



Mecatrónica

Unidades de rodamientos sensorizadas.....	957
Módulos para la conducción por cable	967
Unidades de control de altura para el mástil	969
Otras unidades sensorizadas.....	971





Unidades de rodamientos sensorizadas

Unidades sensorizadas SKF	958
Rodamientos rígidos de bolas de la clase SKF Explorer	959
Unidades con sensores activos SKF	959
Datos generales	960
Diseño	960
Dimensiones	960
Tolerancias del rodamiento	961
Juego interno del rodamiento	961
Velocidades permisibles	961
Margen de temperaturas	961
Datos de la interfaz eléctrica	961
Compatibilidad electromagnética	961
Selección del tamaño del rodamiento con sensor	962
Aplicación de las unidades de rodamientos con sensor	962
Fijación radial	962
Fijación axial	962
Montaje	963
Lubricación y mantenimiento	963
Tabla de productos	964

Contar con información exacta sobre el estado de funcionamiento de los componentes que giran o se desplazan axialmente es decisivo en diversos campos de la ingeniería. El control exacto del movimiento pasa a ser aún más importante con la creciente necesidad de una automatización en todo tipo de procesos. Además, la demanda de diseñar aplicaciones más sencillas y ligeras exige soluciones de sistemas integrales (→ fig. 1), p.ej. para que las unidades de rodamientos con sensor registren:

1. el número de revoluciones.
2. la velocidad.
3. el sentido de rotación.
4. la posición relativa/recuento.
5. la aceleración o deceleración.

Unidades de rodamientos sensorizadas SKF

Las unidades de rodamientos SKF con sensor (→ fig. 2) son componentes mecánicos mecatrónicos que abarcan los campos tanto de los sensores como de la ingeniería de rodamientos. Son una combinación virtualmente perfecta de un rodamiento de bolas versátil con una unidad sensora protegida de las influencias externas. El cuerpo sensor, el anillo de impulsos y el rodamiento están unidos entre sí mecánicamente, formando una unidad integral lista para montar.

Las unidades de rodamientos con sensor diseñadas y patentadas por SKF son sencillas, resistentes y constan de

- un rodamiento rígido de bolas SKF Explorer y
- una unidad sensora activa SKF.

Las unidades de rodamientos SKF con sensor se han diseñado especialmente para funcionar como codificadores incrementales para el control de motores y/o máquinas. Están especialmente adaptadas para ajustarse a motores asíncronos, y permiten una codificación compacta y fiable para su control más exigente. Están diseñadas para aplicaciones con un aro interior giratorio y un aro exterior fijo. Las unidades de rodamientos SKF con sensor para aplicaciones con un aro interior fijo y un aro exterior giratorio, p.ej. para uso en sistemas transportadores, pueden fabricarse bajo pedido; póngase en contacto con el departamento de Ingeniería de Aplicaciones de SKF.

Fig. 1



Fig. 2



Rodamientos rígidos de bolas de la clase SKF Explorer

Los rodamientos rígidos de una hilera de bolas SKF Explorer son apropiados para las altas velocidades y resistentes durante su funcionamiento. Pueden soportar no sólo cargas radiales considerablemente altas, sino también cargas axiales y servir como rodamientos fijos, guiando el eje axialmente en ambos sentidos. Además destacan por estar fabricados con una gran precisión, su bajo nivel de ruido y de fricción. Su eficiente sistema de obturación y su llenado de grasa permiten un funcionamiento libre de mantenimiento de por vida.

Unidades con sensores activos SKF

Las unidades de rodamientos con sensores activos de SKF incorporan un sensor activo diseñado para ser compacto y resistente, casi como un codificador incremental. Este sensor permite una medición precisa de hasta una velocidad cero. Sus componentes principales son el anillo de impulsos, el cuerpo sensor con los sensores y el cable de conexión.

