



Überwachung von Anlagen und Maschinen FAG Online System DTECT X1

Technische Produktinformation

Maschinenüberwachung mit DTECT X1 · Digitale, frequenzselektive Schwingungsüberwachung

Maschinenüberwachung mit Schwingungswächtern

Nur durch maximale Verfügbarkeit lässt sich eine optimale Auslastung von Maschinenanlagen erreichen. Früher hat der Betreiber den Zustand von Anlagen meistens gefühlsmäßig beurteilt. Die zunehmende Komplexität der Maschinen erfordert aber Messverfahren, die eine objektive Beurteilung ermöglichen. Die Schwingungsdiagnose ist eine solche Methode. Sie hilft, Schäden im Frühstadium zu diagnostizieren und geeignete Maßnahmen zu einem Zeitpunkt einzuleiten, wo die Anlage noch betriebsbereit ist. Hierzu werden die Maschinen-geräusche mit einem Sensor erfasst und in einem Schwingungswächter ausgewertet. Fehler oder Schäden an Maschinenteilen führen in der Regel zu zusätzlichen Schwingungen. Diskrete Schäden eines Wälzlagers, z. B. Pittings auf den Laufbahnen, erzeugen bei ihrer Überrollung eine periodische Folge von Einzelstößen. Diese Stoßimpulse regen Strukturresonanzen des Lagers oder angrenzender Maschinenteile an. Die Impulsfolgefrequenz bzw. Schadensfrequenzen sind von der Lagergeometrie abhängig und proportional zur Drehzahl. Herkömmliche Schwingungswächter bilden meistens einen Summenpegel, der mit einem vorgegebenen Grenzwert verglichen wird. Wird der Grenzwert überschritten, erfolgt ein Alarm. Diese Form der Schwingungsüberwachung genügt nicht, um den Zustand komplexer Maschinen mit vielen Bauteilen zuverlässig zu überwachen, da eine Änderung des breitbandig gebildeten RMS-Wertes (= quadratischen Mittelwertes) erst

im Endstadium eines Schadens auftritt. Zudem arbeitet die Methode bei wechselnden Drehzahlen nicht wirkungsvoll.

Digitale, frequenzselektive Schwingungsüberwachung

Eine frühzeitige Schadensdetektion ist nur durch eine frequenzselektive Überwachung möglich, da kleine Schäden oder Fehler eine Amplitudenzunahme einzelner charakteristischer Frequenzen verursachen. Nur mit dieser Methode ist somit eine zustandsbezogene Instandhaltung realisierbar. Die frequenzselektive Vorgehensweise ermöglicht es, gezielt ausgewählte Maschinenteile zu überwachen.

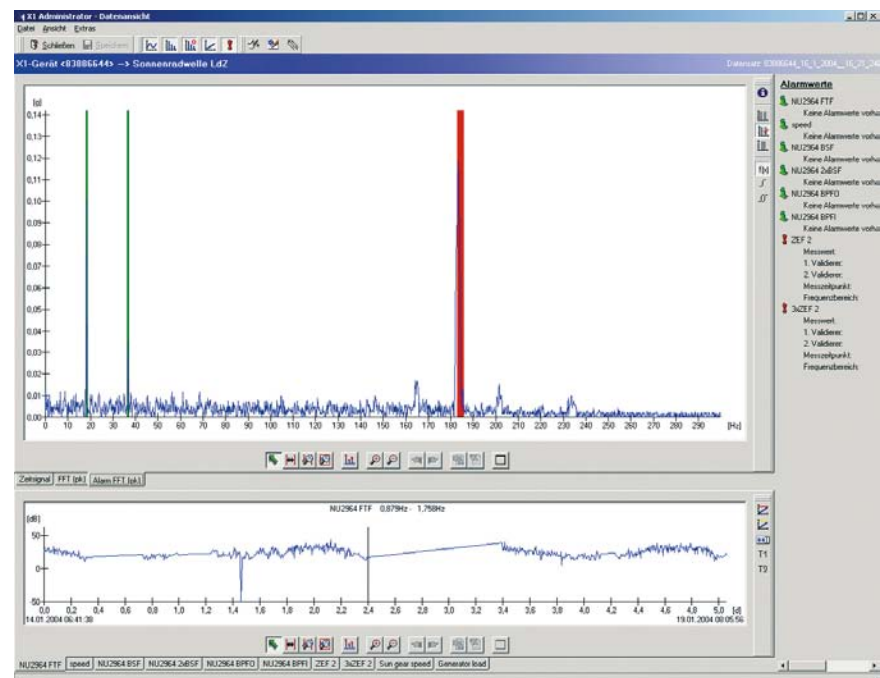
Die Untersuchung von Hüllkurvensignalen ist besonders für die Detektion und Analyse von Stoßimpulsen geeignet, wie sie beispielsweise bei Getriebe- und

