CORRENTI D'ALBERO

Cause ed effetti del fenomeno

Il passaggio di corrente nei cuscinetti dei motori elettrici è un fenomeno noto e conosciuto da tempo e riguarda in particolar modo tutte le applicazioni con motori AC alimentati mediante convertitore di frequenza (Inverter).

Il controllo della tensione di tipo PWM (con modulazione dell'ampiezza di impulso), per effetto delle asimmetrie esistenti nel circuito magnetico del motore e dalla elevata velocità di commutazione dei moduli IGBT usati nel convertitore, induce una differenza di potenziale tra le estremità dell'albero che dà luogo ad una corrente circolante di alta frequenza che può passare attraverso i cuscinetti.

Inoltre la corrente nei cuscinetti si genera anche attraverso un cablaggio asimmetrico e non schermato del motore (fig. 6-7) o in assenza di una buona connessione a terra della struttura del motore.

Tre tipi di corrente creano problemi ai cuscinetti (vedi dis.A e B):

- Correnti di alta frequenza circolanti.
- Correnti di alta frequenza su alberi messi a terra.
- Correnti di scarica capacitiva.

All'origine dei primi due tipi di corrente c'è la tensione di modo comune all'uscita dell'inverter. Questa tensione è dovuta al fatto che la somma delle tre tensioni non è uguale a zero.

Il terzo tipo di corrente è dovuta al fatto che il convertitore di frequenza (inverter) cerca di simulare un'alimentazione a tensione sinusoidale generando segnali a impulsi che hanno un'alta frequenza di commutazione e un fronte di salita molto ripido; tali impulsi provocano correnti di scarica capacitiva.

SHAFT CURRENTS

Causes and effects of the phenomenon

The shaft currents into the bearings of the electric motors has been a well-known phenomenon for a long time, and it particularly refers to those applications using AC motors connected with a frequency converter (Inverter).

The PWM voltage control (with pulse amplitude modulation), owing to the asymmetries existing in the magnetic circuit of the AC motor and to the high switching frequenct of the IGBT modules used in the converter (inverter) causes a difference of potential between the shaft ends and creates a high frequency circulating current that can go through the bearings.

Furthermore, a motor asymmetrical and unshielded wiring (fig. 6-7) or the absence of a correct grounding of the motor structure can create current in the bearings, as well (fig. 3).

Three types of current create problems to the bearings: (see dis.A e B):

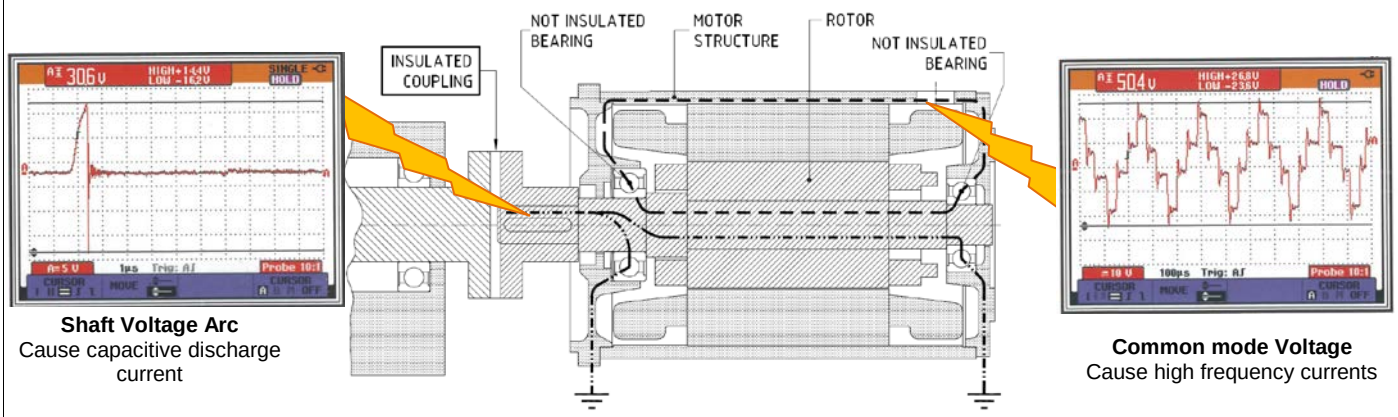
- *High frequency circulating currents.*
- *High frequency currents in grounded shafts.*
- *Capacitive discharge currents.*

The source of the first two current types is the common voltage at the inverter output, which is due to the fact that the sum of the three voltages does not equal zero.

