

PROGNOSTシステムズ社の発表

往復動圧縮機の オンライン状態監視

あらゆるモニタリングシステムに求められる
12の必須機能

自動診断とメッセージ
ページ3

SIL認証とは何か
ページ5

機器の監視と診断についてのガイドライン

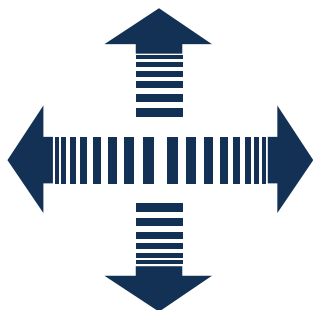
世界中の専門家は、継続して機器の監視を実施し、モニタリングシステムから得た情報に対して適切な対処をすることが、往復動圧縮機を効率よく安全に運転するための唯一の手段であると述べています。

シンプルな目標ではありますが、実行に移すのは困難です。機器の監視と診断を実行するにあたり、計装、システム、方法論といった、さまざまな事項が複雑に絡み合います。そのため、説明を受けても、どれも似たようで、場合によっては正反対なこともあり、混乱することがあるかもしれません。

本資料では、意思決定を明確にするため、どのようにモニタリングシステムを選べばよいか、システムに必ず求められる機能と、その理由も合わせて、わかりやすく解説します。

こちらのガイドラインはPROGNOSTシステムズ社が発行している関係上、我々の見解が強く反映されています。我々は20年以上にわたり、世界各地でモニタリングシステムの運用に携わり、開発を進めてきました。この見解はそこから得た知識と経験の集大成です。我々の豊富な経験が、モニタリングシステムの評価、比較検討の一助となることを願っております。

1. システム拡張性



なぜ重要か

システムは2つの点で変更が容易でなければなりません。第一に、機能面の仕様変更が可能であることが重要です。新機能や計装ループの追加に対応しているシステムであれば、予定外のコストをかけずに済みます。第二に、システム拡張が容易であるとよいでしょう。言い換えると、他の機器も追加で監視を始めたいときに、容易に監視対象機器を増やせるかどうかポイントになります。

す。仕様変更や拡張に対応できるシステムなら、常に最新の状態に保つことができ、システム開発のメリットを享受できます。システム運用の経験が豊富になるにつれ、導入当初は必要ないと思った機能の追加や、監視対象に加えたい機器が増えるかもしれません。拡張性のあるシステムは、シンプルかつ、費用対効果の高い道筋を示してくれます。

システム選定のポイント

レンガのように自由に組み立てが可能なモジュール式(規格化、標準化された要素の組み合わせにより最終製品を開発するシステム設計の分類)で構成されたモニタリングシステムを選ぶことで、要望を満たすシステムに仕上げることができます。新しい機能を追加する場合や、監視対象機器を増やす場合、新しいモジュールをプラグインするだけで完了します。モジュール式システム構成であ

れば、導入時は必要最低限の機能のみ採用し、必要に応じて機能を追加していくことが可能になります。

また、システムベンダーが継続してシステムのアップデートに取り組んでいるかどうかも重要な要素です。これはソフトウェアの更新など、システムの改善を定期的に行っているかどうかで判断することが可能です。システムのアップデートのために、ベンダーが継続してR&Dへの投資を実施しているか確認しましょう。

2. 自動診断とメッセージ



なぜ重要か

「異常の存在を検出する」ことと、「どこで、どの程度の異常が発生しているのかを特定する」ことは別の課題です。モニタリングシステムは単に問題を警告するだけでなく、具体的に損傷が発生している部品を特定し、その場所や損傷範囲に関する正確な診断を行います。この情報により、取るべき保全方法や要する時間について、十分な根拠に基づいた意思決定を下すことができます。

システム選定のポイント

自動診断のためのシステム開発に近道はありません。機器モニタリングの豊富な経験こそが、問題を正確かつ詳細に理解することに繋がるのです。具体的には、モニタリングシステムが異常を検知した際、その特徴をこれまで蓄積されてきた実際の不良パターンのデータベースと比較します。この異常が実際の不良パターンと一致すると、正確で信頼性の高い診断が実施されます。

システムがユーザーに伝達するメッセージも、同様に重要です。不良パターンとの確実な一致、警報、またはシャットダウンが発生した場合、自動診断メッセージが送信されます。最新のシステムでは、アラーム発報の原因についても言及します。例えば、「シリンダー2の吐出弁リーク、89%適合」というメッセージでは、不良箇所と原因、さらに解析