El anillo de impulsos magnetizado de material compuesto, se acopla al aro interior del rodamiento. En función del tamaño del rodamiento, se divide en un cierto número de polos norte

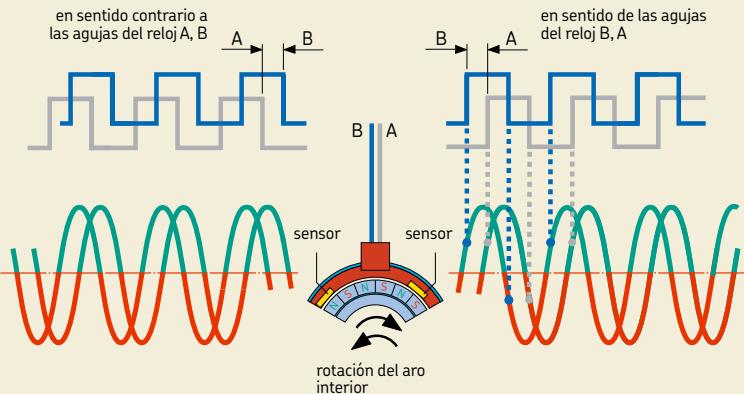
y sur. El número de pulsaciones por revolución normalmente oscila entre 32 y 80.

El cuerpo sensor se acopla al aro exterior del rodamiento mediante una solución patentada por SKF. El cuerpo sensor tiene dos células, que permiten determinar la dirección de giro. Los dos sensores están desalineados entre sí en el cuerpo sensor. En un pequeño circuito integrado contienen no sólo el generador Hall como un elemento activo, sino también los componentes electrónicos encargados de la amplificación de la señal y de su conversión. La señal sinusoidal análoga generada por la célula Hall se amplifica y se convierte en una señal de onda cuadrada mediante un disparador Schmitt (→ **fig. 3**). La señal inicial determina la dirección de giro.

Además dos sensores producen el doble de pulsaciones, 128 pulsaciones por revolución, comparadas con las 64 de un rodamiento estándar. Al contar los ascensos y caídas de las pulsaciones puede lograrse una precisión máxima de 256 pulsaciones por revolución, que equivale a una resolución de 1,4 grados angulares.

El sensor necesita un suministro de corriente eléctrica externa. La salida de la señal se alimenta a través de un circuito colector abierto.

Fig. 3



Datos generales

Diseño

Las unidades de rodamientos SKF con sensor (→ fig. 4) constan de

- un rodamiento rígido de bolas SKF Explorer con una obturación rozante RS1 y una ranura para anillo elástico en la superficie externa del aro exterior (a)
- un anillo de impulsos magnetizado (b)
- un cuerpo sensor (c)
- un cable de conexión (d).

En el lado opuesto a la obturación, el anillo de impulsos y el cuerpo sensor forman una obturación laberíntica muy eficaz.

El anillo de impulsos es un aro magnetizado de material compuesto. El número de polos norte y sur (entre 32 y 80) depende del tamaño del rodamiento. El anillo de impulsos se acopla al aro interior.

El cuerpo sensor que protege las dos células Hall incorporadas, está acoplado al aro exterior (una solución patentada por SKF). El cable multifilar se extiende en dirección radial, conectando la unidad de rodamiento sensorizada SKF y los sistemas electrónicos de procesamiento de la señal, y tiene una longitud estándar de aproximadamente 500 mm. Para dar cuenta de las diferentes necesidades de interfaz entre la unidad de rodamiento con sensor y la unidad electrónica personalizada, las unidades de rodamientos SKF con sensor (→ fig. 5) se suministran en tres versiones:

- Versión 1: Extremo del cable libre.
- Versión 2: Clavija de conexión AMP Superseal, Nº AMP Nos. 282106-1 y 282404-1.
- Versión 3: Clavija de conexión Mate-N-Lock AMP, Nº AMP Nos. 350779-1, 350811-1 y 350924-1.

Dimensiones

Las unidades de rodamientos SKF con sensor se basan en los rodamientos rígidos de bolas SKF Explorer de la serie 62, que dimensionalmente cumplen con la normativa ISO 15: 1998 en cuanto al diámetro. No obstante, la unidad es ligeramente más ancha debido al sensor integrado.

