Guía del motor

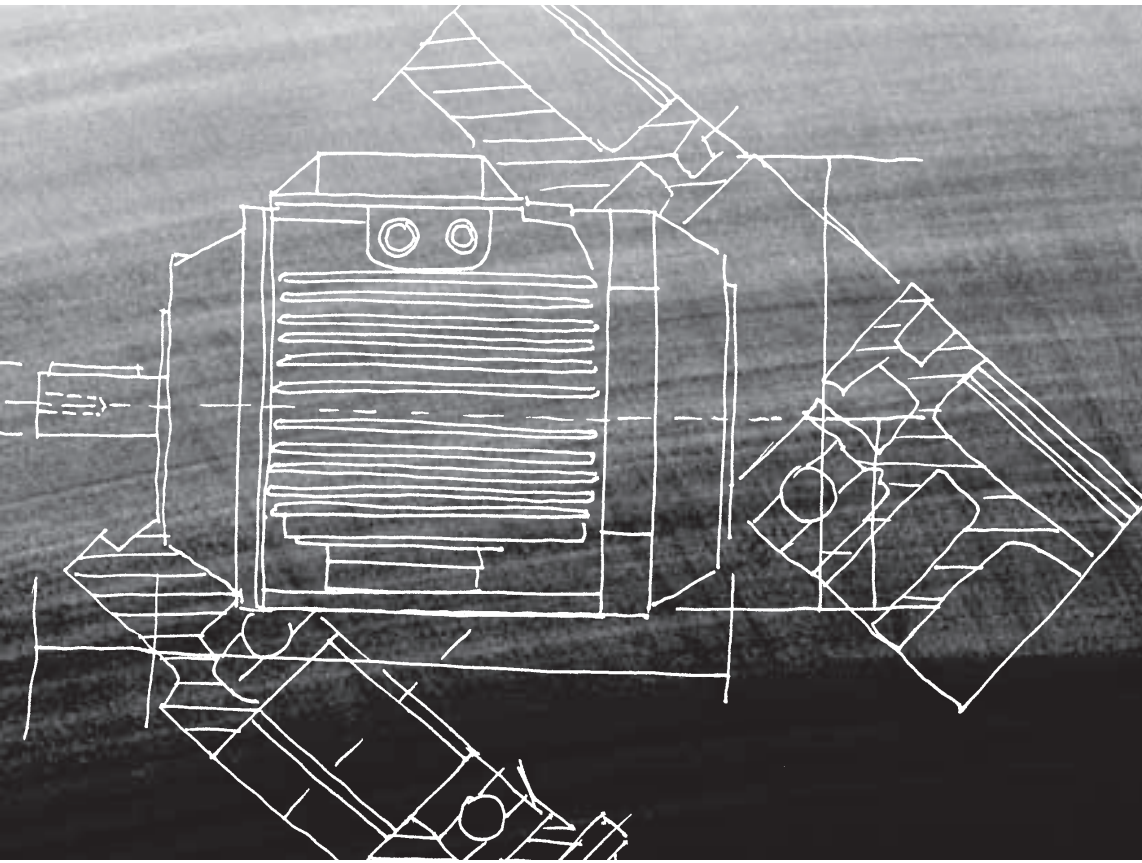


ABB Motors

10. Accionamientos de velocidad variables

10.1 General
10.2 Convertidores
10.2.1 Convertidores directos
10.2.2 Convertidores indirectos
10.3 Modulación de anchura de pulso (PWM)
10.4 Dimensionar el accionamiento
- Selección del motor
- Diseño del motor
- Selección del convertidor
10.5 Cargabilidad (par)
10.5.1 Mejorar la cargabilidad
- Refrigeración más efectiva
- Filtros
- Diseño especial del rotor
10.6 Nivel de aislamiento
10.7 Toma a tierra
10.8 Funcionamiento a alta velocidad
10.8.1 Par máximo
10.8.2 Contrucción de los rodamientos
10.8.3 Engrase
10.8.4 Ruido del ventilador
10.9 Equilibrado
10.10 Velocidades críticas
10.11 Retenes
10.12 Funcionamiento a baja velocidad
10.12.1 Engrase
10.12.2 Capacidad de refrigeración
10.12.3 Ruido electromagnético

6.8.1 Percepción de diferencias en el nivel sonoro
6.9 Niveles de presión de sonido

7. Instalación y mantenimiento

7.1 Aceptación de la entrega
7.2 Comprobación de la resistencia de aislamiento
7.3 Par en los bornes
7.4 Utilización
- Condiciones de trabajo
- Seguridad
- Prevención de accidentes

7.5 Manejo
- Almacenamiento
- Transporte
- Pesos de los motores

7.6 Anclajes
7.6.1 Pernos de anclaje
7.7 Alineamiento de acople
7.7.1 Montar poleas y mitades de acoplamiento
7.8 Raíles tensores
7.9 Montaje de rodamientos
7.10 Engrase
7.10.1 Motores con rodamientos permanentemente engrasados
7.10.2 Motores con sistema de engrase
7.11 Guía de nivel de fusibles

8. El Sistema Internacional

8.1 Cantidades y unidades
- Ejemplo

8.2 Factores de conversión

9. Elegir un motor

9.1 Tipo de motor
- Tipo de cierre

9.2 Carga (kW)
9.3 Velocidad
- Tabla de velocidades de los motores

9.4 Montaje
9.5 Suministro de energía
9.6 Ambiente de trabajo
9.7 Datos de comprobación de pedidos

- Tiempo de arranque permitido
- Frecuencia permitida de arranques e inversiones de marcha

4.3.3 Características de arranque
4.3.4 Ejemplos de rendimiento de arranque
4.4 Tipos de servicio
- Tipos de servicio de S1 a S9
4.5 Incremento de potencia
4.6 Rendimiento
4.7 Factor de potencia
4.7.1 Compensación de potencia
4.7.2 Valores de factor de potencia
4.8 Diagramas de conexión

5. Diseño mecánico

5.1 Construcción de carcasas
5.2 Caja de bornes
- Coordinación de las cajas de bornes y de las entradas de cable

5.3 Rodamientos
- Duración del rodamiento
- Tamaño del rodamiento
- Diseño de rodamientos para motores de aluminio
- Diseño de rodamientos para motores de acero y de fundición de hierro
- Fotografia de la prueba de vibración

5.4 Equilibrado
5.5 Tratamiento de la superficie

6. Ruido

6.1 Reducción del ruido
6.2 Componentes sonoros
- Ventilador
- Ruido magnético

6.3 Ruido propagado por el aire y por la estructura
6.3.1 Ruido propagado por el aire
6.3.2 Ruido propagado por la estructura
6.3.3 Motores de bajo ruido
6.4 Nivel de presión sonora y nivel de potencia sonora
6.5 Filtros de medición
6.6 Bandas de octavas
- Análisis de banda de octavas

6.7 Servicio de convertidor
6.8 Fuentes de sonido adicionales

Índice

1. Perfil de ABB

1.1 El Grupo ABB
1.2 ABB Motors
1.3 Gama de productos
1.4 Calidad, certificados
1.5 Información en soporte digital
1.6 Sistema de stock central

2. Ahorro de Energía y Medio Ambiente

2.1 General
2.2 Motores con ahorro de energía
2.2.1 Motores para los niveles de la UE sobre rendimiento de motores
2.2.2 Motores según los requisitos del EPACT
2.2.3 Ventajas de los motores de alto rendimiento
2.2.4 Ahorro de energía. Evaluación del ciclo de vida
2.2.5 Programa de gestión medioambiental de ABB
2.3 ISO 14001

3. Normas

3.1 Introducción general
3.2 Sentido de rotación
3.3 Refrigeración
3.4 Grados de protección: Código IP / Código IK
3.5 Gamas de tensión estándar
- Letras de código para las gamas de tensión
- Motores para otras tensiones
3.6 Tolerancias
3.7 Posiciones de montaje
- Normas internacionales, montaje IM
- Ejemplos de posiciones de montaje más corrientes
3.8 Tamaños y normas de potencias

4. Diseño eléctrico

4.1 Aislamiento
4.2 Temperaturas ambiente y grandes altitudes
- Potencia permitida en temperaturas ambiente elevadas o a grandes altitudes
4.3 Motores de arranque
- D.O.L
- Arranque Y/D
4.3.1 Arrancadores suaves
4.3.2 Tiempo de arranque

Guía del motor: Información técnica básica de motores de inducción de baja tensión

Automation Power
Products

**ABB Motors se reserva el derecho de efectuar cambios en el diseño, en las especificaciones técnicas y en las dimensiones, sin previo aviso.
Se permite la impresión o la reproducción parciales, previo acuerdo.**

ISBN 952-91-0728-5

Guía del motor

1

El perfil de ABB

ABB: Un líder mundial en ingeniería eléctrica

ABB es un grupo de ingeniería eléctrica de con un volúmen de 35.000 millones de dólares, que presta sus servicios en las áreas de generación, transmisión y distribución de energía, automoción, petróleo, gas y productos petroquímicos, y en las de servicios financieros y de contratación. Creado en 1988 para anticipar y dar una mejor respuesta a las nuevas oportunidades de un mercado internacional cada vez mayor, el grupo ABB cuenta con más de 200.000 empleados y está presente en unos 140 países.

ABB aúna todos sus esfuerzos para satisfacer las necesidades de sus clientes en cualquier parte del mundo. Para ello, ABB utiliza al máximo su economía de escala mundial a favor del desarrollo tecnológico, la financiación, la compra, la distribución y la protección, con el fin de poder ofrecer un valor añadido a sus clientes a través de cada uno de sus centros, los cuales se caracterizan por ser locales, flexibles, emprendedores y de orientación global.

Cada unidad comercial de ABB tiene la libertad de acción y la motivación para dirigir sus negocios con un sentido de responsabilidad personal y de urgencia. Esta organización multi-nacional nos permite transferir fácilmente el saber hacer más allá de las fronteras. Sin embargo, en cada país las operaciones de ABB son locales y flexibles, lo cual significa que podemos responder fácilmente y con seguridad a las condiciones del mercado, estableciendo una estrecha colaboración con nuestros clientes.

Ninguna otra empresa de los mercados de ABB puede igualar estos recursos.

La posición de ABB como líder mundial, nuestra presencia como empresa nacional en un contexto mundial presente en todos los mercados geográficos clave, nuestro compromiso en la investigación y en el desarrollo, así como la motivación de nuestro personal, son la base para ofrecer al cliente un valor añadido y para asegurar unos beneficios a largo plazo para nuestros empleados y accionistas.

Enfoque a cliente

Mejorar la manera de trabajar en conjunto significa obtener unas ventajas de eficiencia muy importantes. Por eso, en ABB hemos modificado la

manera de ver las cosas y hemos pasado de la sala del consejo a la sala de producción. A esto es a lo que llamamos “enfoque a cliente”, es decir, que primero buscamos cuáles son las necesidades de nuestros clientes, después las examinamos y, si es necesario, cambiamos la manera de trabajar para poder satisfacerlas. De esta manera hemos adquirido nuevas habilidades y, al mismo tiempo, hemos aumentado la motivación y la responsabilidad individual. El enfoque a cliente ha mejorado drásticamente nuestra propia eficiencia, lo cual significa que nuestros clientes han podido gozar con mucha más rapidez de una tecnología nueva y más eficaz.

Transferencia de tecnología

La combinación de las capacidades globales y de las operaciones locales autónomas e individuales ofrece a ABB una ventaja sin igual en la creación de tecnologías más eficaces en todo el mundo. Independientemente y mediante joint ventures, fabricamos muchos de nuestros productos en los países donde se venden, contratamos los mejores talentos de la zona, reconvertimos las fuerzas de trabajo ya existentes y colaboramos muy estrechamente con los gobiernos locales para fomentar el aumento de la exportación y las ganancias en capital extranjero.

Tecnología innovadora y liderazgo

El compromiso de ABB con la calidad incluye el compromiso de suministrar a sus clientes los productos y los servicios más avanzados, fiables y de mayor rendimiento energético.
Nuestro compromiso para la investigación y el desarrollo tiene un papel importante en este aspecto, lo cual queda reflejado en nuestro presupuesto anual para I+D del 7,6 % de los beneficios.
Un 90% del presupuesto total de I+D se invierte en aplicaciones de mercado inmediatas y prácticas. Esta gran inversión se realiza en programas de investigación internacionales, lo cual supone alcanzar nuevos niveles de productividad y acelerar la creación de los productos de la nueva generación en nuestras 50 áreas comerciales.

1.2 ABB Motors

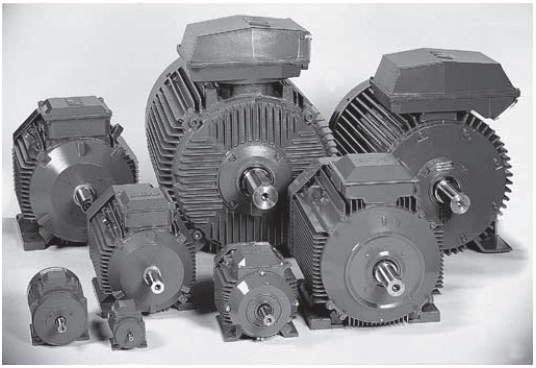


ABB Motors es líder mundial en la fabricación de motores de inducción de baja tensión, con más de cien años de experiencia y con una presencia en más de 140 países en todo el mundo. ABB suministra una amplia variedad de motores eléctricos tanto en alterna como en continua, en baja y alta tensión, para poder satisfacer las necesidades de la mayoría de las aplicaciones, prácticamente en cualquier potencia.

El extenso conocimiento de ABB Motors respecto a las aplicaciones del cliente nos permite solucionar problemas específicos individuales o suministrar motores diseñados a medida para cualquier proyecto, sin importar la complejidad o las exigencias.

Nuestros productos se destacan por su rendimiento, robustez y fiabilidad; representan la oferta más atractiva disponible en el mercado. Gracias al compromiso de ABB de suministrar un servicio y un apoyo al cliente sin igual, ABB Motors ofrece a sus clientes los medios para mejorar significativamente su ventaja competitiva.

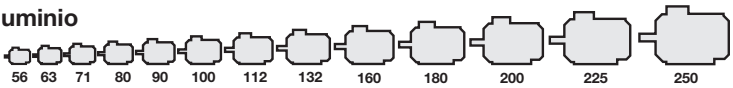
Este gran valor está respaldado por la red de servicio al cliente de ABB Motors a escala mundial, la cual garantiza un rápido suministro, una rápida respuesta, un apoyo local y una asistencia postventa.

ABB Motors cuenta con centros de producción en Dinamarca, Finlandia, Italia, España, Suecia, India y México, además de una joint venture en China. Cada una de ellas cuenta con un completo stock de motores y de piezas sueltas, respaldado por el stock central de Europa, en Alemania, y el stock central de Asia, además de numerosos puntos de distribución.

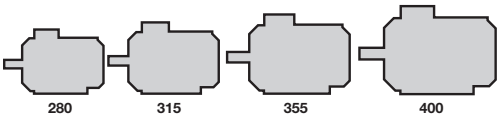
1.3 Gama de productos

MOTORES ESTÁNDAR

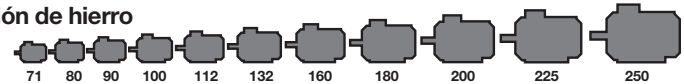
Motores de aluminio

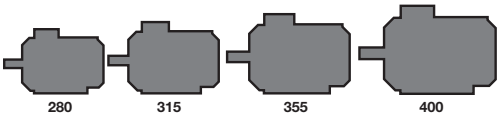


Motores de acero



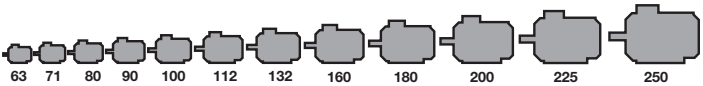
Motores de fundición de hierro

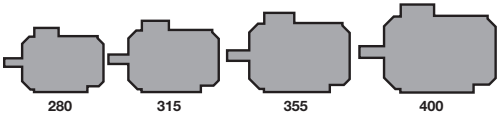




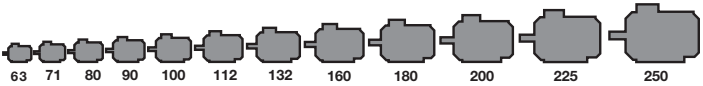
MOTORES PARA ÁREAS EXPLOSIVAS

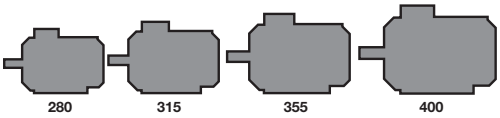
Motores EEx e



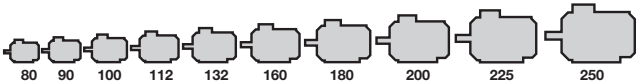


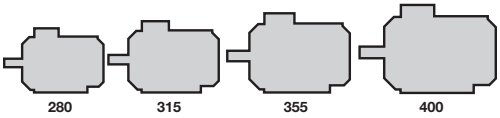
Motores EEx n





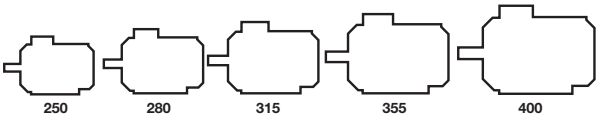
Motores EEx d, EEx



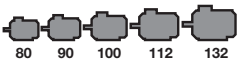


1.3 Gama de productos

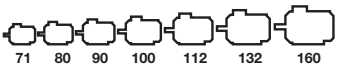
MOTORES ABIERTOS A PRUEBA DE GOTEO IP 23



MOTORES INTEGRALES

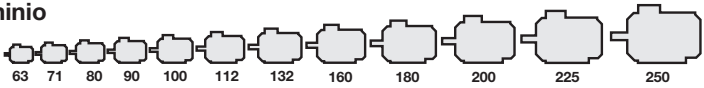


MOTORES CON FRENO

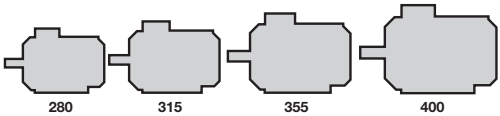


MOTORES MARINOS

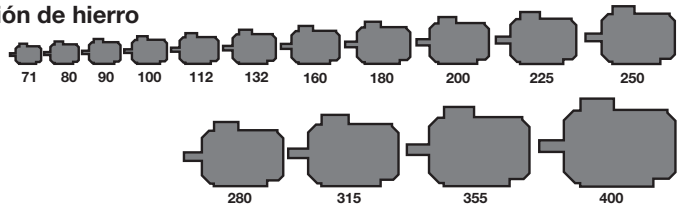
Motores de aluminio



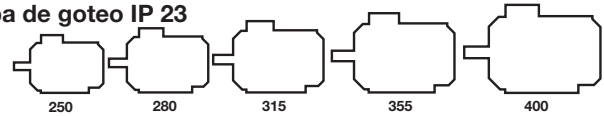
Motores de acero



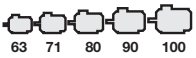
Motores de fundición de hierro



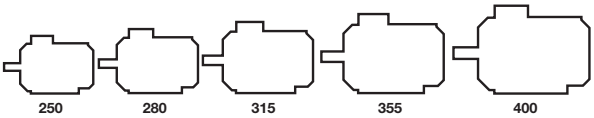
Motores abiertos a prueba de goteo IP 23



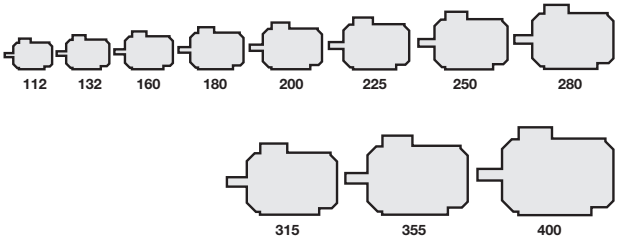
MOTORES DE FASE ÚNICA



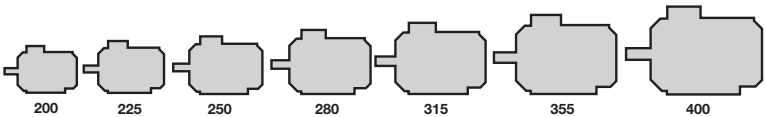
GENERADORES EÓLICOS



MOTORES PARA CAMINOS DE RODILLOS

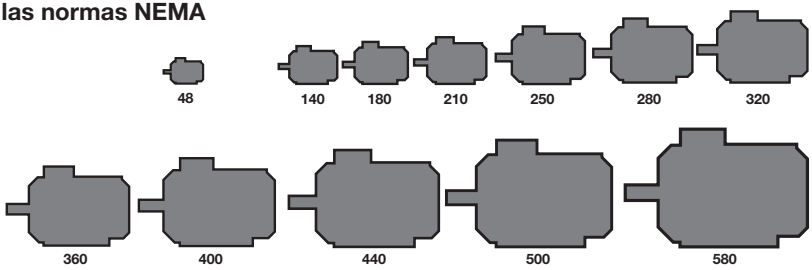


MOTORES REFRIGERADOS POR AGUA



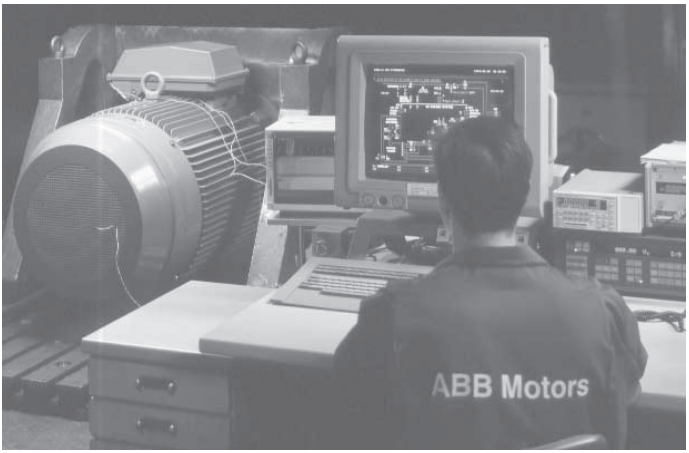
MOTORES ESTÁNDAR

Según las normas NEMA



1.4 Calidad, certificados

Todas las unidades de producción de ABB Motors en Europa están certificadas según la norma de calidad ISO 9001.
Todos los motores de ABB se inspeccionan y se prueban para asegurarse de que no tienen defectos y de que presentan el diseño y las características de rendimiento deseados..



Pruebas de rutina

Esta inspección se lleva a cabo en todos los motores. En ella se comprueba que el motor posee la robustez eléctrica necesaria y que su rendimiento mecánico y eléctrico es satisfactorio.