結果と損傷パターンのマッチング率を示しています。

「エキスパートの解析ルーティン」と謳っているシステムでは、往復動圧縮機の診断ノウハウが欠如している可能性が高く、注意が必要です。高性能なアルゴリズムがなければ正確な診断はできません。次に、最も優れた解析テクノロジーと、システムからの診断メッセージの精度について考えてみましょう。緩みの発生したボルト(部品番号も含め)がどこかを記載した想定損傷報告書を発行できるシステムは、現実的かつ信頼に足るもののでしょうか？

3. 早期損傷検知



なぜ重要か

時間基準保全(TBM)の時代は終わりました。最新のモニタリングシステムは不良の進行を正確に検知し、故障が発生する前に通知することで、状態基準保全(CBM)を実現します。不良の早期検知は機器の損傷、突発

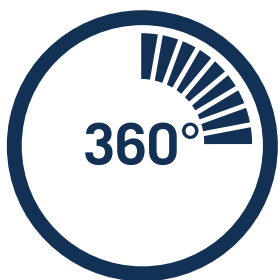
停止を防ぎ、安全性の向上、運転コストの削減に寄与します。誤警報のない、スムーズな運用を進められるかどうかは、運転条件に関わらず、機器不良を早期かつ正確に検出することができるシステムの採用にかかっています。

システム選定のポイント

正確に不良の検知をするためには、複雑な信号を捉え、わずかな変化であっても的確に解析することが必要です。わずかな変化を捉え、その結果についての理解を深めることで、早期に不良を検知することができ、誤警報を防ぐことに繋がります。

このような詳細解析を実施するためには、数十年に及ぶフィールド経験と、ユニークな挙動をする往復動圧縮機に特化して開発されたモニタリングシステムが必要です。

4. 解析手法の選択



なぜ重要か

機器の状態監視をする上で、最も信頼性が高く、手法が確立されている方法は振動解析です。しかし、振動解析にもいくつかの手法があり、すべてが同じではありません。データの取得や評価手法の違いが、信号解析のクオリティに大きな影響を及ぼします。信頼性の高い早期不良検

知と機器保護を行うためには、適切な評価手法を選択することが大変重要です。

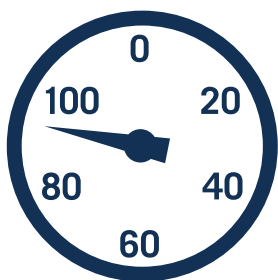
システム選定のポイント

クランク角度に応じた機器の挙動を踏まえ、クランク1回転ごとに取得した信号をセグメント化し、解析するモニタリングシステムであれば、機器不良が原因ではない、まれに起こる挙動に対して、「良好」という正しい判断を行い、誤警報を回避することができます。1990年代の後半、PROGNOSTシステムズ社はセグメント化振動解析という手法を開発し、クランク1回転=360度をクランク角度10度ごと(36セグメント)に分けることが最も良い解析手法で

あると、結論付けました。これは1回転における平均振動を評価するうえで最も正確な割合と考えられています。

第二に、振動信号は最も正確な数学的解析を用いて評価されなければなりません。往復動圧縮機の解析において最も信頼性が高いのは、RMS(Root Mean Square：二乗平均平方根)解析です。RMS解析は振幅だけでなく衝撃エネルギーの総量も解析の要素に含まれていることから、優れた解析手法とされています。

5. 性能最適化



なぜ重要か

圧縮機の性能最適化には、明確な利点があります。効率の良い運転、消費動力の削減、生産量の増加などです。運転効率の管理には、初期段階でのガス漏れに対する警告などのメリットもあります。残念ながら、振

動、ピストンポジション、温度のみを重視する多くのモニタリングシステムでは効率の低下に関しては検知されることがあります。他の重要なパラメータと同じように、機器の運転効率に関しても、継続してモニタリングする必要があります。

システム選定のポイント

機器効率をチェックし、最適な運転を特定する包括的な解析を提供するモニタリングシステムを選びましょう。運転中、動的圧力の変化がなければ監視し、p-V線図解析を行うことで、運転効率の低下を引き起こす部品を特定することができます。また、昨今の圧縮機関連の法規制の影

響も考慮します。圧縮サイクル、ピストンロッド荷重、荷重の切り替わりなども重要で、解析が必要です。モニタリングシステムは機器の運転効率を包括的に知るためのあらゆる情報を蓄積しながら、最適な性能を維持するためにどのようなステップが必要になるかについての情報を提供します。

6. SIL認証



なぜ重要か

SIL認証について理解することは重要です。SIL(Safety Integrity Level)認証とは、安全に関わるシステムの安全性能を評価する尺度で、IEC 61508によって定義されています。監視システムへの適用時、SILは保安システム作動要求時のシステム自体の不良可能性を評価します。誤警報や不良の見逃しといった、状態監視の精度とSIL認証は無関係ということは覚えておきたいポイントです。SILレベルによるシ

