

レシプロガスコンプレッサー振動モニタリング/4-20mA LPS振動センサー

振動モニタリングについて

振動モニタリングは回転機械の健康状態を診断するツールであり産業界では確立した手法となっています。機械アナリストや技術者は長年にわたり、プラント設備の維持管理のため回転機械の振動モニタリングの手法を活用しています。これによりポンプ、ファン、モーター、ギヤボックス、ロータリーコンプレッサー、その他多くの回転機械は、先進的な振動解析によってかつてないほど良好な状態を保ちながら運転されています。

機械不良をピンポイントで特定するための振動信号を解析すべきかという検討作業を通して、これまで数多くの試みがなされてきました。詳細な振動解析は多くの場合振動信号をFFT解析ができるポータブルスペクトラムアナライザーで行われますが、ケースによっては熟練技術者だけが振動データを分析し、効果的に問題を診断し最終判断を行うことができます。但し、近年振動解析用ツールにより目覚ましくモニタリングのコストが下がり、より多くのプラント資産を効率良く診断できるようになっています。

多くのプラントでは日々のオペレーションのためにコンプレッサーのエアに大きく依存していますが、ほとんどの用途で高い圧縮比を求められます。レシプロ型コンプレッサーは高い圧縮比では理想的な機械ですが、振動解析用ソフトウェアを使っても不具合を特徴づけることは困難な作業です。コンプレッサーのクランク角度の位置はレシプロ型機械の振動解析には重要なのですが、ポータブルFFTアナライザーはこれにより構成できないため十分には役割を達成できません。

その結果、プラントにあるレシプロ型機械にはFFTアナライザーは不向きな装置であるため、振動アナリストや技術者によってしばしば診断を無視されることがあります。問題が特定されることはなく全体の機械診断も通常無視されることが多いのですが、その結果多くの会社がレシプロ機械のモニタリングよりも修理や交換に多額のコストを払っています。

4-20mA 振動データを利用する

ループパワーセンサーは従来の振動モニタリングとその解析に代わるローコストな方式です。

ループパワーセンサーは、機械の振動レベルに応じたコンディショニング振動信号を生み出すための信号処理方式を採用した振動トランスデューサーです。最も低い信号レベルは、非動作状態(0mA)が低電流レベルと区別するよう4mAで標準化されており、スケールのトップエンドはほぼすべてのプロセスに対応するよう20mAで標準化されています。

4-20mA ベースの振動データを使用するメリットとしては、複雑な解析を行う必要がなくなることでありシンプルに出力は機械の全体振動を表します。出力は特定の機械不良を把握するための十分な情報を持つてはいませんが、一般的な機械診断用としては十分に機能します。特定の回転機械には、振動データを理解し問題を効果的に診断、かつ装置の状態を最終決定するために熟練した解析用エンジニアが必要です。これによりメンテコストが上昇したり機械の交換をしたりするなどの不要な事態を防ぐことができます。

ループパワーセンサーは、決してダイナミック振動解析用として使用してはいけません。4-20mA 電流ループは低帯域システムであり、特定の不良を決めるに十分なダイナミック振動信号を提供するものではありません。ただ、センサーと測定装置で10万円以下のコストで、メンテナンス技術者は機械の一般的なコンディションを効果的にモニターする方法として4-20mA ネットワークを使用することが可能になります。

近年のプロセス制御システム(PLCやDCS)は4-20mA 信号入力を活用できます。4-20mA ループ信号はプラントプロセス制御信号としてデファクトスタンダードであり、プラントを連続的に振動モニターすることができます。既存のPLSやDCSに制御ループ機能があり、データトレンド表示や長期データアーカイブが可能で、これらの制御システムをメンテするための専門技術は通常すでにプラントに存在しています。ほとんどのプラントではすでにこれらのシステムに依存しているのが現状であり、4-20mA 振動信号をこれに追加することは簡単であり、振

動プローブとアナログ入力チャンネルのみが必要となります。

クロスヘッドの振動モニタリング

レシプロガスコンプレッサのクロスヘッド内部にはクランクシャフトドライブとピストンシャフト間の接続があります。ブッシングとピンには一定の潤滑化が必要ですがこれが不十分だと過度の劣化につながり、その結果ブッシングとピンの接続が弛緩し金属間の衝撃がこの接続内で発生します。36,000kg かそれを超えるフォースがシャフトを経由して伝搬し、低いレベルの弛緩はパーツのゆるみの衝撃を通して部品を急速に劣化させます。そのため迅速性かつ高信頼性をもった弛緩の検知が重要になります。