Wälzlagerschäden auftreten. Schädigungen sind frühzeitig durch charakteristische Muster in den Frequenzspektren der Maschinenschwingung erkennbar.

Um Wälzlagerschäden frühzeitig zu detektieren, wird aus dem Schwingungssignal das Hüllkurvenspektrum gebildet. Dieses Signal zerlegt man in seine Frequenzanteile. Mittels festgelegter schmalbandiger Frequenzbänder ist man in der Lage, deren Amplituden zu überwachen. Der Kennwert wird als selektiver LDZ-Wert bezeichnet.

Für folgende Einsatzfelder liegen bereits Einsatzbeispiele vor:

- Ventilatoren
- Zentrifugen
- Getriebe
- Elektrische Maschinen
- Mühlen
- Walzwerke
- Kalander
- Pumpen.



Frequenzselektive Schwingungsüberwachung mit individuell einstellbaren Frequenzbändern

Digitales Online System DTECT X1

Digitales Schwingungsüberwachungssystem DTECT X1

Das DTECT X1 ist ein kostengünstiges Schwingungsüberwachungssystem zur permanenten frequenzselektiven Überwachung.

Verschiedene Signalkonditionierungsmodule mit integrierter Sensorversorgung und einem Verstärker mit Autoranging gestatten den Anschluss aller üblichen Beschleunigungs-, Geschwindigkeits- und Wegsensoren. Das Signal wird über ein programmierbares Antialiasingfilter einem A/D-Wandler zugeführt. Der nachfolgende digitale Signalprozessor führt eine Fast Fourier Transformation (FFT) in Echtzeit durch und zerlegt das Signal in seine Frequenzanteile. Damit ist es möglich, Amplituden innerhalb

fester und sehr schmaler Frequenzbänder auf vorgegebene Grenzwerte zu überwachen und einen Alarm auszulösen.

Zur Bewertung des Rohsignals wird der RMS-Wert verwendet. Berücksichtigt man einen großen Teil des Spektrums bei der Einstellung der Breite der Frequenzbänder, spricht man von einem breitbandigen Kennwert. Durch geeignete Konfiguration des DTECT X1-Gerätes wird das Hüllkurvensignal der Schwingbeschleunigung gebildet. Dessen Frequenzspektrum wird mit dem Lagerdiagnosekennwert LdZ bewertet. Damit ist das System z. B. in der Lage, zwischen den Frequenzanteilen Außenring, Innenring, Wälzkörper und Käfig zu unterscheiden. Zur Überwachung im Zeitbereich können im DTECT X1-Gerät



Gerät mit verschiedenen Aufnehmern

verschiedene Kennwerte aus dem originalen Signal berechnet werden wie:

- RMS
- Spitzenwert (Peak)
- Schwingungsbreite (Peak-Peak)
- Gleichanteil
- Crest-Faktor.

Die Kennwerte sind ein Maß für die Stärke der ihnen zugrunde liegenden Messgröße innerhalb des gewählten Frequenzbandes.