The third current type is due to the fact that the frequency converter (inverter) tries to simulate a sinusoidal voltage power supply generating pulse signals characterised by a high switching frequency and an extremely steep leading edge. These pulses cause capacitive discharge currents.

MOTORE CON CUSCINETTI NORMALI - *MOTOR WITH NORMAL BEARINGS*

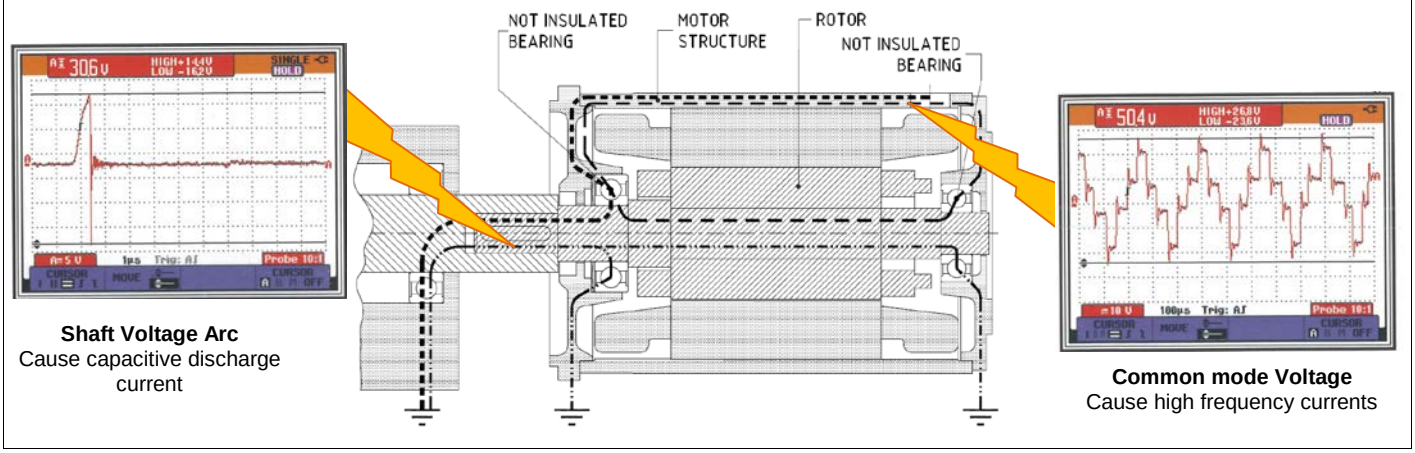
Dis. A: Accoppiamento con giunto isolato elettricamente, schema del passaggio di corrente
Electrically insulated coupling, diagram of the circulating currents



Shaft Voltage Arc
Cause capacitive discharge current

Common mode Voltage
Cause high frequency currents

Dis. B: Accoppiamento diretto senza isolamento, schema del passaggio di corrente
Direct coupling without insulation, diagram of the circulating currents



Shaft Voltage Arc
Cause capacitive discharge current

Common mode Voltage
Cause high frequency currents

CORRENTI D'ALBERO

SHAFT CURRENTS

Schema del motore

Il motore può essere schematizzato in tre parti:

Struttura:
Componente elettromeccanico composto da pacco lamellare o carcassa, coperchi, avvolgimento all'interno del quale ruota il rotore.

Rotore:
Componente meccanico composto dall'albero e dal rotore sostenuto all'interno della struttura del motore mediante i cuscinetti.

Cuscinetti:
Componente meccanico composto dall'anello interno, dalle sfere, dall'anello esterno e dalla gabbia di separazione delle sfere.

La struttura del motore è normalmente ben collegata verso massa sia tramite gli appositi conduttori di terra che attraverso i punti di fissaggio (piedi e/o flangia).

Il rotore invece non ha un collegamento diretto verso massa poiché è sostenuto solo dai cuscinetti (non esiste un vero punto di contatto fisso).

Il cuscinetto "collega meccanicamente" il rotore con la struttura del motore solo mediante le sfere che hanno una superficie di contatto diretto con le piste estremamente ridotta.
Inoltre tra le sfere e le piste si interpone un sottilissimo strato di lubrificante che è elettricamente isolante.
Pertanto la differenza di potenziale esistente tra la struttura del motore ed il rotore può generare una corrente che necessariamente deve transitare attraverso le sfere e le piste del cuscinetto.
Il deterioramento conseguente potrebbe avvenire in tempi molto brevi (pochi mesi di funzionamento) compromettendo l'affidabilità dell'impianto.

