

差圧伝送器の導圧管詰まり診断

Impulse Line Blocking Diagnosis of Differential Pressure Transmitters

宮地 宣夫^{*1}
MIYAJI Nobuo

園田 薫^{*2}
SONODA Kaoru

赤堀 秀雄^{*2}
AKAHORI Hideo

オリフィス式の流量計は、故障が少なく安定性した流量測定が可能なフィールド流量計として実績を上げてきた。一方、オリフィスから圧力を伝送器に伝える導圧管は、環境変化によって流体の凝固や異物堆積で詰まりを発生することがある。導圧管の詰まりは、圧力の伝播時定数を増加させプロセス流量制御に支障をきたすばかりでなく、詰まりが進行すれば制御の安全性に関わることになる。この課題のソリューションを得るために、当社のPRM(Plant Resource Management)パッケージ上に導圧管詰まり診断ツールを搭載し、EJAフィールドバス付き伝送器から差圧信号を受けてオンライン導圧管詰まり診断を行うシステムを開発した。パイプラインの流れは乱流であり、オリフィスからの圧力信号にはランダム揺動成分が含まれる。

本方式は、導圧管の詰まりによって発生する揺動の変化を統計的に処理して、詰まっている状態と正常な状態を比較判定するシステムである。このシステムを活用することにより、導圧管詰まりのメンテナンスコストの削減に役立てることができる。

Flowmeters comprised of a differential pressure transmitter with an orifice have achieved great field performance and success in flow measurement as a reliable field flowmeter. However, due to environmental changes around those instruments, solidifying or precipitating liquids sometimes cause blocking in impulse lines which convey the process pressure from an orifice. In order to solve these problems, we have developed on-line Impulse Line Blocking Diagnosis incorporated in PRM system with fieldbus communication. The differential pressure signals from an orifice have random fluctuation signals due to a turbulent flow in a pipeline, and in case of impulse line blockings, the fluctuation signals of the blocking impulse lines vary from that of normal impulse lines. Therefore, the Impulse Line Blocking Diagnosis provides diagnostic functions through analyzing the statistical values of the fluctuation signals.

1. はじめに

石油化学プラントなどのパイプラインでは、種々の液体、気体、蒸気などの流量を計測するために、図1に示すようにオリフィス、差圧伝送器、導圧管が組み合わされて使用される。オリフィスと伝送器の信頼性は極めて高く、オリフィス式流量計のトラブルの30%以上は、圧力を伝播する導圧管の詰まりであると言われている。この詰まりによって伝送器の応答速度が遅くなると、プラントの制御に支障をきたす。当社の製品であるPRM (Plant Resource Management)上に搭載した診断ソフトウェアツールにより、EJAフィールドバス付き差圧伝送器の信号をサンプリングし、オンラインで詰まり状態を診断し警報を発して、未然に詰まりトラブルを回避する