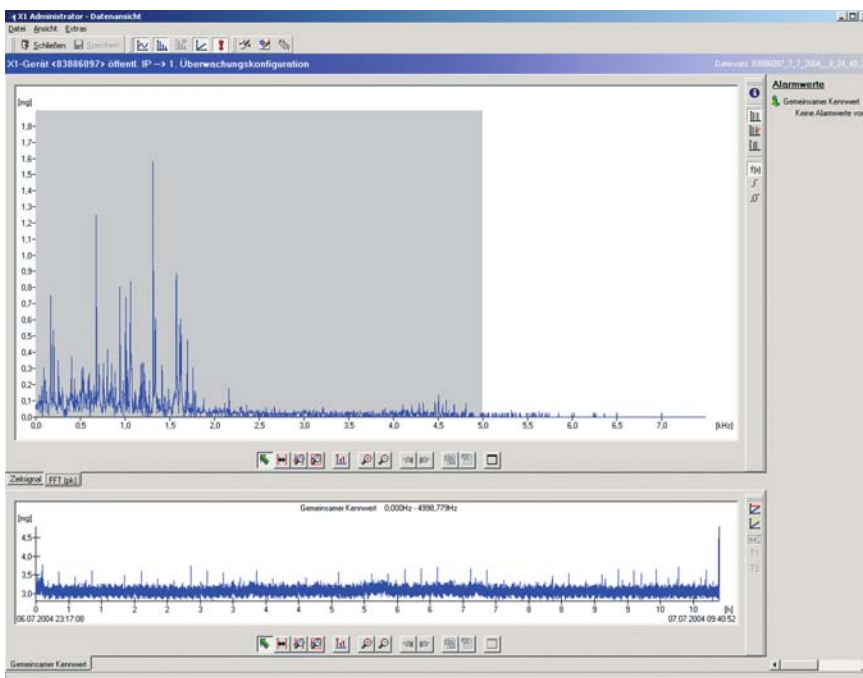
Alle Geräte der DTECT-Serie erfassen beim Anschluss von Beschleunigungsaufnehmern als Messgröße die Beschleunigung und sind in der Lage, diese durch Integration in die Messgrößen Schwinggeschwindigkeit oder Schwingweg zu überführen.

Bei Schwinggeschwindigkeitenaufnehmern kann die Messgröße Geschwindigkeit in Weg überführt werden.

Je nach Ausstattung hat ein DTECT X1-Gerät maximal zwei sogenannte Zusatzkanäle, über die sich Prozessgrößen wie

- Drehzahl
- Drehmoment
- Temperatur
- Druck

oder andere physikalische Größen aufzeichnen und zur Validierung der gebildeten Schwingungskennwerte verwenden lassen.



Breitbandige Überwachung

Digitales Online System · Fernüberwachung mit DTECT X1

In der Praxis wird auf diese Weise z. B. die drehzahlabhängige Mitführung der Frequenzbänder und die Einstellung von last- und drehzahlabhängigen Alarmgrenzen realisiert.

Damit besitzt das DTECT X1 Eigenschaften, die man bisher nur bei wesentlich teureren Online-Systemen fand.

Bei den einstellbaren Grenzwerten wird zwischen Vor- und Hauptalarm-schwellen unterschieden. Durch beide Alarme kann je ein Schaltrelais aktiviert werden.

Eine Hauptalarmverzögerung ist zur Unterdrückung kurzzeitig auftretender Grenzwertüberschreitungen ebenfalls einstellbar.

Zwei Analogausgänge geben die Kennwertpegel wieder, denen sie zugeordnet sind, oder melden den Alarmzustand an eine übergeordnete Prozessleitstelle.

Eine „Ampel“-Anzeige in der Frontplatte des Gehäuses mit grün/gelb/rot zeigt den Überwachungszustand sofort erkennbar an.

Weitere Informationen kann der Benutzer einer zweizeiligen LCD-Anzeige entnehmen.



Frontplatte des Gehäuses

Fernüberwachung mit DTECT

DTECT X1-Schwingungswächter mit Fernüberwachung gestatten es, zuverlässig Schäden und Fehler an Maschinen zu erkennen, ohne dass ein Diagnoseexperte vor Ort sein muss.