Normalmente questo problema si riscontra solo in macchine relativamente grosse (oltre i 75kW) ed è strettamente legato a molteplici fattori quali lunghezza dei cavi, tipo di collegamento di massa, frequenza di commutazione dell'inverter, tipo di supporto del motore, tipo di cavo di alimentazione e relativa schermatura.
L'effetto che il passaggio di corrente genera nei cuscinetti si riassume in un deterioramento precoce della superficie delle sfere e delle piste di rotolamento.
Infatti, a seguito del passaggio di corrente, nelle zone in cui avvengono i contatti fra i corpi volventi e le piste (fig. 1) si sviluppa calore che provoca fusioni localizzate delle superfici. In tali zone si formano crateri e particelle di materiale fuso che si staccano ed in parte si frantumano.
Le superfici danneggiate appaiono opache e caratterizzate da puntinature e piccolissimi crateri visibili con microscopio (fig. 2).
Sulle piste di rotolamento si notano segni perpendicolari al senso di rotazione causati dalla vibrazione meccanica di risonanza delle sfere quando passano sui piccoli crateri (fig. 3).
Le scariche di corrente provocano anche un rapido degrado del grasso lubrificante. L'elevata temperatura generata fa reagire tra loro l'olio base e gli additivi e ne provoca la carbonizzazione e l'indurimento (fig. 4).

Diagram of the motor

The motor can be divided into three diagrams:

Structure:
Electromechanical component formed by laminated stator or frame, covers, winding system inside of which the rotor revolves.

Rotor:
Mechanical component formed by the shaft and the rotor supported by the bearings inside the motor structure.

Bearings:
Mechanical component formed by the inner ring, the balls, the outer ring and the balls' separation cage.

The motor structure is usually well grounded both by means of the specific earth wires and by means of the attachment points (feet and/or flange).

On the contrary, the rotor is not grounded directly because it is supported only by the bearings (a real fixed contact point does not exist).

The bearing "mechanically connects" the rotor to the motor structure only by means of the balls having an extremely small surface in direct contact with the tracks.
Furthermore, between the balls and the tracks there is an extremely thin layer of lubricant that is electrically insulating.
As a consequence, the difference of potential existing between the motor structure and the rotor can create a current that has necessarily to pass through the balls and the tracks of the bearing.
The consequent deterioration could occur very soon (after few months of operation), compromising the reliability of the installation.

This problem usually occurs only in quite powerful machines (more than 75kW) and it is strictly connected to several factors, such as length of the cables, type of grounding connection, inverter switching frequency, type of motor support and installation, type of power supply cable and its shielding.
The effect created by the presence of current in the bearings is a premature deterioration of the bearings in particular on the surface of balls and roll tracks.
Indeed, in the areas where the rolling bodies and the tracks (fig. 1) come into contact, heat develops as a consequence of the presence of current, and it causes localised melting of the surfaces. In such areas, there are craters and melted material particles that detach and partly break into pieces.
The damaged surfaces are opaque, characterised by pricks and extremely small craters that can be seen with a microscope (fig. 2).
The mechanical resonance vibration of the balls passing on the small craters (fig. 3) causes some signs in the roll tracks, which are perpendicular to the rotation direction.
Current discharges also cause a quick deterioration of the lubricating grease. The high temperature makes the base oil react with the additives, causing carbonisation and hardening (fig. 4).

Cuscinetto danneggiato dal passaggio di corrente – *Damaged bearing due to the shaft currents*

Fig. 1
Schema – *drawing*

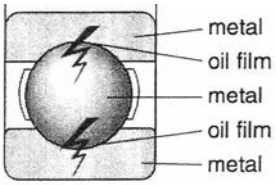


Fig. 2
Sfere – *Balls*

Fig. 3
Pista - *Row*

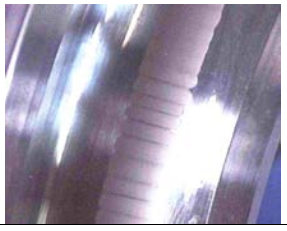
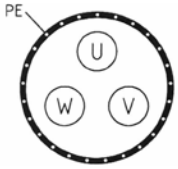
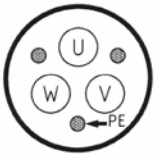