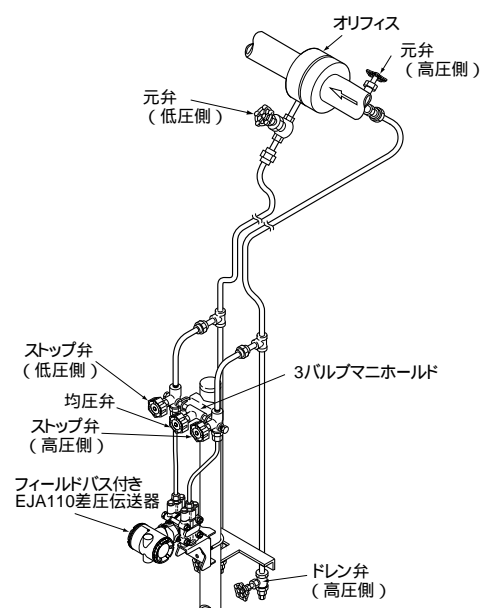


図1 オリフィスを使った差圧伝送器による流量測定設備

*1 制御プロダクトフィールド機器事業部 第2技術部

*2 制御プロダクトフィールド機器事業部 PMK部

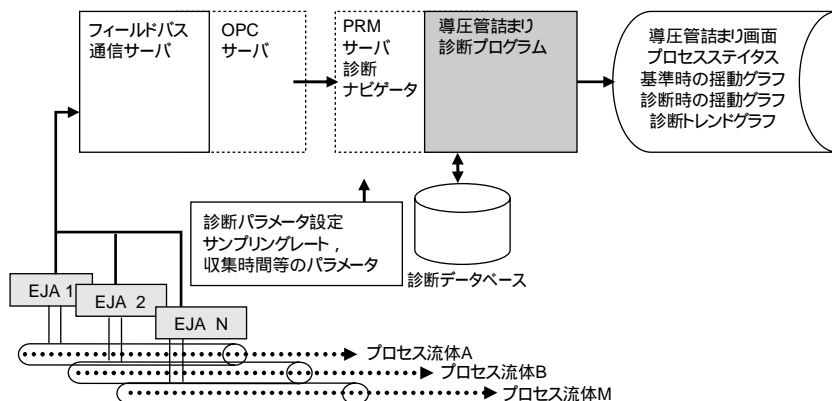


図2 PRM上のEJA導圧管詰まり診断システム

ことができる。このツールは、オリフィス、導圧管を含む流量測定設備の診断ツールである。フィールドの詰まりに結びつく揺動変化のパターン認識に関するノウハウを更に充実させて、お客様にソリューションを提供していく必要がある。今後のフィールド機器による診断は機器の多機能化に伴い、自己診断を含め、より高度な設備診断をすることを期待されている。今回の報告では、高圧側低圧側の両側の詰まりの診断について述べる。

2. 導圧管詰まり診断システム

PRMにおける測定データの収集機能と、診断パッケージツールを搭載したシステム構成について説明する。

2.1 システム構成

図2に示すように、PRM上に診断ナビゲータが用意されており、種々の診断ツールを起動することができる。

詰まり診断ツールも、これによって起動される。フィールドバスサーバにより、EJA伝送器からの信号を受けてデータベースに蓄積される。診断ツールパッケージ

ジプログラムのアルゴリズムに従って定期的な詰まり診断を行い、導圧管詰まりの有無の情報を診断ナビゲータの画面に表示する。

2.2 診断ツールの機能

本診断ツールは、以下の機能をもっている。

- ・診断ナビゲータで登録された診断対象機器のリスト、基準データ、定期的に行う診断データ、診断結果のトレンドデータの画面表示をする。
- ・プロセス条件に応じて、揺動計算モード選択が可能である。

1階差揺動：定置制御中の詰まり診断

詰まりによるドリフト診断

2階差揺動：定置制御中の詰まり診断

過渡的状態の制御中の詰まり診断

- ・基準データと診断データとの比較診断方式を採用している。お客様が比較倍率の閾値を設定できる。
- ・閾値を超えた時に、アラームの検出情報を提供する。

3. 導圧管詰まりを検出する基本実験

3.1 導圧管詰まりの実流試験

図1と同様なフィールドの流量測定を想定した実流試験を行うために、オリフィスを挿入したパイプラインに液体を流し、EJA110フィールドバス付き伝送器と導圧管を接続して揺動信号を測定した。導圧管の詰まりがない状態と詰まりが進行している状態の差圧揺動の変化を、図3に示す。詰まりが進行するにつれて、差圧揺動が小さくなるのが分かる。この例では、標準偏差が約 $\frac{1}{4}$ になっている。