4-20mA データでの振動モニタリングにより、不具合の悪化と修理コストが増大する前にコスト対効果の高い弛緩検知ができます。図1ではブッシュ-ピン接続のゆるみが原因である一連の衝撃の仮定を示しています。

ウィルコクソン社製 4-20mA ループパワーセンサーLPS™ シリーズはユニークな機能である「真のピーク」検知が可能です。真の検知とはウィルコクソン社独自の技術で、レシプロガスコンプレッサで優れたモニタリングを可能にします。

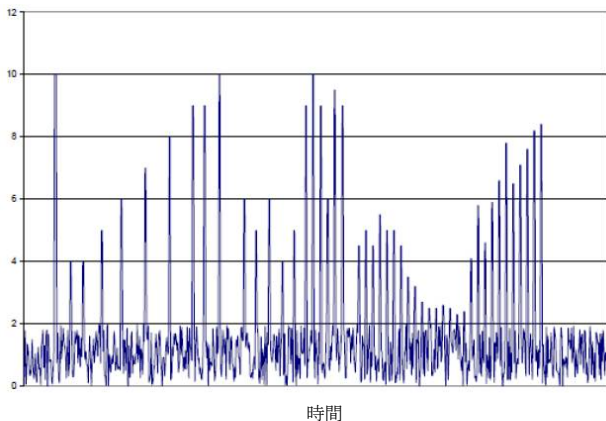


図1：振幅と繰り返し率変化における衝撃

真のピーク 4-20mA 出力振動モニタリングは実際のピークレベルに比例した出力になっています。真のピーク検知では、出力はピーク時間信号のレベルを追跡し 4-20mA 信号に比例した出力します。ウィルコクソンの真のピークセンサーはピークを捉えてそのレベルを保持、そしてゆっくり下降していきます。図2は衝撃信号の振幅と周波数が変化による真のピーク検知動作を示しています。

縦軸は 4-20mA ループ電流ですが、真のピーク検知では衝撃信号を検知すると出力電流が素早くジャンプアップし、減少信号レベルを超えなければループ電流は下がり始めます。

図2の横線は従来のループパワーセンサーの出力を示しており、これは RMS 検知を活用したものです。これらのセンサーは衝撃が信号出力の全体レベルに影響を及ぼさないため必ずしも常にトラブルを補足できるとは限りません。レシプロガスコンプレッサがこれらのセンサーによってモニタリングされている場合、衝撃トラブルが存在するかどうか確認することは困難です。これに反してウィルコクソン社製真のピーク検知方法の場合、過渡衝撃を素早く知らせてくれます。(レシプロガスコンプレッサのモニタリング用には真のピーク検知が最も適切であると言えますが、ウィルコクソン社 LPS™ はその他にも多くのアプリケーション用に真のピーク、ピーク、または RMS 検知も提供しています。)

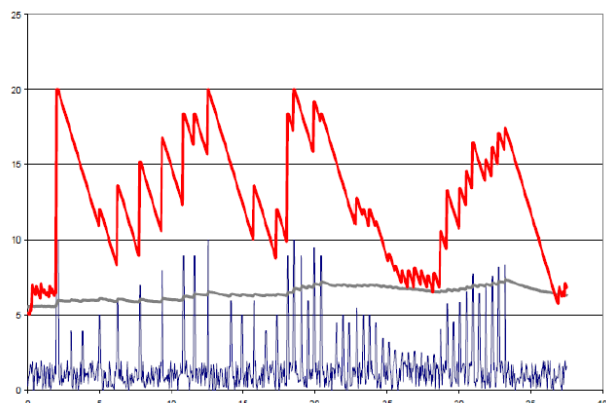


図2：「真のピーク」出力(上のグラフ) 対 振動信号(下のグラフ) グレーのグラフ(中間の線)は4-20mAセンサーまたはトランスミッターからのRMS出力

クロスヘッドのブッシングとピン間の弛緩は、クロスヘッド部にセンサーを取り付けるか、または筐体上部の水平方向でディスタンスピースにセンサーを取り付ければ検知できます。衝撃により発生した高い加速度脈動のため PC420ATP-20 が LPS™ シリーズで最も適したモデルになります。弛緩は比較的高い g レベルの衝撃を生み出すため 20g のフルスケールが推奨されます。

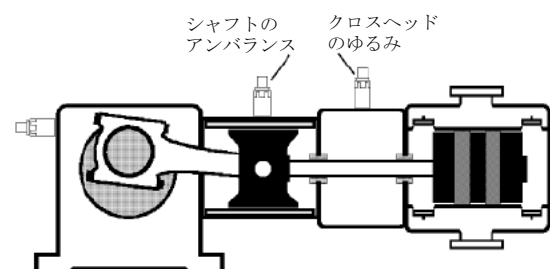


図3：センサーの取付け箇所

フレームの振動モニタリング

ウィルコクソンの 4-20mA LPS™ シリーズはコンプレッサーのフレームの振動モニタリングにも使用できます。ベアリングの劣化を除けば、これら大きなフレームの装置ではアンバランスが最も一般的な不具合モードです。多くの駆動系は通常 1,800rpm 以下でアンバランスの周波数は回転 (1 X) 速度で発生します。