DTECT X1 meldet Veränderungen automatisch über Telekommunikation an den Betreiber, den Anlagenhersteller oder den Serviceanbieter, egal an welchem Ort auf der Erde sie eingesetzt werden.

Vorteile der Fernüberwachung mit DTECT X1

- Weltweite, kostengünstige Anlagenüberwachung
- Kein Schwingungsexperte vor Ort mehr notwendig
- Permanente Verfügbarkeit von Überwachungsdaten
- Sofortige Alarmierung über Telekommunikation
- Benutzerverwaltung und Paßwortschutz.

Messdaten können jederzeit aus der Ferne abgerufen und durch das F'IS Diagnosezentrum analysiert werden. Damit ist eine kostengünstige, zustandsabhängige Instandhaltung möglich.

Die Fernüberwachung spart zeitraubende und kostenintensive Reisen, verhindert ungeplante Stillstände und erhöht die Maschinenverfügbarkeit und Betriebssicherheit.

DTECT X1 lässt sich mit einem Festnetz- oder Funkmodem betreiben.

Durch den Einsatz eines Modems wird jederzeit der Zugriff auf das DTECT X1 aus der Distanz ermöglicht. Dies bezieht sich auf abgespeicherte und aktuelle Messdaten. Auch kann das Gerät jederzeit neu parametrieren werden, um weitere für ein aktuelles Problem geeignete Messungen durchzuführen.

Weiterhin besteht die Option der vollautomatischen Alarmierung durch das DTECT X1 bei Grenzwertüberschreitung. Die Alarmierung kann dann auch durch SMS oder E-Mail erfolgen.

Standardmäßig wird das DTECT X1 im Hutschienengehäuse für die Installation in Schaltschränken geliefert.

Auf Wunsch bieten wir das System auch in einem IP66 geschützten Gehäuse mit verschiedenen Kommunikationsmodulen an. Diese Ausführungen sind auf Anfrage lieferbar.



TCP/IP-Verbindung · DTECT X1-Grundsysteme

Die TCP/IP-Verbindung

Bei dieser Verbindungsart werden die Daten über ein Netzwerk gemäß TCP/IP-Protokoll übertragen. Sie steht zur Verfügung, wenn der Administrator-Rechner an ein PC-Netzwerk (Ethernet) angeschlossen ist und das X1-Gerät durch ein Zusatzmodul erweitert wird, den sogenannten „Comserver“. Der Comserver versetzt das X1-Gerät in die Lage, über das TCP/IP-Protokoll Daten ins Netzwerk zu versenden. Dadurch ist es möglich, von jedem an das Netzwerk angeschlossenen PC auf das DTECT X1 zuzugreifen.



Mehrere DTECT X1-Module können über Ethernet mit TCP/IP-Protokoll zu einem beliebig erweiterbaren Anlagenüberwachungssystem vernetzt werden.

Mehrere DTECT X1-Systeme können über einen HUB oder Switch zu einem Netzwerk verbunden werden. Durch den Einsatz eines Modem-routers kann dieses Inselnetz nun in einen WAN-Verbund aufgenommen werden und so die Verbindung zu einem Administrator in anderen Netzwerken hergestellt werden. Durch den Einsatz von Standard-Netzwerkkomponenten sind sehr flexible Netzwerklösungen bis hin zu WLAN und Internetverbindungen möglich.

Die Datenerfassung und automatische Auswertung inkl. Alarmierung

wird dabei weiterhin lokal in den DTECT X1-Modulen vor Ort durchgeführt.

Durch die Anlagensvisualisierungssoftware erkennt der Maschinenbetreiber den Zustand seiner gesamten Anlage auf einen Blick.

DTECT X1-Grundsysteme mit 2, 4 oder 8 Kanälen

Die kleinste Ausführung des DTECT X1-Geräts verfügt über zwei Eingangskanäle, an die beliebige Sensoren und Signale mit einer Ausgangsspannung von $\pm 10V$ anschließbar sind.