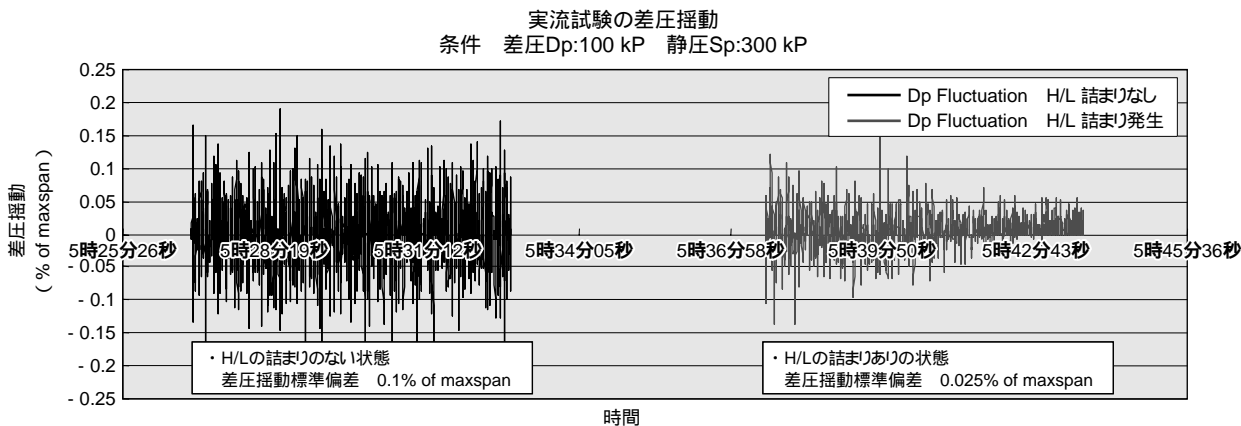


図3 実流試験の差圧揺動データ

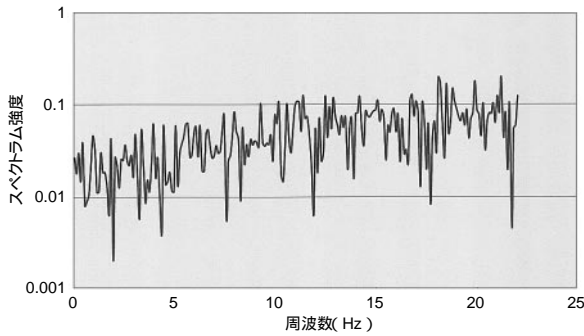


図4 実流試験の差圧揺動スペクトラム

3.2 差圧信号の揺動スペクトラム

差圧信号の揺動の周波数スペクトルは、詰まり診断を実行する上で重要な要素である。5 msecで高速応答するような高速応答圧力センサによって、実測したオリフィスの差圧信号揺動の周波数解析の結果を、図4に示す。特別な周波数成分のピークが観察されることはなく、右上がりのスペクトルであるが、ほぼランダム揺動である。ランダム揺動であることは診断にとって重要なことである。伝送器内部の信号サンプリング周期や、上位システムの伝送器信号のサンプリング周期に影響されないことを意味する。

往復摺動ポンプの脈動のように周期的な揺動の場合は、上位システムのサンプリング周期によって統計処理の結果は大きく変わってくるが、ランダム揺動では統計的評価に大きな差異はない。理想的なランダム揺動は全ての周波数を一様に含むが、各周波数のゲインは図5に示すように、同じ程度の導圧管の詰まりで時定数が増加した場合に、高周波数成分の揺動出力ゲインの低下は、低周波数成分のゲイン低下より大きい変化を示す。詰まりに対して感度の良い診断を行うには、ランダム揺動の場合であっても、詰まりによる高い周波数のゲイン低下を捕まえる伝送器が必要となる。

