender que hay tantas clase de servicio como posibles aplicaciones industriales, pero se han agrupado y normalizado atendiendo a criterios de semejanza. En la norma UNE 20-113-73 se especifican 10 clases de servicio.

4.2 Clases de servicio

- S1 Servicio continuo

La máquina funciona con carga constante durante un tiempo suficientemente largo como para alcanzar el equilibrio térmico.



Figura 3.- Evolución de la temperatura en S1

- S2 Servicio temporal o de corta duración

Ciclos de carga constante breves con reposos prolongados en que la máquina se enfría a temperatura ambiente. Se denomina indicando la duración del servicio y la potencia: Ejemplo "S2: 20 minutos, 15 Kw"

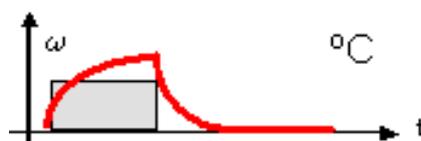


Figura 4.- Evolución de la temperatura en S2



- S3, S4 y S5 Servicio intermitente

Ciclos formados por un periodo con carga constante y otro de reposo, lo suficientemente cortos para que la máquina no alcance el equilibrio térmico. Se denomina indicando:

- La duración de la maniobra y la potencia; **"S3: 15 min / 60 min, 20 Kw"**
- El porcentaje de marcha y la potencia; **"S3: 25 %, 60 min, 20 Kw"**

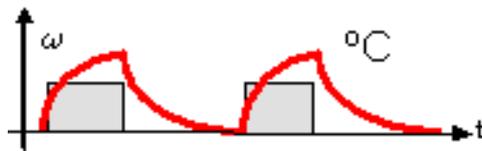


Figura 5.- Evolución de la temperatura en S3-S4-S5

El servicio S4 tiene en cuenta el sobrecalentamiento en el arranque. Se especifica indicando el porcentaje de marcha y el número de arranques por hora; **"S4: 40%, 520 arranques, 30Kw"**.

El servicio S5 tiene en cuenta además el sobrecalentamiento en el frenado eléctrico, indicando el tipo de frenado; **"S5: 30%, 250 maniobras/hora, frenado por contracorriente, 50 Kw"**.

- S6,S7,S8 Servicio ininterrumpido

La máquina no llega a parar. El servicio S6 está formado por periodos en carga y en vacío. El S7 añade sobrecalentamientos en arranque y frenada eléctrica. Y el S8 incorpora además periodos a distintas velocidades.

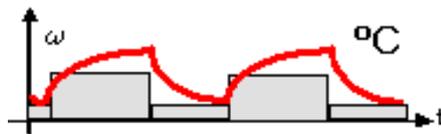


Figura 6.- Evolución de la temperatura en S3-S4-S5

Dentro de las diferentes clases de servicio interesa remarcar que hay unas las S2, S3 y S6 que permiten un aumento de potencia (es decir utilizar motores de menor potencia nominal al requerido por la aplicación) en comparación con el servicio continuo S1, que como se ha indicado es el que viene en las tablas del fabricante. ¿Por qué? Porque se descarga el motor ANTES de que alcance su temperatura máxima, y dejándolo enfriar (en un porcentaje mayor o menor) antes de una nueva carga o conexión. La potencia máxima que puede entregar el motor durante los periodos de carga, denominada potencia "térmica" (P_{th}), es por tanto, superior a la nominal, y depende de los tiempos de trabajo del motor, y de sus características térmicas.

4.3 Ejemplos de aplicación de las clases de servicio

Para que el lector pueda identificar fácilmente los ejemplos y relacionarlos con los requerimientos que la normativa recoge, se van a desarrollar unos cuantos ejemplos que están contemplados en la citada Norma.



Decir también que se necesitan de unos valores de los motores asíncronos (causa de nuestro artículo) que normalmente no suelen encontrarse ni en catálogos convencionales ni tampoco en las placas de características, pero que en todo caso pueden solicitarse al fabricante que los pondrá a disposición de los diseñadores de este tipo de aplicaciones. En la figura 7 se presenta una hoja de catálogo con una serie de motores. En ella aparecen muchas variables de estas máquinas pero no los de carácter térmico que se necesitan para la aplicación de las clases de servicio.