Die aufgenommenen Signale werden über einen internen Multiplexer zu den signalverarbeitenden Elementen des Geräts geführt.

Falls Signale von mehr als zwei Sensoren verarbeitet werden sollen, müssen die Sensoren über einen externen Multiplexer mit dem DTECT X1-Gerät verbunden werden. Auf diese Weise können bis zu acht Sensoren angeschlossen werden. Maximal kann ein DTECT X1-Gerät 16 Überwachungskonfigurationen speichern und automatisch abarbeiten.

Mit einer Überwachungskonfiguration definiert der Anwender für ein X1 den Kanal, die Messgröße, die Kennwertart, die Frequenzbänder und die Alarmschwellen.

In jeder dieser Überwachungskonfigurationen können für einen frei wählbaren Eingangskanal maximal 12 Frequenzbänder überwacht werden.

Es es möglich, für einen Eingangskanal mehrere Überwachungskonfigurationen zu definieren.

So kann man beispielsweise bei einem Gerät mit zwei Eingangskanälen und 16 Überwachungskonfigurationen für einen der Kanäle 10 Überwachungskonfigurationen festlegen und für den anderen 6.

Für jede Überwachungskonfiguration ermittelt das DTECT X1-Gerät aus den Zeit- und Frequenzsignalen die Kennwerte und speichert sie in einem konfigurationseigenen Ringspeicher ab. Bei drehzahlmitgeführten Kennwerten wird zusätzlich die Drehzahl als eigener Trend mitgeschrieben. Jeder Speicher enthält also die Kennwerte, eventuell mit der zugehörigen Drehzahl, von einer gewissen Anzahl von Messungen. Diese Anzahl ergibt sich aus der Zahl der Kennwerte, die aus jeder Messung ermittelt werden.

Um sicherzustellen, dass die Kennwerte über einen längeren Zeitraum gespeichert werden, kann in der Überwachungskonfiguration die Häufigkeit des Speicherns festgelegt werden.



Anbindung von DTECT X1-Modulen an TCP/IP-Netzwerk mittels HUB und Routern

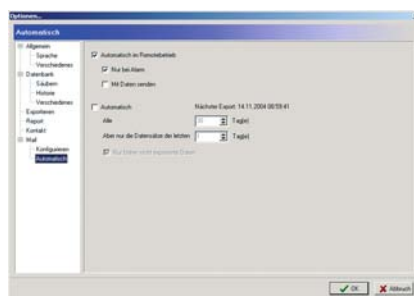
ADMINISTRATOR-Software

Administrator, Diagnose – Software für DTECT X1

Das Softwarepaket des X1-Administrator ist lauffähig unter Wing9, WinNT, Win2000 und WinXP. Der Administrator enthält als zentrale Komponente ein Konfigurationsmodul, mit dem über die serielle Schnittstelle das Gerät konfiguriert wird und Daten vom DTECT X1 ausgelesen werden können. In diesem Modul werden alle notwendigen Einstellungen der Geräte- und Überwachungskonfigurationen festgelegt wie etwa:

- Kennwerte
- Tiefpasseckfrequenzen
- Konfiguration der Ein- und Ausgänge
- Validierung
- Fensteroptionen
- Speicheroptionen
- Kommunikationskanäle.

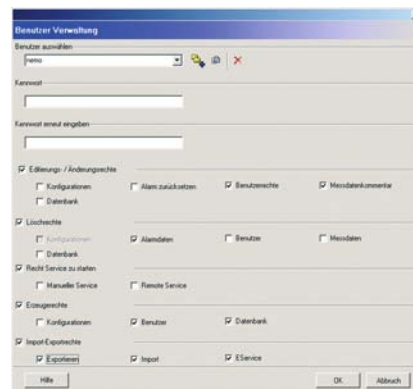
Die neue E-Mail-Funktionalität gestattet dem Benutzer, einen automatischen Datentransfer per E-Mail zu definieren. Abhängig von den hier gewählten Einstellungen können die Daten zeit- oder ereignisgesteuert an eine oder mehrere E-Mail-Adressen versendet werden. Das Versenden dieser Daten erfolgt vollkommen automatisiert, ohne Eingreifen eines Benutzers. Über einen Zugriff



Konfiguration Auto-Email

auf das entsprechende Postfach hat man jederzeit Zugriff auf die Überwachungsdaten. Diese Daten können in die X1-Administrator-Software eingelesen und ausgewertet werden.