駆動系またはコンプレッサーのドライブシャフト内におけるアンバランスは、反対側の垂直軸でクランクケースの反対側 90° にセンサーを取り付ければ検知できます。通常の動作速度では非常に低い加速度しかないためアンバランスのモニタリングは速度の方がより適切です。

ISO10816 機械的振動 -- 非回転部品の機械振動測定の評価は、アンバランスに関連した一般的な許容振動レベルに関するガイドラインになります。図 4 ではこれらのレベルが示されています。

Vibration velocity in/sec peak (mm/sec r.m.s.)	Class I	Class II	Class III	Class IV	
2.5 (45)	D	D	D	D	
1.6 (28)				C	
1.0 (18)			C	B	B
0.63 (11.2)					A
0.4 (7.1)	C	C	B	A	
0.25 (4.5)					
0.16 (2.8)					
0.1 (1.8)	B	B	A	A	
0.063 (1.12)					
0.04 (0.71)	A	A	A	A	
0.025 (0.45)					
0.016 (0.112)					

図4 : ISO10816振動推奨

LPS™ 速度トランスデューサーは深刻な損傷を受けている機械不良を検知するため、アンバランスから来るエネルギーにより発生する振動をモニタリングします。

ISO10816 では 0.63ips (11.2mm/秒 rms)は、重量があり高い馬力の駆動システム(Class III の装置、100HP 以上、図 4 参照)などでは許容範囲以上しています。PC420VP-10 はフルスケール 1.0ips、ピーク速度を出力しますが、レシプロガスコンプレッサーのフレーム振動モニタリングには最適です。

冷却ファンの振動モニタリング

レシプロガスコンプレッサーは中間冷却システムにも多く使われています。フィン・ファン冷却装置は多段圧縮機などでは重要な装置であり、正常動作のためにはアンバランスに対する振動モニタリングが必要です。圧縮工程で発生した熱に対して冷却フィンへエアが送られませんが、ファンスピードはいくつかの要素で決まり回転数は 300 から 1,800rpm になります。ファンシャフトにおけるアンバランスは、ファンのシャフトに直行するようにセンサーを取り付ければ適切にモニタリングできます。

アンバランスな状態は速度モニタリングにより最適な測定ができます。ほとんどのフィン・ファン冷却タワーには比較的低い馬力の駆動系(Class II、100HP 以下、図 4 の通り)が使われており、推奨振動リミットは 0.4ips ピーク速度近辺になります。PC420VP-05 はこれらモーター振動のトレンド把握のために有効な範囲で使用できます。

推奨センサーに関するまとめ

ウィルコクソン社製 LPS™ シリーズのセンサーはすべてハーメチックシールになっています。センサーがオープンな電氣的接触をしないことや可燃性デバイスでないことが求められる Class I, Division 2 エリアにおいて、ハーメチックシールはこれら要求を満足しています。Class I, Division 1 エリア用の取付けには、LPS™ シリーズの本質安全防爆や防爆仕様が危険エリアに適しています。過酷な環境用には一体型ケーブルタイプもあります。

監視箇所	Class I, Division 2 または 非危険エリア	Class I, Division 1
クロスヘッド または 拡張ベース	PC420ATP-20	PC420ATP-20-IS または PC420ATP-20-EX
フレームの アンバランス	PC420VP-10	PC420VP-10-IS または PC420VP-10-EX
クーラーまたは タワーフィン	PC420VP-05	PC420VP-05-IS または PC420VP-05-EX

あらゆるケースにおいて、モニタリングされる装置の振動レベルに関する知見をもとにして、センサーの適切なフルスケールを注意深く選択することが重要です。これらの選択の際には、ウィルコクソン社でセンサータイプとフルスケールについてコンサルティングを受け付けていますので活用して下さい。

機械によっては健康な状態の通常振動レベルを公表しているケースもあります。

フルスケールと危険エリアオプション機能に付け加えて、ウィルコクソン社製 LPS™ シリーズは加速度モニタリングや速度モニタリング、ピーク、RMS、及び独自の真のピーク検知などから選択することができます。

全 LPS™ シリーズでは出力の横出しタイプがあり、高さ制限がある場所への取付けに有効です。すべてのセンサーは工場設定が行われフィールドで変更することはできません。