Potencia nominal kW	Tamaño	Clave	Valores de servicio a potencia nominal					Relación entre			Clase de par	Curva de par según págs. 2/15 a 2/18	Momento de inercia J	Peso Forma constr. IM B3
			Velocidad nominal	Rendimiento η	Factor de potencia $\cos \varphi$	Corriente nominal a 400 V	Par nominal	par de arranque y par nominal de giro	corriente de arranque y corriente nominal de giro	par máximo y par nominal de giro				
			min ⁻¹	%	A	Nm				KL		kgm ²	aprox. kg	
1500 min⁻¹, 4 polos, 50 Hz														
0,06	56	1LA7 050-4AB..?)	1305	56	0,78	0,20	0,43	1,9	2,8	2,0	13	10	0,0027	3,0
0,09		1LA7 053-4AB..?)	1300	58	0,77	0,29	0,64	2,1	3,3	2,1	13		0,0027	3,0
0,12	63	1LA7 060-4AB..?)	1350	56	0,70	0,44	0,85	1,9	2,7	1,9	13	10	0,0003	3,5
0,18		1LA7 063-4AB..?)	1350	59	0,76	0,58	1,3	1,9	2,9	1,9	13		0,0004	4,0
0,25	71	1LA7 070-4AB..)	1350	60	0,79	0,76	1,8	1,9	3,0	1,9	13	10	0,0006	4,8
0,37		1LA7 073-4AB..)	1370	65	0,80	1,03	2,6	1,9	3,3	2,1	13		0,0008	6,0
0,55	80	1LA7 080-4AA..)	1395	67	0,81	1,45	3,7	2,2	3,9	2,2	16	3	0,0015	8,0
0,75		1LA7 083-4AA..)	1395	72	0,81	1,86	5,1	2,3	4,2	2,3	16		0,0018	9,4
1,1	90 S	1LA7 090-4AA..)	1410	73	0,83	2,65	7,5	2,0	4,3	2,3	16	2	0,0028	12,3
1,5	90 L	1LA7 096-4AA..)	1420	77	0,82	3,45	10	2,4	5,0	2,8	16	3	0,0035	15,6
2,2	100 L	1LA7 106-4AA..)	1420	80	0,82	4,9	15	2,5	5,2	2,6	16	3	0,0048	24
3		1LA7 107-4AA..)	1420	81,5	0,83	6,4	20	2,6	5,5	2,8	16		0,0058	26
4	112 M	1LA7 113-4AA..)	1440	84,0	0,83	8,3	27	2,7	6,5	3,0	16	2	0,011	31
5,5	132 S	1LA7 130-4AA..)	1455	86,0	0,81	11,4	36	2,4	6,3	3,1	16	3	0,018	45
7,5	132 M	1LA7 133-4AA..)	1455	87,5	0,82	15,1	49	2,7	6,7	3,2	16		0,024	56
11	160 M	1LA7 163-4AA..)	1460	88,5	0,84	21,4	72	2,4	6,3	2,9	16	3	0,040	76
15	160 L	1LA7 166-4AA..)	1460	90,0	0,84	28,5	98	2,8	6,5	3,2	16		0,052	93
18,5	180 M	1LA5 183-4AA..)	1460	90,5	0,83	35 ¹⁾	121	2,3	7,5	3,0	16	3	0,13	112
22	180 L	1LA5 186-4AA..)	1460	91,2	0,84	41 ¹⁾	144	2,3	7,5	3,0	16		0,15	126
30	200 L	1LA5 207-4AA..)	1465	91,8	0,86	55	196	2,6	7,0	3,2	16	3	0,24	170
37	225 S	1LA5 220-4AA..)	1470	92,9	0,87	66 ¹⁾	241	2,8	7,0	3,2	16	3	0,32	215
45	225 M	1LA5 223-4AA..)	1470	93,4	0,87	80 ¹⁾	293	2,8	7,7	3,3	16		0,36	235
55	250 M	1LA6 253-4AA..)	1475	94,0	0,87	97	356	2,4	6,7	2,5	16	4	0,79	435
75	280 S	1LA6 280-4AA..)	1480	94,7	0,86	132	484	2,5	6,7	2,7	16	4	1,4	610
90	280 M	1LA6 283-4AA..)	1480	94,9	0,86	160 ¹⁾	581	2,5	6,8	2,7	16		1,6	660
110	315 S	1LA6 316-4AA..)	1485	94,8	0,86	194	707	2,5	6,7	2,7	16	4	2,2	830
132	315 M	1LA6 319-4AA..)	1485	95,5	0,87	230 ¹⁾	849	2,5	6,9	2,7	16		2,7	910
160	315 L	1LA6 316-4AA..)	1485	95,8	0,87	275	1030	2,5	7,0	2,7	16		3,2	1060
200	315 L	1LA6 317-4AA..)	1488	96,2	0,87	345	1280	2,6	7,0	2,7	16		4,2	1200

