

**VIB1 Corso base sull'analisi vibrazionale.**

(inizio al pomeriggio, durata 12 ore)  
12-13 maggio; 22-23 settembre

**VIB2 Corso avanzato sull'analisi vibrazionale.**

(inizio al pomeriggio, durata 16 ore)  
10-12 novembre

**VA1 Analisi vibrazionale Categoria I Mobius Institute**

(4 giornate intere, esame incluso)  
12-15 ottobre

**VA2 Analisi vibrazionale Categoria II Mobius Institute.**

(5 giornate intere, esame incluso)  
2-6 marzo

**BEMA Corso sul montaggio/smontaggio dei cuscinetti volventi.**

(1 giornata intera)  
8 maggio; 6 novembre

**BEM2 Corso sul montaggio/smontaggio, generalità e lubrificazione dei cuscinetti volventi.**

(1 giornata intera)  
24 giugno; 2 dicembre

**BDA Analisi e classificazione dei danneggiamenti dei cuscinetti volventi.**

(1 giornata intera)  
8 aprile; 21 ottobre

**BEAP Scelta e dimensionamento dei cuscinetti volventi.**

(2 giornate intere)  
9-10 giugno; 24-25 novembre

**MS1 Corso sulle strategie di manutenzione.**

(inizio al pomeriggio, durata 12 ore)  
21-22 luglio

**MS2 Corso sulle metodologie per misurare l'efficacia di manutenzione.**

(1 giornata intera)  
27 ottobre

## VIB1

### Corso base sull'analisi vibrazionale

#### Introduzione alle principali tipologie di manutenzione

- A rottura, Preventiva, Predittiva, Proattiva

#### Basi teoriche delle vibrazioni

- Fenomeno fisico
- Periodo, frequenza e ampiezza della vibrazione
- Parametri fondamentali: accelerazione, velocità, spostamento
- Unità di misura fondamentali
- Dominio del tempo e della frequenza
- Applicazione della FFT (Fast Fourier Transform)
- Valori globali di vibrazione e trend nel tempo
- Definizione e settaggio livelli di allerta e allarme
- Forzanti meccaniche: sbilanciamento, disallineamento, allentamenti meccanici
- Frequenze difetto pale, ingranaggi, pulegge, cinghie

#### Monitoraggio cuscinetti volventi

- Danneggiamenti su cuscinetti volventi
- Frequenze caratteristiche dei cuscinetti
- Tecnica dell'involuppo

#### Cenni di acquisizione dati

- Strumentazione, trasduttori, sensori di prossimità
- Corretto montaggio e posizionamento dei sensori
- Riconoscimento di dati errati
- Danneggiamento di cavi e connettori

#### Cenni di processamento segnali vibrazionali

- Dal sensore analogico al software di analisi
- Frequenza massima, risoluzione e tempo di acquisizione

#### Cenni di dinamica

- Frequenza naturale, risonanza e velocità critiche

#### Prove pratiche in sala dimostrativa

- Analizzatore di spettro SKF Microlog
- Creazione di un database per macchine comuni (motore, ventilatore, ecc)
- Acquisizione dei dati vibrazionali mediante l'uso del rotor-kit dimostrativo
- Trasferimento dati su software
- Analisi dati acquisiti ■

## VIB2

### Corso avanzato sull'analisi vibrazionale

#### Elementi di analisi vibrazionale

- Richiami di elementi di analisi vibrazionale
- Modulazione, battimenti
- Misure di fase

#### Bilanciamento

- Elementi teorici di bilanciamento
- Esperienza pratica su banco prova

#### Analisi vibrazionale macchine

- Analisi dei riduttori
- Analisi dei motori
- Analisi delle macchine a fluido
- Casi pratici / Esercizi

#### Analisi digitale dei segnali

- Analizzatori di spettro digitali
- Campionamento e quantizzazione dei segnali
- Fenomeno di aliasing, Frequenza di Nyquist
- Finestre di ponderazione (windowing)
- Risoluzione, tempo di acquisizione
- Tipi di medie: lineare, sincrona, esponenziale

#### Dinamica e analisi vibrazionale

- Risonanza
- Bump Test, RUCD test
- Analisi ODS
- Prove pratiche mediante l'uso del rotor-kit dimostrativo

#### Architettura database gestione analisi vibrazionale

- SQL, Oracle
- Acquisizione dati di processo (Modbus)
- Trasmissione dati vibrazionali ■