Inspección tipo

La inspección tipo se realiza en uno o más motores para demostrar que las características y las funciones del diseño están en consonancia con las especificaciones del fabricante. La inspección tipo cubre la inspección y las pruebas de:

- funcionamiento eléctrico y mecánico
- robustez eléctrica y mecánica
- calentamiento y rendimiento
- capacidad de sobrecarga
- otras características especiales del motor

1.4 Calidad, certificados

Inspección aleatoria

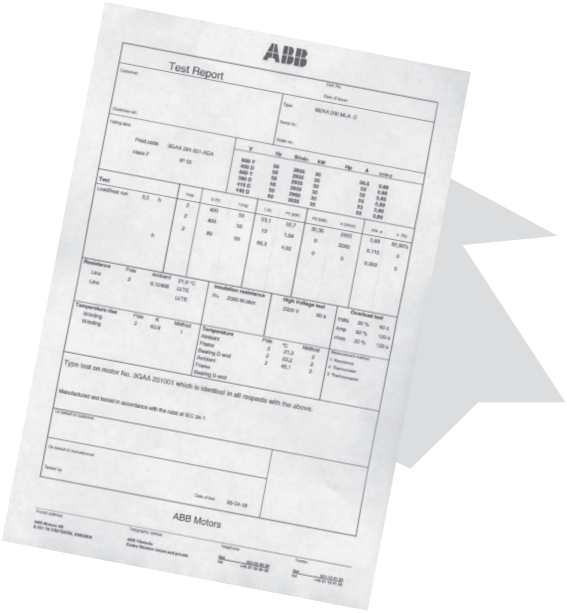
Según acordado en el momento de realizar el pedido, el comprador puede seleccionar un cierto número de motores de un pedido específico con el fin de llevar a cabo una inspección y unas pruebas más detalladas, similares en contenido a las de inspección tipo. El resto de motores se someten a las pruebas de rutina.

Inspección para versiones especiales de motores

Los motores que deban ser utilizados a bordo de buques mercantes o en áreas potencialmente explosivas deben someterse a una inspección y a unas pruebas adicionales, según se especifica en los requisitos de la entidad clasificadora correspondiente o en las normas nacionales o internacionales.

Informes de pruebas

A petición del cliente se emitirán los informes con los valores de rendimiento generales de los motores comprados, juntamente con una copia del informe de la inspección y de las pruebas.



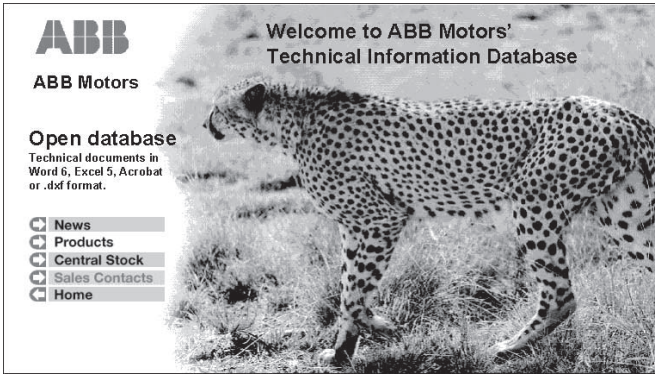
ABB

Test Report

ABB Motors

1.5 Información en soporte digital

Existe la posibilidad de obtener una selección de los certificados de aprobación de diversas autoridades internacionales a través de la web de ABB Motors: www.abb.com/motors



En la web de ABB Motors encontrará nuestra Base de datos con información técnica para el cliente, una biblioteca completa con información técnica sobre la gama de ABB Motors.

Para visualizar la información sólo hay que hacer un clic sobre la Base de datos con información técnica en la página del producto de la web. También es posible cargar los documentos técnicos directamente en una variedad de formatos.

A partir de la base de datos es posible tener acceso a:

- Accesorios: información detallada de las opciones de motores disponibles.
- Dibujos esquemáticos en CAD, los cuales se pueden copiar prácticamente a cualquier sistema de AutoCad.
- Certificados de aprobación: una selección de los certificados actuales procedentes de diversas autoridades de todo el mundo.
- Declaraciones de conformidad, con directrices de tensión, calificaciones de la CE, etc.
- Instrucciones sobre las máquinas, disponibles en siete idiomas.
- Mantenimiento: información específica a menudo no incluida en los catálogos, como, por ejemplo, normas especiales sobre cómo almacenar los motores durante largos períodos de tiempo.

1.5 Información en soporte digital

- Diseños de las dimensiones de los motores: unos 1300 diseños de dimensiones de los motores, incluyendo tamaño y longitud de las carcasas, tanto para motores estándar como para motores de áreas explosivas en todos los tipos de motores.
- Partes sueltas.

La web de ABB Motors se actualiza con regularidad y se amplía continuamente.

CD-ROM

También están disponibles en CD-ROM:

- Catálogos de motores completos
- Dibujos esquemáticos en CAD
- Dibujos de las dimensiones
- Programa de selección de motores

El programa de selección de motores no está disponible en nuestra web. Sin embargo, es posible obtener el CD-ROM en cualquiera de las oficinas de venta de ABB Motors más cercana.

1.6 Sistema de stock central

En 1988 ABB Motores estableció el stock central de Europa, llamado Central Stock Europea (CSE).

La idea de un sistema de stock central es único en el mercado de los motores eléctricos. El servicio rápido y eficiente que ofrece ha sido desde su creación un fuerte argumento de márketing y de ventas para ABB Motors.

Para mejorar aun más el servicio del CSE, en Junio de 1997 ABB Motors abrió un nuevo almacén totalmente automatizado cerca de Menden, Alemania. Las nuevas instalaciones ofrecen un espacio de almacenamiento adicional de 1500 m^2 y 7000 nuevas ubicaciones para paletas para los 1500 artículos en stock y 90.000 productos almacenados.

El almacenamiento robotizado ha reducido el tiempo de procesamiento, lo cual ha permitido hacer envíos en el mismo día. El stock central de Europa está abierto las 24 horas al día y los 7 días a la semana, lo cual permite entregas rápidas en situaciones de emergencia.

Actualmente, el CSE está invirtiendo también en un nuevo sistema de tratamiento de los pedidos con el fin de mejorar todo el proceso. Una sola llamada por teléfono o un fax a cualquier oficina de venta local de ABB da ahora acceso a una de las redes de asistencia y de acceso de venta on-line más eficientes para las peticiones de stock y para el procesamiento de pedidos.

rápido	**- servicios de entrega estándar** **- asistencia de venta on-line**
fiable	**- 98% de entregas on time** **- 98% de disponibilidad de stock** **- cero defectos**
flexible	**- multi-stock** **- multi-artículos**
eficiencia de costes	**- optimización de toda la cadena de suministros mediante EDI**

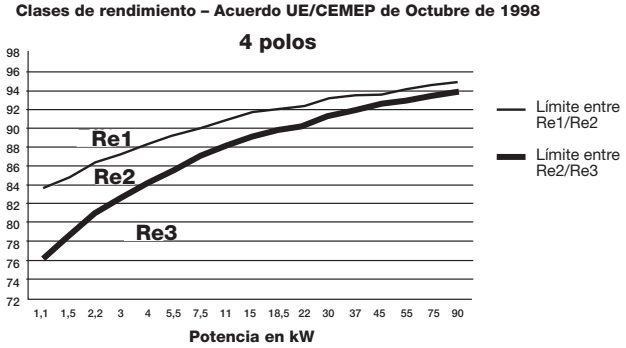
2

El ahorro de energía y el medio ambiente

2.1 General

En la cumbre mundial celebrada en Kioto, Japón, en Diciembre de 1997, 55 países del mundo aceptaron introducir medidas para reducir las emisiones y estabilizar el medio ambiente global.

Los 38 países industrializados aceptaron reducir el nivel de emisiones de gases responsables del efecto invernadero producidos en 1990 a una media del 5% entre los años 2008 y 2012. Además, la Unión Europea se ha comprometido a reducir sus emisiones en un 8%, Estados Unidos en un 7% y Japón en un 6%.



En Octubre de 1998, la Unión Europea y el CEMEP (Comité Europeo de Fabricantes de Máquinas Eléctricas y de Electrónica de Potencia) accedieron introducir tres tipos de rendimiento para motores eléctricos. Este acuerdo forma parte de los objetivos de la Comisión Europea para mejorar el rendimiento de la energía y reducir las emisiones de CO_2.

La quema de petróleo fósil para generar electricidad, consumido principalmente en el uso doméstico y en la industria, es una fuente importante de emisiones de gases responsables del efecto invernadero. Por ello, la industria va a tener un papel muy importante en la reducción de emisiones perjudiciales.

Por ejemplo, mediante el aumento del rendimiento de los procesos de producción y con la instalación de aparatos que supongan un ahorro energético, los procesos industriales consumirán menos electricidad, lo cual reducirá la cantidad de electricidad que debe generarse para satisfacer la demanda.

2.2 Motores con ahorro de energía

Los motores representan alrededor de un 65% del consumo de la energía eléctrica para aplicaciones industriales. El ahorro de energía depende de la potencia del motor, la carga y las horas de funcionamiento. Por lo tanto, los motores con un alto nivel de rendimiento pueden desarrollar un papel muy significativo en la reducción de emisiones de CO_2.
La gama M2000 de ABB Motores está diseñada para satisfacer las nuevas actitudes del mundo hacia un rendimiento energético y un alto rendimiento de los motores. El rendimiento operativo general de estos motores supone un avance espectacular hacia el cumplimiento de los requisitos de los gobiernos de todo el mundo expresados en la Cumbre de Kioto.

Las industrias también pueden colaborar reciclando materias primas como el plástico y el aluminio. Esto reducirá la electricidad necesaria para producir dichos materiales desde su estado crudo (petróleo y aluminio mineral, respectivamente).

2.2.1 Motores para los niveles de la UE sobre rendimiento de motores

ABB es uno de sólo un puñado de líderes de Europa en la fabricación de motores con una gama de motores que cumplen o sobrepasan los rendimientos mínimos establecidos por el nivel más alto de los acuerdos de la EU en relación a los motores de baja tensión. Estos niveles de rendimiento se aplican a los motores de inducción trifásicos con jaula de ardilla, de 2 y 4 polos, para 400 V, 50 Hz, con servicio clase S1 y con una potencia de 1,1 - 90 kW, lo cual supone el volumen más importante del mercado.

2.2.2 Motores según los requisitos del EPACT

La recientemente modificada acta de política energética americana y de conservación, denominada generalmente EPACT, establece que los motores eléctricos de la gama 0.7 - 150 kW (1 – 200 hp), fabricados o importados a los Estados Unidos o a Canadá, deben cumplir los niveles de rendimiento exigidos por la ley.

La amplia gama de productos de ABB Motors presenta motores que cumplen con estos requisitos.

2.2.3 Ventajas de los motores de alto rendimiento

Reducir los costes de energía es una de las maneras que tiene una empresa para reducir gastos y continuar siendo competitivos. Mediante la instalación de un motor con buen rendimiento energético es posible obtener ahorros muy significativos. Este es precisamente el caso en el momento de considerar entre una nueva instalación y paquetes de equipos, substituir los motores demasiado grandes y de baja carga, hacer modificaciones importantes en las instalaciones o en los procesos, en lugar de reparar o rebobinar un motor estropeado.
Los motores de alto rendimiento suponen un ahorro porque reducen los costes de energía. Incluso un pequeño aumento de la eficiencia supone un ahorro sustancial del coste total del motor, teniendo en cuenta tanto los costes de funcionamiento como los de inversión.
Por ejemplo, en el Reino Unido, un motor de 11 kW cuesta, generalmente, menos de 500 GBP en el momento de su compra, pero más de 50.000 GBP durante los 10 años de vida operativa. El precio de compra supone, por lo tanto, un 1% del coste del ciclo de vida total del motor.

La tabla siguiente compara los costes de inversión de diversos tamaños de motores con sus costes de funcionamiento, y muestra aproximadamente el tiempo que se tarda en convertir el coste de inversión en coste energético.

Coste de inversión y coste de funcionamiento (GBP)

Clasificación	5.5 kW	18.5 kW	90 kW	250 kW
Coste de inversión aproximado	285	680	3,700	10,500
Rendimiento normal	85 %	90 %	92 %	94 %
Potencia absorbida en kW	6.47	20.56	97.83	265.96
Coste de funcionamiento diario	7.76	24.67	117.40	319.15
Días hasta alcanzar el coste de inversión	37	28	32	33

Asumiendo un servicio continuo a un precio en GBP de 0.05/kWh

Todos los motores de ABB tienen un buen rendimiento energético como estándar y están disponibles en stock en todas las formas de carcasa estándares. También disponemos de una gama de Motores de Alto Rendimiento, adecuados para todo tipo de aplicaciones, incluyendo las zonas de peligro y los accionamientos a velocidad variable.

2.2.3 Ventajas de los motores de alto rendimiento

Un motor con alto rendimiento energético produce la misma potencia de salida pero necesita menos potencia eléctrica absorbida (kW) que un motor de rendimiento estándar. Este mayor rendimiento se consigue utilizando chapa magnética más delgada y de mayor calidad en el estátor para reducir las pérdidas en el hierro, y más cobre en las ranuras para reducir las pérdidas I^2R. Los motores con alto rendimiento energético también reducen las pérdidas por ventilción y por dispersión (suma de pérdidas).

Existen tres estándares principales de pruebas de rendimiento: IEC 34-2 (EU), IEEE 112-1991 (USA) y JEC 37 (Japón). La diferencia principal es que IEEE 112 mide las pérdidas totales mediante un método directo, por lo que ofrece los valores de pérdidas más bajos. IEC 34-2 es un método indirecto que considera que las pérdidas adicionales son del 0,5%, lo cual supone un nivel inferior al de las pérdidas reales para los motores pequeños. IEC 37 también es un método indirecto que considera que las pérdidas adicionales son cero, por lo que ofrece los valores más altos.

2.2.4 Ahorro de energía. Evaluación del ciclo de vida

La evaluación del ciclo de vida puede mostrar a los diseñadores cómo obtener ventajas medioambientales en sus productos. La tabla de abajo compara dos motores eléctricos estándares de 11 kW de diseños distintos. El motor A está fabricado por ABB y el motor X es de un competidor. Para la fabricación del motor de ABB se necesita más cobre y más hierro que para el motor B, pero esto hace que tenga un mayor rendimiento en su funcionamiento. Es decir, que utiliza menos electricidad que el motor X durante su tiempo de vida.

Con un funcionamiento de 8000 horas anuales durante 15 años, el motor de ABB de mayor rendimiento utilizará 140.681 kW/h y el motor X de menor rendimiento, 177.978 kW/h.

Con un rendimiento del 91,1 %, un motor de ABB perderá el 8.9 % de los 140.681 kW/h. El motor X, con un rendimiento del 89 %, perderá el 11 % de los 177.978 kW/h. La tabla muestra los aspectos medioambientales de estos dos motores, basandose en sus pérdidas, la fabricación y el 96 % del reciclaje. Evaluado según el esquema EPS, el impacto medioambiental del motor A es un 21% inferior.

Aspectos medioambientales	**Motor de ABB 11 kW**	**Motor X 11 kW**
Rendimiento	91 %	89 %
Utilización de los recursos de generación de electricidad		
Ponderación media europea		
Carbón (kg)	16,370	20,690
Gas (kg)	2,070	2,620
Petróleo (kg)	3,240	4,090
Acero y otros materiales (kg)	32	29
Emisiones (kg)	64,278	81,067
Porcentaje de CO_2	98	98
Índice total de EPS[1)]	8,260 ELU[2)]	10,430 ELU
	99,4% de la operación	**99,5% de la operación**

1) Estrategias de Prioridad Medioambiental en el Diseño. El método EPS incluye cinco elementos de protección: salud humana, diversidad biológica, producción biológica, recursos y valores estéticos.

2) La carga límite medioambiental, ELU/CLM, se utiliza para valorar el input de los cinco elementos de protección del EPS.

2.3 Programa de gestión medioambiental de ABB

Con sus profundas raíces locales, el saber hacer tecnológico global y el compromiso para la transferencia de tecnología, ABB realiza una contribución muy importante para obtener un desarrollo sostenible a nivel mundial.

El Programa de Gestión Medioambiental de ABB es una parte importante de nuestra respuesta para promover un desarrollo sostenible. ABB ha firmado la Carta Comercial para el Desarrollo Sostenible de la Cámara de Comercio Internacional (CCI) y se ha comprometido a cumplir los requisitos establecidos en dicha carta.

Como proveedor global de soluciones energéticas, ABB es responsable de llevar a cabo actividades que directa o indirectamente ejercen un impacto sobre el medio ambiente. Nuestro objetivo medioambiental es el de limitar o, si es posible, eliminar el impacto que nuestro negocio ejerce sobre el medio ambiente global, mediante la reducción de las emisiones, el recorte de los desechos y la mejora de la utilización de los recursos. Este objetivo de gran alcance atañe a cada uno de los aspecto de nuestro negocio.

2.4 ISO 14001

ISO 14001 es la norma internacional para los sistemas de gestión medioambiental. Establecida por un subcomité del Consejo Comercial Mundial para el Desarrollo Sostenible, el objetivo principal de ISO 14001 es apoyar la protección del medio ambiente y prevenir la polución, manteniendo el equilibrio con las necesidades socioeconómicas.

Esta norma exige que las organizaciones establezcan y mantengan sistemas de gestión medioambiental y establece, asimismo, objetivos para el trabajo medioambiental. Además de cumplir con toda la legislación medioambiental pertinente, las empresas deben comprometerse a realizar continuas mejoras y a prevenir la contaminación. Con ISO 14001 el público también puede valorar el rendimiento medioambiental de una organización.

ABB ha realizado ya progresos significativos en la aplicación de ISO 14001 en distintos lugares del mundo. A finales de 1998, unos 400 puntos de fabricación y de servicio implementaron ISO 14001.

Normas

3.1 Introducción general

Los motores de ABB son de tipo totalmente cerrados, trifásicos de jaula de ardilla, y cumplen las normas internacionales IEC, CENELEC, las regulaciones VDE y las normas DIN pertinentes. Bajo pedido, también es posible suministrar motores de acuerdo con otras especificaciones nacionales e internacionales.

Todas las unidades de producción de ABB en Europa están certificadas según la norma de calidad ISO 9001 y cumplen todas las directrices aplicables de la UE.

ABB Motors apoya enérgicamente la propuesta de armonizar las normas europeas y contribuye activamente en distintos grupos de trabajo tanto de IEC como de CENELEC.

Normas internacionales

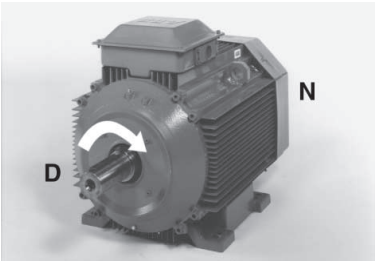
- EN 60034-1, 2, 5, 6, 7, 9
- NEMA MG – 1 1993

IEC

Eléctricos	Mecánicos
IEC 34-1	IEC 72
IEC 34-2	IEC 34-5
IEC 34-8	IEC 34-6
IEC 34-12	IEC 34-7
	IEC 34-9
	IEC 34-14

3.2 Sentido de rotación

La refrigeración del motor es independiente del sentido de rotación, con la excepción de algunos motores grandes de 2 polos.
Cuando el suministro principal se conecta a las terminales del estátor marcadas U, V y W de un motor trifásico y la secuencia de fase principal es L1, L2, L3, el motor girará en el sentido de las agujas del reloj, visto desde el extremo D. El sentido de rotación puede invertirse intercambiando dos de los tres conductores cualquiera conectados al interruptor de arranque o al motor.



3.3 Refrigeración

El sistema de designación de los métodos de refrigeración cumple con la norma IEC 34-6.

Ejemplo

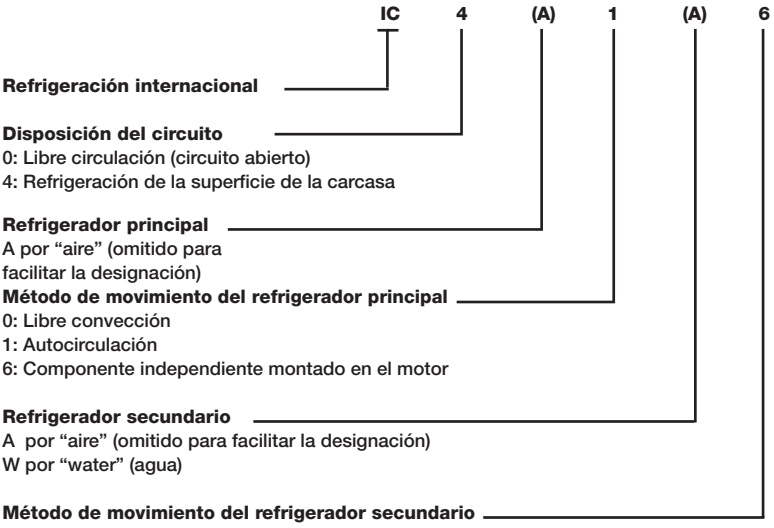


ABB Motors puede suministrar los motores de la forma siguiente:

IC 410: Motor totalmente cerrado sin ventilador
IC 411: Motor estándar totalmente cerrado, superficie de carcasa refrigerada por ventilador
IC 416: Motor totalmente cerrado con motor ventilador auxiliar
IC 418: Motor totalmente cerrado, superficie de carcasa refrigerada sin ventilador
IC 01: Motores abiertos
IC 31W: Entrada y salida de tubería o circuito cerrado: refrigeración por agua

Nota :

Los motores sin ventilador pueden ofrecer la misma potencia de salida siempre que la instalación esté conforme con IC 418.

3.3 Refrigeración

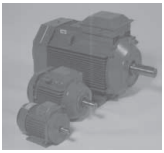
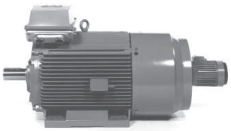
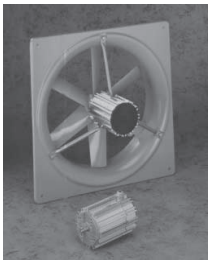
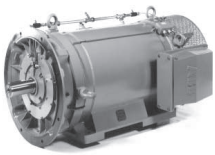
El flujo y la velocidad del aire entre las aletas de la carcasa deben satisfacer como mínimo las cifras

Velocidad y flujo del aire:

Altura eje	Nº polos	Velocidad del aire m/s	Flujo del aire m^3/s
63	2	2	0.16
	4	1	0.07
	8	0.5	0.03
71	2	2.5	0.21
	4	1.5	0.10
	6	1.0	0.07
	8	0.75	0.06
80	2	3.5	0.31
	4	2.5	0.19
	6	1.5	0.12
	8	1.2	0.09
90	2	4.5	0.36
	4	3.0	0.28
	6	2.0	0.17
	8	1.6	0.14
100	2	7.5	0.69
	4	4.5	0.42
	6	3	0.25
	8	2.5	0.19
112	2	11	0.015
	4	7	0.010
	6	7	0.010
	8	7	0.010
132	2	12	0.25
	4	9	0.20
	6	8	0.15
	8	8	0.15
160	2	11	0.35
	4	8	0.25
	6	6	0.20
	8	3	0.10
180	2	11	0.45
	4	8	0.30
	6	6	0.25
	8	4	0.15
200	2	10	0.45
	4	8	0.35
	6	5	0.25
	8	5	0.25
225	2	10	0.50
	4	10	0.55
	6	9	0.45
	8	7	0.35
250	2	10	0.55
	4	12	0.65
	6	9	0.45
	8	6	0.30
280	2	7.6	0.35
	4	7.1	0.34
	6	8.5	0.30
	8	6.5	0.35
315	2	6.8	0.46
	4	8.8	0.47
	6	7.5	0.40
	8	5.5	0.30
355	2	11	0.75
	4	17	1.4
	6	11.5	1.0
	8	8.5	0.7
400	2	10	0.9
	4	15	1.5
	6	10.5	1
	8	8	0.7

3.3 Refrigeración

Motores sin ventilador, de conformidad con IC 410, bajo demanda..