Figura 7.- Hoja de catálogo de motores asíncronos

Por otro lado hay que tener en cuenta la potencia mecánica disponible en un motor puede ser mayor a las determinadas así, se tiene que el **“Límite de seguridad mecánica”**, que en la norma VDE 0530 se especifica del modo siguiente:

Los motores polifásicos de inducción deben ser sobrecargables hasta 1'6 veces el par nominal durante 15 segundos, a tensión y frecuencia nominal, independientemente de su clase de servicio y ejecución

Y además como los datos del catálogo están sometidos a una tolerancia del 10%, la relación entre el par máximo del motor y el par mecánico de la carga que resulta de la aplicación del criterio anterior es:

$$\frac{T_{\text{máx}}}{T_{\text{carga máx}}} \geq 1'6/0'9 = 1'8 \quad \rightarrow \quad P_{\text{carga máx}} = T_{\text{carga máx}} \cdot \omega_{\text{nom}} \leq \frac{T_{\text{máx}}}{1'8} \cdot \omega_{\text{nom}}$$

Y como: $P_{\text{nom}} = T_{\text{nom}} \cdot \omega_{\text{nom}} \quad \rightarrow \quad P_{\text{carga máx}} \leq \frac{T_{\text{máx}}}{1'8} \cdot \omega_{\text{nom}} = \frac{T_{\text{máx}}}{1'8} \cdot \frac{P_{\text{nom}}}{T_{\text{nom}}}$



Es decir, la potencia mecánica máxima que puede proporcionar el motor respecto a la nominal que figura en su placa de características, atendiendo al criterio de sobrecarga impuesto por la norma, es:

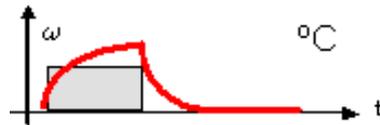
$$P_{\text{carga máx}} \leq \frac{T_{\text{máx}}}{1,8 \cdot T_{\text{nom}}} \cdot P_{\text{nom}} \quad (1)$$

Lo que a efectos prácticos implica que un motor con un par máximo superior a 1'8 veces el nominal podría dar una potencia mecánica superior a la que viene especificada en su catálogo.

4.3.1 Ejemplos de una clase de servicio "S2".

Para el estudio y aplicación de este tipo de clase de servicio que es discontinuo, se necesitará conocer, tanto:

- La constante de calentamiento del motor T
- Como el tiempo de marcha intermitente $t_B < 3 T$



Además de la Norma se puede obtener la expresión que nos proporcionará la potencia térmica "P_{th}", en función de unas constantes de calentamiento del motor ("k₀" y la "T") y la relación entre que nos identifica la intermitencia de funcionamiento en la aplicación. Así se tiene que:

$$P_{\text{th}} \leq P_n \sqrt{\frac{1 - k_0}{1 - e^{-\frac{t_B}{T}} - k_0}} \quad (2)$$

Siendo los valores de la constante "k₀", los recogidos en la tabla 2.

Tamaño constructivo	2 polos	4 polos	6 polos	8 polos
50 a 90 L	0,35	0,45	0,5	0,5
100L a 160L	0,25	0,25	0,3	0,3
180M y 180L	0,25	0,25	0,3	0,3
200L a 250M	0,25	0,3	0,3	0,3
280S a 315M	0,35	0,35	0,3	0,3

Tabla 2.- Valores de las constantes térmicas de motores asíncronos.

Ejemplo: Se supone que se quiere construir una draga flotante, en la cual se necesitan motores de 4 polos de 7.5 kW. El tipo de aplicación requiere un servicio de tipo S2 con un tiempo de carga de 13 min. Seleccionar el tipo de motor.



