

化学プラントにおける電流情報量診断システム 「T-MCMA」の診断事例

1. はじめに

新しい回転機械の状態診断技術として、当社はモータ固定子に流れる電流信号を計測・多重解析することにより、回転機械の状態を診断する電流情報量診断システム「T-MCMA」を展開している¹⁾。

また、当システムとクラウドを融合させて、お客様の利便性を高めたクラウド型電流情報量診断サービス「TM-CLOUD[®]」を2019年から提供開始している²⁾³⁾。今回は三菱ケミカル(株)様の化学プラントにおいて、当システムを用いた監視診断が回転機械の状態診断技術として有用であると、お客様から一定の評価を得られた良好事例を紹介する。

2. 化学プラントにおける「T-MCMA」適用検証概要

2019年度、2020年度に、三菱ケミカル(株)様の化学プラントをフィールドとし、「TM-CLOUD[®]」を介した「T-MCMA」による回転機械への状態リモート監視診断技術の適用検証を行った。

本適用検証は、当社の診断結果と実際の回転機械の状態との正誤比較を行い、どのような種類の回転機械に適用できるか、また、インバータ(INV)駆動の機械に「T-MCMA」が有効であるかを明確にすることを目的とした(図1)。

3. 適用検証方法

適用検証対象とした回転機械の電流を約8か月間計測し、「T-MCMA」を用いて簡易診断、精密診断を行った。

簡易診断は解析結果を8種類のパラメータで表し、当社

が推奨する初期判定基準を用いて回転機械の状態を自動判定するものである。精密診断は計測した電流信号に対して「高調波領域電流の包絡線処理・解析」、「電流波形脈動解析(側帯波解析)」、「過渡電流値のパターン解析」、「電流波形歪み解析(高調波解析)」の四つの解析方法を用いて解析を行う。精密診断では簡易診断の裏付けを取ることができ、また、簡易診断では検出できない異常状態を検出することができる。

本来、診断解析を行う際には、回転機械の仕様、構造、プロセス、過去の故障履歴や整備記録などの情報を「T-MCMA」の解析結果と合わせて検討することで診断精度が向上する。今回の適用検証ではそれらの情報がない前提下、電動機の電圧、出力、定格電流値、極数などの基本情報のみでの診断解析を行った。

実際の回転機械の状態確認は、①分解点検、②振動診断、③五感点検(日常点検)のいずれかによって行われた。

振動診断、五感点検で確認された機械状態は必ずしも確かとは言えない。また、「T-MCMA」による診断結果の中には、振動診断では確認ができない異常モードも含まれており、確認精度が充分とは言えない。ここでは、これらの方法によって確認された回転機械の状態を正とし、「T-MCMA」による診断結果との一致、不一致を確認した。

4. 適用検証結果

実際の回転機械の状態確認結果と「T-MCMA」による診断結果との正誤比較結果について、簡易診断結果による比較を図2に、精密診断結果による比較を図3に示す。

全体の正解率は、簡易診断で約50%、精密診断で約60%という結果となった。ファン・ブロワ、ポンプでの正解率が高く、機械構造の複雑な機械では正解率がやや低くなったが、低速回転機械での異常検出も可能であることが解った。簡易診断では過検出率が高く、正解率を下げる要因となっている。これは、対象機械の機械情報や運転状態などの詳細情報がない前提で診断したこと、また、計測初期の機械状態が不明で、簡易診断パラメータ(表1)のしきい値を最適化できないことによるものである。精密診断では、過検出件数を減らす結果となった。