Fig. 4

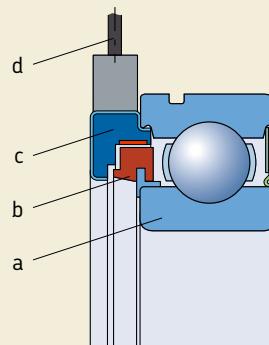
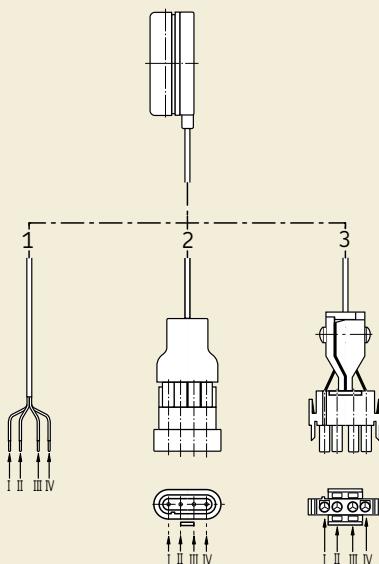


Fig. 5



Tolerancias del rodamiento

Los rodamientos utilizados en las unidades de rodamientos SKF con sensor se fabrican, como estándar, con tolerancias P5 ($d \leq 25 \text{ mm}$) o P6 ($d \geq 30 \text{ mm}$) según la normativa ISO 492:2002 y se muestran en las **tablas 7 y 8** de las **páginas 129 y 130**.

Juego interno del rodamiento

Las unidades de rodamientos SKF con sensor tienen un juego radial interno C3 como se especifica para los rodamientos rígidos de bolas en la normativa ISO 5753:1991. Los valores se muestran en la tabla de productos y son válidos para unidades antes de montar y sin carga.

Velocidades permisibles

Las unidades de rodamientos SKF con sensor están diseñadas para adaptarse a las velocidades límite del rodamiento obturado correspondiente. Si han de funcionar a velocidades más altas que las indicadas en la tabla de productos, contacte con el departamento de Ingeniería de Aplicaciones de SKF.

Margen de temperaturas

Las unidades de rodamientos SKF con sensor tienen una temperatura de funcionamiento de -40 a $+120^\circ\text{C}$, como se ha comprobado tras pruebas exhaustivas. Para temperaturas de entre $+120^\circ\text{C}$ y $+150^\circ\text{C}$, contacte con el departamento de Ingeniería de Aplicaciones de SKF.

Datos de la interfaz eléctrica

El funcionamiento del sensor activo requiere una alimentación de corriente de entre 5 y 24 V. La salida de la señal se realiza a través de un colector abierto (\rightarrow **fig. 6**). Los resistores insertados entre el conductor conectado a la alimentación de corriente y los conductores para las señales de salida, limitan la corriente de salida a 20 mA (\rightarrow **tabla 1, página 962**). Las características de las señales emitidas se muestran en la **tabla 2, página 962**.

Compatibilidad electromagnética

Las unidades de rodamientos SKF con sensor se pueden utilizar en los entornos más severos desde el punto de vista electromagnético, como se describe en la normativa europea EN 50082-2.

Fig. 6

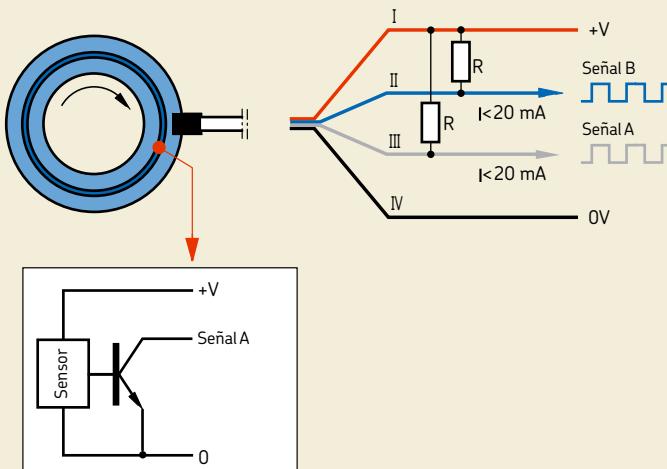


Tabla 1

Parámetros eléctricos		
Voltaje	Resistor recomendado R	P
V	Ω	W
5	270	0,25
9	470	0,25
12	680	0,25
24	1 500	0,5

Tabla 2

Características de las señales emitidas	
Característica	Datos técnicos
Tipo de señal	Digital cuadrada
Número de señales	2
Desfase	90 grados
Ciclo de trabajo	50 % de un período

Selección del tamaño del rodamiento con sensor

En lo que se refiere a la función del rodamiento, la selección del tamaño apropiado para la unidad de rodamientos con sensor se realiza utilizando los mismos factores y métodos normales que para los rodamientos rígidos de bolas estándar (→ sección "Selección del tamaño del rodamiento", que comienza en la [página 49](#)).