Gama de ABB Motors: Designación de refrigeración	**Gama de motores, tamaño de carcasa 63-400**	
IC 410	**Ejemplos típicos son los motores para caminos de rodillos**	
IC 411	**Motores estándar**	
IC 416	**Motores estándar (Generalmente los tamaños más grandes están sólo equipados con un ventilador auxiliar)**	
IC 418	**Motores con aplicación de ventilador sin ventilador de refrigeración, refrigerados mediante la corriente de aire de la máquina que accionan.**	
IC 01	**Motores abiertos**	
IC 31 W	**Motores con refrigeración por agua**	

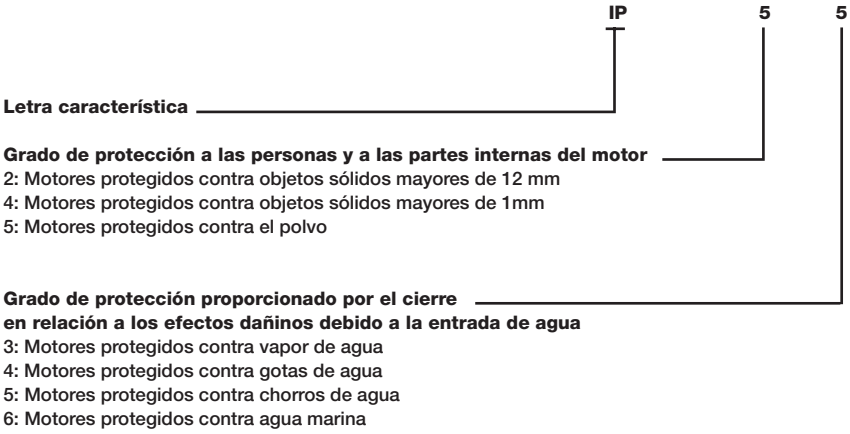
3.4 Grados de protección: Código IP / Código IK

La clasificación de los grados de protección proporcionados por los cierres de las máquinas de rotación se basan en:

- Estándar IEC 34-5 o EN 60529 para el código IP
- Estándar EN 50102 para el código IK

Protección IP:

Protección de personas para evitar que entren en contacto (o se acerquen) a las partes móviles y para evitar el contacto con las partes móviles del interior del motor. También se refiere a la protección del motor con respecto a la entrada de objetos sólidos extraños y con respecto al efecto dañino producido por la entrada de agua.



Código IK:

Clasificación de los grados de protección de los motores totalmente cerrados con respecto a impactos mecánicos externos.

Relación entre el código IK y la energía de impacto

Código IK	IK 00	IK 01	IK 02	IK 03	IK 04	IK 05	IK 06	IK 07	IK 08	IK 09	IK 10
Impacto *) Energía Julios		0.15	0.2	0.35	0.5	0.7	1	2	5 Motores ABB estándar	10	20

*) Sin protección, de acuerdo con EN 50102

3.5 Gamas de tensión estándar

ABB puede suministrar a todo el mercado internacional. Para poder satisfacer los requisitos de entrega de los clientes, los productos de ABB Motors están diseñados para funcionar en una amplia gama de tensiones. Los códigos S y D cubren la mayor gama de tensiones en todo el mundo.

Es posible obtener otras gamas de tensión bajo pedido.

ABB Motors ofrece las siguients gamas de tensión

Arranque directo o, con conexión D, también arranque Y/D

Tamaño	S		D	
motor	50 Hz	60 Hz	50 Hz	60 Hz
63-100	220-240 VΔ		380-420 VΔ	440-480 VΔ
	380-420 VY	440-480 VY	660-690 VY	-
112-132	220-240 VΔ	-	380-420 VΔ	440-480 VΔ
	380-420 VY	440-480 VY	660-690 VY	-
160-400	220-240 VΔ	440-480 VY	380-420 YΔ	440-480 VΔ
	380-420 VY	440-480 VY	660-690 VY	-

Tamaño	E		F	
motor	50 Hz	60 Hz	50 Hz	60 Hz
63-100	500 VΔ	-	500 VY	-
112-132	500 VΔ	-	500 VY	-
160-400	500 VΔ	575 VΔ	500 VY	575 VY

Para obtener el póster con las tensiones de todo el mundo, rogamos contacten con la oficina de ventas de ABB Motors más cercana.

3.5 Gamas de tensión estándar

Motores para otras tensiones

Los motores bobinados para una tensión determinada a 50 Hz también pueden utilizarse para otras tensiones. El rendimiento, el factor de potencia y la velocidad se mantendrán aproximadamente igual.

Los valores garantizados están disponibles bajo demanda.

Motor bobinado para	**230 V**		**400 V**		**500 V**		**690 V**	
Conectado a (50 Hz)	220 V	230 V	380 V	415 V	500 V	550 V	660 V	690 V
% de los valores a 400 V, 50 Hz								
Potencia	100	100	100	100	100	100	100	100
I_N	182	174	105	98	80	75	61	58
I_S/I_N	90	100	90	106	100	119	90	100
T_S/T_N	90	100	90	106	100	119	90	100
T_{max}/T_N	90	100	90	106	100	119	90	100

3.6 Tolerancias

	Rendimiento por separación de pérdidas	Rendimiento por prueba entrada-salida	Factor de potencia	Intensidad rotor bloqueado	Par rotor bloqueado	Par mínimo
PN (kW) 50	-15% (1- η)	-15% (1- η)	-1/6 (1-cos φ)	+20%	-15% +25%	-15%
PN (kW) >50	-10 % (1- η)	-15% (1- η)	-1/6 (1-cos φ)	+ 20%	-15% +25%	-15%

	Momento de inercia	Nivel de ruido
PN (kW) 50	±10%	+3 dB(A)
PN (kW) >50	±10%	+3 dB(A)

	Deslizamiento
PN (kW) <1	±30%
PN (kW) 1	±20%

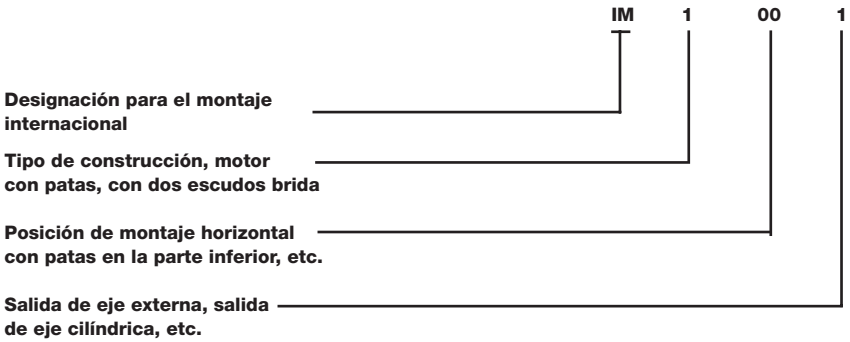
Las tolerancias cumplen la norma IEC-34 y están basadas en el procedimiento de pruebas de acuerdo con IEC-34-2.

3.7 Posiciones de montaje

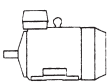
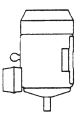
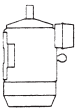
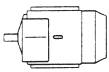
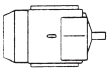
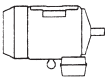
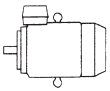
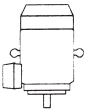
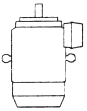
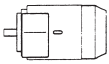
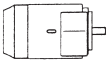
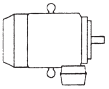
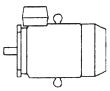
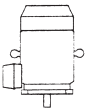
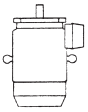
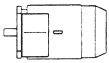
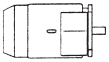
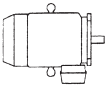
Normas internacionales

Posiciones de montaje IM

Ejemplo de designación según Código II



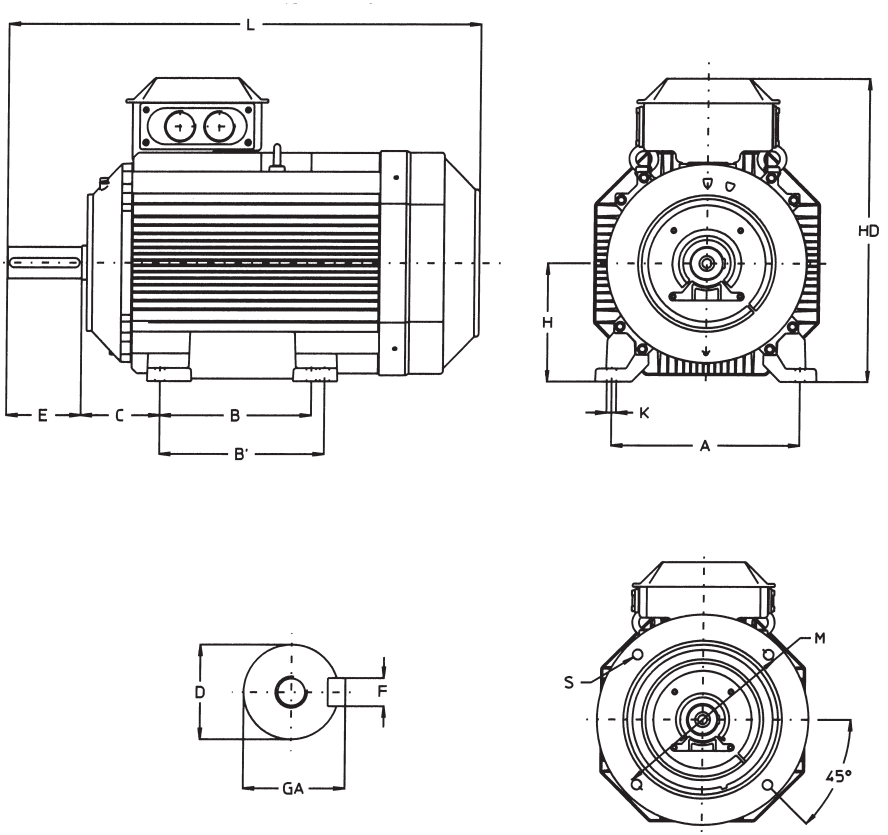
Ejemplos de posiciones de montaje más corrientes

Código I / Código II	IM B3 / IM 1001	IM V5 / IM 1011	IM V6 / IM 1031	IM B6 / IM 1051	IM B7 / IM 1061	IM B8 / IM 1071
Motor con patas						
Código I / Código II Motor con brida. Brida grande con agujeros de fijación pasantes.	IM B5 / IM 3001	IM V1 / IM 3011	IM V3 / IM 3031	*) / IM 3051	*) / IM 3061	*) / IM 3071
						
Código I / Código II Motor con brida. Brida pequeña con agujeros de fijación roscados.	IM B14 / IM 3601	IM V18 / IM 3611	IM V19 / IM 3631	*) / IM 3651	*) / IM 3661	*) / IM 3671
						

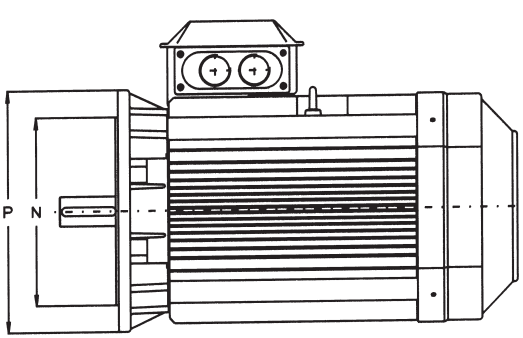
**) No establecido en IEC 34-7*

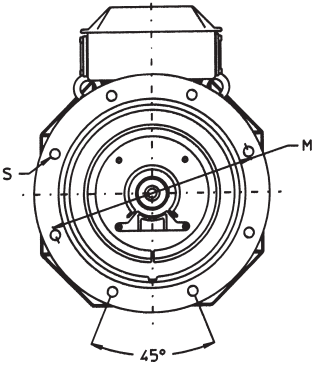
3.8 Tamaños y normas de potencia

A continuación presentamos el dibujo de tamaño más corriente, disponible en catálogos, en CD-ROM y en la página web.



3.8 Tamaños y normas de potencia





Símbolos para los tamaños más frecuentes:

A = distancia entre los centros de los agujeros de fijación (visto desde el lado acople)
B = distancia entre los centros de los agujeros de fijación (visto desde el lateral)
B = distancia entre los centros de los agujeros de fijación auxiliares
C = distancia desde el resalte del eje en el lado acople hasta el centro de los agujeros de fijación de la pata más próxima
D = diámetro de la salida de eje en el lado acople
E = longitud de la salida del eje desde el resalte hasta el extremo del eje
F = anchura del chavetero desde la salida del eje al lado acople
GA = distancia desde la parte superior de la chaveta a la superficie opuesta de la salida de eje en el lado acople
H = distancia desde el centro del eje hasta la parte inferior de las patas
HD = distancia desde la parte superior del cáncamo, la caja de bornes o la parte más saliente montada en la parte superior del motor hasta la parte inferior de las patas
K = diámetro de los agujeros de fijación o anchura de las ranuras en las patas del motor
L = longitud total del motor con una única salida de eje
M = diámetro de los agujeros de fijación de la brida
N = diámetro del encaste
P = diámetro exterior de la brida o, en caso de perfil no circular, el doble de la dimensión radial máxima
S = diámetro de los agujeros de fijación en el montaje de la brida o diámetro nominal de la rosca.

Tamaño motor	Diámetro de la salida del eje mm		Potencia nominal (KW)				Referencia brida	
	2 polos	4,6,8 polos	2 polos	4 polos	6 polos	8 polos	taladros pasantes	taladros roscados
56	9	9	0.09 or 0.12	0.06 or 0.09				FT65 or FT85
63	11	11	0.18 or 0.25	0.12 or 0.18			FF115	FT75 or FT100
71	14	14	0.37 or 0.55	0.25 or 0.37			FF130	FT85 or FT115
80	19	19	0.75 or 1.1	0.55 or 0.75	0.37 or 0.55		FF165	FT100 or FT130
90 S	24	24	1.5	1.1	0.75	(0.37)	FF165	FT115 or FT130
90 L	24	24	2.2	1.5	1.1	(0.55)		
100 L	28	28	3	2.2 or 3	1.5	0.75 or 1.1	FF215	FT130 or FT165
112M	28	28	4	4	2.2	1.5	FF215	FT130 or FT165
132 S	38	38	5.5 or 7.5	5.5	3	2.2	FF265	(FT165 or FT215)
132 M	38	38	-	7.5	4-5.5	3		
160 M	42	42	11 or 15	11	7.5	4-5.5	FF300	(FT215)
160 L	42	42	18.5	15	11	7.5		
180 M	48	48	22	18.5	-	-	FF300	
180 L	48	48	-	22	15	11		
200 L	55	55	30 or 37	30	18.5-22	15	FF350	
225 S	55	60	-	37	-	18.5	FF400	
225 M	55	60	45	45	30	22		
250 M	60	65	55	55	37	30	FF500	
280 S	65	75	75	75	45	37	FF500	
280 M	65	75	90	90	55	45		
315 S	65	80	110	110	75	55	FF600	
315 M	65	80	132	132	90	75		

El documento de armonización de CENELEC, HD 231, establece los datos sobre la potencia nominal y el montaje, es decir, la altura del eje, el tamaño de las fijaciones y las dimensiones de la salida de eje, para diversos grados de protección y de tamaños. Este documento incluye los motores totalmente cerrados de jaula de ardilla a 50 Hz, en tamaño de carcasas del 56 al 315 M.

4

Diseño Eléctrico

4.1 Aislamiento

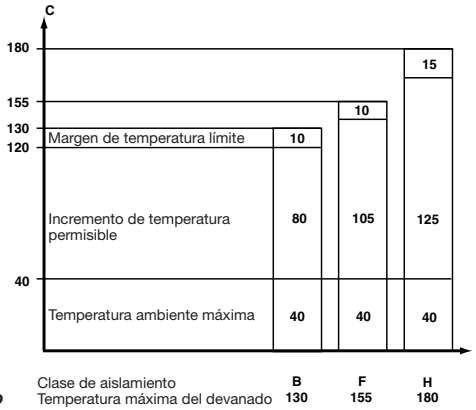
ABB Motors utiliza sistemas de aislamiento clase F, la cual, con un aumento de temperatura B, es actualmente el requisito más frecuente de la industria.

Sistema de aislamiento clase F
- Temperatura ambiente máxima 40º C
- Incremento de temperatura máximo permisible 105 K
- Margen de temperatura límite + 10 K

Incremento clase B
- Temperatura ambiente máxima 40º C
- Incremento de temperatura máxima permisible 80 K
- Margen de temperatura límite + 10 K

Clase de temperatura del sistema de aislamiento
- Clase F 155º C
- Clase B 130º C
- Clase H 180º C

Gracias a la utilización del sistema de aislamiento clase F con incremento de temperatura clase B, los productos de ABB Motors tienen un margen de seguridad de 25º C, lo cual puede utilizarse para incrementar la carga hasta un 12% durante períodos limitados, funcionar a temperaturas ambiente elevadas o a grandes altitudes, o con mayores tolerancias de tensión y de frecuencia. También puede utilizarse para prolongar la vida del aislamiento. Por ejemplo, una disminución de temperatura de 10 K prolongará la vida del aislamiento, 3 años a proximadamente.



Márgenes de seguridad por clase de aislamiento

4.2 Temperaturas ambiente / grandes altitudes

Tabla de potencia permitida en temperaturas ambiente elevadas o a grandes altitudes.

Los motores básicos están diseñados para funcionar a una temperatura ambiente máxima de 40º C y a una altitud máxima de 1000 metros por encima del nivel del mar. Si un motor debe funcionar a temperaturas ambiente más elevadas, generalmente debería reducirse su potencia según la tabla siguiente. Rogamos tomen nota de que cuando se reduce la potencia de salida de un motor estándar, los valores relativos de los catálogos, como los referentes a I_S/I_N, también variarán.

Temperatura ambiente, ° C	**30**	**40**	**45**	**50**	**55**	**60**	**70**	**80**
Potencia permitida, % de potencia nominal	107	100	96,5	93	90	86,5	79	70

Altura sobre el nivel del mar, m	**1000**	**1500**	**2000**	**2500**	**3000**	**3500**	**4000**
Potencia permitida, % de potencia nominal	100	96	92	88	84	80	76

4.3 Motores de arranque

Transitorios de conexión

Es importante recordar que el término “corriente de arranque” se refiere al valor estable en rms. Este es el valor obtenido cuando, pasados unos ciclos, desaparece el fenómeno transitorio. El valor de pico de la corriente transitoria puede llegar a ser 2,5 veces la corriente de arranque estable, sin embargo, disminuye rápidamente. El par de arranque del motor se comporta de una manera similar, lo cual debemos tener presente si el momento de inercia de la máquina accionada es elevado, dado que los esfuerzos del eje y del acople pueden llegar a ser muy grandes.

Arranque directo (D.O.L.)

La manera más simple de arrancar un motor de jaula de ardilla es conectándolo directamente a la red. En tal caso, el único equipo de arranque que se necesitará es un arrancador directo a línea (D.O.L.). Sin embargo, este método tiene sus limitaciones puesto que supone una alta intensidad de arranque. Aun así, es el método preferible, a no ser que existan razones especiales para descartarlo.

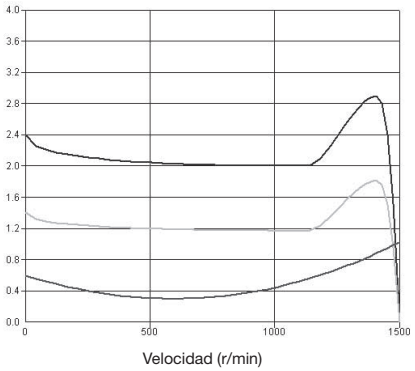
Arranque Y/Δ

Si es necesaria una disminución de la intensidad de arranque de un motor debido a limitaciones de la alimentación, puede utilizarse el método Y/D. Con este método, un motor, por ejemplo, devanado a 400 VD y puesto en marcha con el devanado conectado en Y, reducirá la intensidad de arranque en un 30% del valor para arranque directo y el par de arranque quedará reducido a un 25% del valor de arranque directo.

Sin embargo, antes de utilizar este método, es necesario primero determinar si el par reducido del motor es suficiente para acelerar la carga para todas las gamas de la velocidad.

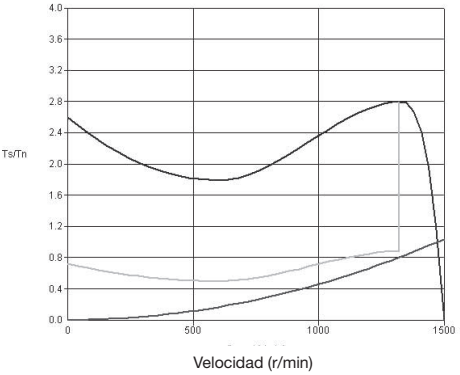
Rogamos contacten con su oficina de ventas más próxima para obtener el programa de cálculo Mot*Size*.

Arranque directo (D.O.L)



Ejemplo extraído del programa de cálculo MotSize, el cual muestra las curvas de arranque directo (1. par de arranque a U_n, 2. Par de arranque a 80% de U_n; 3. Par carga) para un motor de hierro fundido.

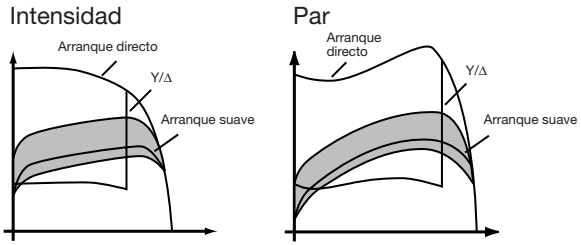
Arranque Y/Δ



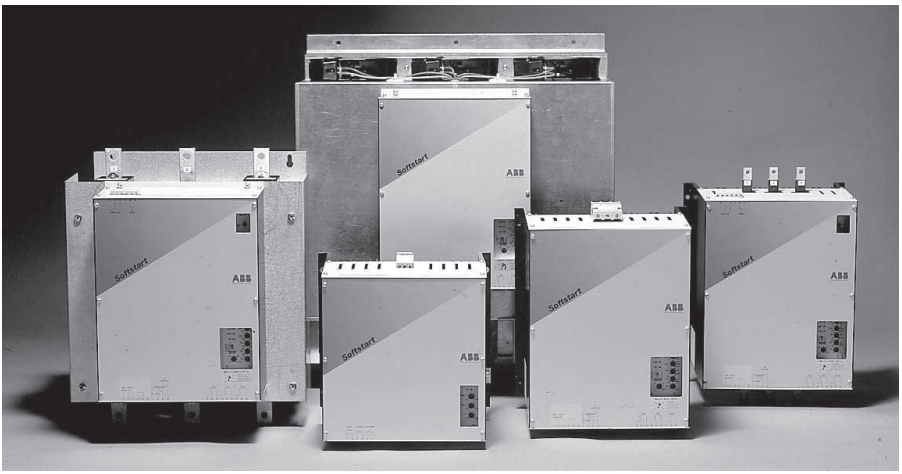
Ejemplo extraído del programa de cálculo MotSize, el cual muestra las curvas de arranque directo (1. par de arranque a U_n; 2. par de arranque a 80% de U_n; 3. Par carga) para un motor de aluminio.