Atendiendo a la relación de motores de la figura 2, y suponiendo que se tratase de una aplicación con una clase de servicio continuo (S1), se necesitaría un motor del tipo:

Motor: 7.5 Kw 132 M **1LA7 133-4AA** 1455 r.p.m. $T_{m\acute{a}x}/T_{nom} = 3,2$

Cabría preguntarse: ¿Se podría utilizar un motor de una potencia inferior, puesto que el servicio no es continuo? ¿Por ejemplo, el motor anterior (ver figura 2)

Motor: 5.5 Kw 132 S **1LA7 130-4AA** 1455 r.p.m. $T_{m\acute{a}x}/T_{nom} = 3,1$

Analizándose los dos límites de potencia: **Potencia mecánica:**

$$P_{carga\ m\acute{a}x} \leq \frac{T_{m\acute{a}x}}{1,8 * T_{nom}} \cdot P_{nom} = \frac{3,1}{1,8} \cdot 5,5 = 9,47\ Kw$$

Luego el motor puede accionar la draga de 7,5 Kw según este límite.

Potencia térmica (según tablas anteriores y la ecuación 2)

$T = 14\ min$

$t_B = 13\ min (< 3T)$

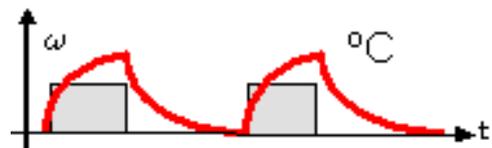
$k_0 = 0,25$

$$P_{th} \leq P_n \sqrt{\frac{1 - \frac{t_B}{T} - k_0}{1 - e^{-\frac{t_B}{T}}}} = 5,5 \cdot \sqrt{\frac{1 - \frac{13}{14} - 0,25}{1 - e^{-\frac{13}{14}}}} = 5,5 \cdot 1,36 = 7,52\ Kw$$

Luego el motor de 5,5 Kw es válido para esta aplicación según ambos límites.

Clase de servicio S3 (intermitente con parada):

- Constante de calentamiento del motor T
- Tiempo de marcha intermitente $t_B < 3T$
- Porcentaje de marcha sobre el total t_r
- Relación entre la conducción del calor del motor sin ventilar (paro) y ventilado (marcha) h



$$P_{th} \leq P_n \sqrt{1 + \frac{(1 - t_r) \cdot h}{(1 - k_0) \cdot t_r}}$$

Ejemplo: En una mezcladora de un silo se necesita un motor de cuatro polos para S3: 40%, 10 min con una potencia de 4Kw. Seleccionar el tipo de motor.

Según las tablas anteriores, en servicio continuo se necesitaría un motor del tipo

Motor: 4 Kw 112 M **1LA7 113-4AA** 1440 r.p.m. $T_{m\acute{a}x}/T_{nom} = 3,0$

¿Se podría utilizar un motor de una potencia inferior, puesto que el servicio no es continuo? ¿Por ejemplo, el motor anterior (ver hoja de catálogo).

Motor: 3 Kw 100LS **1LA7 107-4AA** 1420 r.p.m. $T_{m\acute{a}x}/T_{nom} = 2,8$ ¿



Analicemos los dos límites de potencia: **Potencia mecánica:**

$$P_{\text{carga máx}} \leq \frac{T_{\text{máx}}}{1,8 \cdot T_{\text{nom}}} \cdot P_{\text{nom}} = \frac{2,8}{1,8} \cdot 3 = 4,67 \text{ Kw}$$

Luego el motor puede accionar el silo de 4 Kw según este límite.

Potencia térmica De las tablas anteriores se obtiene que:

$T = 12 \text{ min}$ (según tabla) $> 3 \cdot t_b = 30 \text{ min}$ $t_r = 0,4$ $k_0 = 0,25$ $h = 0,45$

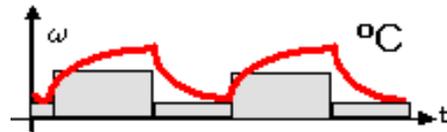
$$P_{\text{th}} \leq P_n \sqrt{1 + \frac{(1-t_r) \cdot h}{(1-k_0) \cdot t_r}} = 3 \cdot \sqrt{1 + \frac{(1-0,4) \cdot 0,45}{(1-0,25) \cdot 0,4}} = 3 \cdot 1,378 = 4,13 \text{ Kw}$$

Luego el motor de 4 Kw es válido para esta aplicación según ambos límites.

Clase de servicio S6 (Continuo con carga intermitente. Sin parada):

El motor continúa ventilado cuando durante el periodo de marcha en vacío.