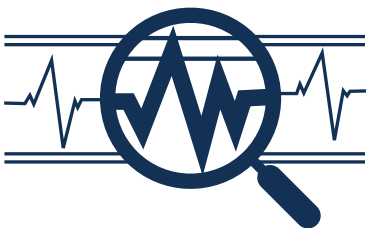
ステムの安全性評価を実施する前に、対象機器の重大損傷を回避するために要求される最適なSILレベルを決定することに、まずは留意する必要があります。言い換えると、IEC61508はリスクベースの基準であり、これを適用するためには、リスクの許容度に関する基準が、各機器で設定されなければなりません(例：HAZOP評価の実施等)。

システム選定のポイント

一部のプロモーションで”SIL予定”や”SIL相当”といった言葉に混乱することがあります。これらを明確化する二つの手法があります。まず、ベンダーが正式な機関に認定されたSIL認証を取得しているか確認をしましょう。SILは安全関連のシステム本体だけではなく、センサからESD(Emergency Shutdown

Device：緊急停止デバイス)まで、すなわち安全状態を作るための部品や安全ループに至るまでカバーしている必要があります。次に、SILレベルの高さとともに、対象機器に関連している認証であるかを確認しましょう。例えば、速度超過を防ぐためのSIL認証は、往復動圧縮機のユーザーにとって、あまり重要ではありません。一方で、セグメント化したRMS振動解析を実施する安全システム向けのSILは重要です。SIL 2以上のモニタリングシステムであれば、往復動圧縮機の安全保護において十分な役割を果たしてくれるでしょう。

7. 運転条件の自動認識、しきい値調整



なぜ重要か

なぜ往復動圧縮機は長い間、多くの現場で運用され続けてきたのでしょうか。理由の一つとして、往復動圧縮機は様々な条件に対して、柔軟に対応できるという点が挙げられます。荷重、回転数、容量、ガスなど、運転条件を柔軟に変更できる圧縮機として、多くのオペレーターに

重宝されてきました。しかしながら、モニタリングシステムによる不良検知という観点では、その複雑さは悪夢そのものです。異なる運転条件での機器の運用は、挙動に大きな変化をもたらします。これらの運転条件の変化の検知と、しきい値設定の変更を同時に行うことは大変複雑です。適切に実施されなかった場合、誤警報や不良の見逃しを招きます。

システム選定のポイント

運転条件の決定と、その運転条件ごとのしきい値設定は人の手で行うこともできますが、その場合、取得した信号すべてを解析し、その結果にもとづき運転条件ごとのしきい値を

設定するには数週間かかります。運転条件に合わせて自動でしきい値を調整してくれるモニタリングシステムを採用することで、この問題を解決できます。短期間の学習期間を設けることで、最新のシステムは機器のトレンドデータに基づき、自動で運転条件の変化を認識します。さらに、すべてのしきい値設定も正確にリアルタイムで調整するため、誤警報や、不良の見逃しを回避できます。

8. ロッドポジション変位のモニタリング



なぜ重要か

ロッドポジション解析により、摩耗の兆候を知ることができます。最も効果的なモニタリングシステムは、駆動部に関する差し迫った損傷を特定するためにロッドポジション変位を取り入れ、他のパラメータも併せて統合的に解析します。ロッド変位解析は、以下の二つの問題における警告や警報発報のために有効です。

一つ目は、機器保護用の動的信号として、駆動部の状態や、接続部緩み、過剰負荷などの機械のメカニカルな問題を特定します。

さらに、ロッドポジション解析は、特にピストンライダリングの摩耗兆候を把握するのに有効です。ロッドやピストン、シリンダでの深刻な損傷が起こる前に機器をシャットダウンすることで、機器の安全性を確保し、メンテナンスを実施することができます。

システム選定のポイント

渦電流センサを設置し、継続的にライダリング摩耗を監視します。適切な解析と設定を行えば、ロッド

の動的信号は緩みや、ロッド破損の検知に用いられ、静的信号は、ピストンライダリング摩耗を特定します。多くの研究により、ピストンロッドの亀裂など、これまで振動解析だけでは可視化することができなかった安全保護においての重要な課題は、ロッドポジションの解析によって検知が可能であることが証明されています。

9. データ保管と再現



なぜ重要か

優れた技術を搭載したモニタリングシステムは、主原因を特定するための十分な詳細説明をせず、機器の緊急停止を実行します。オペレーターに与えられた選択肢にはどのようなものがあるでしょうか？ 詳細確認の