4.3.1 Arrancadores suaves

Un arrancador suave limita la intensidad de arranque proporcionando al mismo tiempo un arranque uniforme. La magnitud de la intensidad de arranque depende directamente del par estático de arranque exigido durante un arranque y de la masa de la carga que deba ser acelerada. Generalmente el arranque suave ahorra energía porque adapta continuamente la tensión del motor a las exigencias de cada momento, especialmente cuando el motor funciona con una carga ligera.
En el arrancador suave de ABB, el circuito principal se controla mediante semiconductores en lugar de mediante contactos mecánicos. Cada fase consta de dos tiristores conectados en antiparalelo, lo cual permite cambiar la intensidad en cualquier punto tanto durante los medios ciclos positivos como los negativos.
El tiempo de arranque se controla mediante el ángulo de encendido del tiristor, el cual, a su vez, es controlado por el circuito impreso incorporado.



Los arrancadores suaves reducen tanto la intensidad como el par



4.3.2 Tiempo de arranque

El tiempo de arranque es una función del par de carga, de la inercia y del par del motor. Dado que la intensidad de arranque es siempre mucho más elevada que la intensidad nominal, un período de arranque excesivamente largo causará un aumento de temperatura perjudicial para el motor. Además, la alta intensidad también lleva consigo esfuerzos electromecánicos.

Tiempo de arranque permitido

Debido al aumento de la temperatura, el tiempo de arranque no debe exceder del especificado en la tabla.
Los valores de la tabla se refieren al arranque a partir de la temperatura de trabajo normal. Cuando el arranque es en frío, estos valores pueden doblarse.

Tiempos máximos de arranque (en segundos) para arranques poco frecuentes

Tamaño del motor	Método de arranque	Número de polos 2	4	6	8
63	D.O.L.	25	40		40
71	D.O.L.	20	20	40	40
80	D.O.L.	15	20	40	40
90	D.O.L.	10	20	35	40
100	D.O.L.	10	15	30	40
112	D.O.L.	20	15	25	50
	Y/Δ	60	45	75	150
132	D.O.L.	15	10	10	20
	Y/Δ	45	30	30	60
160	D.O.L.	15	15	20	20
	Y/Δ	45	45	60	60
180	D.O.L.	15	15	20	20
	Y/Δ	45	45	60	60
200	D.O.L.	15	15	20	20
	Y/Δ	45	45	60	60
225	D.O.L.	15	15	20	20
	Y/Δ	45	45	60	60
250	D.O.L.	15	15	20	20
	Y/Δ	45	45	60	60
280	D.O.L.	15	18	17	15
	Y/Δ	45	54	51	45
315	D.O.L.	15	18	16	12
	Y/Δ	45	54	48	36
355	D.O.L.	15	20	18	30
	Y/Δ	45	60	54	90
400	D.O.L.	15	20	18	30
	Y/Δ	45	60	54	90

4.3.2 Tiempo de arranque

Frecuencia permitida de arranques e inversiones de marcha

Cuando un motor se ve sometido a arranques frecuentes, no se le puede cargar con su potencia nominal porque hay que tener en cuenta las pérdidas térmicas de arranque en los devanados. Es posible calcular la potencia de salida permitida a partir del número de arranques por hora, del momento de la inercia de la carga y de la velocidad de la carga. Los esfuerzos mecánicos también pueden imponer límites por debajo de los de los factores térmicos.

Potencia de salida permitida $P = P\sqrt{1 - m/m_o}$

P_N = potencia nominal del motor en servicio continuo
M = $x. (J_M + J'_J / J_M)$
x = número de arranques por hora
J_M = momento de inercia del motor en kgm^2
J'_J = momento de inercia de carga en kgm^2, recalculado para el eje del motor, es decir, multiplicado por (velocidad de carga/velocidad del motor)^2. El momento de inercia J (kgm^2) es igual a 1/4 GD^2 en kgm^2
m_o = número máximo permitido de arranques por hora para un motor sin carga, según se indica en la tabla de la derecha.

4.3.2 Tiempo de arranque

Número máximo permitido de arranques por hora para un motor sin carga

Tamaño del motor / Método de arranque	Número de polos			
	2	4	6	8
63B	11200	8700	–	17500
71	–	–	16800	–
71A	9100	8400	16800	15700
71B	7300	8000	16800	15700
80A	5900	8000	16800	11500
80B	4900	8000	16800	11500
90S	4200	7700	15000	11500
90L	3500	7000	12200	11500
100 L	2800	–	8400	–
100 LA	–	5200	–	11500
100 LB	–	4500	–	9400
112 M	1700	6000	9900	16000
132 (S, M)	1700	2900	4500	6600
160 MA	650	–	–	5000
160 M	650	1500	2750	5000
160 L	575	1500	2750	4900
180 M	400	1100	–	–
180 L	–	1100	1950	3500
200 LA	385	–	1900	–
200 L	385	1000	1800	3400
225 S	–	900	–	2350
225 M	300	900	1250	2350
250 M	300	900	1250	2350
280	125	375	500	750
315	75	250	375	500
355	50	175	250	350
400	50	175	250	350

4.3.3 Características de arranque

Generalmente los catálogos establecen un tiempo de arranque máximo en función del tamaño del motor y de la velocidad. Sin embargo, ahora existe una exigencia estandarizada en IEC 34-12 que especifica los momentos de inercia permitidos de la máquina accionada en lugar del tiempo de arranque. Para motores pequeños, el esfuerzo térmico es mayor en el devanado del estátor, mientras que para los motores grandes, es mayor en el devanado del rotor.
Conociéndose las curvas del par del motor y de la carga, el tiempo de arranque se puede calcular integrando la ecuación siguiente:

$$T_M - T_L = (J_M + J_L) \times (d\omega/dt)$$

donde:

T_M = par del motor, Nm
T_L = par de carga, Nm
J_M = momento de inercia del motor, kgm^2
J_L = momento de inercia de carga, kgm^2
ω = velocidad angular del motor

En caso de engranaje, T_M y J_L deben sustituirse por T'_L y J'_L, respectivamente.

Conociéndose el par de arranque T_S y el par máximo T_{max} del motor, junto con la naturaleza de la carga, el tiempo de arranque puede calcularse aproximadamente con la siguiente ecuación:

$$t_{st} = (J_M + J_L) \times (K_1 / T_{acc})$$

donde

t_{st} = tiempo de arranque, s
T_{acc} = par de aceleración, N_m
K_1 = de acuerdo con la tabla siguiente:

Velocidad	Polos					Frecuencia
Constante	2	4	6	8	10	Hz
n_m	3000	1500	1000	750	600	50
K_1	314	157	104	78	62	
n_m	3600	1800	1200	900	720	60
K_1	377	188	125	94	75	

4.3.3 Características de arranque

El valor medio para T_M

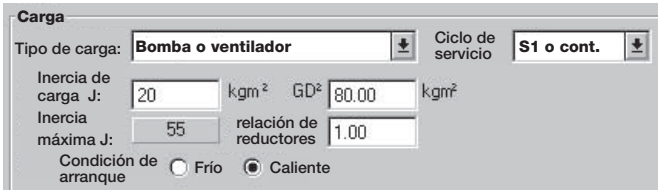
$T_M = 0{,}45 \times (T_S + T_{max})$

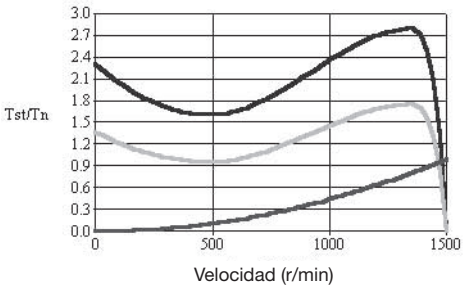
$T_{acc} = T_M - K_L \times T_L$

K_L puede obtenerse de la tabla siguiente:

	Accionamiento ascensor	Ventilador	Bomba de pistón	Volante de inercia
K_L	1	1/3	0.5	0

Ejemplos del programa de cálculo de tiempo de arranque





Resultados de arranque U/Un[%]	Tiempo de arranque (s)
DOL (100)	5.5
DOL (80)	10.0
Y (80)	0.0
U/Un[%]	**Velocidad (r/min)**
DOL (100)	1480
DOL (80)	1465

En caso de engranaje entre el motor y la máquina accionada, el par de carga debe recalcularse según la velocidad del motor mediante la fórmula siguiente:

$$T'_L = T_L \times \frac{n_L}{n_M}$$

También hay que recalcular el momento de inercia con:

$$J'_L = J_L \times \left(\frac{n_L}{n_M}\right)^2$$

4.3.4. Ejemplos de rendimiento de arranque

Ejemplos de arranque con distintos pares de carga

Motor de 4 polos, 160 kW, 1475 r/min
Par del motor:
$T_N = 1040$ Nm
$T_S = 1,7 \times 1040 = 1768$ Nm
$T_{max} = 2,8 \times 1040 = 2912$ Nm
Momento de inercia del motor: $J_M = 2,5$ kgm^2

La carga se reduce en una proporción de 1:2

Par de carga:

$T_L = 1600$ Nm a $n_L = n_M / 2$ r/min

$T'_L = 1600 \times \frac{1}{2} = 800$ Nm a n_M r/min

Momento de inercia de la carga

$J_L = 80$ kgm^2 a $n_L = n_M / 2$ r/min

$J'_L = 80 \times (\frac{1}{2})^2 = 20$ kgm^2 a n_M r/min

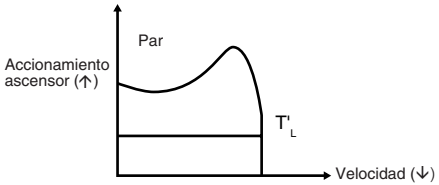
Momento de inercia total:

$J_M + J'_L$ a n_M r/min

$2,5 + 20 = 22,5$ kgm^2

Ejemplo 1:

$T_L = 1600$ Nm $\quad T'_L = 800$ Nm



Constante durante la aceleración

$$T_{acc} = 0,45 \times (T_L + T_{max}) - T'_L$$

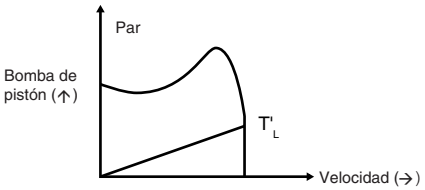
$$T_{acc} = 0,45 \times (1768 + 2912) - 800 = 1306 \text{ Nm}$$

$$t_{st} = (J_M + J'_L) \times (K_1 / T_{acc})$$

$$t_{st} = 22,5 \times (157/1306) = 2,7 \text{ s}$$

4.3.4. Ejemplos de rendimiento de arranque

Ejemplo 2:



T_L = 1600 Nm T'_L = 800 Nm

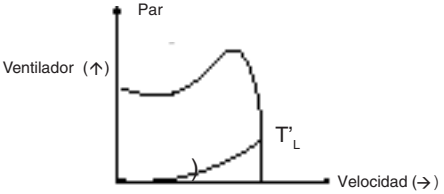
Aumento lineal durante la aceleración

$$T_{acc} = 0{,}45 \times (T_S + T_{max}) - \frac{1}{2} \times T'_L$$

$$T_{acc} = 0{,}45 \times (1768 + 2912) - \frac{1}{3} \times 800 = 1706 \text{ Nm}$$

$$t_{st} = (J_M + J'_L) \times (K_1 / T_{acc})$$

$$t_{st} = 22{,}5 \times (157/1706) = 2{,}1 \text{ s}$$



Ejemplo 3:

T_L = 1600 Nm T'_L = 800 Nm

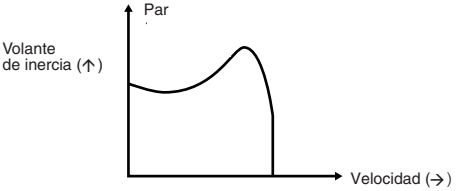
Aumento cuadrático durante la aceleración

$$T_{acc} = 0{,}45 \times (T_S + T_{max}) - 1/3 \times T'_L$$

$$T_{acc} = 0{,}45 \times (1768 + 2912) - 1/3 \times 800 = 1839 \text{ Nm}$$

$$t_{st} = (J_M + J'_L) \times (K_1 / T_{acc})$$

$$t_{st} = 22{,}5 \times (157/1839) = 1{,}9 \text{ s}$$



Ejemplo 4:

T_L = 0 Nm

$$T_{acc} = 0{,}45 \times (T_S + T_{max}) - \frac{1}{2} \times T'_L$$

$$T_{acc} = 0{,}45 \times (1768 + 2912) = 2106 \text{ Nm}$$

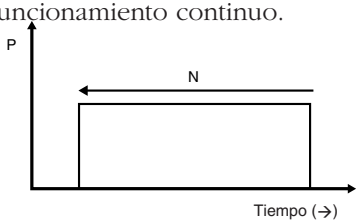
$$t_{st} = (J_M + J'_L) \times (K_1 / T_{acc})$$

$$t_{st} = 22{,}5 \times (157/2106) = 1{,}7 \text{ s}$$

4.4 Tipos de servicio

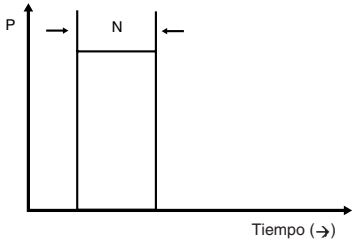
Los tipos de servicio se indican mediante los símbolos S1...S9, de acuerdo con IEC 34-1 y VDE 0530 Parte 1. Las potencias indicadas en los catálogos se basan en el servicio en funcionamiento continuo, S1, a potencia de régimen.

En caso de no existir ninguna indicación del tipo de servicio, se considera que se trata de un servicio en funcionamiento continuo.



S1, Servicio en funcionamiento continuo

Funcionamiento a carga constante de duración suficiente para alcanzar el equilibrio térmico. Designación S1



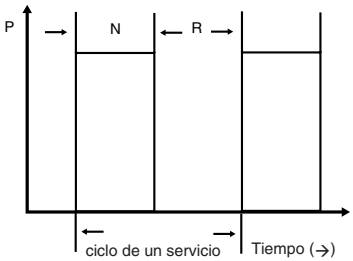
S2, Servicio de corta duración

Operación a carga constante durante un tiempo determinado, menor del requerido para alcanzar el equilibrio térmico, seguido de un tiempo de reposo en estado desconectado de duración suficiente para permitir que la temperatura del motor vuelva a la temperatura ambiente o a la temperatura del refrigerante. Se recomiendan los valores de 10, 30, 60 y 90 minutos para la duración prevista del ciclo de servicio. Ejemplo de designación: S2 60 min.

Explicación de los símbolos

P = potencia de salida
D = aceleración
N = funcionamiento en condiciones nominales
F = frenado eléctrico
V = funcionamiento sin carga/ en vacío
R = en reposo en estado desconectado
P_N = carga completa

4.4 Tipos de servicio

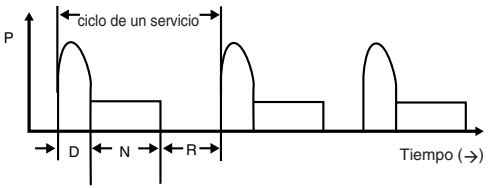


S3, Servicio intermitente

Secuencia de ciclos de servicio idénticos, en la que cada uno consta de un período de funcionamiento a carga constante y un período de reposo en estado desconectado. El ciclo de servicio es demasiado corto para alcanzar el equilibrio térmico. La intensidad de arranque no afecta al calentamiento de forma significativa.

Los valores recomendados para el factor de duración del ciclo son 15, 25, 40 y 60 %. La duración de un ciclo de servicio es de 10 minutos. Ejemplo de designación: S3 25%

$$\text{Factor de duración de ciclo} = \frac{N}{N+R} \times 100\%$$



S4, Servicio intermitente con arranque

Secuencia de ciclos de servicio idénticos, en la que cada uno consta de un período de arranque significativo, un período de funcionamiento a carga constante y un período de reposo en estado desconectado.

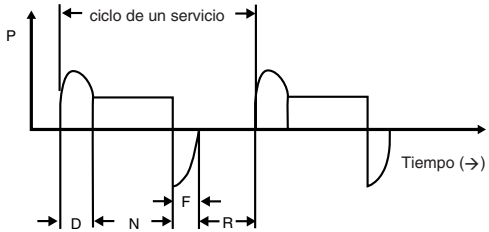
El tiempo del ciclo es demasiado corto para alcanzar el equilibrio térmico. En este tipo de servicio el motor es llevado al estado de reposo por la carga o por el frenado mecánico, por lo que el motor no se carga térmicamente.

4.4 Tipos de servicio

Para definir completamente el tipo de servicio son necesarios los siguientes parámetros: el factor de duración del ciclo, el número de ciclos de servicio por hora (c/h), el momento de inercia de la carga J_L y el momento de inercia del motor J_M.

Ejemplo de designación: S4 25% 120 c/h J_L = 0,2 kgm^2
J_M = 0,1 kgm^2

Factor de duración del ciclo = $\frac{D+N}{D+N+R}$ x 100%



S5, Servicio intermitente con arranque y frenado eléctrico
Secuencia de ciclos de servicio idénticos, en la que cada uno de ellos consta de un período de arranque significativo, un período de funcionamiento a carga constante y un período de frenado eléctrico rápido y un período de reposo en estado desconectado.

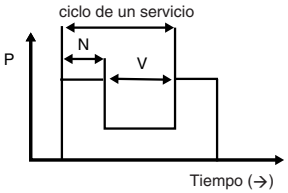
Los ciclos de servicio son demasiado cortos para alcanzar el equilibrio térmico. En este tipo de servicio el motor es llevado al estado de reposo por la carga o por el frenado mecánico, por lo que el motor no se carga térmicamente.

Para definir completamente el tipo de servicio son necesarios los siguientes parámetros: el factor de duración del ciclo, el número de ciclos de servicio por hora (c/h), el momento de inercia de la carga J_L y el momento de inercia del motor J_M.

Ejemplo de designación: S5 40% 120 c/h J_L = 2,6 kgm^2
J_M = 1,3 kgm^2

Factor de duración del ciclo = $\frac{D+N+F}{D+N+F+R}$ x 100%

4.4 Tipos de servicio



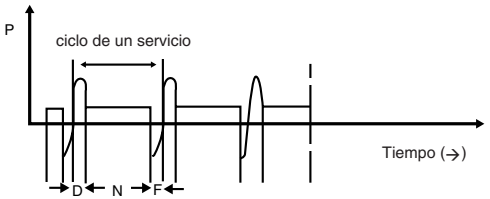
S6, Servicio periódico con funcionamiento ininterrumpido

Secuencia de ciclos de servicio idénticos, en la que cada uno de ellos consta de un período de carga constante y un período de operación en vacío. Los ciclos de servicio son demasiado cortos para alcanzar el equilibrio térmico.

Los valores recomendados para el factor de duración del ciclo son 15, 25, 40 y 60 %. La duración de un ciclo de servicio es de 10 minutos.

Ejemplo de designación: S6 40%

$$\text{Factor de duración del ciclo} = \frac{N}{N+V} \times 100\%$$



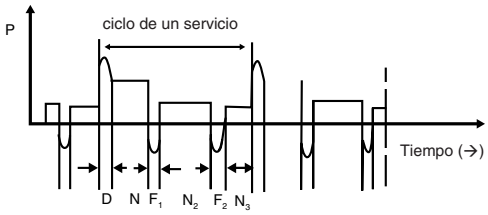
S7, Servicio periódico de funcionamiento continuo con frenado eléctrico

Secuencia de ciclos idénticos, en la que cada uno de ellos consta de un período de arranque, un período de funcionamiento a carga constante y un período de frenado. El sistema de frenado es eléctrico, por ejemplo, frenado contracorriente. Los ciclos de servicio son demasiado cortos para alcanzar el equilibrio térmico.

Para definir completamente el tipo de servicio son necesarios los siguientes parámetros: el número de ciclos de servicio por hora (c/h), el momento de inercia de la carga J_L y el momento de inercia del motor J_M.

Ejemplo de designación: S7 500 c/h J_L = 0,08 kgm^2 J_M = 0,08 kgm^2

4.4 Tipos de servicio



S8, Servicio periódico ininterrumpido con variaciones de carga y de velocidad

Secuencia de ciclos de servicio idénticos, en la que cada uno de ellos consta de un período de arranque, un período de funcionamiento a carga constante, que corresponde a una velocidad predeterminada, seguido por uno o más períodos de funcionamiento con diferentes cargas constantes correspondientes a velocidades distintas. No hay período de reposo en estado desconectado.

Los ciclos de servicio son demasiado cortos para alcanzar el equilibrio térmico.

Este tipo de servicio se utiliza, por ejemplo, en motores de polos conmutables.

Para definir completamente el tipo de servicio son necesarios los siguientes parámetros: el número de ciclos de servicio por hora (c/h), el momento de inercia de la carga J_L y el momento de inercia del motor J_M, y la carga, la velocidad y el factor de duración del ciclo para cada velocidad de rotación.

Ejemplo de designación: S8 30 c/h J_L = 63,8 kgm² J_M = 2,2 kgm²

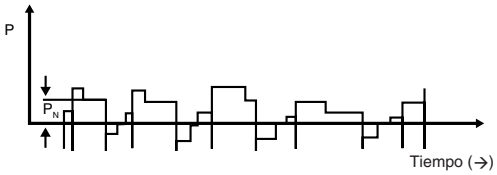
24 kW 740r/min 30%
60 kW 1460r/min 30%
45 kW 980r/min 40%

$$\text{Factor de duración ciclica } 1 = \frac{D+N_1}{D+N_1+F_1+N_2+F_2+N_3} \times 100\%$$

$$\text{Factor de duración ciclica } 2 = \frac{F_1+N_2}{D+N_1+F_1+N_2+F_2+N_3} \times 100\%$$

$$\text{Factor de duración ciclica } 3 = \frac{F_2+N_3}{D+N_1+F_1+N_2+F_2+N_3} \times 100\%$$

4.4 Tipos de servicio



S9 Servicio con variaciones no periódicas de la carga y de la velocidad
Servicio en el cual, generalmente, la carga y la velocidad tienen una variación no periódica dentro del margen de funcionamiento permitido. Este servicio presenta con frecuencia sobrecargas que pueden exceder ampliamente los valores en plena carga. Para este tipo de servicio, el concepto de sobrecarga debería basarse en valores adecuados de plena carga.

4.5 Incremento de potencia

Debido al menor aumento de la temperatura del motor en un períodos breves o en servicio intermitente, generalmente es posible pedir una potencia más elevada al motor en estos tipos de servicio que en el servicio continuo. Las tablas a continuación son un ejemplo de ello:

Servicio periodo breve, S2	**Polos**	**Potencia permitida en % de la potencia nominal en S1, servicio continuo para motores tamaño: 63-100**	**112-250**	**280-400**
30 minutos	2	105	125	130
	4-8	110	130	130
60 minutos	2-8	100	110	115

Servicio intermitente, S3	**Polos**	**Potencia permitida en % de la potencia nominal en S1, servicio continuo para motores tamaño: 63-100**	**112-250**	**280-400**
15%	2	115	145	140
	4	140	145	140
	6, 8	140	140	140
25%	2	110	130	130
	4	130	130	130
	6, 8	135	125	130
40%	2	110	110	120
	4	120	110	120
	6, 8	125	108	120
60%	2	105	107	110
	4	110	107	110
	6, 8	115	105	110

4.6 Rendimiento

Los valores de rendimiento para la potencia nominal están listados en las tablas de datos técnicos de nuestros catálogos de productos.

La tabla siguiente ilustra los valores más corrientes para los distintos estados de carga. Por ejemplo un motor con un valor de rendimiento de 90 tiene, a tres cuartos de carga, un valor de 90, a media carga un valor de 89 y a un cuarto de carga un valor de 85. ABB puede suministrar los valores garantizados de los distintos estados de carga parcial bajo pedido.