**VA1****Analisi vibrazionale Categoria I  
Mobius Institute****Pratiche di Manutenzione**

- Il valore dell'affidabilità
- Strategie di manutenzione (a rottura, preventiva, predittiva, proattiva)
- Reliability centered maintenance
- Root cause failure analysis

**Tecnologie di Condition monitoring**

- Analisi vibrazionale
- Ultrasuoni
- Termografia infrarossi
- Test dei motori elettrici
- Analisi dell'olio
- Analisi delle particelle di usura

**I principi della vibrazione**

- Moto armonico semplice
- Introduzione ai concetti di ampiezza, periodo e frequenza
- Spostamento, velocità e accelerazione
- Unità di misura
- Lettura dei livelli di Overall
- Vibrazione complesse
- Introduzione agli spettri
- Comprendere gli ordini
- Introduzione alle frequenze forzanti
- Risonanza

**Acquisizione dei dati**

- Misurazione delle vibrazioni,
- Sensori di vibrazione
- Comprendere i punti e gli assi di misura
- Accessibilità
- Convenzioni
- Ronde e database, seguire una ronda
- Gestire le complicazioni e riconosce i dati sbagliati
- Osservazioni sul campo

**Processamento del segnale**

- Introduzione alle impostazioni dell'analizzatore
- Introduzione alle medie
- Filtri: Passa basso, passa banda, passa alto
- Effetti delle impostazioni

**Analisi vibrazionale**

- Andamenti comuni di vibrazione
- Pura vibrazione, Armoniche, Rumore, Bande laterali
- Regioni dello spettro
- Presentazione dei dati
- Frequenze forzanti (di guasto)
- Processo di analisi, analisi degli spettri

**Diagnosi dei guasti**

- Sbilanciamento
- Disallineamento
- Allentamento
- Cuscinetti volventi
- Risonanza
- Introduzione ad altre condizioni di guasto

**Impostare le soglie di allarme**

- Importanza delle soglie di allarme
- Soglie di allarme semplici
- ISO 10816-3 standard per lettura degli overall
- Allarmi di spettro, di maschera/inviluppo, di banda
- Test di collaudo ■

**VA2****Analisi vibrazionale Categoria II  
Mobius Institute****I principi della vibrazione**

- Moto armonico semplice
- Ampiezza, periodo e frequenza
- Introduzione alla fase
- Spostamento, velocità e accelerazione
- Unità di misura vibrazioni
- Valore di overall e crest factor
- Vibrazioni complesse
- Introduzione allo spettro
- Comprendere gli ordini

**Comprendere i segnali**

- "Regole" principali della vibrazione
- Battimento
- Modulazione

**Processamento del segnale**

- Panoramica
- Filtri: Passa basso, passa banda, passa alto
- Integrazione
- Campionamento e aliasing
- Il processo FFT
- Campionamento e risoluzione
- Finestre di ponderazione e leakage
- Medie
- Impostazione del data collector

**Analisi della forma d'onda**

- Introduzione
- Risoluzione, frequenza di campionamento e tempo di acquisizione
- Selezione della migliore unità di misura
- Andamenti delle forme d'onda
- Allentamenti, cinghie danneggiate e cavitazione
- Introduzione all'analisi dei riduttori

**Acquisizione dati**

- Panoramica
- Misurazione delle vibrazioni (sensori)
- Montaggio accelerometri
- Acquisire i dati correttamente
- Raccomandazioni di misura ISO

**Processo di analisi**

- Validazione dei dati
- Trending
- Rappresentazione dei dati
- Il processo di analisi
- Analisi spettrale

**Diagnosticare lo sbilanciamento**

- Terminologia, importanza e cause dello sbilanciamento
- Sbilanciamento statico, di coppia e dinamico
- Diagnosticare lo sbilanciamento
- Macchine orizzontali, verticali e a sbalzo

**Bilanciamento di macchine rotanti**

- Preparazione del bilanciamento
- Vettori e grafici polari
- Bilanciamento a un piano con e senza fase
- Bilanciamento a due piani - introduzione
- Gradi di bilanciamento



**BEMA****Corso sul montaggio/smontaggio dei cuscinetti volventi****Parte teorica (4 ore)**

- Importanza di un montaggio/smontaggio corretto
- Verifiche preliminari preparazione al montaggio
- Montaggio su collo cilindrico
- Smontaggio su collo cilindrico
- Montaggio su collo conico
- Smontaggio su collo conico
- Bearing units (Insert Bearings / Y-Units) installazione/ smontaggio
- Supporti – installazione e cenni su tenute e lubrificazione

