

Innovative Zustandsüberwachungssysteme für Schraubenmaschinen

Innovative condition monitoring systems for screw machines

Dipl.-Ing. **Jörg Kortstock**, Sterling Industry Consult GmbH , Itzehoe;

Kurzfassung

Es ist heutzutage gut bekannt, dass die Investitionskosten bei den Lebenszykluskosten von Schraubenmaschinen nur den geringeren Teil ausmachen. Je nach Anwendungsfall können, neben den Energiekosten, die Wartungs- und Instandhaltungskosten einen erheblich höheren Anteil einnehmen. Darüber hinaus können ungeplante Ausfälle zu Anlagenstillständen führen, die sehr schnell die ursprünglichen Investitionskosten um ein Vielfaches überschreiten.

Die Realität zeigt auch, dass selbst bei hohem Aufwand bei der Auslegung und dem Betrieb von Schraubenmaschinen ein selbst nur zeitweiser Betrieb unter unzulässigen Bedingungen nicht zu vermeiden ist und Maschinen vorzeitig ausfallen.

Ein Schlüssel für die zukünftige Optimierung der Instandhaltungskosten von Schraubenmaschinen ist der Einsatz von Zustandsüberwachung.

Die Installation einer Zustandsüberwachung ist im Prinzip technologisch gut mit am Markt verfügbarer Sensorik durchführbar. Dieses erfordert aber einen erheblichen finanziellen Einsatz und kann daher nur an sehr teuren Schraubenmaschinenanlagen, die für die Anlagenverfügbarkeit von entscheidender Bedeutung sind, installiert werden.

Eine Hauptanforderung an innovative Zustandsüberwachungssysteme ist das adäquate Kostenverhältnis zum Investitionsvolumen einer Schraubenmaschine. Dieses würde den breiten Einsatz an einer Vielzahl von mehr oder minder kritischen Maschinenarbeitsplätzen erlauben. Als Indikatoren für den Betriebszustand von Schraubenmaschinen kommen einige Messgrößen in Frage. Um die Anzahl der Messgrößen zu minimieren, gilt es herauszufinden, welches Signal die gewünschten und universellsten Auskünfte gibt. Desweiteren soll dem Betreiber eine einfach nutzbare Information an eine Standard-Schnittstelle zur Verfügung gestellt werden, denn ob ein Zustandsüberwachungssystem tatsächlich zum Einsatz kommt, hängt auch von der Art und den Kosten der Informationsübertragung an vorhandene Steuerungs- oder Prozessleitsysteme ab.

Es werden zwei realisierte innovative Zustandsüberwachungssysteme vorgestellt, die sich in der Praxis bewährt haben.

1. Einleitung

Da Schraubenmaschinen in einer verfahrenstechnischen Anlage ein wichtiger Bestandteil des Prozesses sind, hat dessen Zuverlässigkeit einen entscheidenden Einfluss auf die Anlagenverfügbarkeit. Deshalb wird eine Instandhaltungsstrategie benötigt, die ungeplante Anlagenstillstände minimiert.

Eine Instandhaltungsstrategie wäre, die Wartung nach einem festgelegten Zeitplan durchzuführen. Jedoch wird die Laufzeit der Maschine in diesem Falle nicht optimal ausgenutzt. Werden Maschinen redundant aufgestellt, dann lautet die Instandhaltungsstrategie meistens Reparatur nach Ausfall. Totalschäden oder teure Folgeschäden bei den Maschinen sind somit die Regel.

In beiden Fällen würde eine Überwachung zur zustandsabhängigen Instandhaltung die Wirtschaftlichkeit der Anlage und der Maschine erhöhen. Desweiteren würde eine online Überwachung ebenfalls den Prozess überwachen und Optimierungspotentiale aufzeigen, denn nur wenn Maschinen bestimmungsgemäß betrieben werden, können sie wirtschaftlich optimal eingesetzt werden.

2. Innovativer Zustandsüberwachungssensor für Schraubenmaschinen

Als Indikatoren für den Betriebszustand von Schraubenmaschinen kommen einige Messgrößen in Frage. Es hat sich gezeigt, dass der Körperschall universelle Auskünfte gibt. Gerade im Bereich der vorbeugenden Instandhaltung ist die Schwingungsmesstechnik bewährte Technik.