Des weiteren besteht die Möglichkeit des automatischen Exports von Daten. Hierbei können die im Administrator gespeicherten Datensätze, selektierbar unter verschiedenen Gesichtspunkten, durch die integrierte Exportfunktion in ein gesondertes Verzeichnis oder ein anderes Laufwerk als Backup geschrieben werden.



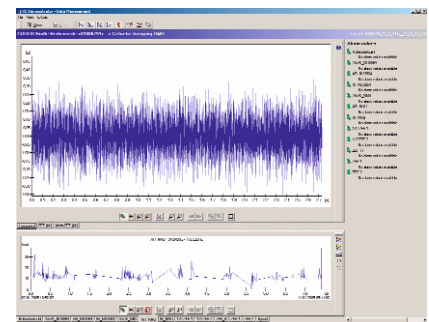
Benutzerverwaltung

Mit Hilfe der integrierten Benutzerverwaltung können im System die unterschiedlichsten Zugangsberechtigungen vergeben werden. Diese Berechtigungen können in den Kategorien Editieren, Löschen, Im- und Export sowie beim Starten von Diensten anwenderspezifisch definiert werden. Somit wird gewährleistet, dass bestimmte User nur Leserechte, andere hingegen alle Rechte auf das System besitzen.

In der Alarmliste des X1-Administrators werden alle

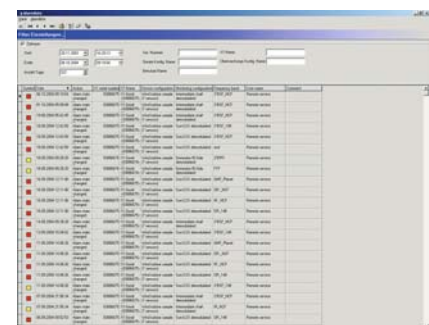
Statusveränderungen der einzelnen Überwachungskonfigurationen festgehalten, wie etwa das Senden einer Konfiguration zum X1-Gerät oder das Wechseln des Alarmstatus einer Konfiguration. Anhand dieser Funktion wird dem Benutzer eine komplette Historie über alle durchgeführten Anpassungen am DTECT X1 zur Verfügung gestellt.

In der Grafikkomponente des X1-Administrators, dem X1-Viewer, können die eingelesenen Daten grafisch dargestellt werden.



X1-Viewer

Dabei unterstützen den Anwender diverse Zoom- und Cursorfunktionen wie Differenzcursor, Anzeige der Harmonischen, Zoom mit Maus, Zoom über Dialogbox und Zoom in x-/y-Richtung.



Alarmlisten

ADMINISTRATOR-Software · DTECT X1-Gerätevarianten · Optionen

Zusätzlich werden im Spektrum auch die überwachten Frequenzbänder in der Farbe ihres aktuellen Alarmzustandes sichtbar gemacht (Grün: kein Alarm; Gelb: Voralarm; Rot: Alarm, siehe Bild auf Seite 3). Daneben gibt es eine Auflistung der aktuellen Alarmmeldungen mit ihren Amplituden, den Zeitpunkten ihres Auftretens und möglicherweise der Drehzahl.

Bei der X1-Datenverwaltung können die Parameter der Einstellungen in einer Datenbank abgelegt werden. Damit besteht die Möglichkeit, beliebig viele X1 mit dem Laptop zu konfigurieren und die Daten – Parameter wie Messdaten – dort abzulegen.

Im Gegensatz zu vielen Schwingungswächtern hat der Anwender mit einem solchen System auch die Möglichkeit, Fehlerursachen zu erkennen. Geeignete Maßnahmen können eingeleitet werden, um Fehler zukünftig zu vermeiden.