Rendimiento (%)										
2-4 polos						6-12 polos				
1.25 xP_N	1.00 xP_N	0.75 xP_N	0.50 xP_N	0.25 xP_N		1.25 xP_N	1.00 xP_N	0.75 xP_N	0.50 xP_N	0.25 xP_N
97	**97**	97	96	92		97	**97**	97	95	92
96	**96**	96	95	91		96	**96**	96	94	91
95	**95**	95	94	90		95	**95**	95	93	90
94	**94**	94	93	89		94	**94**	94	92	89
93	**93**	93	92	88		93	**93**	93	91	88
92	**92**	92	91	87		92	**92**	92	90	86
91	**91**	91	90	86		91	**91**	91	89	85
89	**90**	90	89	85		90	**90**	90	88	84
88	**89**	89	88	84		89	**89**	89	87	83
87	**88**	88	87	83		88	**88**	88	86	82
86	**87**	87	86	82		87	**87**	87	84	80
86	**86**	86	85	80		86	**86**	86	83	78
83	**85**	86	85	79		85	**85**	85	82	76
82	**84**	85	84	78		84	**84**	84	81	75
81	**83**	84	83	76		83	**83**	84	80	74
80	**82**	83	82	74		81	**82**	82	78	72
79	**81**	82	81	73		80	**81**	81	77	70
77	**80**	81	79	71		79	**80**	80	76	68
76	**79**	80	78	69		78	**79**	80	75	67
75	**78**	79	76	67		77	**78**	78	74	66
74	**77**	78	75	65		76	**77**	77	73	64
73	**76**	77	74	63		75	**76**	76	72	64
72	**75**	76	72	61		74	**75**	75	71	62
71	**74**	75	71	60		73	**74**	74	70	62
70	**73**	74	70	59		72	**73**	73	69	60
69	**72**	73	69	57		70	**72**	71	67	58
68	**71**	72	68	56		69	**71**	70	66	56
67	**70**	71	67	54		68	**70**	69	65	56

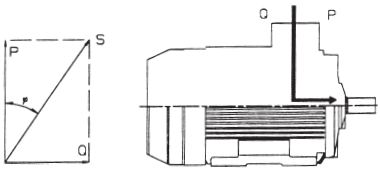
4.7 Factor de potencia

Un motor consume, a la vez, potencia activa, que se convierte en trabajo mecánico, y potencia reactiva, necesaria para la magnetización pero que no realiza ningún trabajo.

Juntas, la potencia activa y la reactiva, representadas en el diagrama (abajo) por P y Q, proporcionan la potencia aparente S. La relación entre la potencia activa, medida en kW, y la potencia aparente, medida en kVA, se conoce como el factor de potencia. Generalmente, el ángulo entre P y S se designa como φ. El factor de potencia equivale al cosφ.

El factor de potencia se sitúa generalmente entre 0,7 y 0,9. En motores pequeños es inferior y en motores grandes mayor.

El factor de potencia se determina midiendo la potencia absorbida, la tensión y la intensidad a la potencia nominal. El factor de potencia establecido está sujeto a una tolerancia de (1-cosφ)/6



Si hay varios motores en una instalación, se consumirá una gran parte de la potencia reactiva y, por lo tanto, el factor de potencia será menor. Por este motivo, los suministradores de potencia a veces requieren que se aumente el factor de potencia de una instalación. Esto se consigue conectando condensadores al suministro, los cuales generan potencia reactiva y, en consecuencia, aumentan el factor de potencia.

4.7.1 Compensación de potencia

Con la compensación de potencia, los condensadores se conectan generalmente en paralelo con el motor o con un grupo de motores. Sin embargo, en algunos casos, un exceso de compensación puede provocar que un motor de inducción se autoexcite y funcione como si fuera un generador. Por lo tanto, para evitar complicaciones, lo más usual es realizar una compensación no superior a la intensidad en vacío del motor.

Los condensadores no deben conectarse en paralelo con fases únicas del devanado, porque este tipo de disposición puede hacer que sea difícil o imposible que el motor pueda llevar a cabo un arranque en Δ.

4.7.1 Compensación de potencia

Si un motor de dos velocidades con devanados independientes presenta una compensación de potencia en ambos devanados, los condensadores no deberían permanecer conectados con el devanado que no se utiliza. En ciertas circunstancias, estos condensadores pueden provocar un aumento del calentamiento del devanado y posiblemente también vibración.

Se utiliza la fórmula siguiente para calcular el tamaño (por fase) de un condensador para una frecuencia principal de 50 Hz:

$$C = 3.2 \cdot 10^6 \cdot \frac{Q}{U_2}$$

donde C = capacitance, µF
U = capacitor voltage, V
Q = reactive power, kvar.

La potencia reactiva se obtiene mediante la fórmula:

$$Q = K \cdot P \frac{P}{\eta}$$

donde K = constante de la tabla de la derecha
P = potencia nominal del motor, kW
η = rendimiento del motor

Cosφ sin Compensación	Constante K Compensación al cosφ =			
	0.95	0.90	0.85	0.80
0.50	1.403	1.248	1.112	0.982
0.51	1.358	1.202	1.067	0.936
0.52	1.314	1.158	1.023	0.892
0.53	1.271	1.116	0.980	0.850
0.54	1.230	1.074	0.939	0.808
0.55	1.190	1.034	0.898	0.768
0.56	1.150	0.995	0.859	0.729
0.57	1.113	0.957	0.822	0.691
0.58	1.076	0.920	0.785	0.654
0.59	1.040	0.884	0.748	0.618
0.60	1.005	0.849	0.713	0.583
0.61	0.970	0.815	0.679	0.548
0.62	0.937	0.781	0.646	0.515
0.63	0.904	0.748	0.613	0.482
0.64	0.872	0.716	0.581	0.450
0.65	0.841	0.685	0.549	0.419
0.66	0.810	0.654	0.518	0.388
0.67	0.779	0.624	0.488	0.358
0.68	0.750	0.594	0.458	0.328
0.69	0.720	0.565	0.429	0.298
0.70	0.692	0.536	0.400	0.270
0.71	0.663	0.507	0.372	0.241
0.72	0.635	0.480	0.344	0.214
0.73	0.608	0.452	0.316	0.186
0.74	0.580	0.425	0.289	0.158
0.75	0.553	0.398	0.262	0.132
0.76	0.527	0.371	0.235	0.105
0.77	0.500	0.344	0.209	0.078
0.78	0.474	0.318	0.182	0.052
0.79	0.447	0.292	0.156	0.026
0.80	0.421	0.266	0.130	
0.81	0.395	0.240	0.104	
0.82	0.369	0.214	0.078	
0.83	0.343	0.188	0.052	
0.84	0.317	0.162	0.026	
0.85	0.291	0.135		
0.86	0.265	0.109		
0.87	0.238	0.082		
0.88	0.211	0.055		
0.89	0.184	0.027		
0.90	0.156			

4.7.2 Valores del factor de potencia

Los valores del factor de potencia para la potencia nominal están listados en las tablas de datos técnicos de nuestros catálogos de producto.

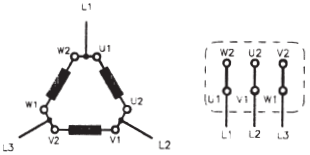
La tabla que aparece a continuación muestra los valores típicos. Bajo pedido, ABB puede suministrar los valores garantizados.

Tal como ilustra el ejemplo siguiente, un motor con un factor de potencia de 0,85 tiene, a tres cuartos de carga un valor de 0,81, a media carga un valor de 0,72, y a un cuarto de carga un valor de 0,54.

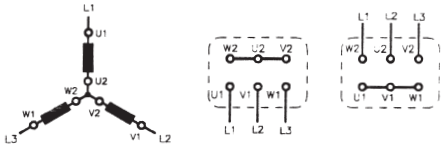
(Factor de potencia cos φ)										
2-4 polos						6-12 polos				
1.25 xP_N	1.00 xP_N	0.75 xP_N	0.50 xP_N	0.25 xP_N		1.25 xP_N	1.00 xP_N	0.75 xP_N	0.50 xP_N	0.25 xP_N
0.92	**0.92**	0.90	0.84	0.68		0.92	**0.92**	0.90	0.84	0.68
0.91	**0.91**	0.89	0.83	0.66		0.91	**0.91**	0.89	0.83	0.66
0.90	**0.90**	0.88	0.82	0.64		0.90	**0.90**	0.88	0.82	0.64
0.89	**0.89**	0.87	0.81	0.62		0.89	**0.89**	0.87	0.81	0.62
0.88	**0.88**	0.86	0.80	0.60		0.88	**0.88**	0.86	0.80	0.60
0.88	**0.87**	0.84	0.76	0.58		0.88	**0.87**	0.84	0.76	0.58
0.87	**0.86**	0.82	0.73	0.56		0.87	**0.86**	0.82	0.73	0.56
0.86	**0.85**	0.81	0.72	0.54		0.86	**0.85**	0.81	0.72	0.54
0.85	**0.84**	0.80	0.71	0.52		0.85	**0.84**	0.80	0.71	0.52
0.84	**0.83**	0.78	0.70	0.50		0.84	**0.83**	0.78	0.70	0.50
0.84	**0.82**	0.76	0.66	0.46		0.84	**0.82**	0.76	0.66	0.46
0.84	**0.81**	0.74	0.63	0.43		0.84	**0.81**	0.74	0.63	0.43
0.83	**0.80**	0.73	0.60	0.40		0.83	**0.80**	0.73	0.60	0.40
0.82	**0.79**	0.72	0.59	0.38		0.82	**0.79**	0.72	0.59	0.38
0.82	**0.78**	0.71	0.58	0.36		0.82	**0.78**	0.71	0.58	0.36
0.81	**0.77**	0.69	0.55	0.36		0.81	**0.77**	0.69	0.55	0.36
0.81	**0.76**	0.68	0.54	0.34		0.81	**0.76**	0.68	0.54	0.34
0.80	**0.75**	0.67	0.53	0.34		0.80	**0.75**	0.67	0.53	0.34
0.79	**0.74**	0.66	0.52	0.32		0.79	**0.74**	0.66	0.52	0.32
0.78	**0.73**	0.65	0.51	0.32		0.78	**0.73**	0.65	0.51	0.32
0.78	**0.72**	0.62	0.48	0.30		0.78	**0.72**	0.62	0.48	0.30
0.78	**0.71**	0.61	0.47	0.30		0.78	**0.71**	0.61	0.47	0.30
0.77	**0.70**	0.60	0.46	0.30		0.77	**0.70**	0.60	0.46	0.30

4.8 Diagramas de conexión

Conexión de motores trifásicos de una velocidad



Conexión D



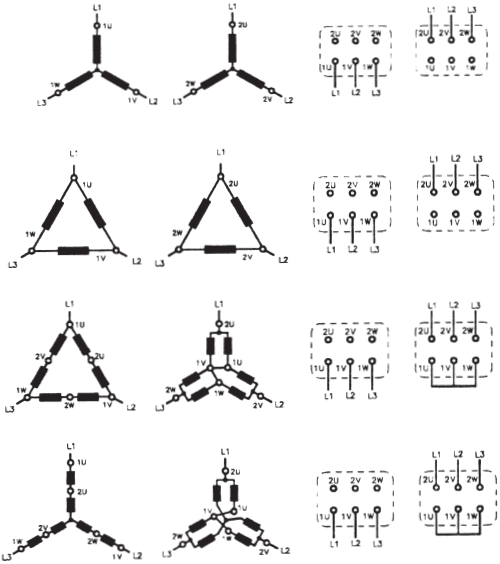
Conexión Y

Conexión de motores de dos velocidades

Generalmente los motores de dos velocidades se conectan tal como se indica abajo y la dirección de rotación según se indica en la página 35. Los motores de diseño normal tienen seis bornes y una terminal de conexión a tierra en la caja de bornes. Los motores con dos devanados separados se conectan generalmente en Δ/Δ. También se pueden conectar en Y/Y, Y/Δ o Δ/Y. Los motores con un devanado, conexión Dahlander, se conectan en Δ/YY cuando están diseñados para transmitir un par constante. Para accionamiento de ventiladores, la conexión es Y/YY.

Con cada motor se suministra un diagrama de conexión.

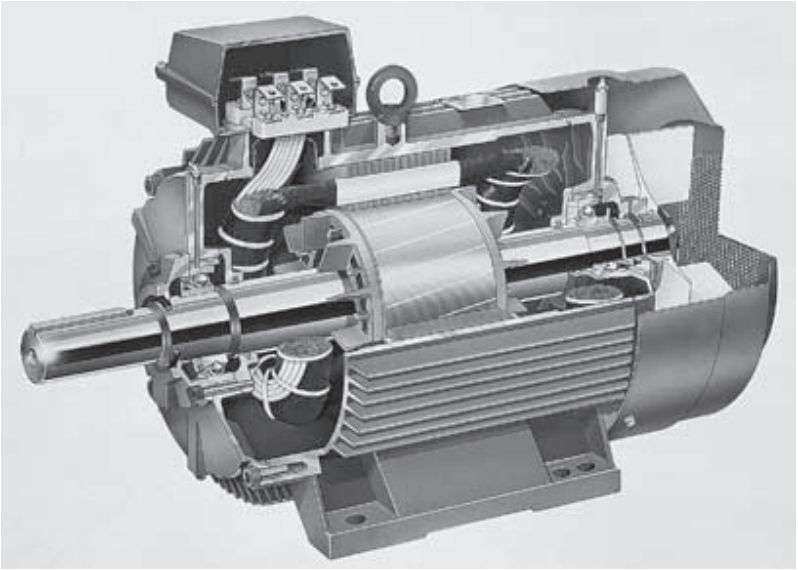
Cuando se arranca un motor con conexión Y Δ, es necesario remitirse siempre al diagrama de conexión facilitado por el fabricante del arranque.



5

Diseño Mecánico

5. Diseño Mecánico



5.1 Tipos de carcasa

Los motores modernos totalmente cerrados de jaula de ardilla se encuentran disponibles en una variedad de carcasas de aluminio, acero y fundición de hierro y en motores abiertos a prueba de goteo en carcasas de acero para distintas tipos de aplicación.

Tipo de carcasa																
ESTÁNDAR	**56**	**63**	**71**	**80**	**90**	**100**	**112**	**132**	**160**	**180**	**200**	**250**	**280**	**315**	**355**	**400**
Aluminio	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•				
Acero													•	•	•	•
Fundición de hierro			•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
ÁREAS EXPLOSIVAS																
EEx e. Ex N (al.+fund.hie)		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
EEx e. Ex de (fund.hie)				•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
MOTORES ABIERTOS (acero)											•	•	•	•	•	
MARINOS		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
MONOFÁSICOS (aluminio)		•	•	•	•	•										
MOTORES FRENO			•	•	•	•	•	•	•							

5.2 Caja de bornes

Las cajas de bornes se encuentran bien en la parte superior del motor o en cualquiera de los laterales del motor.

Tamaño motor y material carcasa	Caja de bornes Parte superior	Derecha	Izquierda
63-180 aluminio	Estándar	-	-
200-250 aluminio	Estándar	Opcional	Opcional
71 fundición de hierro	Estándar	-	-
80-250 fundición de hierro	Estándar	Opcional	Opcional
280-400 fundición de hierro	Estándar	Estándar	Estándar
280-400 acero	Estándar	Estándar	Estándar

El diseño no estándar de la caja de bornes, por ejemplo, el tamaño o el grado de protección, están disponibles como opción.

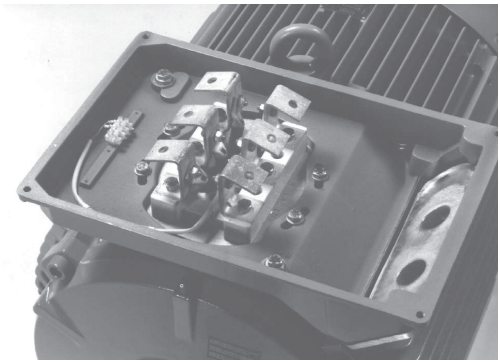
La caja de bornes de los motores de aluminio de los tamaños 63 a 180 se suministran con agujeros pretroquelados. Los tamaños 200-250 tienen una caja de bornes con dos prensaestopas. La caja de bornes de los motores de fundición de hierro de los tamaños 71 a 250 está equipada con tapas ciegas para acoplar botellas. Para los tamaños 280 a 400, la caja de bornes está equipada con prensaestopas. Para los otros motores, los prensaestopas están disponibles de forma opcional.

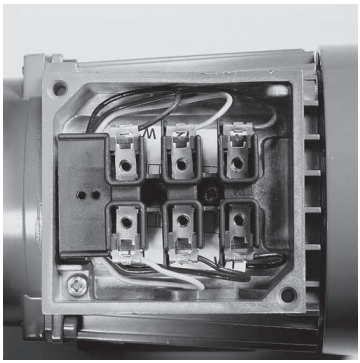
La caja de bornes de los motores de aluminio permite la entrada de cables por ambos lados. La caja de bornes de los motores de fundición de hierro de los tamaños 71 a 250 puede girarse 4x90° y en los tamaños 280 a 400 2x180° para permitir la entrada de cables por cualquier lado del motor.

El grado de protección estándar de la caja de bornes es IP55.

5.2 Caja de bornes

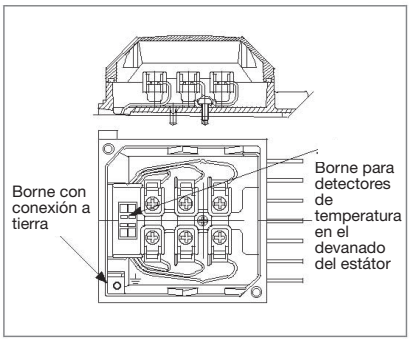
Para poder suministrar los cables apropiados para el motor, rogamos especifiquen el tipo, la cantidad y el tamaño de los cables en el momento de hacer el pedido.



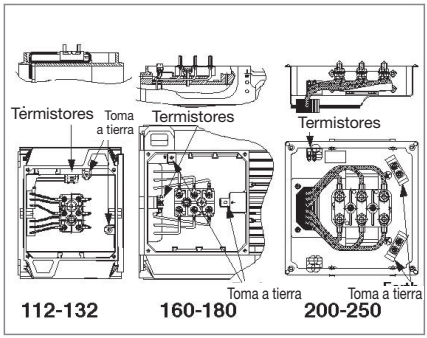


Caja de bornes de un motor de fundición de hierro y de un motor de aluminio

Caja de bornes de los motores estándar M2000 M2AA 63-100



Caja de bornes en motores estándar M2000 M2AA 112-250



Coordinación de la caja de bornes y de las entradas de cable

Si en el pedido no consta ninguna especificación de cables, se asume que serán cables con aislamiento pvc y que los bornes se suministrarán según la tabla que aparece a continuación.

Bajo pedido se pueden suministrar diseños distintos al estándar, según las tablas siguientes.

Coordinación de la caja de bornes y de las entradas de cable para motores de acero y de fundición de hierro

Tamaño	Abertura	Entrada de cable	Conexión máx. Área de cable Cu	Tamaño cierre bornes
71	agujeros roscados	2 x Pg 11	6 mm^2	M4
80-90	agujeros roscados	2 x Pg 16	6 mm^2	M4
100, 112	agujeros roscados	2 x Pg 21	16 mm^2	M5
132	agujeros roscados	2 x Pg 21	16 mm^2	M5
160	tapeta	2 x Pg 29	25 mm^2	M6
180	tapeta	2 x Pg 29	25 mm^2	M6
200	tapeta	2 x Pg 36	35 mm^2	M10
225	tapeta	2 x Pg 36	50 mm^2	M10
250	tapeta	2 x Pg 42	70 mm^2	M10
280	prensaestopas/caja	2 x Pg 42	2 x 150 mm^2	M12
315 SA	prensaestopas/caja	2 x Pg 42	2 x 240 mm^2	M12
315 S_, M_, L_	prensaestopas/caja	2 x Pg 48	2 x 240 mm^2	M12
355 SA	prensaestopas/caja	2 x Pg 42, 2→60	4 x 240 mm^2	M12
355 M_, L_	prensaestopas/caja	2→80	4 x 240 mm^2	M12
400M_, L_	prensaestopas/caja	2→80	4 x 240 mm^2	M12

Coordinación de la caja de bornes y de las entradas de cable para motores de aluminio

Tamaño	Abertura	Entrada de cable	Conexión máx. Área de cable Cu	Tamaño cierre bornes
63	agujeros pretroquelados	2 x 2 x Pg	112.5 mm^2	tornillos
71-100	agujeros pretroquelados	2 x 2 x Pg 16	2.5 mm^2	tornillos
112, 132	agujeros pretroquelados	2 x (Pg 21+ Pg 16)	10 mm^2	M5
160, 180	agujeros pretroquelados	2 x (2 x Pg 29+ 1Pg 11)	35 mm^2	M6
200-250	tapeta	2 x Pg 29, 42	70 mm^2	M10

5.3 Rodamientos

Normalmente los motores están equipados con rodamientos de una sola hilera de bolas de ranura profunda. La designación completa de los rodamientos se indica en la placa de características de la mayoría de motores.

Si el rodamiento del lado acople del motor se sustituye por un rodamiento de rodillos NU- o NJ-, se podrán soportar fuerzas radiales superiores. Los rodamientos de rodillos son especialmente adecuados para accionamientos por correas.

Cuando hay grandes fuerzas axiales, deberían usarse rodamientos de bolas de contacto angular. Esta versión está disponible bajo demanda. Al solicitar un motor con rodamientos de contacto angular, es necesario especificar el tipo de montaje y la dirección y la magnitud de la fuerza axial.

Para detalles más específicos sobre los rodamientos, rogamos consulten los catálogos del producto respectivos.

Duración del rodamiento

La duración normal L10 de un rodamiento se define, según ISO, como el número de horas de funcionamiento que el 90% de los rodamientos idénticos probados han alcanzado o excedido bajo ciertas condiciones predeterminadas. El 50% de los rodamientos tienen una duración de, como mínimo, cinco veces esta cifra.

Tamaño del rodamiento

La fiabilidad es el criterio principal para el diseño del tamaño del rodamiento, teniendo en cuenta los tipos de aplicaciones más frecuentes, la carga y el tamaño del motor. ABB utiliza rodamientos de las series 63, todos ellos con un diseño robusto para ofrecer una mayor duración y una mayor cargabilidad. Los rodamientos de las series 62 presentan niveles de ruido bajos, velocidades máximas elevadas y bajas pérdidas.