Fig. 4
Grasso - *Grease*

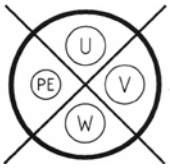
Cavo schermato simmetrico Fig. 5
Shilded symmetrical calbe



Cavo simmetrico non schermato Fig. 6
Symmetrical cable



Cavo asimmetrico (non adatto) Fig. 7
Asymmetrical cable



CORRENTI D'ALBERO

Soluzioni e rimedi

Per risolvere il problema della trasmissione delle correnti d'albero ai cuscinetti del motore ed agli organi meccanici condotti, sono disponibili a richiesta due soluzioni concettualmente opposte.
Queste opzioni devono essere richieste al momento dell'ordine poiché non è possibile (o è difficoltoso) equipaggiare il motore con queste opzioni dopo la sua costruzione.

Cuscinetto isolato elettricamente

Ha lo scopo di aprire il circuito elettrico esistente tra il rotore e la struttura del motore evitando che le correnti d'albero circolino attraverso i cuscinetti.
Il cuscinetto isolato elettricamente è montato normalmente sul lato posteriore del motore (consigliamo l'adozione di un solo cuscinetto isolato) ed è composto da un cuscinetto a sfere con anello esterno rivestito in materiale ceramico isolante.
Il rivestimento dell'anello esterno è realizzato con riporto di ossido di alluminio che assicura una tensione di rottura pari a 1000V ed una resistenza di 50Mohm. Nelle applicazioni con inverter PWM si deve considerare l'impedenza del rivestimento ceramico. L'impedenza rappresenta la relazione tensione-corrente ed il suo valore dipende principalmente da due caratteristiche elettriche del rivestimento: la resistenza ohmica e la reattanza capacitiva.

Per contrastare gli effetti delle correnti ad alta frequenza quest'ultima deve essere la più piccola possibile. L'impedenza del rivestimento di ossido di alluminio può essere configurata come una connessione in parallelo di un resistore e di un condensatore.

Anello o Spazzola per scarico correnti d'albero

Ha lo scopo di chiudere il circuito elettrico esistente tra il rotore e la struttura del motore consentendo il passaggio delle correnti d'albero tramite la spazzola e non attraverso i cuscinetti.

La spazzola di scarico correnti d'albero mette in contatto diretto il rotore con la struttura del motore creando una via preferenziale per il passaggio delle correnti di rotore.

Se il motore è provvisto di trasduttore (Encoder) anche l'albero di trascinamento deve essere isolato elettricamente.

SHAFT CURRENTS

Solutions and remedies

In order to solve the problem relating to the transmission of shaft currents to the motor bearings and to the driven mechanical devices, two conceptually opposite solutions are available on demand.
These options have to be requested when ordering, because it is not possible (or it is difficult) to equip the motor with them after it has been manufactured.

Electrically insulated bearing

Its purpose is to open the electric circuit existing between the rotor and the motor structure, preventing that the shaft currents go through the bearings.
The electrically insulated bearing is a ball-bearing with an outer ring that is coated with insulating ceramic material. It is usually assembled in the rear side of the motor (it is recommended to use a single insulated bearing).
The outer ring is coated with aluminium oxide ensuring a breaking stress equalling 1000V and a resistance equalling 50Mohm. In the applications made with a PWM inverter, it is necessary to consider the impedance of the ceramic coating. The impedance represents the voltage-current relationship and its value mainly results from two electrical features of the coating: the ohmic resistance and the capacity reactance.

In order to resist the effects of the high frequency currents, the frequency has to be the smallest as possible. The impedance of the aluminium oxide coating can be configured as a parallel connection of a resistor and a capacitor.

Shaft current discharge brush or ring

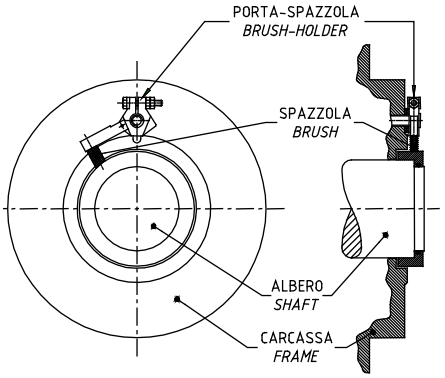
Its purpose is to close the electric circuit existing between the rotor and the motor structure, allowing the shaft currents to pass through the brush and not in the bearings.