**Parte pratica (4 ore - materiale fornito da SKF)**

- Verifiche preliminari e preparazione al montaggio
- Montaggio su collo cilindrico
- Smontaggio su collo cilindrico
- Montaggio su collo conico
- Smontaggio su collo conico
- Corretto utilizzo strumenti e attrezzatura di montaggio/ smontaggio
- Esempi di montaggio e smontaggio su varie tipologie di cuscinetti ■

**BEM2****Corso sul montaggio/smontaggio, generalità e lubrificazione dei cuscinetti volventi****Parte teorica (5 ore)****Tipi e disposizione dei cuscinetti**

- Descrizione dei tipi, scelta
- Disposizione e rispettivi tipi idonei

**Interfacce (sedi) cuscinetto**

- Scelta del tipo di accoppiamento
- Tracce di lavoro sulle piste

**Basi di lubrificazione dei cuscinetti**

- Scelta del grasso
- Quantità e intervalli di rilubrificazione

**Esempi di applicazioni****Montaggio e smontaggio**

- Importanza di un montaggio/smontaggio corretto
- Verifiche preliminari preparazione al montaggio
- Montaggio su collo cilindrico
- Smontaggio su collo cilindrico
- Montaggio su collo conico
- Smontaggio su collo conico
- Supporti – installazione e cenni su tenute e lubrificazione

**Parte pratica (3 ore - materiale fornito da SKF)**

- Verifiche preliminari e preparazione al montaggio
- Montaggio su collo cilindrico
- Smontaggio su collo cilindrico
- Montaggio su collo conico
- Smontaggio su collo conico
- Corretto utilizzo strumenti e attrezzatura di montaggio/ smontaggio ■

**segue****VA2****Analisi vibrazionale Categoria II  
Mobius Institute****Disallineamento**

- Definizioni, importanza e cause del disallineamento
- Disallineamento parallelo e angolare
- Diagnosticare il disallineamento
- Cause del disallineamento
- Piede zoppo, albero incurvato, cocked bearing

**Allineamento alberi**

- Panoramica
- Controlli pre-allineamento e tolleranze
- Correzione piede zoppo
- Comparatori e allineamento laser
- Compensazione crescita termica

**Allentamenti meccanici**

- Allentamenti rotanti
- Debolezza/Flessibilità strutturale
- Allentamenti strutturali (non-rotanti)

**Analisi trasmissione a cinghia**

- Calcolo frequenze difetto
- Cinghia usurata/danneggiata
- Eccentricità e disallineamento pulegge

**Analisi cuscinetti volventi**

- Perché e come si danneggia un cuscinetto
- Geometria del cuscinetto e frequenze di difetto
- Analisi spettrale e analisi forma d'onda nel tempo
- Involuppo/demodulazione e altre tecniche in alta frequenza

**Motori elettrici**

- Introduzione e motori sincroni
- Inverter - Variable frequency drives
- Problemi statorici
- Problemi rotorici
- Motor current analysis
- Problemi ai lamierini
- Allentamenti connessioni

**Analisi riduttori**

- Frequenze forzanti
- Analisi forma d'onda nel tempo dei riduttori
- Diagnosticare i guasti più ricorrenti

**Pompe, ventilatori e compressori**

- Frequenza di passaggio pale
- Cavitazione e turbolenza del flusso

**Frequenze naturali e risonanze**

- Comprendere e riconoscere la risonanza
- Eseguire test per riscontrare risonanze
- Correggere la risonanza

**Impostare i limiti di allarme**

- Obiettivi di un programma di analisi vibrazionale
- ISO 10816 / ISO 7919 / ISO 14694
- Limiti allarme di spettro (allarmi di banda), allarmi maschera/envelope
- Gestire la variazione della velocità delle macchine

**Test di collaudo**

- La necessità dei test di collaudo
- Specifiche per i macchinari nuovi e revisionati
- Specifiche per i ventilatori industriali ■

**BDA****Analisi e classificazione dei danneggiamenti dei cuscinetti volventi**

BDA (Bearing Damage Analysis) teoria ISO 15243 e casi reali

- Fatica
- Usura
- Corrosione
- Erosione elettrica
- Deformazione plastica
- Frattura e fessurazione ■

**MS1****Corso sulle strategie di manutenzione**

Strategie di manutenzione: introduzione

- La manutenzione nell'industria moderna
- Principali strategie di manutenzione
- La valutazione dell'impatto economico e del ritorno dell'investimento della manutenzione

Il processo di ottimizzazione degli asset: SKF AEO (Asset Efficiency Optimization)

- Individuazione del corretto mix manutentivo
- Descrizione del modello di gestione AEO