DTECT X1-Gerätevarianten

- DTECT X1K2.12
(2-Kanal, 4 Konfigurationen, 12 Frequenzfenster, Drehzahl-nachführung der Frequenzfenster, Hüllkurvendetektor)

Bestellbezeichnung:

FIS.X1.K2.BASIC

- DTECT X1K4.12
(4-Kanal, 16 Konfigurationen, 12 Frequenzfenster, Drehzahl-nachführung der Frequenzfenster, Hüllkurvendetektor, 1 externer 4-Kanal-Multiplexer)

Bestellbezeichnung:

FIS.X1.K4.BASIC

- DTECT X1K8.12
(8-Kanal, 16 Konfigurationen, 12 Frequenzfenster, Drehzahl-nachführung der Frequenzfenster, Hüllkurvendetektor, 1 externer 8-Kanal-Multiplexer)

Bestellbezeichnung:

FIS.X1.K8.BASIC

Optionen

- Schaltschrank incl. Netzgerät und Verdrahtung, IP66, Stahlblech, pulverlackiert, vorgesehen für 2-Kanal DTECT X1 + Modem
Abmessungen in mm:
400×400×210 (B×H×T)

Bestellbezeichnung:

FIS.X1.ENCLOSURE.IP66.2CH

- Schaltschrank incl. Netzgerät und Verdrahtung, IP66, Stahlblech, pulverlackiert, vorgesehen für 4- bzw. 8-Kanal DTECT X1 + Modem
Abmessungen in mm:
400×400×210 (B×H×T)

Bestellbezeichnung:

FIS.X1.ENCLOSURE.IP66.4-8CH

Optionen

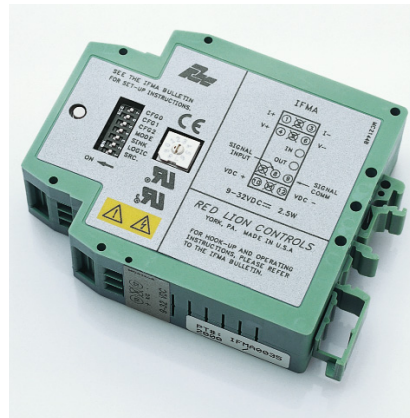
- COM-Server

Bestellbezeichnung:
FIS.X1.TCPIP.COM.100



- Frequenz-Spannungswandler (Drehzahl, 0–100 Hz/0–600 U/min)

Bestellbezeichnung:
FIS.X1.FU.3000HZ



- Modem (Standard Telefon-Modem für Schaltschrankeinbau)

Bestellbezeichnung:
X1OPTMOD1

- HUB (4-Port HUB, TCP/IP-Router, inkl. RS232 Interface)

Bestellbezeichnung:
FIS.X1.TCPIP.SWITCH.5PORT

- GSM-Modem (Modem für Schaltschrankeinbau)

Bestellbezeichnung:
FIS.X1.GSM.900.1800.FAL (EUROPA)
FIS.X1.GSM.1900.FAL (USA)



- Tiefpass-Modul (12 Frequenzbereiche: 5 Hz, 10 Hz, 20 Hz, 50 Hz, 100 Hz, 500 Hz, 1 kHz, 2 kHz, 5 kHz, 10 kHz, 20 kHz)

Bestellbezeichnung:
FIS.X1.OPT.LOWPASS3

Technische Daten

Technische Daten

Das DTECT X1 kann in vielen Varianten geliefert werden. Deshalb verfügt nicht jede Variante über alle aufgeführten Ausstattungsmerkmale.