Aplicación de las unidades de rodamientos con sensor

Normalmente se requieren dos rodamientos para soportar un eje, uno fijo y otro libre. Puesto que las unidades de rodamientos SKF con sensor, se utilizan principalmente en el lado fijo, el extremo opuesto del eje puede apoyarse sobre un rodamiento libre. Si la unidad de rodamientos con sensor tiene que soportar cargas axiales pesadas actuando en ambos sentidos, la unidad deberá montarse de tal modo que la carga axial más pesada actúe sobre la cara lateral del aro exterior del rodamiento opuesta a la unidad con el sensor.

Fijación radial

De acuerdo con las recomendaciones generales, el aro interior deberá tener un ajuste de apriete sobre eje y el aro exterior deberá tener un ajuste libre en el alojamiento. El cable de conexión de la unidad con sensor que sobresale radialmente del rodamiento, determina la posición del aro exterior respecto al soporte. Deberá dejarse un conducto lo suficientemente amplio para el cable en el soporte o en la tapa del mismo (→ [fig. 7](#)). Se recomienda que el cable que sobresale del cuerpo del sensor se proteja de una rotación excesiva por una muesca radial en el soporte con una anchura circunferencial de 9 a 15 mm.

Fijación axial

El aro interior con un ajuste apretado suele fijarse axialmente a ambos lados, p.ej. con un reborde en el eje, un casquillo distanciador o un anillo elástico. La fijación axial del aro exterior depende del tamaño del rodamiento.

Para rodamientos con un diámetro de agujero igual o menor a 25 mm el aro exterior se fija axialmente en el lado opuesto a la unidad con el sensor, mediante un reborde en el alojamiento:

- Si el rodamiento está sometido únicamente a cargas ligeras o no está cargado en la dirección opuesta, un anillo elástico enganchado en una ranura en el alojamiento es suficiente para la fijación axial en el lado del sensor (→ [fig. 7](#)).

- En caso de cargas axiales mayores, SKF recomienda fijar el rodamiento con una tapa lateral atornillada al soporte mediante un anillo elástico en la ranura del aro exterior.

La cara lateral opuesta a la unidad con sensor de los rodamientos más grandes deberá hacer tope con un reborde en el alojamiento. En la cara lateral del aro exterior con el sensor, el rodamiento puede fijarse axialmente con

- un casquillo distanciador ranurado de paredes finas, que hace tope con el rodamiento en uno de los lados y un anillo elástico en el otro (→ **fig. 8**) o
- una tapa lateral atornillada al soporte.

Las dimensiones del resalte se muestran en la tabla de productos. Para más información consulte la publicación “Unidades SKF de rodamiento sensorizado – concentre la inteligencia en su control del movimiento” o contacte con el departamento de Ingeniería de Aplicaciones de SKF.

Montaje

Durante el montaje las unidades de rodamientos SKF con sensor se deberán manipular con mucho cuidado para evitar dañar la unidad sensorizada y en el cable de conexión. A petición, SKF puede prestar asistencia personalizada para optimizar el proceso de montaje y conexión; contacte con el departamento de Ingeniería de Aplicaciones de SKF.

Lubricación y mantenimiento

Las unidades de rodamientos SKF con sensor se suministran obturadas, listas para montar y listas para funcionar. Están lubricadas de por vida con una grasa de poliurea que es apropiada para temperaturas de entre -40 y $+120$ °C. El llenado de grasa se adapta al tamaño del rodamiento. Por tanto, estas unidades no requieren ningún mantenimiento.