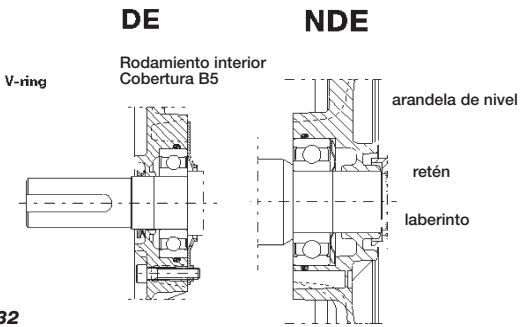
5.3 Rodamientos

Diseño de rodamientos para motores de aluminio

Tamaño motor	DE	NDE	Opción rodamiento rodillos	Acoplado a
63	series 62-2Z	series 62-2Z	no	D
71	series 62-2Z	series 62-2Z	no	D
80	series 62-2Z	series 62-2Z	no	D
90	series 63-2Z	series 62-2Z	no	D
100	series 63-2Z	series 62-2Z	no	D
112	series 62-2Z	series 62-2Z	no	D
132	series 62-2Z	series 62-2Z	no	D
160	series 62-2Z	series 62-2Z	sí	D
180	series 62-2Z	series 62-2Z	sí	D
200	series 63	series 63	sí	NDE
225	series 63	series 63	sí	NDE
250	series 63	series 63	sí	NDE

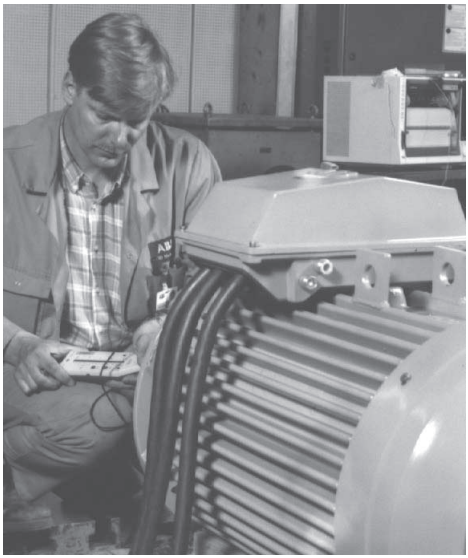
Diseño de rodamientos para motores de fundición de hierro

Tamaño motor	DE	NDE	Opción rodamiento rodillos	Acoplado a
71	series 62-2RS	series 62-2RS	no	D
80	series 62-2RS	series 62-2RS	no	D
90	series 63-2 RS	series 62-2 RS	no	D
100	series 63-2 RS	series 62-2 RS	no	D
112	series 62-2 RS	series 62-2 RS	no	D
132	series 62-2 RS	series 62-2 RS	no	D
160	series 63-Z	series 63-Z	sí	D
180	series 63-Z	series 63-Z	sí	D
200	series 63-Z	series 63-Z	sí	D
225	series 63-Z	series 63-Z	sí	D
250	series 63-Z	series 63-Z	sí	D
280, 2 polos	6316/C4	6316/C4	sí	D
280, 4-12 polos	6316/C3	6316/C3		
315, 2 polos	6316/C4	6316/C4	sí	D
315, 4-12 polos	6319/C3	6316/C3		
355, 2 polos	6319M/C4	6319M/C4	sí	D
355, 4-12 polos	6322/C3	6319/C3		
400, 2 polos	6319M/C4	6319M/C4	sí	D



Rodamientos en motores estándar M2000
Disposiciones de montaje en M2AA 112-132

5.4 Equilibrado



La vibración se expresa en mm/s, rms, y se mide en vacío con el motor sobre un soporte elástico. Se precisa un margen de medición de 10 a 1000 Hz.

5.4 Equilibrado

El rotor se equilibra dinámicamente con media chaveta en el extremo del eje. Respecto a las vibraciones, los motores estándar cumplen IEC 34-14, grado N. Los grados R y S se encuentran también disponibles bajo demanda.

Al suministrarse, los motores van marcados con el método de equilibrado

Grado de calidad	Velocidad r/min	Velocidad de vibración máxima en mm/s, para una altura de eje de 56-400		
		56 - 132 mm/s	160 - 225 mm/s	250 - 400 mm/s
N (normal)	≥ 600 < 3600	1.8	2.8	4.5
R (reducido)	≥ 600 < 1800	0.71	1.12	1.8
	≥ 1800 < 3600	1.12	1.8	2.8
S (especial)	≥ 600 < 1800	0.45	0.71	1.12
	≥ 1800 < 3600	0.71	1.12	1.8

5.5 Tratamiento de la superficie

Se presta una atención especial al acabado de los motores de ABB. Los tornillos, el acero, las aleaciones de aluminio y las piezas de fundición se tratan con un método apropiado para cada material. Así, se asegura una protección anticorrosión para los ambientes de trabajo más severos.

La pintura de acabado es color azul, código color Munsel 8B 4,5 / 3,25. También se la denomina NCS 4822B05G. La pintura de acabado estándar es a prueba de humedad y tropicalizado, de acuerdo con DIN 50013. Es adecuada para instalaciones al aire libre, incluyendo plantas químicas.

Tratamiento de la superficie en motores de acero y de fundición de hierro

Tamaño motor	Tratamiento de superficie	Especificación de pintura
71-132	Pintura de poliuretano de dos componentes >60mm	Definición del color: azul Munsel 8B 4,5 / 3,25 NCS 4822B05G
160-400	Pintura Epoxy de dos componentes >70mm	Definición del color: azul Munsel 8B 4,5 / 3,25 NCS 4822B05G

Tratamiento de la superficie en motores de aluminio

Tamaño motor	Tratamiento de superficie	Especificación de pintura
63-100	Pintura poliéster de dos componentes >30mm	Definición del color: azul Munsel 8B 4,5 / 3,25 NCS 4822B05G
112-150	Pintura en polvo de poliéster >60mm	Definición del color: azul Munsel 8B 4,5 / 3,25 NCS 4822B05G

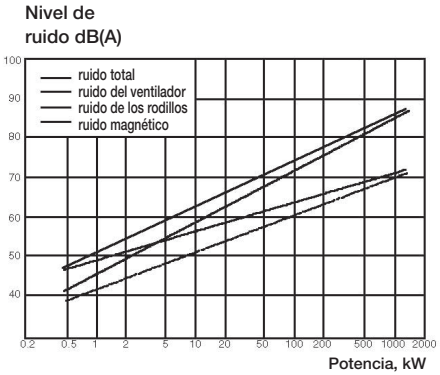
Ruido

6.1 Reducción del ruido

Actualmente el ruido está sujeto a regulaciones estrictas, con niveles máximos permitidos. En consecuencia, consideramos la reducción del nivel de ruido como uno de los principales criterios de diseño en el desarrollo de nuestros motores.

6.2 Componentes del ruido

Los principales componentes del ruido en un motor son el ventilador y el circuito electromagnético. A altas velocidades y a altas potencias, el ruido del ventilador es predominante; a bajas velocidades predomina el del circuito electromagnético. En los motores de anillos, las escobillas y los anillos suponen un ruido añadido.



Componentes que aumentan el nivel de ruido

6.2.1 Ventilador

El ruido del ventilador se puede reducir mediante un diseño optimizado del ventilador. Similarmente, un incremento del rendimiento general del motor permite reducir el diámetro del ventilador. Sin embargo, el ventilador debe ser suficientemente grande como para generar el flujo de aire necesario para asegurar una refrigeración adecuada del motor.

El nivel de ruido de los motores grandes se puede reducir mediante la incorporación de un silenciador. En los motores grandes de 2 polos, es posible utilizar un ventilador unidireccional que gire solamente en una única dirección, con lo que se generaría menos ruido.

ABB puede aconsejarle sobre la mejor solución para su aplicación específica.

6.2.2 Ruido magnético

El nuevo diseño eléctrico de ABB Motors reduce el ruido magnético.

6.3 Ruido propagado por el aire y por la estructura

El ruido puede propagarse de dos maneras. El ruido propagado por el aire es el generado por el ventilador; el ruido de la estructura es el generado por los rodamientos y por el ruido magnético al vibrar por la carcasa del motor, las fundaciones, las paredes y cualquier tipo de conducción.

6.3.1 Ruido propagado por el aire

Dependiendo de la aplicación, el ruido propagado por el aire puede reducirse mediante un silenciador, un ventilador unidireccional o mediante la instalación de un motor refrigerado por agua. Por ejemplo, elegir un motor refrigerado por aire y agua proporciona un nivel de ruido mucho mas bajo a altas potencias y es mucho más barato que uno de refrigeración aire-aire totalmente cerrado. Un motor totalmente cerrado con una refrigeración por aire con entrada y salida separadas presenta por lo general el mismo nivel de ruido que un motor con refrigeración de agua e incluso cuesta menos. Dado que a menudo los motores grandes se instalan en salas separadas, el nivel de ruido tiene una importancia secundaria.

6.3.2 Ruido propagado por la estructura

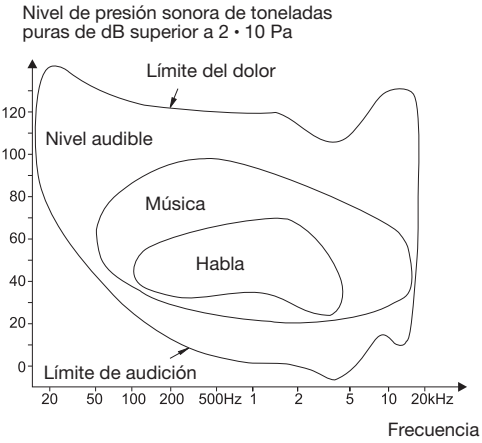
Un método efectivo para eliminar el ruido propagado por la estructura es montando cuidadosamente unos amortiguadores de vibración dimensionados. Sin embargo, elegir arbitrariamente los amortiguadores de vibración puede empeorar el problema del ruido.

6.3.3 Motores de bajo ruido

La mayoría de fabricantes suministran versiones con bajo ruido para motores grandes y motores de altas velocidades. Sin embargo, para alcanzar niveles bajos de ruido, el diseño del motor presenta modificaciones que pueden afectar la refrigeración. En algunos casos, puede ser que un motor grande deba presentar necesariamente la potencia requerida, lo cual haría aumentar su coste. Por ello, el coste de un motor de bajo ruido debería compararse con el coste de otras medidas de reducción de ruido que puedan aplicarse a la planta.

6.4 Nivel de presión sonora y nivel de potencia sonora

El sonido equivale a ondas de presión enviadas por un objeto a través del medio (generalmente el aire) en el que se encuentra. Durante una prueba de ruido, la presión sonora se mide en dB. La diferencia entre la presión sonora detectable para el oído humano y el límite del dolor humano es de 1:10.000.000. Dado que la diferencia de presión es tan grande y que la diferencia de 10 dB que percibimos es como el doble del nivel sonoro, se utiliza una escala logarítmica, en la que:



Nivel de presión sonora $Lp = 10 \log (P/P_0)^2$ dB

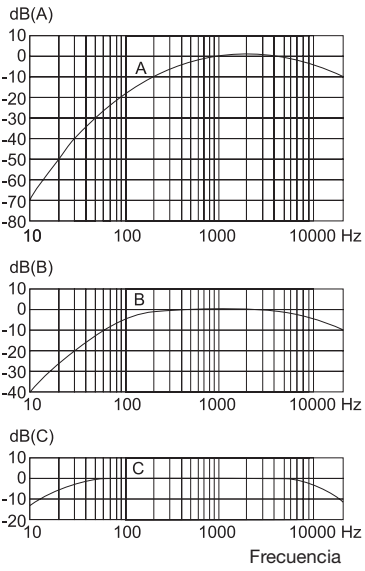
P_0 = 2* 10 - 5 (Pa) ruido mínimo detectable
P = presión mesurable (Pa)

6.4 Nivel de presión sonora y nivel de potencia sonora

La presión sonora se mide en una sala de pruebas para eliminar el ruido reflejado y las fuentes externas. Se coloca un micrófono en varios puntos a un metro del motor parar medir el sonido desde distintas direcciones. Como el nivel de ruido varía en distintas direcciones debido a la influencia de las fuentes, se aplica una tolerancia de 3 dB (A) para el nivel de presión sonora media.
El nivel sonoro medido (Lp) puede ser convertido en potencia radiada desde la fuente sonora para determinar el nivel de potencia sonora (Lw). La fórmula para ello es: Lw = Lp + Ls (Ls se calcula desde la superficie a medir, según DIN).

6.5 Filtros de medición

Para medir el sonido compuesto, se utilizan amplificadores y filtros distintos. Detrás de los resultados en dB medidos de esta forma se les añade (A), (B) o (C), dependiendo del filtro usado. Normalmente sólo se da el resultado en dB (A), el cual corresponde al más próximo a la percepción auditiva.
Los filtros pasan toda la gama de frecuencia pero atenúan o amplifican algunas de sus partes. Las características del filtro corresponden a las curvas estilizadas de 40, 70 y 100 phons para los tonos puros.
La información sobre el nivel de presión sonora sólo tiene sentido si se establece la distancia desde la fuente sonora. Por ejemplo, 80 dB (A) a una distancia de un metro desde una fuente sonora corresponde a 70 dB (A) a tres metros de la fuente.



6.6 Bandas de octavas

El nivel de presión sonora medio se mide con un filtro de banda ancha que cubre toda la banda de frecuencia. También se puede hacer la

6.6 Bandas de octavas

medición con un filtro de banda estrecha para definir el nivel de ruido por banda de octava (banda de frecuencia), dado que la percepción del oído humano depende de la banda de octava.

Análisis de banda de octava

Para tener una idea del carácter del sonido compuesto, es muy práctico dividir la gama de frecuencia en bandas de octavas en una proporción de 1:2 entre las frecuencias límites de bandas. Generalmente la gama de frecuencia se refiere a la frecuencia media de la banda. Las cifras en dB medidas para todas las bandas de octavas, los niveles de bandas de octavas, se muestran generalmente en forma de un diagrama de banda de octavas.

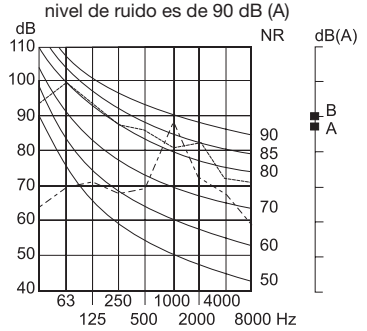
A partir de ISO se ha desarrollado un sistema de determinación de curvas de ruido, conocido como curvas NR para expresar el grado subjetivo de molestia de los distintos ruidos. El propósito de estas curvas es el de determinar el riesgo de daño al oído. También existen otros sistemas similares. Los números de las curvas NR representan el grado de ruido.

Para la banda de octavas con una frecuencia media de 1000 Hz, el número equivale al nivel de presión sonora en dB. La curva NR que toca la curva de ruido del motor en cuestión determina el nivel de ruido del motor. La tabla que aparece a continuación ilustra la utilización del nivel de ruido y muestra hasta cuanto tiempo puede permanecer una persona en un ambiente ruidoso sin sufrir un daño auditivo permanente.

NR	Tiempo por día
85	> 5 horas
90	= 5 horas
95	= 2 horas
105	< 20 minutos
120	< 5 minutos

A ------ Sin riesgo de daño auditivo. La curva NR 85 toca la curva de ruido del motor. El nivel de ruido es de 88 dB (A)

B - - - - Riesgo de daño auditivo. La curva NR 88 toca la curva de ruido del motor. El nivel de ruido es de 90 dB (A)



6.7 Servicio de convertidor

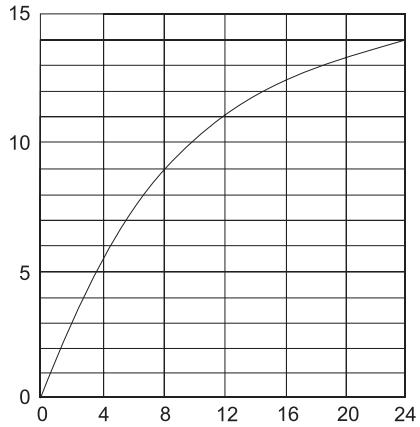
En servicio de convertidor, el ruido de motor producido en ciertas bandas de octavas puede cambiar considerablemente, dependiendo de la frecuencia de conmutación del convertidor. El convertidor no produce un voltaje sinusoidal. Sin embargo, dado que los convertidores de control de par directos de ABB no tienen una frecuencia de conmutación fija, el nivel de ruido es mucho menor de lo que sería en caso de que se usara con el mismo motor un convertidor de frecuencia de conmutación fija.

6.8 Fuentes de sonido adicionales

6.8.1 Percepción de diferencias en el nivel de sonido

Una diferencia en nivel de sonido de 1 dB es apenas perceptible, mientras que una diferencia de 10 dB se percibe como el doble o la mitad el nivel de intensidad sonora.
La tabla ilustra el nivel de presión sonora cuando existen distintas fuentes de sonido. Por ejemplo, el diagrama A muestra que el nivel de presión sonora aumentará en 3 dB si se suman dos fuentes de nivel de sonido idénticas. El diagrama B muestra como la presión de nivel sonora varía cuando las fuentes de sonido tienen niveles de presión distintos. Sin embargo, antes de añadir o sustraer valores logarítmicos, es necesario convertirlos en números absolutos. Una manera sencilla de añadir o sustraer fuentes de sonido es utilizando los diagramas que aparecen a continuación:

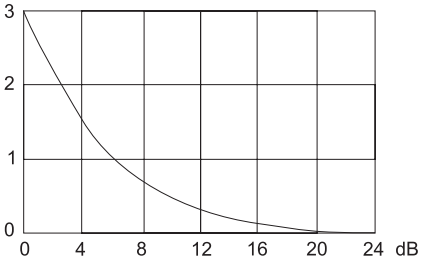
Aumento en nivel de presión sonora total DB



Número de fuentes de sonido de igual fuerza

Sumar distintas fuentes de sonido iguales. Al sumar dos fuentes de este tipo, el nivel total aumentará en 3 dB; sumando cuatro fuentes similares, aumentará de 6 dB, etc.

Aumento en nivel de presión sonora total DB



Debe sumarse la diferencia entre niveles

Sumar dos niveles distintos. Cuando la diferencia entre los dos niveles de presión sonora es mayor de 10 dB, el nivel más pequeño contribuye tan poco al nivel de presión sonora total que puede quedar descartado.

6.9 Niveles de presión de sonido

Nivel de presión sonora a 50 Hz en servicio neto
Motores de aluminio y de acero

2 Polos		4 Polos		6 Polos		8 Polos	
Tamaño	dB(A)	Tamaño	dB(A)	Tamaño	dB(A)	Tamaño	dB(A)
63	48	63	37	63	-	63	32
71	55	71	45	71	36	71	39
80	58	80	48	80	43	80	44
90	63	90	50	90	44	90	43
100	68	100	54	100	49	100	46
112	63	112	56	112	54	112	52
132	69	132	60	132	61	132	56
160	69	160	62	160	59	160	59
180	69	180	62	180	59	180	59
200	72	200	63	200	63	200	60
225	74	225	66	225	63	225	63
250	75	250	67	250	63	250	63
280	77	280	68	280	66	280	65
315	80	315	71	315	68	315	66
355	83	355	80	355	75	355	75
400	85	400	85	400	80	400	80

Nivel de presión sonora a 50 Hz de servicio neto
Motores de fundición de hierro

2 Polos		4 Polos		6 Polos		8 Polos	
Tamaño	dB(A)	Tamaño	dB(A)	Tamaño	dB(A)	Tamaño	dB(A)
71	57	71	45	71	47	71	-
80	58	80	46	80	48	80	-
90	61	90	52	90	48	90	-
100	65	100	53	100	51	100	-
112	68	112	56	112	54	112	-
132	73	132	60	132	59	132	-
160	70	160	66	160	66	160	73
180	72	180	66	180	68	180	65
200	74	200	66	200	73	200	71
225	74	225	68	225	67	225	73
250	75	250	68	250	68	250	68
280	77	280	68	280	66	280	65
315	80	315	70	315	68	315	62
355	83	355	80	355	75	355	75
400	85	400	85	400	80	400	80

7

Instalacion y mantenimiento

7.1 Aceptación de la entrega

Por favor, tomen nota de que el motor debe instalarse y mantenerse según el libro de instrucciones de la máquina que se adjunta al entregar el motor. Las instrucciones de instalación y de mantenimiento de este capítulo tienen por objetivo ser sólo una guía.

1. Por favor, inspeccione el equipo por si existe daño de transporte durante la entrega. En caso afirmativo, informe inmediatamente al agente de ventas más cercano.
2. Compruebe todos los datos de la placa de características, especialmente la tensión y la conexión de bobinado (Y o Δ).
3. Remueva el bloqueo para transporte, si existe, y haga girar el eje con la mano para comprobar que gira sin dificultades.

7.2 Comprobación de la resistencia de aislamiento

Antes de poner en servicio el motor o cuando se crea que hay humedad en el devanado, mida la resistencia de aislamiento.
La resistencia, medida a 25° C, debe ser mayor que el valor de referencia, en el cual,

$$Ri \geq \frac{20 \times U}{1000} + 2 \text{ P M ohm} \quad \text{(medido con 500 DC Megger)}$$

donde U = tensión, Voltios; P = potencia de salida, kW

ATENCIÓN

Los devanados deben ser descargados inmediatamente después de la medición para evitar riesgos de descarga eléctrica.

El valor de referencia de la resistencia de aislamiento debe reducirse a la mitad por cada 20° C de aumento de la temperatura ambiente.

Si no se alcanza el valor de la resistencia de referencia, el devanado está demasiado húmedo y debe secarse al horno a 90° C durante 12-16 horas, seguido de 105° C durante 6-8 horas. Nota: los tapones de drenaje, si los hay, deben sacarse siempre antes del secado al horno.

Si la humedad es causada por agua marina, debe bobinarse de nuevo el devanado.

7.3 Par en los bornes

Esto es sólo una guía. El material de la carcasa y el tratamiento de la superficie afectan al par de apriete de tensión.

Par de apriete para tornillos y tuercas de acero

Hilo	4,60 Nm	5,8 Nm	8,8 Nm	10,9 Nm	12,9 Nm
M2,5	0,26				
M3	0,46				
M5	2	4	6	9	10
M6	3	6	11	15	17
M8	8	15	25	32	50
M10	19	32	48	62	80
M12	32	55	80	101	135
M14	48	82	125	170	210
M16	70	125	190	260	315
M20	125	230	350	490	590
M22	160	300	480	640	770
M24	200	390	590	820	1000
M27	360	610	900	1360	1630
M30	480	810	1290	1820	2200
M33	670				
M36	895				

7.4 Utilización

Condiciones de trabajo

Los motores están diseñados para utilizarse en aplicaciones de accionamiento industrial.
La gama de temperatura ambiente normal es de –25° C a + 40° C.
La altitud máxima es de 1000 m por encima del nivel del mar.

Seguridad

Todos los motores deben instalarse y manejarse por personal cualificado, familiarizado con todos los requisitos de seguridad relevantes. La seguridad y el equipo de prevención de accidentes requerido por las normas locales de sanidad y de seguridad deben estar siempre presentes en los lugares de montaje y de funcionamiento.

ATENCIÓN

Los motores pequeños conectados directamente a interruptores térmicos pueden arrancar automáticamente.

Prevención de accidentes

Nunca suba encima de un motor. Para evitar quemaduras, nunca debe tocarse la cubierta externa durante el funcionamiento del motor. Es posible que en algunos casos existan instrucciones especiales para ciertas aplicaciones de motores especiales (por ejemplo, suministro de convertidor de frecuencia). Utilice siempre cáncamos de elevación para levantar el motor.

7.5 Manejo

Almacenamiento

- Los motores siempre deberían almacenarse en seco, en un ambiente sin vibraciones y sin polvo.
- Las superficies mecanizadas sin protección (salidas de eje y bridas) deberían ser tratadas con un anticorrosivo.
- Se recomienda hacer girar los ejes periódicamente con la mano para evitar perdidas de grasa.
- Es preferible que las resistencias calefactoras, si existen, estén conectadas. Las características de los condensadores electrolíticos, si existen, para motores monofásicos, necesitarán una “revisión” en caso de que se almacenen durante más de 12 meses.

Rogamos contacten con ABB Motors para más detalles.

Transporte

Los motores equipados con rodamientos de rodillos cilíndricos y/o de bolas de contacto angular deben llevar un bloqueo durante el transporte.