The shaft current discharge brush puts the rotor in direct contact with the motor structure, creating a preferential way for the passage of the rotor currents.
If the motor is equipped with a transducer (Encoder), also the driving shaft will have to be electrically insulated.

SKF INSOCOAT®
Cuscinetto isolato elettricamente
Electrically insulated bearing

AEGIS®
Anello per scarico correnti
Shaft grounding ring

Spazzola scarico correnti albero
Brush for shaft currents discharge



Note:

Per macchine di potenza inferiore o uguale a 75kW l'adozione di 1 spazzola od anello scarico correnti (solitamente sul lato posteriore - NDE) è sufficiente a garantire un buon funzionamento mentre per macchine di potenza superiore a 75 kW è consigliabile mettere 1 spazzola (solitamente lato comando DE) e 1 cuscinetto isolato sul lato opposto (solitamente lato posteriore NDE).

Notes:

The adoption of a single brush for shaft current discharge or a single shaft grounding ring (usually on the rear side of the motor - NDE) is enough to ensure the proper functioning of motors with power level lower or equal to 75 kW while, for motor with a power level higher than 75 kW, it is recommended to install 1 brush for shaft current discharge (usually on the DE side) and 1 electrically insulated bearing on the opposite side (usually on the rear side - NDE).

Efficacia delle contromisure per correnti nei cuscinetti - *Effectiveness of bearing current countermeasures*

Contro Misura *Counter Measure*	Tipo di Corrente / *Current Type*			Commenti / *Notes*
	Corrente circolante *Circulating currents* (8.1.2 - 8.2.2)	Corrente albero a terra *Shaft earthing currents* (8.2.3)	Corrente scarica capacitiva *Capacitive discharge currents* (8.2.4)	
Una spazzola/anello NDE (senza cuscinetto isolato) *One earthing brush/ring NDE (without insulated bearing)*	Non Efficace / *Not Effective* Protegge solo un cuscinetto *Only protect one bearing*	Efficace / *Effective* Non protegge i cuscinetti del carico se il giunto non è isolato *Does not protect bearings in driven load if the coupling is not insulated*	Efficace / *Effective*	Necessita una minima manutenzione *Minimum servicing necessary*
Due spazzole/anelli DE+NDE (senza cuscinetto isolato) *Two earthing brushes/rings DE+NDE (without insulated bearing)*	Efficace / *Effective* Bisogna assicurare bassa impedenza della spazzola *Care needed to ensure low brush contact impedance*	Efficace / *Effective* Potrebbe non proteggere i cuscinetti del carico se il giunto non è isolato *Could not protect the bearings in the driven load if the coupling is not insulated*	Efficace / *Effective*	Necessita una minima manutenzione *Minimum servicing necessary*
Un cuscinetto Isolato NDE *One insulated bearing*	Efficace / *Effective*	Non Efficace / *Not Effective* Protegge solo il cuscinetto NDE *Only protects the NDE bearing*	Non Efficace / *Not Effective* Protegge solo il cuscinetto NDE *Only protects the NDE bearing*	Da usare abbinato a giunto isolato *To be used in combination with insulated coupling*
Un cuscinetto isolato NDE + una spazzola/anello DE *NDE insulated bearing + one DE earthing brush/ring*	Efficace / *Effective*	Efficace / *Effective* Potrebbe non proteggere i cuscinetti del carico se il giunto non è isolato *Could not protect the bearings in the driven load if the coupling is not insulated*	Efficace / *Effective*	Necessita una minima manutenzione *Minimum servicing necessary*
Due cuscinetti isolati (DE + NDE) *Two insulated bearings (DE + NDE)*	Efficace / *Effective*	Efficace / *Effective*	Efficace / *Effective*	Potrebbe richiedere spazzola addizionale *May require additional brush contact*
Due cuscinetti isolati (DE+NDE) + spazzola/anello scarico correnti. (giunto isolato) *Two insulated bearings (DE+NDE) + earthing brush/ring (insulated coupling)*	Efficace / *Effective*	Efficace / *Effective*	Efficace / *Effective*	Necessita una minima manutenzione *Minimum servicing necessary*
Filtro di tensione di modo comune *Common mode voltage filter*	Efficace / *Effective* Riduce tensione ad alta frequenza e anche correnti a bassa freqenza. *Reduced HF voltage also decreases LF currents*	Efficace / *Effective*	Efficace / *Effective*	Protegge anche il sistema di isolamento degli avvolgimenti Protects also the windings insulation system
Giunto isolato *Insulated coupling*	Non Efficace / *Not Effective*	Molto Efficace / *Very Effective*	Non Efficace / *Not Effective*	Previene danni ai cuscinetti del carico *Prevents damage to driven load*
Collegamento elettrico carcassa motore al carico *Frame to driven load connection*	Non Efficace / *Not Effective*	Efficace / *Effective*	Non Efficace / *Not Effective*	Previene danni ai cuscinetti del carico *Prevents damage to driven load*