1<sup>a</sup> fase: strategia

- Metodi e tecniche per l'analisi (cenni) RCM, SRM
- Elaborazione del piano di manutenzione

2<sup>a</sup> fase: identificazione

- Tecniche di manutenzione predittiva (cenni)
- Scopo e utilizzo delle check-list
- Integrazione con programmi TPM e ODR
- Cenni ad altre tecniche (FMEA)
- Esempi pratici ed esercizi

3<sup>a</sup> fase: implementazione

- Il controllo e la pianificazione delle risorse
- La valutazione del costo degli interventi
- La gestione delle parti di ricambio
- Esempi pratici ed esercizi

4<sup>a</sup> fase: esecuzione

- Tecniche di auditing
- Definizione delle azioni correttive
- La valutazione del punto di partenza
- Esempi pratici ■

**BEAP****Scelta e dimensionamento dei cuscinetti volventi**

Generalità

- Prestazioni e condizioni di esercizio
- (A richiesta: Standard ISO di ingombri, denominazione, tolleranze)

Tipi e disposizioni dei cuscinetti

- Disposizioni e rispettivi tipi di cuscinetti
- Criteri di scelta

Dimensioni del cuscinetto

- Teoria della fatica nel cuscinetto
- Scelta delle dimensioni in base alla durata di base
- Scelta delle dimensioni in base al carico statico
- Metodi e programmi di calcolo base ed avanzati, teoria SKF GBLM per cuscinetti ibridi
- Carichi minimi per tipi di cuscinetto
- Lista di controllo

Lubrificazione

- Scegliere grasso o olio
- Scelta di un grasso idoneo
- Scelta di un olio idoneo
- Verifiche del lubrificante
- Metodi di applicazione del grasso
- Programmi per la lubrificazione su skf.com

Temperatura e velocità di esercizio

- Equilibrio termico
- Attrito nel cuscinetto e teoria della lubrificazione SKF
- Valutazione della temperatura di esercizio dei cuscinetti
- Limiti di velocità

Interfacce del cuscinetto

- Scelta dell'accoppiamento nelle sedi cuscinetto
- Tolleranze per sedi cuscinetto e spallamenti
- Struttura superficiale delle sedi cuscinetto
- Tolleranze per le sedi in condizioni standard
- Tolleranze e accoppiamenti risultanti
- Predisposizioni per montaggio e smontaggio
- Vincoli assiali degli anelli dei cuscinetti
- Cuscinetti montati con luce radiale per carichi assiali
- Piste sugli alberi e negli alloggiamenti

Design del cuscinetto

- Scelta del gioco interno o precarico
- Gabbie
- Tenute incorporate
- Classe di tolleranza del cuscinetto
- Opzioni supplementari

Sistemi di tenuta, montaggio e smontaggio

- Sistemi di tenuta esterni
- Montaggio e smontaggio
- Ispezione e monitoraggio

Esempio di calcolo

- Scelta, dimensionamento e definizione di cuscinetti

Esempi di applicazioni ■

## MS2

### Corso sulle metodologie per misurare l'efficacia di manutenzione

#### Introduzione

- Perché è importante “misurare” la bontà del programma manutentivo
- Cosa è possibile misurare
- Grandezze fondamentali e nomenclatura

#### Individuare i KPIs (Key Performance Indicators)

- Esempi di KPIs standard
- La Balanced Scorecard
- La Mappa Strategica ed il ruolo della BSC
- Come misurare le performance
- Interazione tra i diversi parametri
- Un possibile modello di Scorecard per la manutenzione
- OEE - cenni su modalità di calcolo

#### Metodologie di controllo e misurazione

- Metodologie di audit e assessment
- Esempi utilizzati presso clienti
- Esempi ricavati da esperienze in stabilimenti SKF

#### Analisi di benchmark

- Metodologie
- Esempi ■



Il Performance Engineering Center SKF (SKF PEC) è un centro accreditato come “Training Partner” del Mobius Institute; presso tale ente SKF è possibile frequentare i corsi e sostenere l'esame per il conseguimento della certificazione internazionale “Vibration Analysis ISO 18436”, rilasciata a titolo del Mobius Institute stesso. I corsi SKF codice VA1 e VA2, così come tutti gli altri corsi di Analisi Vibrazionale del presente catalogo, sono tenuti da ingegneri SKF in possesso di certificazioni ISO 18436 (Category III e Category II), con numerosi anni di esperienza nel campo della manutenzione predittiva ed in particolare della analisi vibrazionale.

Per informazioni: [consulenza.technica@skf.com](mailto:consulenza.technica@skf.com)