Pesos de los motores

El peso total de los motores con el mismo tamaño de carcasa puede variar según la potencia, la disposición de montaje y los elementos especiales añadidos.
En la placa características de cada motor encontrará datos sobre el peso mucho más exactos.

7.6 Anclajes

Los clientes son responsables de preparar el anclaje para los motores

El anclaje debe ser liso, plano y, si es posible, sin vibraciones. Por lo tanto, se recomienda un anclaje de cemento. Si se utiliza un anclaje de metal, éste debería tratarse con un anticorrosivo.

El anclaje debe ser suficientemente firme como para soportar las fuerzas que puedan aparecer en caso de un cortocircuito trifásico. El par de cortocircuito es básicamente una oscilación sinusoidal amortiguada y, por lo tanto, puede presentar tanto valores positivos como negativos. El esfuerzo sobre el anclaje puede calcularse con la ayuda de las tablas de datos del catálogo del motor y con la fórmula siguiente:

$$F = 0{,}5 \times g \times m + \frac{4 \times T_{max}}{A}$$

Donde F = esfuerzo por lado, N
G = aceleración gravitacional, 9,81 m/s^2
M = peso del motor, kg
T_{max} = par máximo, Nm
A = distancia lateral entre los agujeros en las patas del motor, m

La dimensión se toma del dibujo de dimensiones, expresada en metros. Es conveniente medir los anclajes para suministrar un espacio de resonancia suficientemente grande entre la frecuencia natural de la instalación y cualquier frecuencia de interferencia.

7.6.1 Pernos de anclaje

El motor debe quedar asegurado con pernos de anclaje o con una placa base. Los motores para accionamiento de correas deberían montarse sobre raíles tensores.

Los pernos de anclaje están ajustados a los pies del motor una vez se han insertado los tornillos en los agujeros taladrados para dicho propósito. Los pernos deben sujetarse a las patas correspondientes con una galga de 1-2 mm entre el perno y la pata; véase las marcas en los pernos y en las patas del estátor. Coloque el motor sobre los cimientos y alinee el acople. Con un nivel compruebe que el eje esté horizontal. La

altura de la carcasa del estátor puede ajustarse con tornillos o con galgas. Cuando esté bien seguro que el alineamiento es correcto, fije los bloques.

7.7 Alineamiento de acople

Los motores deben alinearse siempre con precisión. Esto es especialmente importante en el caso de motores con acople directo. Un alineamiento incorrecto puede conducir a un fallo del rodamiento, a vibraciones e incluso a una rotura del eje. En caso de un fallo del rodamiento o si se detecta vibraciones, debe comprobarse inmediatamente el alineamiento.

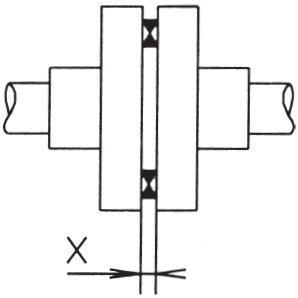
La mejor manera de conseguir un alineamiento correcto es montando un par de comparadores como muestra el dibujo (página 100). Los calibradores se colocan en medio acople e indican la diferencia entre las mitades del acople, tanto axial como radialmente. Haciendo girar lentamente los ejes y observando al mismo tiempo la lectura del calibrador, se obtiene una indicación de los ajustes que hay que hacer. Las mitades de los acoples deben ajustarse de manera que queden sueltas para que puedan seguirse las unas a las otras al girar.

Para determinar si los ejes están paralelos, hay que medir con un calibrador la distancia x entre los bordes externos de las mitades del acople en un punto de la periferia: ver página 100. Después hay que hacer girar ambas mitades juntas a 90°, sin cambiar las posiciones relativas de los ejes, y hacer una nueva medición exactamente en el mismo punto. Hay que medir la distancia de nuevo después de una rotación de 180° y 270°. Para tamaños de acople normales, la diferencia entre la lectura más alta y la más baja no debe exceder los 0,05 mm. Para comprobar que los centros del eje están directamente encarados el uno con el otro, hay que colocar una regla de acero en paralelo con los ejes en la periferia de una mitad del acople y después medir el intersticio entre la periferia de la otra mitad y la regla en cuatro posiciones para comprobar el paralelismo. La diferencia entre la lectura más alta y la más baja no debe exceder los 0,05 mm.

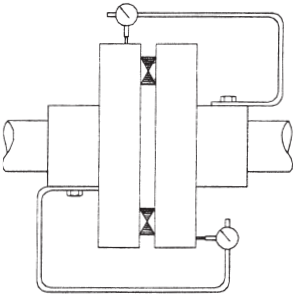
Al alinear un motor con una máquina cuya carcasa alcance una temperatura distinta a la del motor en servicio normal, habrá que establecer una tolerancia para la diferencia de altura del eje que resultará

7.7 Alineamiento de acople

de la expansión térmica distinta. Para el motor, el aumento de altura es de un 0,03% de la temperatura ambiente para temperaturas de trabajo a plena potencia. Las instrucciones de montaje de los fabricantes de bombas, reductores, etc., a menudo establecen el desplazamiento vertical y lateral del eje a temperatura de trabajo. Es importante tener en cuenta esta información para evitar vibraciones, así como otros problemas de servicio



Comprobar la desviación angular

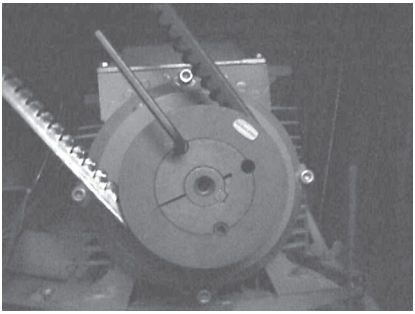


Utilizar calibradores para el alineamiento

7.7.1 Montar poleas y mitades de acoplamiento

En el momento de montar poleas y mitades de acoplamiento hay que prestar una especial atención para no dañar los rodamientos. Nunca hay que forzarlas al colocarlas en su sitio o al levantarlas.

La mitad de un acoplamiento o una polea que se monta por empuje en el eje, puede empujarse con la mano hasta la mitad de la longitud del eje. Para volver a colocarla en su sitio totalmente en el resalte del eje será necesario un instrumento especial o un tornillo totalmente roscado, una tuerca y dos piezas planas de metal.



Montar una polea con un tornillo totalmente roscado, una tuerca y dos piezas planas de metal.

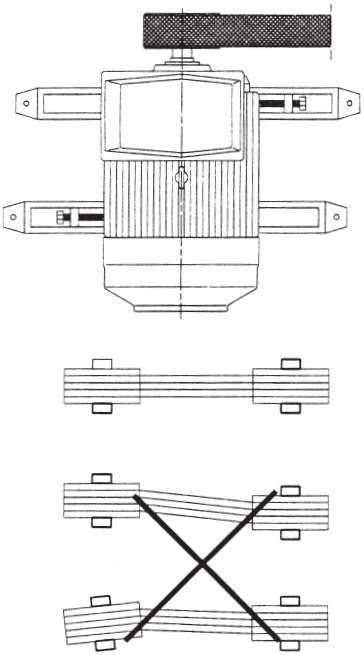
7.8 Raíles tensores

Los motores para accionamiento de correas deben montarse en raíles tensores tal como muestra la figura 2. Los raíles tensores deben colocarse horizontalmente en el mismo nivel. Después hay que colocar el motor y los raíles tensores encima de los cimientos y alinearlos de manera que el punto medio de la polea del motor coincida con el punto medio de la polea de la máquina accionada. Comprobar que el eje del motor está en posición paralela con el eje del accionamiento y tensar la correa según las instrucciones del suministrador. No sobrepase las fuerzas de correa máximas (es decir, las cargas de rodamientos radiales) establecidas en el catálogo del producto. El raíl tensor más cercano a la correa debe colocarse de manera que el perno tensor esté entre el motor y la máquina accionada. El perno del otro raíl tensor deberá estar en el otro lado. Ver figura.

Después del alineamiento, ajuste los tornillos de fijación de los raíles.

ATENCIÓN

No ejerza un exceso de tensión sobre las correas. Una tensión excesiva de las correas puede dañar los rodamientos y causar roturas del eje.



Posiciones de los raíles tensores para accionamiento por correas

Con accionamiento por correas, los ejes deben estar en paralelo y las poleas en línea recta

7.9 Montaje de rodamientos

Siempre hay que prestar especial atención a los rodamientos. Los rodamientos deben montarse por calentamiento o con herramientas especiales para tal propósito y deben quitarse con extractores.

Cuando sea necesario colocar un rodamiento en un eje, se puede utilizar un montaje en frío o en caliente. El montaje en frío sólo es adecuado para rodamientos pequeños y para rodamientos que no ejerzan una fuerte presión sobre el eje. Para el montaje en caliente y en caso de que haya una interferencia entre el rodamiento y el eje, primero habrá que calentar el rodamiento en un baño de aceite o con un calentador especial. Después habrá que colocarlo con presión sobre el eje con un manguito que se ajuste al anillo interior del rodamiento. No deben calentarse los rodamientos engrasados de por vida, los cuales tienen por lo general tapetas.

7.10 Engrase

Según la política de ABB Motors, la fiabilidad es un elemento vital tanto en el diseño de los rodamientos como de los sistemas de engrase de los rodamientos. Por ello, seguimos, como norma, el principio L1 (es decir, nos aseguramos que el 99% de los motores presenten el tiempo de intervalo). También es posible calcular los intervalos de engrase según la política L10, según la cual el 90% de los motores presentan el tiempo de intervalo. ABB Motors pone a su disposición los valores L10, los cuales son generalmente el doble si se comparan con los valores L1, bajo demanda.

7.10.1 Motores con rodamientos permanentemente engrasados

Normalmente los motores hasta el tamaño de carcasa 180 están equipados con rodamientos lubrificados de por vida de tipo Z o 2Z.

Guías para la duración del rodamiento:

- Motores de 4 polos, horas de servicio 20.000 – 40.000 [1)]
- Motores de 2 y 2/4 polos, horas de servicio 20.000 – 40.000 [1)]
- Los intervalos más cortos se aplican a los motores más grandes

[1)] según la aplicación y las condiciones de carga.

7.10.2 Motores con sistema de engrase

Hay que engrasar el motor cuando están en funcionamiento. Si el motor está equipado con un tapón de engrase, habrá que quitarlo temporalmente durante el engrase o permanentemente en caso de un engrase automático. Si el motor está equipado con una placa de lubrificación, habrá que utilizar los valores dados o utilizar los valores según el principio L1, siguiendo las indicaciones de la página siguiente:

7.10 Engrase

Principio L1

La tabla de engrase siguiente sigue el principio L1, el cual es el estándar de ABB para todos los motores.

Tamaño Carcasa	Cantidad grasa, g	3600 r/min	3000 r/min	1800 r/min	1500 r/min	1000 r/min	500-900 r/min
Rodamientos de bolas Intervalos de engrase en horas de servicio							
112	12	10700	13000	18100	20900	25200	27700
132	15	9300	11300	17300	19000	22900	26400
160	26	7000	9300	14300	17300	20900	24000
180	30	5800	8100	13600	15700	19900	22900
200	40	3800	5800	10700	13000	17300	20900
225	46	3100	5000	10200	12400	16500	19900
250	60	2500	4000	9000	11500	15000	18000
280	67	2000	3500	8000	10500	14000	17000
315	90	2000	3500	6500	8500	12500	16000
355	120	1200	2000	4200	6000	10000	13000
400	120	1200	2000	4200	6000	10000	13000
Rodamientos de rodillos Intervalos de engrase en horas de servicio							
160	26	4600	6400	11300	14300	18100	21900
180	30	3400	5300	10700	13000	16500	19900
200	40	2100	3800	8100	10700	15000	18100
225	46	1500	3000	7300	9800	13600	17300
250	60	1300	2200	6300	8500	13000	16000
280	67	1000	2000	5700	7600	12000	15000
315	90	1000	2000	4000	6000	9000	13000
355	120	400	1000	2300	4000	7000	10000
400	120	400	1000	2300	4000	7000	10000

7.10 Engrase

Estas tablas están preparadas para motores montados horizontalmente. Reduzca a la mitad los valores de la tabla para motores en disposición vertical. Si el motor está equipado con una placa de información de engrase, habrá que seguir los valores establecidos en dicha placa. En las Instrucciones del Motor de ABB Motors encontrará más información.

7.11 Guía de nivel de fusibles

Guía de nivel de fusibles

Directamente en línea

Motor max. FL Amps	Fusible estándar recomendado	Ref. del fusible delcircuito del motor recomendado
0.5	2	-
1	4	-
1.6	6	-
3.5	6	-
6	16	-
8	20	-
10	25	20M25
14	32	20M32
17	40	32M40
23	50	32M50
30	63	32M63
40	80	63M80
57	100	63M100
73	125	100M125
95	160	100M160
100	200	100M200
125	200	-
160	250	200M250
195	315	200M315
225	355	315M400
260	400	315M400
315	450	400M500

El sistema Internacional

8.1 Cantidades y unidades

Esta sección explica alguna de las unidades del Sistena Internacional de Unidades (SI) que se utilizan en relación con los motores eléctricos y su aplicación.
Hay que distinguir entre cantidad, valor de cantidad, unidad y número de medida, y entre el nombre y el símbolo de la unidad. Estas distinciones se explican en el ejemplo siguiente:

Ejemplo:

	Nombre	Símbolo
Cantidad	potencia	P
Unidad	watio	W

P = 5,4 W, es decir, la potencia es de 5,4 watios
Número de medición = 5,4
Símbolo para la unidad = W
Nombre de la unidad = vatio
Símbolo para la cantidad = P
Nombre de la cantidad = potencia
Valor de la cantidad = 5,4 vatio

8.1 Cantidades y unidades

Cantidad	**Unidad**			
Nombre	Símbolo	Nombre	Símbolo	Comentarios
Espacio y tiempo				
Ángulo plano	$\alpha\beta\gamma$	Radio	rad	
		Grado	...°	1° = π/180 rad
		Minuto		
		Segundo		
Longitud	l	Metro	m	
Área	A	Metro cuadrado	m˝	
Volumen	V	Metro cúbico	m^3	
		Litro	l	
Tiempo	t	Segundo	s	
		Minuto	min	
		Hora	h	
Frecuencia	f	Hercio	Hz	
Velocidad	v	Metro por segundo	m/s	km/m es el múltiple más común
Aceleración	a	Metro por seg. al cuadrado	m/s˝	
Aceleración por caída libre	g	Metro por seg. al cuadrado	m/s˝	
Energía				
Activa	W	Julios	J	1 J = 1 Ws = 1 Nm
Wat en segundos	Ws			
Wat en horas	Wh			
Reactiva	Wq	Var segundo	Vars	
		Var hora	Varh	
Aparente	Ws	Volt-amperio Segundo	VAs	
		Voltamperio Hora	VAh	
Potencia				
Activa	P	Vatio	W	1 kW = 1,34 hp[1)] = 102kpm/s = 10^3 Nm/s = 10^3 J/s
Reactiva	Q, P^q	Var	var	
Aparente	S, P^s	Voltamperio	VA	

1) 1 kW = 1,34 hp (UK, US) se utiliza en IEC Publ 71

1 kW = 1,36 hp (potencia métrica en caballos)

8.1 Cantidades y unidades

Cantidad	Unidad			
Nombre	**Símbolo**	**Nombre**	**Símbolo**	**Comentarios**
Mecánica				
Masa	m	Quilogramo	kg	
		Tonelada	t	
Densidad	r	Quilogramo por metro cúbico	kg/m^3	
Fuerza	F	Newton	N	1 N = 0,105 kp
Momento de fuerza	M	Newton-metro	Nm	1 N = 0,105kp = 1Ws
Momento de Inercia	J	Quilogramo-metro	kgm	$J = \frac{G \times D^2}{4}$
Presión	P	Pascal	Pa	1 Pa = 1 N/m
		Newton por metro cuadrado	N/m^2	$1\ N/m^2 = 0{,}102\ kp/m^2 = 10^{-5}$ bar
		Bar	bar	$1\ bar = 10^5$ bar
Calor				
Temperatura Termodinámica	T, q	Kelvin	K	Nombre antiguo: temperatura absoluta
Temperatura Celsios	n, t	Grados celsios	° C	0° C = 273,15 K
Diferencia de Temperatura	DT, Dn	Kelvin	K	El intervalo 1 K es idéntico al intervalo 10° C
		Grados celsios	° C	
Energía térmica	Q	Julios	J	
Electricidad				
Potencial eléctrico	V	Voltio	V	1 V = 1 W/A
Tensión eléctrica	U	Voltio	V	
Corriente eléctrica	I	Amperio	A	
Capacitancia	C	Faradio	F	1 F = 1C/V
Reactancia	X	Ohm	Ω	
Resistencia	R	Ohm	Ω	1W = 1 V/A
Impedancia	Z	Ohm	Ω	$Z = \sqrt{R^2 + X^2}$

Prefijos para múltiples:

Los múltiples de las unidades del SI se indican por los prefijos siguientes. Debe restringirse la utilización de prefijos entre paréntesis.

10^3	kilo	k
(10^2)	(hecto)	(h)
(10^1)	(deca)	(da)
(10^{-1})	(deci)	(d)
(10^{-2})	(centi)	(c)
10^{-3}	milli	m
10^{-6}	micro	μ
10^{-9}	nano	n
10^{-12}	pico	p
10^{-15}	femto	f
10^{-18}	atto	a

8.2 Factores de conversión

Las unidades que se utilizan normalmente para las aplicaciones técnicas son unidades del SI.

Sin embargo, es posible encontrar otras unidades en las descripciones, dibujos, etc., especialmente cuando aparece el sistema de pulgadas.

Recuérdese que el galón norteamericano y el galón británico no son el mismo. Para evitar confusión, se aconseja escribir US o UK después de la unidad.

Longitud

1 nm = 1.852 km	1 km = 0.540 nm
1 mile = 1.609344 km	1 km = 0.621 mile
1 yd = 0.9144 m	1 m = 1.09 yd
1 ft = 0.3048 m	1 m = 3.28 ft
1 in = 25.4 mm	1 mm = 0.039 in

Velocidad

1 knot = 1.852 km/h	1 km/h = 0.540 knot
1 m/s = 3.6 km/h	1 km/h = 0.278 m/s
1 mile/h = 1.61 km/h	1 km/h = 0.622 mile/h

Área

1 acre = 0.405 ha	1 ha = 2.471 acre
1 ft^2 = 0.0929 m^2	1 m^2 = 10.8 ft^2
1 in^2 = 6.45 cm^2	1 cm^2 = 0.155 in^2

Volumen

1ft^3 = 0.0283 m^3	1 m^3 = 36.3 ft^3
1 in^3 = 16.4 cm^3	1 cm^3 = 0.0610 in^3
1 gallon (UK) = 4.55 l	1 l = 0.220 gallon (UK)
1 gallon (US) =3.79 l	1 l = 0.264 gallon (US)
1 pint = 0.568 l	1 l = 1.76 pint

Flujo

1 m^3/h = 0.278 x 10^{-3} m^3/s	1 m^3/s = 3600 m^3/h
1 cfm = 0.472 x 10^{-3} m^3/s	1 m^3/s = 2120 cfm

Masa

1 lb = 0.454 kg	1 kg = 2.20 lb
1 oz = 28.3 g	1 g = 0.0352 oz

Fuerza

1 kp = 9.80665 N	1 N = 0.105 kp
1 lbf = 4.45 N	1 N = 0.225 lbf

Presión

1 mm vp = 9.81 Pa	1 Pa = 0.102 mm vp
1 kp/cm^2 = 98.0665 kPa	1 kPa = 0.0102 kp/cm^2
1 kp/cm^2 = 0.980665 bar	1 bar = 1.02 kp/m^2
1 atm = 101.325 kPa	1 kPa = 0.00987 atm
1 lbf/in^2 = 6.89 kPa	1 kPa = 0.145 lbf/in^2

Energía

1 kpm = 9.80665 J	1 J = 0.102 kpm
1 cal = 4.1868 J	1 J = 0.239 cal
1 kWh = 3.6 MJ	1 MJ = 0.278 kWh

Potencia

1 hp = 0.736 kW	1 kW = 1.36 hp
1 hp (UK, US) = 0.746 kW	1 kW = 1.34 hp (UK, US)
1 kcal/h = 1.16 W	1 W = 0.860 kcal/h

Temperatura

0 °C	=	32 °F
°C	=	5/9 (°F - 32)
0 °F	=	-17.8 °C
°F	=	9/5 (°C + 32)

Tabla de comparación para temperaturas

° F	° C
0	-17.8
10	-12.2
20	-6.7
30	-1.1
32	0
40	4.4
50	9.9
60	15.5
70	21.0
80	23.6
90	32.1
100	37.8

Elegir un motor

9.1 Tipo de motor

Las dos variables fundamentales que hay que tener en cuenta en el momento de elegir un motor son:

- El suministro de energía al cual estará conectado el motor
- El tipo de cierre o de carcasa

Tipo de cierre

Disponemos de dos opciones de cierre básicas: motores abiertos en acero o totalmente cerrados en aluminio, acero y fundición de hierro.

El motor totalmente cerrado con refrigeración por ventilador es actualmente el estándar predominante para las aplicaciones industriales. El motor versátil totalmente cerrado con refrigeración por ventilador está totalmente encerrado en la carcasa de motor, con aire de refrigeración dirigido hacia él por un ventilador montado en el exterior.

Lista de motores ABB:

- Motores estándar trifásicos
- IEC y NEMA
- Motores para áreas explosivas
- Motores marinos
- Motores abiertos a prueba de goteo
- Motores monofásicos
- Motores freno
- Motores integrales
- Generadores eólicos
- Motores refrigerados por agua
- Motores de caminos de rodillos
- Motores de aplicación por ventilador
- Motores para ventiladores contra incendios
- Motores de alta velocidad
- Motores de tracción
- Motores de eluctancia

9.2 Carga (kW)

La carga se determina según el equipo que se accionará y según el par disponible en el eje.

Los motores eléctricos tienen potencias estándares por tamaño de carcasa.

9.3 Velocidad

El motor de inducción es una máquina fija a velocidad única. Su velocidad depende de la frecuencia del suministro de energía y del diseño de devanado del estátor.

9.3 Velocidad

Dado que no existen pérdidas de carga en el motor, la velocidad en vacío es ligeramente inferior a la velocidad sincrónica. La velocidad en plena carga es generalmente un 3-4% menor que la velocidad en vacío.

Velocidad Sincrónica r/min	=	Frecuencia x 120 Número de polos (devanado del estátor)

Velocidades del motor

	50 Hz velocidad r/min		60 Hz velocidad r/min	
Número de polos	**Sincronismo**	**Plena carga**	**Sincrónico típica**	**Plena carga típica**
2	3.000	2.900	3.600	3.450
4	1.500	1.440	1.800	1.740
6	1.000	960	1.200	1.150
8	750	720	900	850
10	600	580	720	700
12	500	480	600	580
16	375	360	450	430

9.4 Montaje

La posición del montaje debe indicarse siempre en el pedido.

9.5 Suministro de energía

La tensión del suministro y la frecuencia deben indicarse siempre en el pedido.

9.6 Ambiente de trabajo

El ambiente en el cual debe trabajar el motor es un factor muy importante que hay que considerar al hacer el pedido, dado que tanto la temperatura ambiente como la humedad y la altitud pueden afectar el rendimiento.