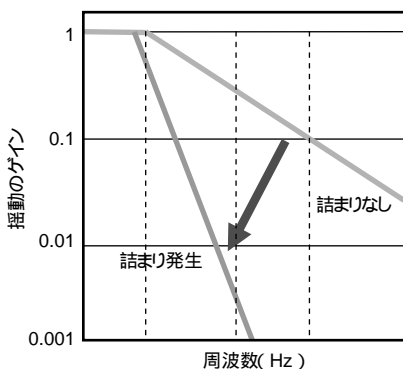


図5 詰まりの進展とゲインの低下を示すボード線図

差圧揺動の定義式

揺動計算 モード1: $Fdp(i) = Dp(i) - Dp(i-1)$

揺動計算 モード2: $Fdp(i) = \{ Dp(i) - Dp(i-1) \} \{ Dp(i-1) - Dp(i-2) \}$
 $= Dp(i) - 2Dp(i-1) + Dp(i-2)$

2乗平均 $V_{adp} = \sum Fdp(i)^2 / N$ N: サンプリング数

基準作成 $V_{a1dp} = \sum Fdp(i)^2 / N$, 診断時 $V_{a2dp} = \sum Fdp(i)^2 / N$

除算結果 $(D = V_{a2dp} / V_{a1dp})$ から判定する

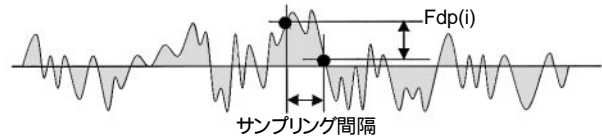


図6 詰まり診断における揺動の統計処理計算

4. 導圧管詰まり診断アルゴリズム

4.1 伝送器信号の乱流による圧力揺動

オリフィスから伝播する圧力は流体の流れが乱流であるために、数Hz以上の周波数成分を含む揺動成分をもっている。導圧管の詰まりが進行するに従って、この揺動が減衰してくることを利用して診断を行う。詰まり診断では、揺動を図6に示すように、信号のサンプリング値の前後の階差で定義する。これをモード1の1階差揺動とし、更に差を計算した結果を、モード2の2階差揺動とする。

詰まりによって信号が一方向にドリフトする場合には、揺動は常にプラスかマイナスになるので、ランダム揺動以外にドリフト成分を含む。従って、モード1の揺動は、詰まりによって発生したドリフトの有無を診断できる。モード2の揺動は、プロセス差圧力の一様なドリフト成分が除去され、ランダム揺動のみが得られるように工夫されている。