次に、インバータ駆動機械(INV有)と直動機械(INV

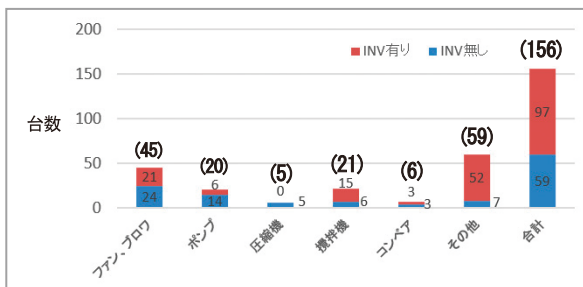


図1 適用検証対象機械 機種内分け

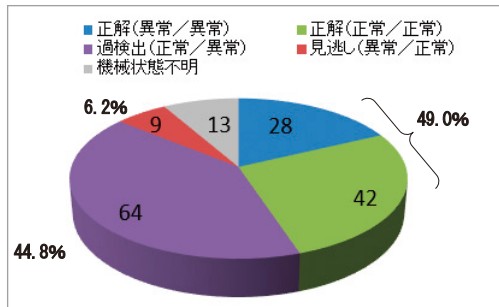


図2 簡易診断結果正誤比較

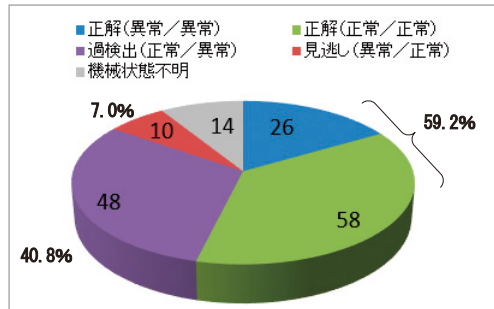


図3 精密診断結果正誤比較

表1 簡易診断パラメータ一覧

簡易 パラメータ名	パラメータの説明
KI	回転機械系全般を監視
Irms	回転機械負荷・状態変動を監視
Iub	三相電流のバランスを監視
Lpole	モータ回転子劣化状況を監視
Lshaft	モータ接続軸系芯ずれ、曲がり、接触などの異常荷重を監視
IHD	電源品質・インバータ状態を監視
THD	電源品質・インバータ状態を監視
Lx	負荷側の状態を監視。診断対象機種により任意の周波数を設定

無)で分けた精密診断の検証結果を図4に示す。INV有無それぞれの正解率は全体と比較して大きく変わらず、振動診断の適用が難しいインバータ駆動機械へも「T-MCMA」が有効であることが証明される結果となった。

最後に、分解点検によって異常が確認された対象機械に対する正誤比較結果を表2に示す。

分解点検で異常が確認された対象機械に対する正解率は、簡易診断、精密診断共に高い結果となった。今回の結果では、見逃し率が15%から20%であり、機械状態監視診断システムを運用するにあたって、異常を見逃すことは問題となる。診断結果の正解率を上げ、異常見逃し件数を減らすためには、「T-MCMA」簡易診断パラメータしきい

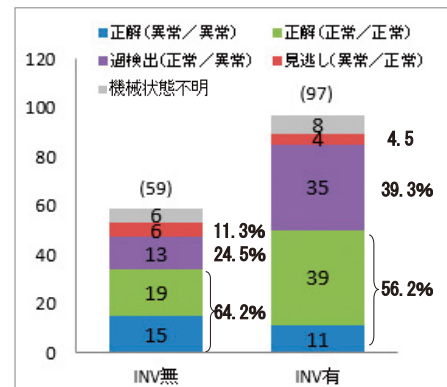


図4 精密診断結果 (INV 有無) 正誤比較

表2 分解点検結果との正誤比較

正誤 (機械状態/診断結果)	簡易診断		精密診断	
	件数	率	件数	率
正解 (異常/異常)	21	80.1%	22	84.6%
見逃し (異常/正常)	5	19.9%	4	15.4%

値の最適化が不可欠であり、ユーザー側からの機械情報入手、運転状態のヒアリングが重要なものとなってくる。

5. 診断事例

本適用検証の中で得られた診断事例を紹介する。

「T-MCMA」では、機械の構造・特徴に応じて監視すべきポイントをパラメータ化して傾向管理ができるようにしている。以下に示すLxなどはそのパラメータである。

5.1 プーリ・ベルトの異常

ルーツブロワ (出力 3.7kW, インバータ駆動無し) において、ベルトの緩み異常を検出した事例を紹介する。

傾向管理グラフ (図5) にて Lx (ベルト通過周波数の2倍成分) が悪化する傾向を確認し、精密診断でもベルト通過周波数とその高調波成分の値が大きくなっており、ベルトの緩み異常と診断した。

お客様によって分解点検が実施され、まずベルトの緩みを確認し、整備が実施された。そして次の整備タイミングでプーリの摩耗を確認し、交換整備が実施され、Lxの値が改善されたことを確認した。