Messgrößen und Kennwerte

Messgröße bei Vibrationsaufnehmern: Beschleunigung, überführbar in die Größen Schwinggeschwindigkeit und Schwingweg
Berechnung der Kennwerte im Zeitbereich:

- RMS, Spitzenwert (Peak), Peak to Peak, Gleichanteil und Crest-Faktor
Berechnung der Kennwerte im Frequenzbereich:
- Effektivwert (RMS-Wert) von Beschleunigung, Schwinggeschwindigkeit und Schwingweg breitbandig nach ISO 10816 1-3 (früher VDI 2056/ISO 2372) oder selektiv
- Lagerdiagnosewert (LDZ-Wert) breitbandig oder selektiv
- Drehzahlabhängige Beeinflussung der Frequenzbänder in Lage und Breite

Kanalzahl

DTECT X1-Grundgerät 2-Kanal, 4-Kanal oder 8-Kanal mit externem Multiplexer

Sensoren

Übliche piezoelektrische Beschleunigungsaufnehmer und induktive Schwingungssensoren sowie andere Sensoren (Temperatur, Druck, Kraft, Strom, Leistung) mit Spannungsausgang ± 10 V max. Messbereiche nur aufnehmerabhängig

Filter

- 1 analoges Antialiasing-Filter, Butterworth 24 dB/Oktav, softwaremäßig einstellbar 200 Hz bis 10 kHz, optional: FIS.X1.OPT.LOWPASS₃ 5 Hz, 10 Hz, 20 Hz, 50 Hz, 100 Hz, 200 Hz, 500 Hz, 1 kHz, 2 kHz, 5 kHz, 10 kHz, 20 kHz
- Hüllkurvendetektor mit schaltbaren HP 750 Hz/2 kHz (Standard)

Signalverstärkung

Einstellbar 1 bis 1024 oder Autoranging

A/D-Wandler

Auflösung 12 bit, Summenabtastrate bis 80 kHz maximal

Speicher

SRAM (nichtflüchtig) Ringspeicher für Diagnosekennwerte, Spektrum und Zeitsignal, Flash-EEPROM-Programmspeicher

FFT

2048 Linien

Eingänge

Sensoreingänge mit ICP-Standard und einem 2 Hz-Hochpassfilter
Alternativ DC-Eingang oder AC-Eingang mit ± 10 V

Ausgänge

2 Schaltausgänge (Relais, Wechsler 30 V/5 A) für Haupt- und Voralarm, Analogausgang einer Konfiguration zuweisbar, Standard 4 – 20 mA, optional 0 – 20 mA, 0 – 5 V oder 0 bis 10 V, Sensorrohrsignal unverstärkt und gepuffert auf BNC-Buchse

Zusätzliche Eingänge

Anzahl 2 (0 – 10 V), für Validierung der Messdaten, z. B. Drehzahl und Leistung, werden in eigenem Ringspeicher eingetragen

Anzeige

LCD-Anzeige: alphanumerisch 2 Zeilen je 16 Stellen,
LED-Ampel:
rot für Hauptalarm,
gelb für Voralarm,
grün für keinen Alarm

Tastatur zur Einstellung

Drei Tasten auf der Frontseite zur Parametrierung des Geräts sowie zur Einstellung der Anzeige während des Betriebs und Alarmreset

Systemtest

Systemtest automatisch nach Einschalten

Schnittstellen

RS232

Temperaturbereich

Standard: 0 °C bis +50 °C,
Option: –20 °C bis +70 °C

Gehäuse

Hutschiene DIN 50022-35, Maße 205×120×130 mm (B×H×T), Gewicht ~ 1,5 kg, Versorgung 24 VDC/500 mA

FAG Kugelfischer AG & Co. oHG

Postfach 1260

D-97419 Schweinfurt

Georg-Schäfer-Straße 30

D-97421 Schweinfurt

Service-Hotline

Telefon +49 2407 9149-99

Telefax +49 2407 9149-59

Internet www.fis-services.de

Alle Angaben wurden sorgfältig erstellt und überprüft. Für eventuelle Fehler oder Unvollständigkeiten können wir jedoch keine Haftung übernehmen. Änderungen, die dem Fortschritt dienen, behalten wir uns vor.

© by FAG · 2005, April

Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit unserer Genehmigung.

TPI WL 80-65/2 D