DE = Drive End = Lato Anteriore (Comando) ; NDE = Non Drive End = Lato Posteriore

Tabella comparativa / *Comparation table*		
	Cuscinetto isolato elettricamente *Electrically insulated bearing*	Spazzola scarico correnti d'albero *Brush for shaft current discharge*
Costo dell'opzione *Option cost*	Il cuscinetto ha un costo decisamente maggiore rispetto ad un tipo analogo standard non isolato . *The bearing cost is much higher than the same type not insulated.*	Il costo dei componenti e della predisposizione è inferiore a quello del cuscinetto isolato. *The cost of the compoents and the predisposition is lower than the cost of the insulated bearing.*
Installazione *Installation*	Non richiede nessuna modifica particolare rispetto al cuscinetto normale. *Do not require any particular modification respect the standard bearing.*	Richiede la costruzione speciale dell'albero motore la lavorazione del coperchio posteriore. *Require the special construction of the motor shaft and rear cover.*
Manutenzione *Maintenance*	Il cuscinetto deve essere sostituito con gli stessi intervalli di un cuscinetto normale ma il costo del ricambio è molto più alto. *The replacement of the bearing have to be made at the same time of a standard not insulated bearing but the cost is much higher.*	La spazzola deve essere controllata e se necessario sostituita ogni 3000 ore, il costo del ricambio è molto contenuto. *The brush must be checked and if necessary replaced every 3000 hours, the cost of the spare part is very low.*
Possibile trasmissione di correnti ad altri organi meccanici *Possible transmission of the currents to the other mechanical components*	È possibile che le correnti d'albero siano trasmesse ad altri organi se non esiste un isolamento elettrico tra gli alberi. *It is possible that the shaft currents are transmitted to the other mechanical components if there is not a electrical insulation between the shafts.*	Le correnti d'albero vengono scaricate verso massa e quindi non sono trasmesse ad altri organi meccanici collegati all'albero motore. *The shaft currents are discharged to the ground and so there is not transmission to the other mechanical components connected to the motor shaft.*
Reperibilità sul mercato *Market availability*	Non è sempre disponibile a magazzino, in alcuni Paesi potrebbe essere difficoltoso da reperire. *It is not alwais available on the market, in some Countries can be not so easy to find it.*	Molto buona poiché si tratta di un normale componente reperibile quasi ovunque. *Very good since it is a normal electromechanical component available almost everywere.*

☞ Note
Le informazioni contenute in questo catalogo sono date a titolo puramente indicativo.
Alcune parti del materiale informativo contenuto in questo documento sono state estratte dal catalogo SKF industrie spa, Cuscinetti con isolamento elettrico INSOCOAT® e
dal catalogo AEGIS Electro Static Technology - Bearing protection rings
Ci riserviamo di modificare in qualsiasi momento e senza preavviso le informazioni contenute in questo manuale
Decliniamo ogni responsabilità per danni diretti o indiretti derivanti da eventuali errori e/o omissioni contenuti in questo manuale.
La riproduzione anche parziale, del presente manuale deve essere autorizzata per iscritto dalla OEMER S.p.A. OEMER motori elettrici S.p.A., Diritti riservati.

☞ *Note*
All data and indications shown in this catalogue have to be considered only as a guideline.
Some parts of the informative material contained in this document was taken from the SKF industrie spa catalogue named "Bearings with INSOCOAT® electrical insulation and AEGIS Electro Static Technology - Bearing protection rings
We reserve the right to modify at any time and without notice the instructions indicated on this manual.
We refuse all responsibility for direct or indirect damages caused by possible errors and/or omissions in the present manual.
The reproduction, even in part, of the present manual must be authorized in writing by OEMER SpA. OEMER motori elettrici S.p.A.. All rights reserved.