Fig. 7

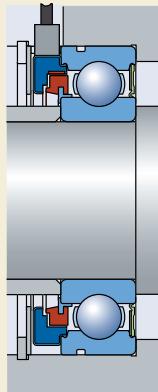
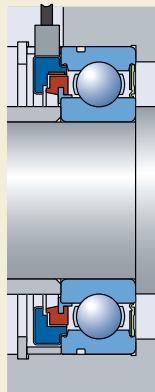
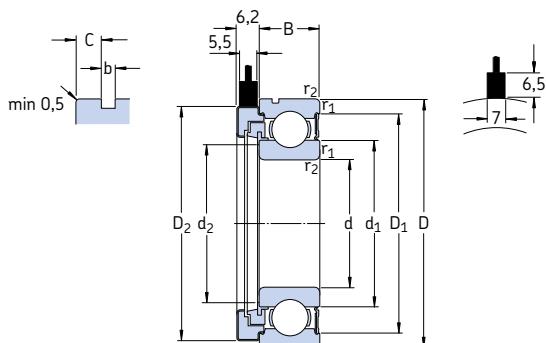


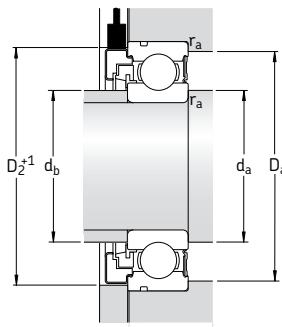
Fig. 8



**Unidades de rodamientos con sensor
d 15 – 45 mm**



Rodamiento Dimensiones principales d D B	Capacidad de carga básica dinámica C	Capacidad de carga estática C_0	Carga límite de fatiga P_u	Velocidad límite	Nº de pulsa- ciones	Unidad sensorizada		Masa	Designación Con un cable de 500 mm pero sin conector Versión 1
						Precisión del período	Desfase		
mm	kN	kN	rpm	–	%	grados	kg	–	–
15 35 11	8,06	3,75	0,16	13 000	32	± 3	90 ± 30	0,060	BMB-6202/032S2/EA002A
20 47 14	13,5	6,55	0,28	10 000	48	± 3	90 ± 30	0,15	BMB-6204/048S2/EA002A
25 52 15	14,8	7,8	0,34	8 500	48	± 3	90 ± 30	0,18	BMB-6205/048S2/EA002A
30 62 16	20,3	11,2	0,48	7 500	64	± 4	90 ± 45	0,22	BMB-6206/064S2/EA002A
40 80 18	32,5	19	0,8	5 600	80	± 5	90 ± 45	0,40	BMB-6208/080S2/EB002A
45 85 19	35,1	21,6	0,92	5 000	80	± 5	90 ± 45	0,44	BMB-6209/080S2/EB002A



Diámetro del agujero de la tapa lateral
≥ D₂ + 1 mm

Dimensiones							Dimensiones de acuerdos y resaltos							Juego radial interno	
d	d ₁	d ₂	D ₁	D ₂	b	C	r _{1,2} mín	d _a mín	d _b mín	d _b máx	D _a máx	r _a máx	mín	máx	
mm							mm							μm	
15	21,5	19,5	30,4	34,4	1,35	2,06	0,6	19	19	19,4	31	0,6	11	25	
20	28,5	26,4	40,6	46,4	1,35	2,06	1	25	25	26,3	42	1	13	28	
25	34	31,8	46,3	51,4	1,35	2,46	1	30	30	31,5	47	1	13	28	
30	40,3	37,8	54,1	58	1,9	3,28	1	35	35	37,5	57	1	13	28	
40	52,6	48	69,8	75	1,9	3,28	1,1	46,5	46,5	47,5	73,5	1	15	33	
45	57,6	53	75,2	78,8	1,9	3,28	1,1	51,5	51,5	52,5	78,5	1	18	36	



Módulos para la conducción por cable

Los módulos SKF para la conducción por cable (Steer-By-Wire) son componentes mecatrónicos “plug-and-play” que combinan una tecnología de sensorización inteligente con una funcionalidad operacional. El módulo produce una señal electrónica que proporciona información sobre:

1. la velocidad y aceleración de la dirección.
2. el sentido de la dirección.
3. la posición relativa del volante.

Este módulo “plug-and-play” incluye

- un rodamiento rígido de bolas SKF Explorer
- un sensor activo
- un eje de dirección

que están integrados de forma compacta en un soporte robusto de acero. Las superficies externas están recubiertas galvánicamente para su protección frente a la corrosión en entornos severos. Las unidades tienen una temperatura de funcionamiento de -40 a $+70$ °C. Están obturadas y engrasadas de por vida y no necesitan mantenimiento, por tanto no requieren una relubricación ni ajustes en el par de dirección.