プロセス条件に合わせて、モードが選択できる。

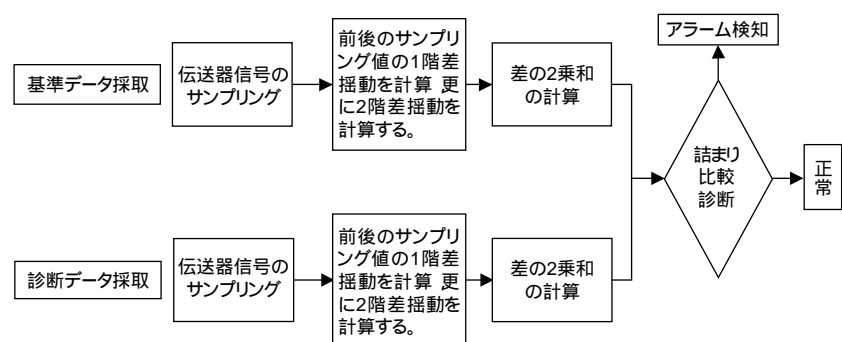


図7 詰まり診断フロー

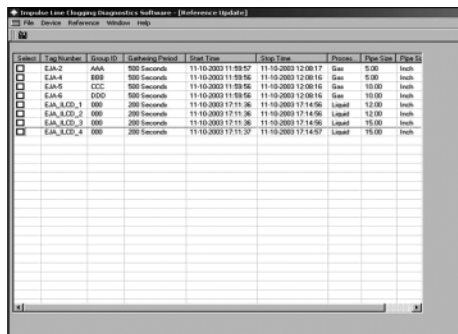


図 8 基準データ更新画面

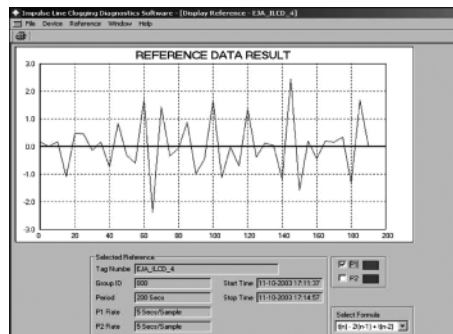


図 9 基準揺動データ

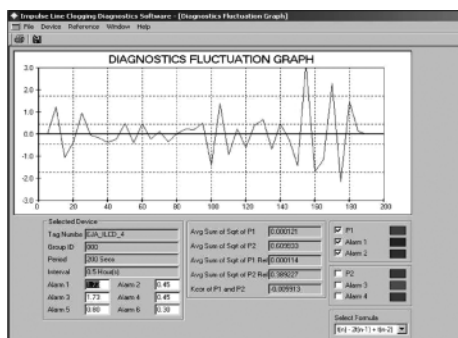


図 10 診断データ画面

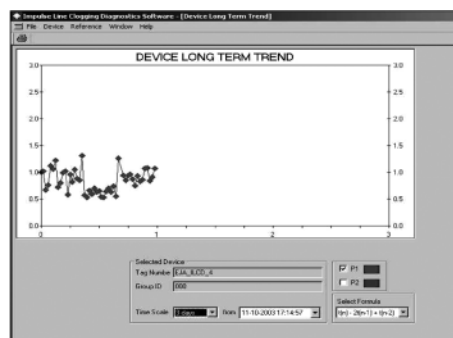


図 11 長期トレンドデータ

4.2 導圧管詰まり診断のフロー

当社の詰まり診断は、オンラインで200から1000個程度の信号をサンプリングして揺動を計算し、統計的处理を行って診断する。診断の手順を、図7に示す。最初に詰まりがない正常な状態を確認して揺動データをサンプリングし、これを基準データとする。次に定期的診断を行うときに同じ方法で揺動をサンプリングして、基準データとの比較診断を実行する。

5. 導圧管詰まり診断ツールの実行画面

詰まり診断ツールで実際に使われる画面を示す。

(1) 診断対象となる基準データ更新画面(図8)

診断対象となるフィールド機器のTag No, Group ID, データ収集時間, 測定流体, パイプサイズなどのパラメータが表示される。基準データ更新ボタンを押すことで機器毎に基準データ更新が実行され、以降はその時点の揺動データが基準となる。

(2) 診断の基準揺動データのグラフ(図9)

診断実行の初回に採取した揺動データを、基準揺動データとして表示する。サンプリングした全データの標準偏差で個々の揺動を規格化することにより、オートスケールがなされる。

(3) 診断時の揺動データのグラフ(図10)

基準データが得られた後に、定期的に診断が実行される。揺動データのグラフを表示する。2つの計算

モードから選択して揺動表示を変えることができる。横軸は秒単位の時間、縦軸は最初に採取した基準値データの標準偏差で、無次元化した揺動を示す。

(4) 長期トレンドデータグラフ(図11)

毎回の診断結果から、長期的に詰まりの傾向にあるかを判断するために、トレンドグラフが用意されている。縦軸は毎回の診断揺動データの標準偏差を、基準データの標準偏差で無次元化した値を示す。これにより、トレンドデータから詰まりの速度を知ることができるので、診断間隔を最適に設定することができる。

6. おわりに

導圧管詰まり診断の次のステップとして、差圧信号と静圧信号の相関係数などの複合変数によって、診断の確度を向上することが期待されている。今後のフィールド機器による診断は、機器の多機能化に伴い、自己診断を含めて設備システム診断など高度な診断をすることを目指している。プラントの安全性の強化とメンテナンスコスト削減を実現するには、事後診断から進展して、予知診断の要請が益々高まってくると予想される。

* 本文中の製品名、各システム名は、それぞれ各社の商標、或いは登録商標です。