9.7 Datos de comprobación para pedidos

Datos para pedidos

Motor totalmente cerrado con refrigeración por ventilador a velocidad estable en área segura

Corriente ☐ **Voltios** ☐ **Ph** ☐ **Hz**
Potencia ☐ **kW**
Velocidad ☐ **r/min** ☐ **Polos**
Servicio ☐ ☐ **Montaje IM**
Accionamiento ☐ **Directo** ☐ **Correas**
Aislamiento/aumento temperatura ☐ / ☐
Tipo de par ☐ **Cuadrático** ☐ **Constante**
Condiciones ambientales
IP ☐ **Ambiente** ☐ ☐ **Humedad relativa**

Datos para pedidos

Motor totalmente cerrado con refrigeración por ventilador a velocidad variable en área segura

Corriente ☐ **Voltios** ☐ **Ph** ☐ **Hz**
Potencia ☐ **kW**
Velocidad ☐ **r/min** ☐ **Polos**
Servicio ☐ ☐ **Montaje IM**
Accionamiento ☐ **Directo** ☐ **Correas**
Aislamiento/aumento temperatura ☐ / ☐
Tipo de par ☐ ☐ **Cuadrático** ☐ **Constante**
Condiciones ambientales
VDS
Tipo de controlador **DTC** **PWM**
Gama de velocidad ☐ **Máx** ☐ **Mín**
Potencia absorbida (kW) ☐ **Máx** ☐ **Mín**
Filtros de potencia (du/dt) ☐ **Equipados** ☐ **No equipados**
Longitud máxima de cable (metros) ☐

10

Accionamientos de velocidad variables

10.1 General

Los motores de inducción de jaula de ardilla ofrecen una disponibilidad, fiabilidad y rendimiento excelentes. Sin embargo, tienen dos puntos débiles: el rendimiento del arranque y el control suave de velocidad a lo largo de una amplia gama. Un motor con un convertidor de frecuencia (accionamiento de velocidad variable, VDS) soluciona ambos problemas. Un motor con accionamiento de velocidad variable puede arrancar suavemente con una intensidad de arranque baja, y la velocidad se puede controlar y ajustar para adaptarse a las necesidades de la aplicación sin pasos intermedios en una amplia gama.

Cada vez más los fabricantes se dan cuenta de las grandes ventajas de las entregas VDS. Actualmente, los VDS representan un 10% de los accionamientos de motores y se espera que este porcentaje aumente al 25% en el año 2005.

Las ventajas principales de VSD son:

- Velocidad óptima y exactitud del control para ofrecer mayores ahorros de energía (generalmente un 50%).
- Mantenimiento inferior.
- Alta calidad de la producción y mayor productividad.

10.2 Convertidores

Los convertidores son elementos electrónicos de potencia que convierten la potencia AC de entrada con una tensión y frecuencia fijas en potencia eléctrica de salida con una tensión y frecuencia variables. Dependiendo de la solución empleada, se utilizan convertidores directos o indirectos.

10.2.1 Convertidores directos

Los convertidores directos, como los convertidores de ciclo y los convertidores de matriz, convierten la potencia de entrada directamente en potencia de salida sin enlaces intermedios. Los convertidores de ciclo se utilizan en aplicaciones de alta potencia (gama MW) y a frecuencias bajas.

10.2.2 Convertidores indirectos

Los convertidores indirectos son bien de fuente de corriente o bien convertidores de fuente de tensión.

En un convertidor de fuente de corriente, el enlace intermedio actúa como una fuente de corriente continua y la potencia consiste en pulsos de corriente controlados a una frecuencia continuamente variable, los cuales se alimentan en las distintas fases del sistema trifásico. Esto permite un control de velocidad del motor sin pasos intermedios.

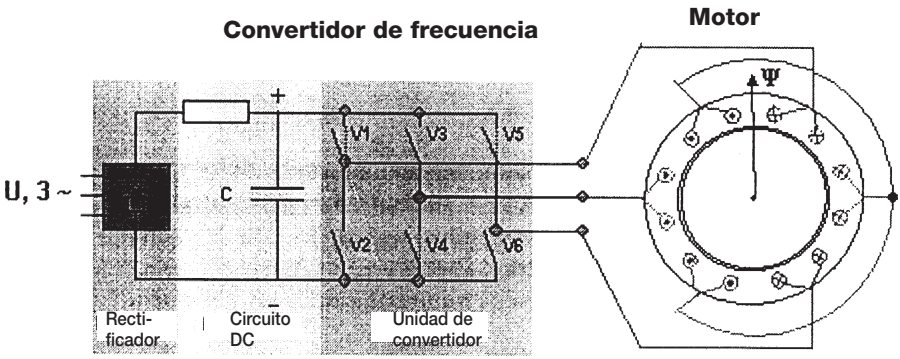
En un convertidor con fuente de tensión (VSC), el enlace de corriente continua actúa como red de tensión de corriente continua y la potencia es un pulso de tensión o una secuencia de pulsos de tensión.

10.3 Modulación de anchura de pulso (PWM)

Los accionamientos de velocidad variable de ABB utilizan anchura de pulso modulado (PWM) con convertidores de fuente de tensión con frecuencia de conmutación variable, dado que son los que mejor se ajustan a la mayoría de las necesidades.

En un accionamiento PWM, el rectificador convierte la potencia de entrada, con una tensión y una frecuencia nominalmente fijas, en potencia de corriente continua de tensión fija. A continuación, esta

10.4 Dimensionar el accionamiento



potencia de corriente continua de tensión fija se filtra para reducir la tensión de rizo resultante de la rectificación de la línea de corriente alterna. Después el convertidor transforma la potencia de corriente continua de tensión fija en potencia de salida de corriente alterna con una tensión y frecuencia ajustables.

Disponemos en formato CD de un programa de dimensionado completo para accionamientos y motores.

A continuación ofrecemos una breve información sobre la selección del motor y del convertidor.

Selección del motor

El motor seleccionado debe tener un par de carga específico totalmente por debajo de los valores de las curvas indicadas para el convertidor que se va a utilizar. Sin embargo, si el funcionamiento no es continuo en todos los puntos de la gama de velocidad, la curva del par de carga puede sobrepasar los valores indicados en las curvas. En tal caso, será necesario realizar un dimensionado especial.

Además, el par máximo debe ser como mínimo 40 % superior al par de carga en cualquier frecuencia, y no se debe sobrepasar la velocidad máxima permisible del motor.

10.4 Dimensionar el accionamiento

Diseño del motor

Los convertidores con funcionamiento, modulación y frecuencias de conmutación distintos suponen rendimientos diferentes en un mismo motor.

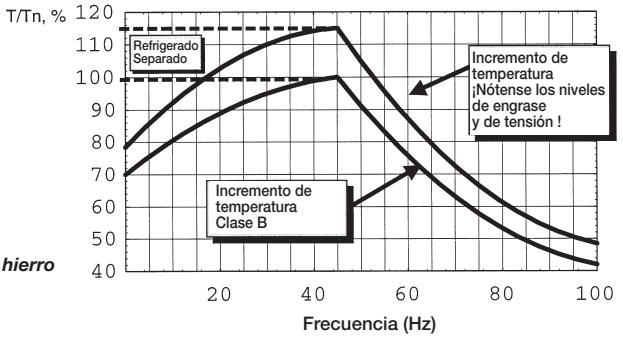
Dado que el rendimiento y el comportamiento también dependen del diseño y de la construcción del motor, los motores con el mismo tamaño y distinta potencia de salida, pero con diseño distinto, pueden comportarse de manera muy diferente con el mismo convertidor.

Selección del convertidor

El convertidor debe seleccionarse de acuerdo con la potencia nominal P_N del motor. La intensidad nominal del convertidor debe ser también la misma que la del motor seleccionado.

10.5 Disponibilidad de par

Tanto los cálculos teóricos como las pruebas de laboratorio muestran que la carga (par) máxima continua de un motor accionado por convertidor depende principalmente de la modulación y de la frecuencia de conmutación del convertidor. Las tablas que aparecen a continuación ofrecen unas pautas para la selección del motor:



Cargabilidad del motor con ACS600. Motores estándar De aluminio y de función de hierro

Estas pautas presentan el par de carga continuo máximo de un motor como una función de la frecuencia (velocidad) para dar el mismo incremento de temperatura que con un suministro de tensión sinusoidal establecida a frecuencia nominal y con carga nominal total.

El incremento de temperatura es normalmente de clase B. Si el catálogo de ABB indica que se utiliza un aumento de temperatura de clase F en un suministro sinusoidal, según las pautas, el accionamiento del convertidor también presentará un incremento de temperatura de clase F.

Para aplicaciones generales, los motores de la gama ABB siguientes (IP 55) pueden utilizarse con convertidores de frecuencia:

- motores de aluminio estándares
- motores de fundición de hierro estándares
- motores contra-incendios estándares tipo EEx de, EEx d.

Para aplicaciones de bombas y ventiladores, pueden utilizarse los motores de acero estándares (IP 55) y los motores abiertos a prueba de goteo (IP23).

10.5 Disponibilidad de par

No se recomiendan los motores de anillos para aplicaciones de convertidor.

Por favor, tengan en cuenta que en condiciones críticas, la aplicación de un convertidor de frecuencia puede requerir un diseño de rotor especial en los tamaños de carcasa 355 y 400.

El par queda reducido debido al calentamiento extra de los armónicos y a una disminución de la refrigeración, de acuerdo con la gama de frecuencia.

Por lo tanto, puede mejorarse la disponibilidad mediante una refrigeración más efectiva, filtrando la potencia de salida del convertidor y mediante un diseño especial del rotor.

• Refrigeración más efectiva

Se consigue una refrigeración más efectiva montando un ventilador de refrigeración separado con velocidad constante, el cual es especialmente beneficioso a bajas velocidades. Si se selecciona la velocidad del motor del ventilador y el diseño del ventilador para obtener un efecto de refrigeración mayor que el del motor estándar a velocidad nominal, se conseguirá un efecto de refrigeración mejorado en toda la gama de velocidad.

El líquido de refrigeración (en motores refrigerados por agua) es otro método de refrigeración muy efectivo. En casos muy extremos, también deben refrigerarse los rodamientos y los escudos.

• Filtros

Filtrar la tensión de salida del convertidor reduce el contenido armónico de la tensión y de la intensidad del motor y, por lo tanto, causa menos pérdidas adicionales en el motor. Esto minimiza la necesidad de reducir la potencia de salida. Es necesario tener en cuenta toda la potencia del accionamiento y la gama de velocidad cuando se dimensione los filtros (reactancias adicionales). Los filtros también reducen el ruido electromagnético, los problemas de pico de tensión y de compatibilidad electromagnética. Sin embargo, también limitan el par máximo del motor.

• Diseño especial del rotor

Un motor con una jaula de rotor y barras de rotor diseñadas

específicamente para el accionamiento por convertidor tiene un buen rendimiento en el accionamiento del convertidor pero no tan bueno en la aplicación de red normal.

10.6 Nivel de aislamiento

En un convertidor PWM, la tensión de salida (o intensidad) es un pulso de tensión (intensidad) o un patrón de pulsos. Dependiendo del tipo de los componentes de potencia y del diseño del circuito de potencia, se pueden producir picos o pulsos de tensión elevados. Por lo tanto, debe comprobarse siempre el nivel de aislamiento utilizando las siguientes y sencillas reglas:

- Si la tensión nominal de la red de alimentación es hasta 500 V, no es necesario realizar un refuerzo de aislamiento para los motores de inducción estándares de ABB.
- Si la tensión nominal es de 500-600 V, se recomienda un refuerzo del aislamiento o un rodamiento estándar con filtro du/dt.
- Si la tensión nominal es de 600-690 V, se recomienda un refuerzo del aislamiento y filtros du/dt.

En caso de frenado frecuente, utilizar la tensión de frenado en lugar de U_N .

10.7 Puesta a tierra

En un accionamiento por convertidor hay que prestar especial atención a las disposiciones de puesta a tierra para asegurar:

- Una acción adecuada de todos los elementos de protección y relés para la seguridad general.
- Un nivel mínimo o aceptable de interferencia electromagnética.
- Un nivel aceptable de tension en los rodamientos para evitar corrientes y fallos del rodamiento.

10.8 Funcionamiento a alta velocidad

En un accionamiento de convertidor de frecuencia, la velocidad real del motor puede desviarse considerablemente de la velocidad establecida. Para funcionamiento a velocidades superiores, no debe sobrepasarse la velocidad máxima permitida del tipo de motor o la velocidad crítica de todo el equipo.

Las velocidades máximas permitidas para motores básicos son las siguientes:

Tamaño carcasa	Velocidad r/min
63-100	6000
112-200	4500
225-280	3600
315, 2 polos	3600
315, otro número de polos	3000
355, 400, 2 polos	3600
355, 400 otro número de polos	2500

Cuando el funcionamiento a alta velocidad sobrepasa la velocidad nominal del motor, debe comprobarse el par máximo y la construcción del rodamiento.

10.8.1 Par máximo

En un área de debilitamiento de campo, la tensión del motor es constante, pero el flujo del motor y la capacidad para producir par se reduce rápidamente al aumentar la frecuencia. En el punto de velocidad más elevado (o a cualquier otro punto de servicio continuo en el área de debilitamiento de campo), el par máximo no debe ser inferior a un 40% más del par de carga.

Si se utilizan filtros o reactancias adicionales entre el convertidor y el motor, habrá que tener en cuenta la caída de tensión de la tensión fundamental con intensidad de carga total.

10.8.2 Construcción de rodamientos

Existe un límite de velocidad a la cual pueden trabajar los rodamientos de rodillos. El tipo y tamaño de rodamientos, el diseño interno, la carga, el engrase y las condiciones de refrigeración, además del diseño de la

jaula y de la distancia del juego interno adicional, todo ello influye en la velocidad máxima permisible.

En general, el límite queda establecido por la temperatura de trabajo en relación al lubrificante y al componente del rodamiento. Cambiar los rodamientos permite velocidades más altas. Sin embargo, si se hace, también se deberán modificar los intervalos de engrase.

10.8.3 Engrase

La fuerza total del engrase se determina por la viscosidad del aceite base y del espesor el cual, por su parte, determina la velocidad de trabajo permisible para el rodamiento en particular. Es posible aumentar la velocidad máxima mediante grasas de alta velocidad o un engrase de aceite. Un engrase muy preciso con pequeñas cantidades también reduce la fricción del rodamiento y la generación de calor.

10.8.4 Ruido del ventilador

El ruido del ventilador aumenta con la velocidad del motor y generalmente pasa a ser dominante a 50 Hz para motores de 2 y 4 polos. Si aumenta la velocidad del motor, el nivel de ruido también será mayor. El incremento del nivel de ruido puede calcularse aproximadamente utilizando la fórmula siguiente:

$$\Delta \text{ Lsp} = 60 \text{ x } \log \frac{n_2}{n_1} \text{ dB (A)}$$

donde D Lsp = incremento del nivel de presión sonora cuando la velocidad pasa de n_1 a n_2 .
El ruido del ventilador es normalmente un “ruido blanco”, es decir, que contiene todas las frecuencias dentro de la gama de frecuencias audibles. El ruido del ventilador se puede reducir:

- Sustituyendo el ventilador (y tapa de ventilador) con un ventilador de diámetro exterior reducido
- Utilizando un ventilador unidireccional
- Colocando un silenciador

10.9 Equilibrado

Si se sobrepasa el límite de velocidad del motor estándar, debe comprobarse la precisión del equilibrio y de la fuerza mecánica de todas las partes giratorias. Todas las otras partes montadas en el eje del motor, como mitades de acoples y poleas, deben también equilibrarse cuidadosamente.

10.10 Velocidades críticas

Nunca debe sobrepasarse la primera velocidad crítica de un motor estándar, y se permite un margen de seguridad del 25%.

10.11 Retenes

Todos los retenes de goma (V-rings, retenes de aceite, rodamientos RS, etc.) tienen un límite de velocidad recomendado. Si esta velocidad es inferior al trabajo a alta velocidad propuesto, deben utilizarse juntas de laberinto que no sean de goma.

10.12 Funcionamiento a baja velocidad

10.12.1 Engrase

A velocidades muy bajas, el ventilador del motor pierde su capacidad de refrigeración. Si la temperatura de trabajo de los rodamientos del motor es de ≥ 80° C (se comprueba mediante la temperatura de superficie de los rodamientos de los escudos), deben utilizarse intervalos de engrase más cortos o grasa especial (grasa de presión extrema o engrase de altas temperaturas).
El intervalo de engrase debe dividirse a la mitad para cada aumento de 15° C en la temperatura del rodamiento por encima de + 70° C.

10.12.2 Capacidad de refrigeración

El flujo de aire y la capacidad de refrigeración dependen de la velocidad del ventilador. Puede utilizarse un ventilador separado de velocidad constante para aumentar la capacidad de refrigeración y la disponibilidad de par del motor a bajas velocidades.

10.12.3 Ruido electromagnético

Los componentes armónicos de la tensión del convertidor de frecuencia aumentan el nivel de ruido magnético del motor. La gama de frecuencia de estas ondas de fuerza magnética puede provocar resonancia estructural en el motor, especialmente en los de carcasa de acero.
El ruido magnético se puede reducir:

- Aumentando la frecuencia de conmutación, ofreciendo armónicos de alto orden y amplitudes más bajas, menos sensibles al oído humano.
- Filtrando los componentes armónicos en el filtro de salida del convertidor o en reactancias adicionales.
- Con silenciador de motor.
- Con un sistema separado de refrigeración con un ruido de ventilador "blanco" que encubra el ruido magnético.

ABB Motors

Manufacturing sites (*) and some of the biggest sales companies.

Australia
ABB Industrial Systems
Pty Limited
P.O.Box 126
Lilydale, VIC 3140
tel. +61 (0) 3 9735 7222
fax + 61 (0) 3 9735 7282

Austria
ABB Industrie
& Gebäudesysteme GmbH
Wienerbergstrasse 11 B
A-1810 Wien
tel. +43 (0) 1 601 09 0
fax +43 (0) 1 601 09 8305

Belgium
Asea Brown Boveri S.A.-N.V.
Hoge Wei 27
B-1930 Zaventem
tel. +32 (0) 2 718 6311
fax +32 (0) 2 718 6657

Brazil
Asea Brown Boveri Ltda
P.O.Box 00975
06020-902 Osasco -SP
tel. +55 (0) 11 7049111
fax +55 (0) 11 702 1991

Canada
Asea Brown Boveri, Inc.
200 Chisholm Dr.,
Milton, Ontario L9T 5E7
tel. +1 905 875 4500
fax + 1 905 875 0077

China*
ABB Yuejin Motors (Shanghai)
Company Limited
8 Guang Xing Rd.,Rong Bei
Town, Songjiang County,
Shanghai 201613
tel. +86 21 5774 2188
fax +86 21 5774 2364

Chile
Asea Brown Boveri S.A.
P.O.Box 581-3
Santiago
tel. +56 (0) 2 544 7100
fax +56 (0) 2 544 7405

Denmark*
ABB Motors A/S
Petersmindevej 1
DK-5000 Odense C
tel. +45 66 14 7096
fax +45 65 91 2912

Finland*
ABB Motors Oy
P.O.Box 633
FIN-65101 Vaasa
tel. +358 (0) 10 22 4000
fax +358 (0) 10 22 47372

France
ABB Industrie
15, rue Sully
F-69153 Décines Charpieu Cedex
tel. +33 (0) 472 054 040
fax +33 (0) 472 020 345

Germany
ABB Elektromotoren GmbH
P.O.Box 10 02 61
D-68002 Mannheim
tel. +49 (0) 621 3810
fax +49 (0) 621 381 6820

Hong Kong
Asea Brown Boveri Ltd
3 Dai Hei Street
Tai Po Industrial Estate
Tai Po New Territories
Hong Kong
tel. +852 2929 3838
fax +852 2929 3505

India*
Asea Brown Boveri Ltd
P.O.Box 16
Faridabad 121 001
tel. +91 (0) 129 233 313
fax +91 (0) 129 234 288

Indonesia
P.T. Abdibangun Buana
P.O.Box 3781
Jakarta 10002
tel. +62 (0) 21 3149115
fax +62 (0) 21 315 3963

Ireland
Asea Brown Boveri Ltd
Components Division
Belgard Road
Tallaght, Dublin 24
tel. +353 (0) 1 405 7300
fax +353 (0) 1 405 7327

Italy*
ABB Industria S.p.a.
Motor Division
Viale Edison 50
I-20099 Sesto S. Giovanni,
Milano
tel. +39 02 262 321
fax +39 02 262 32723

Japan
ABB Industry K.K.
2-39, Akasaka 5-Chome
Minato-Ku
Tokyo 107
tel. +81 (0) 3 556 38605
fax +81 (0) 3 556 38615

ABB Industrial Systems Co.Ltd.
Oksan Bldg, 12 Fl,
157-33, Samsung-dong,
Kangnam-Ku,
Seoul 135-090
tel. + 82 2 528 2327
fax.+ 82 2 528 3490

Mexico*
ABB Sistemas, S.A. de C.V.
P.O.Box M-2434
06000 Mexico D.F.
tel. +52 5 328 1400
fax +52 5 328 1694

The Netherlands
ABB Componenten B.V.
P.O.Box 532
NL-2900 AM Capelle a/d Ijssel
tel. +31 (0) 10 2582250
fax +31 (0) 104586559

New Zealand
ABB Service Division
P.O.Box 22167
Otahuhu, Auckland
tel. + 64 (0) 9 276 6016
fax + 64 (0) 9 276 1303

Norway
ABB Industri AS
P.O.Box 6540 Rodelökka
N-0501 Oslo 5
tel. +47 22 872 000
fax +47 22 872 541

Singapore
Asea Brown Boveri Pte Ltd
P.O.Box 95
Pasir Panjang Post Office
Singapore 9111
tel. +65 775 3777
fax +65 778 0222

Spain*
ABB Motores S.A.
P.O.Box 81
E-08200 Sabadell
tel. +34 93 728 8500
fax +34 93 728 8554

Sweden*
ABB Motors AB
S-721 70 Västerås
tel. +46 (0) 21 329000
fax +46 (0) 21 124103

Switzerland
ABB Normelec AG
Badenerstrasse 790
Postfach
CH-8048 Zürich
tel. +41 (0) 1 435 6666
fax +41 (0) 1 435 6603

Taiwan
Asea Brown Boveri Ltd
P.O.Box 81-54
Taipei
tel. +886 (0) 2 579 9340
fax + 886 (0) 2 577 9434

Thailand
Asea Brown Boveri Ltd
P.O.Box 2087
Bangkok 10501
tel. +66 (0) 2 249 4825
fax +66 (0) 2 249 8479

The United Kingdom
ABB Motors Ltd
South Point
Sutton Court Road
Sutton, Surrey SM1 4 TY
tel. +44 (0) 181 395 8585
fax +44 (0) 181 395 8991

USA
ABB Industrial Systems Inc.
Drive Products & Systems
P.O.Box 372
Milwaukee
WI 53201-0372
tel. +1 414 785 3416
fax +1 414 785 0397

Venezuela
Asea Brown Boveri S.A.
P.O.Box 6649
Carmelitas,
Caracas 1010A
tel. +58 (0) 2 238 2422
fax +58 (0) 2 239 6383

WYBO HAAS & TOMCZAK

Guía del motor Ykkös-Offset Oy, Vaasa 1999

ABB Motors
Marketing Communications, P.O.Box 633, FIN-65101 Vaasa Finland
tel. +358 (0) 10 22 4000, fax +358 (0) 10 22 43575, www.abb.com/motors