Mit dem Sensor SIHdetect werden die Maschinenschwingungen analysiert, die Schwinggeschwindigkeit (veff 10 Hz bis 1 kHz) gemessen und mit angelegten Grenzwerten verglichen.

Zusätzlich wird die Schwingbeschleunigung im Bereich von 10 Hz bis 5,6 kHz gemessen.

Die im Sensor integrierte Mikroprozessortechnologie berechnet permanent über die Fast-Fourier-Analyse das Frequenzspektrum und teilt es in 29 Terz-Frequenzbänder auf. Die Effektivwerte der Terz-Frequenzbänder werden mit den „Vorab“ im Normalbetrieb kalibrierten Grenzwerten verglichen. Wird nun aufgrund eines unzulässigen Betriebszustandes ein Grenzwert in einem bestimmten Terz-Frequenzband überschritten, wird dieses als Alarm angezeigt. Eine Vielzahl von unzulässigen Betriebszuständen können somit angezeigt werden und mit Hilfe der Terz-Frequenzbänder analysiert werden.

Beispielsweise:

Fehlausrichtung, Unwucht, Rohrleitungsverspannung, Lagerverschleiß, Belagsbildung oder mechanisches Anlaufen.

Eine sinnvolle Zustandsüberwachung kann nur durch eine permanente Diagnose und Online-Anzeige des aktuellen Zustandes erreicht werden. Insbesondere bei kritischen Maschinen (in wichtigen Prozessen und/oder ohne installierte/betriebsbereite Redundanz) kann eine periodische Überwachung lediglich ein Trend für bestimmte Schäden sein. Zusätzlich können durch Onlineüberwachung auch sich kurzfristig ankündigende Schäden verhindert werden.

Weil Schwingungsmessungen zum Erkennen unzulässiger Betriebszustände für die gängigen Maschinentechologien weitestgehend allgemeingültig sowie herstellerunabhängig sind, steht dem breiten Einsatz nichts im Wege. Bezüglich des Einsatzes in explosionsgefährdeten Bereichen ist es von eminent wichtiger Bedeutung, schon während der Entwicklung, das Konzept zum Explosionsschutz mit einfließen zu lassen. Mit der Realisation eines eigensicheren Stromkreises für den Sensor SIHldetect ist die anwenderfreundlichste Alternative gewählt worden, die auch in der Einbindung in die Anlage den geringsten Aufwand verursacht. Die Installation selbst wird über eine Schraubverbindung realisiert. Ist eine Gewindebohrung (M 8) vorhanden, kann diese genutzt werden. Ansonsten kann der Sensor mit einem Klebeadapter und Industrieklebern befestigt werden. In der einfachsten Form ist der Sensor mit den werksseitigen Einstellungen direkt an der Maschine zu montieren und kann vor Ort über einen Taster kalibriert werden und ist damit einsatzbereit. Über eine LED-Anzeige (grün, gelb, rot) am Sensor kann der aktuelle Betriebszustand vor Ort an der Pumpe abgelesen werden.