ための機器再起動は重大損傷のリスクがあります。手がかり無き保全対応は、時間、費用、生産性の観点から無駄な行為となります。

システム選定のポイント

その答えは、一定期間のデータ保管という概念にあります。飛行機に搭載されたフライトレコーダーを想像してください。

一定期間の記録データは、圧縮処理されていない生の連続データです。保全担当は、これを評価すれば緊急停止、警報、または機器再起動時の信号状態を再現できます。このデータ

を活用することで、保全担当者や解析担当者は、早く正確に、主原因を突き止めることが可能です。バッドアクターを確実に検知して、効率的に保全活動を実施できます。記録された信号をもとに、機器不良に関する調査を行うことで、ダウンタイムと保全費用削減という効果が得られます。

10. システムベンダーの独立性



なぜ重要か

安全性や効率、コスト削減、環境への配慮といった、あなたが掲げるゴールをモニタリングシステムのベン

ダーとシェアしましょう。さらに、システム開発、技術サポート、機器の状態評価などに影響を与えるビジネスとシステムベンダーの間には利害関係がないことが理想です。

システム選定のポイント

長期的な目標達成に共感し得ないベンダーは、 unnecessaryな過剰機能の製品を押し付けるかもしれません。しかし、機器の予備品販売から切り離された状態監視の専門企業を選べば、この問題は解消されます。ポイントは、利害衝突を避けることです。機

器運転のために重要な保守サービスや部品販売に本質的な興味がある状態監視システムベンダーには注意してください。

11. 長期のパートナーシップ



なぜ重要か

モニタリングシステム設置後の運用はユーザー任せという状況は看過されるべきではありません。多くの機能を有すモニタリングシステムは、その重要度と複雑さゆえに、ベンダーからの継続的サポートが必要です。サポートがあれば、システム導入の十分な効果が出て、投資対効果も最大化します。

あなたが受けられるサポートは、システム機能を有効活用するためのトレーニングや質疑対応、また、システムを長期間、最新状態に保持するための継続的な製品開発、といった形で提供されます。

システム選定のポイント

導入前から運用開始後まで、一貫したサービスを提供しているシステムベンダーを選びましょう。導入トレーニングの内容や回数は適切ですか。システムの性能を改善するため、ら、カスタマーサポートチームに連絡可能で、24時間365日の解析サービスを必要に応じて利用できる環境がありますか。

契約に柔軟性があるかどうか、カスタマーサポートの評価をする際に重要な点となります。導入当初は必須だったサポートも、運用を進め、社内に知見や解析ノウハウが溜まっていくことで、不要となる場合があります。担当者の異動により、解約したサービスの再契約が必要になることもあるかもしれません。ユーザーの運用状況に合わせて本当に必要なサポートのみ提供したり、必要に応じてサポートレベルの変更が容易に行えたり、柔軟に対応したサービスであるか確認しましょう。

12. フィールド経験



なぜ重要か

導入実績が多く、数多くの現場で運用されてきたモニタリングシステムでなければ、信頼性のあるシステムとはいえません。研究所でいくらテストをしても、実際の運転環境、状況を再現することはできません。長期間にわたる様々な運転環境となれば、なおさら不可能です。それでは、モニタリングシステムが期待通

りの活躍をしてくれるか、システムに表示される情報が正確か、どのように評価すればよいのでしょうか。

システム選定のポイント



実際の現場でどの程度の期間、運用されているかをまとめた資料の提出をシステムベンダーに依頼します。さらに、そのベンダーが問題を解決するために費やした時間と、モニタリングシステムの性能を改善のため、現場からユーザーに提案するまでに費やした時間についても情報収集しましょう。

導入実績についても、確認します。ベンダーや販売代理店の営業担当者



とできる限り多くコンタクトを取りましょう。さらに、自社の環境と最も近いユーザーの現場を見学してみてください。

導入候補となっているシステムがお客様の期待を満たしているかどうかを判断するにあたり、販売代理店からの情報収集も有用ですが、実際のユーザーからの忌憚ない意見が最も参考になることでしょう。


PROGNOST Systems GmbH
Daimlerstr. 10
48432 Rheine
Germany

 +49 - 5971 - 808 19 0
 info@prognost.com

PROGNOST Systems, Inc.
309 Ibis Street, Suite A
Webster, TX 77598
USA

 +1 - 281- 480 93 00
 infousa@prognost.com

**PROGNOST Machinery
Diagnostics Equipment
and Services L.L.C**
P.O. Box 29861
Abu Dhabi
UAE

 +971 - 56 - 499 83 59

www.prognost.com