Diseño del sensor activo

El módulo SKF para la conducción por cable incluye un sensor activo resistente y compacto que se encarga de la codificación incremental. Sus componentes principales son el anillo de impulsos magnético y cuatro células sensoras integradas en un cuerpo con cables de conexión.

El anillo de impulsos magnetizado de material compuesto, dividido en una serie de polos norte y sur, está unido al aro interior giratorio del rodamiento. El sensor está fijado al aro exterior del rodamiento y equipado con cuatro células Hall y un cable de conexión. La señal sinusoidal análoga generada por las células Hall se amplifica y se convierte en una señal de onda cuadra-

da mediante un disparador Schmitt. La señal inicial determina el sentido de rotación.

Las señales de salida digitales transmitidas a la unidad de control de procesamiento electrónico, equivalentes al número de pares de polos en el anillo de impulsos, proporcionan información sobre

- la posición angular del eje
- el sentido de rotación
- la velocidad o aceleración del eje giratorio.

La salida electrónica de los módulos de conducción por cable (Steer-By-Wire) es redundante, y contiene un conjunto idéntico de sensores que funcionan independientemente. Si uno de los conjuntos de sensores falla, el otro conjunto continúa trabajando.

El sensor activo necesita un suministro de corriente eléctrica externo. La emisión de la señal se alimenta a través de un circuito colector abierto.

Diseño para las aplicaciones más exigentes

Los módulos SKF para la conducción por cable (Steer-By-Wire) han sido diseñados para reducir los costes de los fabricantes de equipos originales al tiempo que proporcionan una mayor flexibilidad en el diseño de la cabina, mejorando el confort del operario y por último, la productividad.

Estos módulos proporcionan unas soluciones más rentables a los fabricantes de vehículos todo terreno, incluyendo carretillas elevadoras, equipos de minería, de la construcción y forestales, embarcaciones o carretillas eléctricas.

Para más información sobre los módulos SKF para la conducción por cable (Steer-By-Wire) contacte con el departamento de Ingeniería de Aplicaciones de SKF.



Unidades de control de altura para el mástil

Las unidades de control de altura para el mástil (Mast Height Control – MHC) de SKF son componentes mecatrónicos “plug-and-play” que combinan una tecnología sensorizada inteligente con una funcionalidad operacional. Se utilizan, por ejemplo, en las carretillas elevadoras para controlar la altura de la horquilla elevadora. Esta unidad emite una señal electrónica que proporciona información sobre:

1. la posición relativa del mástil.
2. la dirección de movimiento del mástil.
3. la velocidad y aceleración del mástil.

La unidad incluye un rodamiento rígido de bolas SKF Explorer con sensores activos integrados en una polea o en una disposición de rodillos de leva. Estas unidades interactúan directamente con el conductor del vehículo para proporcionarle información útil.

Estas unidades están disponibles actualmente en dos diseños:

- Una disposición de levas cargada mediante muelles, que utiliza la fuerza de los muelles para presionar el rodamiento sensorizado contra la parte móvil del mástil. La interfaz mecánica de la unidad de rodillos de leva, que puede personalizarse para que cumpla con los requisitos de los fabricantes de equipos originales, es impulsada directamente por la superficie contraria en movimiento.
- Una disposición de poleas, accionada por un cable o una correa que se ha incorporado al diseño del sistema de posicionamiento de la altura del mástil.

Diseño del sensor activo

La unidad de control de levas SKF incluye un sensor activo resistente y compacto que se encarga de la codificación incremental. Sus componentes principales son el anillo de impulsos magnético y las células sensoras integradas en un cuerpo con cables de conexión.

La señal de salida digital es igual al número de pares de polos en el anillo de impulsos. Ésta se transmite a la unidad de control de procesamiento electrónico, y proporciona información sobre la longitud recorrida por la unidad, la velocidad y la aceleración de la superficie contraria, por ejemplo la de un mástil de una carretilla elevadora. Esto permite un control más preciso de la altura del mástil, lo cual es particularmente importante en aquellas operaciones que demandan velocidad y precisión del operario o la necesidad de ciclos de funcionamiento preprogramados. Las señales de salida de la unidad de control de altura para el mástil también pueden utilizarse para sistemas de lectura digital sencillos o para otros sistemas de seguridad.