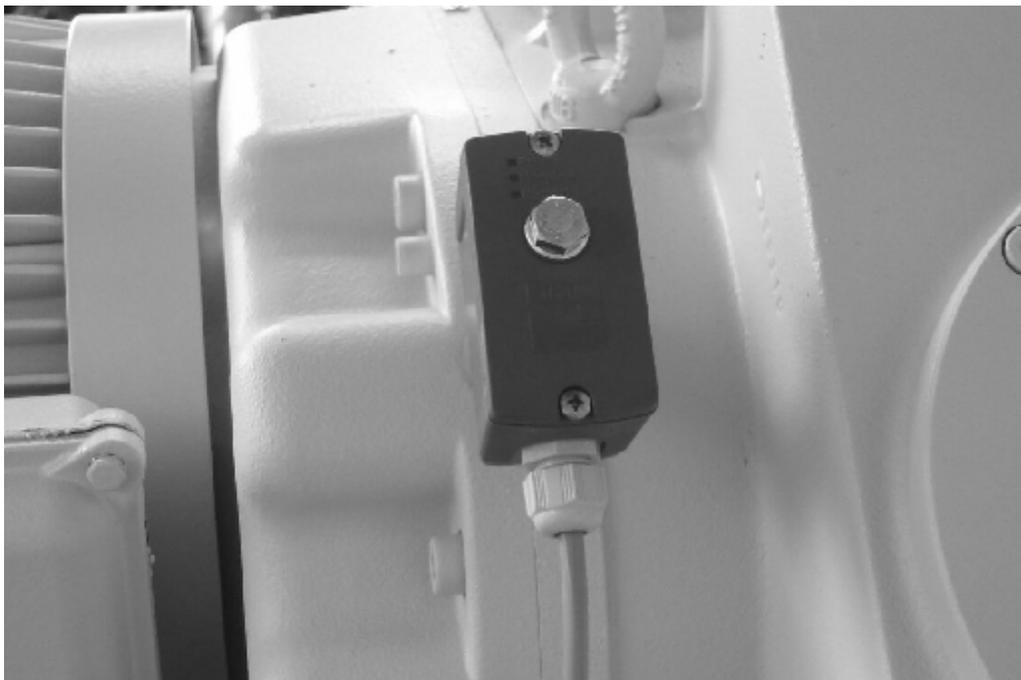


Bild 1: Zustandsüberwachungssensor **SIHI^{detect}**

Während der Erstellung des Anforderungsprofils stellte sich die Frage, über welche Schnittstelle der Sensor in die Prozessleittechnik eingebunden werden soll. Es war eindeutig, dass die 4 bis 20-mA-Schnittstelle den Standard in der Prozessleittechnik darstellt.

Dieses ist die gebräuchlichste Form „Industriesensorik“ (Druck, Volumenstrom und Temperaturtransmitter) in Leitsysteme einzubinden.

Mit dieser 4-20mA Standardschnittstelle ist es möglich, den Trend der Schwinggeschwindigkeit und die Meldung „unzulässiger Betriebszustand“ zu übertragen. Das Bedienpersonal wird so auf einfachste Weise über den aktuellen Betriebszustand der Maschine informiert und kann weitere Maßnahmen einleiten.

Über die 4-20mA Schnittstelle ist es außerdem möglich, eine digitale HART Kommunikation zwischen dem Sensor und einem handelsüblichen PC aufzubauen. Mit der entsprechenden Software besteht die Möglichkeit einerseits Einfluss auf die Einstellungen zu nehmen und andererseits genauere Schwingungsanalysen durchzuführen. Zusätzlich kann auch noch eine Trenddatenaufzeichnung aller Sensordaten für bereits auffällige Maschinenarbeitsplätze, sowie das Auslesen eines integrierten Fehlerspeichers erfolgen. Um die Integration in die gebräuchlichsten Prozessleitsysteme zu perfektionieren, sind die entsprechenden EDD und DTM Treiber vorhanden, um den Sensor direkt einzubinden.