- Constante de calentamiento del motor T
- Tiempo de marcha en carga $t_b < 2 T$
- Porcentaje de marcha sobre el total t_r



$$P_{\text{th}} \leq P_n \sqrt{\frac{1}{t_r}}$$

Ejemplo: En una torno se necesita un motor para S4: 40%, 7 min que debe dar 14Kw a 1500 r.p.m. Seleccionar el tipo de motor.

Según las tablas anteriores, en servicio continuo se necesitaría un motor del tipo

Motor: 15 Kw 160L **1LA7 166-4AA** 1460 r.p.m. $T_{\text{máx}}/T_{\text{nom}} = 3,2$

¿Se podría utilizar un motor de una potencia inferior, puesto que el servicio no es continuo? ¿Por ejemplo, el motor anterior (ver hoja de catálogo)

Motor: 11 Kw 160M **1LA7 163-4AA** 1460 r.p.m. $T_{\text{máx}}/T_{\text{nom}} = 2,9$

Potencia mecánica: $P_{\text{carga máx}} \leq \frac{T_{\text{máx}}}{1,8 \cdot T_{\text{nom}}} \cdot P_{\text{nom}} = \frac{2,9}{1,8} \cdot 11 = 17,72 \text{ Kw}$

Luego el motor puede accionar el torno de 14 Kw según este límite.

Potencia térmica: De tablas se tiene $T = 12 \text{ min}$ $t_r = 0,4$ $t_b = 7 \text{ min} < 2T$

$$P_{\text{th}} \leq P_n \sqrt{\frac{1}{t_r}} = 11 \cdot \sqrt{\frac{1}{0,4}} = 11 \cdot 1,58 = 17,4 \text{ Kw}$$

Por tanto con un motor de 11 kW, sería suficiente, ¿pero se podría utilizar otro más pequeño?, por ejemplo el Motor: 7,5 Kw 132M **1LA7 133-4AA** 1455 r.p.m. $T_{\text{máx}}/T_{\text{nom}} = 2,7$?



Potencia mecánica:

$$P_{\text{carga máx}} \leq \frac{T_{\text{máx}}}{1,8 \cdot T_{\text{nom}}} \cdot P_{\text{nom}} = \frac{2,7}{1,8} \cdot 7,5 = 11,25 \text{ Kw}$$

Se puede observar que ahora el límite de potencia impide su utilización.

5 Cierre

Se puede comprobar que en diferentes aplicaciones no hay que quedarse con los datos básicos de aplicación de un motor asíncrono, que podemos disponer en la placa de características y/o en el catálogo, si no que con un análisis exhaustivo de la aplicación a veces se puede economizar en el motor de impulsión.

Un técnico cualificado debe ser consciente de qué parámetros son los verdaderos limitadores de cualquier máquina, y en particular los motores eléctricos. Este texto se ha presentado desde un punto de vista educativo y práctico. Se ha dejado de analizar otras clases de servicio que el lector puede estudiar en la propia Norma, pero se ha tratado de reflejar de forma clara y concisa, mediante ejemplos de aplicación, como se puede optimizar los recursos disponibles.

6 Bibliografía

6.1 Libros

- [1] Pérez Cruz, J., Pineda Sánchez, M., Pucho Panadero, R. "Aplicaciones Técnicas Industriales de Motores de Inducción". UPV. 2010.
- [2] Roger Folch, J., Riera Guasp, M., Roldán Porta, C. "Tecnología Eléctrica". Síntesis.2010.
- [3] J.M. Merino Azcárraga. "Arranque Industrial de motores asíncronos", Mc Grau Hill. 1995.
- [4] Pérez Cruz, J., Pineda Sánchez, M., Pucho Panadero, R. "Introducción a las Instalaciones y Tecnología Eléctrica". UPV. 2009.
- [5] Martínez Román, JA, Pérez Cruz, J., Pineda Sánchez, M. "Prácticas de Laboratorio de Máquinas Eléctricas". UPV. 2009.
- [6] Roger Folch, J., Riera Guasp, M., Pineda Sánchez, M., Pérez Cruz, J. "Prácticas de Laboratorio de Tecnología Eléctrica". UPV. 2011.

6.2 Referencias de fuentes electrónicas

- [7] Catálogos de motores de eléctricos de inducción. Ver páginas web de:

<http://www.abb.es/product/es/9AAC133417.aspx?country=ES>

<http://www.automation.siemens.com/mcms/drives/en/motor/Pages/Default.aspx>