5.2 モータ回転子の劣化

横型ポンプ (出力 1.5kW, インバータ駆動無し) において、モータ回転子の劣化を検出した事例を紹介する。

傾向管理グラフ (図6) にて Lpole (極通過周波数成分)、

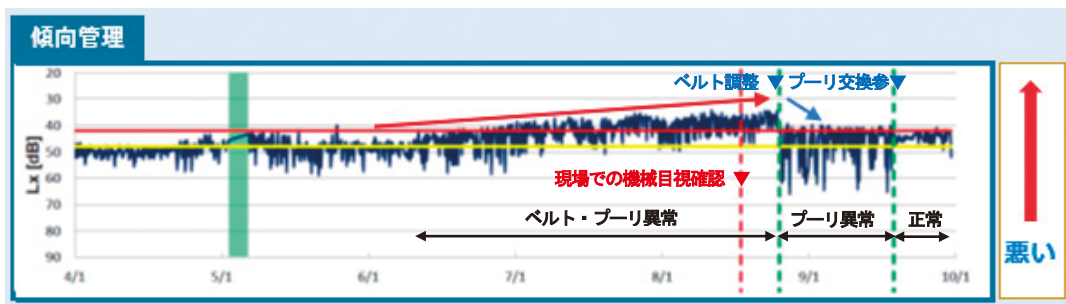


図5 傾向管理グラフ（事例5.1 プーリ・ベルトの異常）



図6 傾向管理グラフ（事例5.2 モータ回転子の劣化）

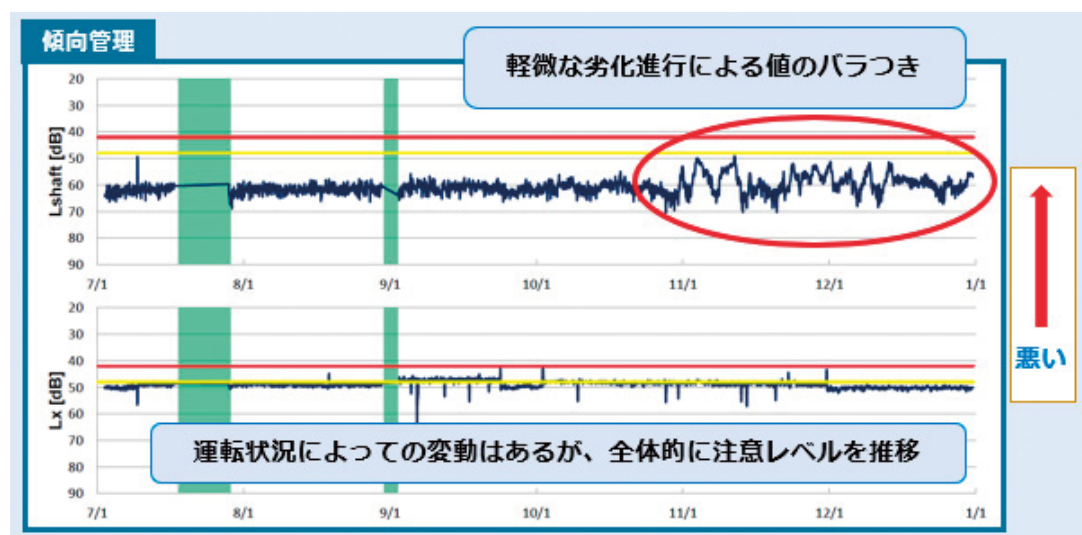


図7 傾向管理グラフ（事例5.3 モータ側軸受異常）

Lx（極通過周波数の2倍成分）が計測開始当初から注意値付近を推移しており、精密診断でも極通過周波数とその高調波成分から異常を確認し、モータ回転子の劣化と診断した。

お客様によって交換整備が実施され、Lpole、Lxの値が改善されたことを確認した。

5.3 モータ側軸受異常

攪拌機（出力 1.5kW、インバータ駆動有り）において、モータ軸受異常を検出した事例を紹介する。

傾向管理グラフ（図7）にてLx（モータ回転周波数+ギヤ出力周波数の成分）が計測当初から注意値付近を推移しており、その後、Lshaft（モータ回転周波数成分）のバラつきが確認され、モータ側軸受異常と診断した。

お客様によって分解点検が実施され、モータ軸受外輪にフレットングが確認されたため、軸受交換が実施された。

6. おわりに

2019年度、2020年度の化学プラントをフィールドとした「T-MCMA」適用検証では、分解点検結果との正誤比較により、高い正解率が得られ、有用な事例を収集することができた。今後、お客様に本格的に運用していただくためには、傾向管理におけるしきい値の最適化や診断可能な異常モードの明確化などが必要であり、課題が明確になった。

2021年度は、流体異常や粉体付着の検出、計測頻度を上げた品質異常検出を課題にフィールド検証を継続している。また、より分かりやすく、より使いやすい製品を目指して新表示ソフト「VFC-1」の展開も進めている。「T-MCMA」、「TM-CLOUD®」を多くのお客様に使っていただけよう、今後、AIを用いた診断技術の研究開発と診断システムの改良を進めていく。

篠原 正則（技術本部 診断サービス技術部）

須本 賢太郎（技術本部 診断サービス技術部）

参考文献

- 1) 劉信芳, 馮芳: 回転機械系の電流情報量診断システム商品紹介, 高田技報, Vol.27, pp.46-48 (2017)
- 2) 劉信芳: クラウド型電流情報量診断システムの構築, 高田技報, Vol.29, pp.44-45 (2019)
- 3) 松本正和: クラウド型電流情報量診断サービス「TM-CLOUD」の紹介, 高田技報, Vol.30, pp.29-31 (2020)