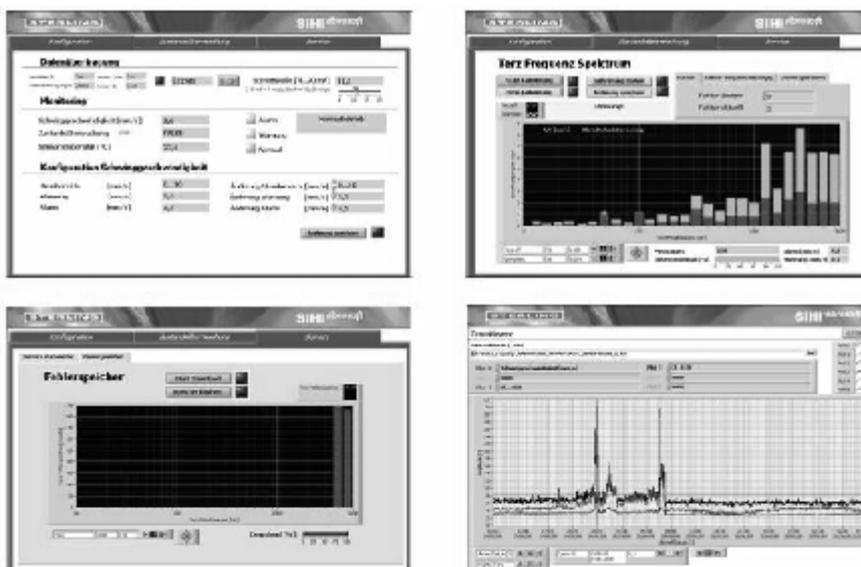


Bild 2: Software zur Datenanalyse

Speziell für die Schwingungsbeurteilung von Schraubenverdichtern und Rootsgebläsen gilt die VDI-Richtlinie 3836, die als Ergänzung zur DIN ISO 10816-3 erstellt worden ist. Aufgrund des Funktionsprinzips wird der zu messende Frequenzbereich für den Effektivwert der Schwinggeschwindigkeit in zwei Frequenzbereiche A und B aufgeteilt. Der Frequenzbereich A beinhaltet alle wesentlichen mechanischen und strömungstechnischen Schwingungsanregungen. Das Frequenzband A von 10Hz bis zur Mindest-Frequenzobergrenze von 1kHz entspricht dem Frequenzbereich der DIN ISO 10816, der vom Sensor erfasst wird. Für den Frequenzbereich B können die Grenzwerte für die Effektivwerte der Schwinggeschwindigkeit mit einfacher und doppelter Drehfrequenz der Rotoren, die üblicherweise von Unwuchten herrühren, manuell im Terzfrequenzspektrum eingestellt werden. Maschinentypen, für die diese Frequenzbereiche zutreffen, können somit mit SIHIdetect nach VDI 3836 überwacht werden.

3. Innovative Zustandsüberwachung der SIHIdry

Bei der trockenlaufenden Vakuumpumpe SIHIdry ist die Antriebseinheit in der Pumpe komplett integriert. Für den berührungslosen Betrieb der Schraubenspindeln werden Sie mit je einem Antrieb angetrieben und mit einer Antriebselektronik elektronisch synchronisiert. Prozessparameter werden von der Antriebselektronik automatisch erfasst und ausgewertet. Damit ist der Betreiber stets über den aktuellen Zustand seiner Maschine informiert. Die z.B. permanente Momentenüberwachung der Antriebe schützt die Pumpe vor Beschädigung bei Prozessstörungen. So erkennt die Pumpe z.B. unzulässige Belagsbildungen an den Schraubenspindeln und kann somit Spülvorgänge zum Reinigen beim Ausschalten automatisiert einleiten. Die Zustandsmeldung erfolgt über einen Feldbus direkt zur Leitwarte und/oder an ein Pumpensteuerungsdisplay.



Bild 3: **SIHIdry**

4. Fazit

Aufgrund des stetig steigenden Kostendruckes der Anwender wächst der Bedarf für innovative Zustandsüberwachungssysteme massiv, um die Budgets für Wartung und Instandhaltung zu entlasten. Mit der Entwicklung des Zustandsüberwachungssensors SIHIdetect und der Zustandsüberwachung der SIHIdry sind Produkte erhältlich, die eine große Abdeckung in der Erkennung von unzulässigen Betriebsbedingungen bei einfachster und kostenminimalster Einbindung in das Gesamtsystem mit einem attraktiven Preis-Leistungsverhältnis vereint. Ziel war es, Lösungen zu schaffen, die wirtschaftlich sinnvoll an einer großen Anzahl von Maschinen eingesetzt werden können. Als Hersteller von Flüssigkeits- und Vakuumpumpen ist sehr viel Know-how in die verlässliche Erkennung des fehlerhaften Betriebes eingeflossen. Die Zustandsüberwachungssysteme konnten in einer Vielzahl von Installationen bereits schwerwiegende Schäden vermeiden und somit die Anlagenverfügbarkeit erhöhen und die Lebenszykluskosten senken.

- [1] DIN ISO 10816-3: „Mechanische Schwingungen – Bewertung der Schwingungen von Maschinen durch Messungen an nicht-rotierenden Teilen – Teil 3: Industrielle Maschinen mit Nennleistungen über 15kW und Nenndrehzahlen zwischen 120min⁻¹ und 15000 min⁻¹ bei Messungen am Aufstellungsort“, Ausgabe 1998-12

- [2] VDI 3836: „Messung und Beurteilung mechanischer Schwingungen von Schraubenverdichtern und Rootsgebläsen – Ergänzung von DIN ISO 10816-3“, Ausgabe 2006-08