Diseñadas para las aplicaciones más exigentes

Las unidades SKF de control de altura para el mástil, tienen como objetivo principal aumentar la eficiencia del operario. Sus aplicaciones van más allá de las carretillas elevadoras. Pueden adaptarse a equipos para la agricultura, la ingeniería forestal, la minería y la construcción, y a una gran variedad de aplicaciones.

Pueden desarrollarse nuevos diseños según las necesidades específicas. Para más información sobre las unidades de control de levas SKF contacte con el departamento de Ingeniería de Aplicaciones de SKF.



Otras unidades sensorizadas

La gama SKF de unidades sensorizadas no está limitada a los rodamientos rígidos de bolas y las unidades descritas en las páginas anteriores. Los sensores se incluyeron también, hace años, en otros tipos de rodamientos.

A petición, se pueden suministrar varias publicaciones de SKF que contienen información detallada sobre estas unidades de rodamientos sensorizadas.

Unidades sensorizadas para automóviles

Los desarrollos pioneros en ingeniería suelen comenzar en el proceso de fabricación de vehículos. Por motivos tanto de reducción de peso como de seguridad, cada vez se equipan más vehículos con dispositivos de detección de velocidad. Pero el sensor de velocidad óptimo para las ruedas, es único para cada aplicación individual. En función de las necesidades, el sensor puede o no estar integrado para mejorar la fiabilidad, ahorrar peso y facilitar el montaje. El sensor también puede ser de

- tipo pasivo, que es capaz de emitir señales hasta una velocidad de unos pocos km/h, suficientes para ABS
- de tipo activo, que puede emitir señales desde una velocidad de cero km/h, necesarias para sistemas de control de tracción o de navegación.

SKF puede ayudarle a sacar el máximo partido de estas posibilidades ofreciéndole una amplia gama de soluciones existentes para unidades de cubo de rueda tanto para vehículos turismos como industriales.

Unidades de rodamiento sensorizadas para vehículos ferroviarios

Las condiciones de funcionamiento de los vehículos ferroviarios son especialmente severas. Las unidades de rodamiento no sólo deben soportar cargas elevadas, vibraciones, cargas de impacto y temperaturas extremas, sino que

deben proporcionar una alta fiabilidad de funcionamiento a lo largo de grandes distancias y con amplios intervalos de mantenimiento. Lo mismo es aplicable a los sensores integrados de velocidad que incorporan los rodamientos, con los cuales se controla el sistema de tracción, frenado y sentido de rotación. Una vez analizada la señal de velocidad que proporcionan al sistema electrónico del tren ésta se tiene en cuenta para conseguir el rozamiento óptimo entre rueda y carril.

Las unidades de rodamiento de rodillos cónicos para vehículos ferroviarios (TBU y CTBU) son soluciones listas para montar y de fácil instalación, que incorporan un rodamiento de rodillos cónicos, grasa y sistema de retenes.

A parte de unidades con sensores de velocidad, SKF también dispone de unidades con sensores de temperatura y vibración. Lo cual permite una monitorización inmediata y permanente de la temperatura y el estado de los rodamientos respectivamente. Detectando de esta forma, cajas calientes y posibles daños en los rodamientos durante su funcionamiento.

Unidades de rodamiento sensorizadas para motores de tracción

Las unidades con sensores integrados de velocidad y temperatura para los sistemas de tracción de ferrocarriles, son otra especialidad de SKF. Estas unidades de rodamiento, llamadas (TMBU) presentan una brida de conexión a la carcasa del motor de tracción así como sensores de velocidad y temperatura. Hay dos versiones disponibles

- unidad TMBU de rodamiento rígido de bolas, diseñado para posición fija
- unidad TMBU de rodillos cilíndricos, diseñado para la posición libre que soporta las dilataciones térmicas del sistema.

El concepto de unidad de rodamiento para motores de tracción (TMBU) combina en una sola unidad las funciones de fijación del rodamiento y sensorización, permitiendo además el aislamiento eléctrico si fuera necesario.