

プラントの安定・安全操業に寄与する 回転機診断システム

Motor Diagnostic System Contributing to Stable, Safe Plant Operations

久保田 馨 KUBOTA Kei 上本 孝志郎 UEMOTO Kohshiro

製造現場において、回転機の故障は操業に多大な影響を与えるため、その未然防止が重要であるが、回転機の保全計画は、従来、熟練技術者の過去の経験に基づいて立案されてきており、高齢化による熟練技術者数の減少への対応が課題となっている。

東芝三菱電機産業システム(株)(以下、TMEICと略記)は、様々な業種で得た回転機保全における知見と、長年培ってきたシステム技術を融合させ、故障の兆候を事前に検知し、適切で効率的な保全対応が可能で、回転機診断システムTMBee-Mを製品化した。振動、電流、温度、及び部分放電のデータを収集・解析することで、回転機の機械的状態だけでなく電氣的な状態も含めた網羅的な自動診断を可能とした。

Because malfunctioning motors can have a major impact on manufacturing site operations, preventing such occurrences is vital. Conventionally, motor maintenance plans were drafted based on the past experience of seasoned engineers, however, a dwindling population of engineers due to aging is proving to be an issue.

To combat this, Toshiba Mitsubishi-Electric Industrial Systems Corporation (TMEIC) has developed the TMBee-M motor diagnostic system which combines knowledge of motor maintenance from a variety of industries with systems technology developed over many years, enabling advanced detection of failure symptoms and appropriate, streamlined maintenance. It collects and analyzes vibration, current, temperature, and partial discharge data, providing comprehensive, automatic diagnostics of not only the mechanical, but also electrical status of motors.

1. まえがき

回転機(電動機)は、製造現場で広く使用されている重要機器であるが、プラントによっては十数年以上稼働した回転機が多く使用されており、経年劣化による故障発生が懸念される。プラントの突発停止につながりかねない回転機の故障を未然防止し、安定・安全に操業するには、回転機を定期的にメンテナンスして状態を把握し、異常予兆の検知を的確に行う適切な保全が重要となる。

また、保全業務を効率的に進めるために、設備の推奨保全周期を基に保全計画を立てるTBM(時間基準保全: Time Based Maintenance)に加えて、設備の状態を基に保全計画を立てるCBM(状態基準保全: Condition Based Maintenance)の実施が求められている。CBMの実施には、熟練技術者の過去の経験を踏まえた保全計画の立案が必要となるが、昨今の製造現場では、労働者の高齢化に伴い、熟練技術者は減少傾向にあり、適切な保全計画が立案できないといった問題がある。

その解決策の一つとして、IoT(Internet of Things)技術を活用した診断システムがある。保全業務の一部を補完・代替すると同時に、定量的に設備の状態を把握して故

障する前に適切なメンテナンスを行い、設備の信頼性向上、及び保全業務の効率化を図るといった、DX(デジタルトランスフォーメーション)の推進が求められている。

TMEICでは、この課題に対して、電動機製造メーカーとしてのノウハウを集約し、総合的な回転機診断機能を搭載した、回転機診断システム“TMBee-M”をリリースした。システム名称に組み込んだ“Bee”は、“熟練工の知恵(Brain of experienced engineers)”を意味する。TMBee-Mは、TMEICが独自に開発したIoT機器を適用し、データの効率的な収集を可能とした診断システムである。

ここでは、プラントの安定・安全操業に寄与するTMBee-Mの概要と特長について述べる。

2. 回転機診断システムTMBee-M

2.1 システム概要

TMBee-Mは、TMEICの電動機製造メーカーとしての回転機保全の知見・技術を適用してリリースした回転機診断システムである。このシステムは、回転機の電流、振動、温度、及び部分放電のデータを収集・解析し、回転機の機械的異常や電氣的異常の有無を総合的に診断できる。

TMBee-Mのシステム構成は、ユーザーのシステム規模に

柔軟に対応できることから、IoT技術を適用したクラウド版とオンプレミス版をラインアップしている。ユーザーは、TMBee-Mを採用することにより、現場に行かなくても、遠隔で診断結果を確認できる。

2.2 システムの特長

一般社団法人 日本電機工業会 (JEMA) の報告によると、回転機の故障原因の多くは軸受け不良若しくは絶縁劣化である⁽¹⁾。

図1にTMBee-Mの診断項目を示す。一般的な回転機診断システムは、軸受け不良だけを診断するものが多いのに対して、TMBee-Mは、絶縁劣化に関しても診断する。

収集したデータを解析・しきい値判定することによって、回転機の故障部位を特定できる標準アラームも実装している。検知した異常はアラームサマリー画面から確認が可能である。図2のとおり、異常の有無を判定するアルゴリズムに診断対象の回転機の情報登録するだけで、異常状態を自動判定できる。

この診断を実施するために下記信号を測定対象として選定した。

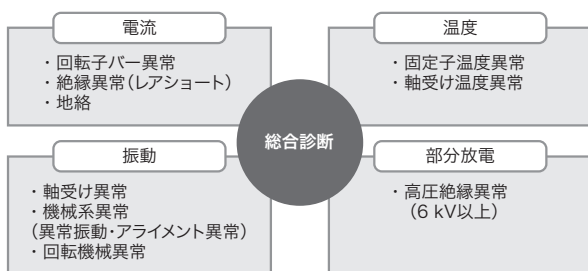


図1. TMBee-Mの診断項目

TMBee-Mは、軸受け不良だけでなく、絶縁劣化に関しても診断する。

TMBee-M diagnostic items

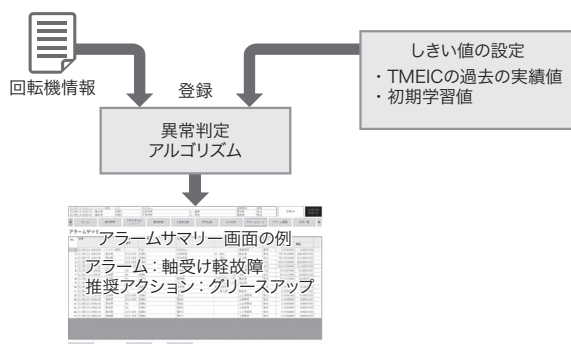


図2. TMBee-Mの異常自動判定機能

異常を判定するアルゴリズムに診断対象の回転機の情報登録するだけで、異常の有無を自動判定し、検知した異常と推奨されるアクションを表示する。

TMBee-M automatic anomaly judgment

- ・電流：機械的異常，電氣的異常を検出
- ・振動：機械的異常を検出
- ・温度：固定子冷却不良，軸受け潤滑不良などを検出
- ・部分放電：絶縁劣化を検出
- ・零相電流：地絡状態を検出

また、収集したデータから演算したオーバーオール(OA)値^(注1)やFFT(高速フーリエ変換: Fast Fourier Transformation)結果により、傾向監視を中心とした回転機状態を把握する各種監視・解析画面を標準で実装している。

解析画面としては、電流解析、振動解析、X-Y相関分析、絶縁(放電)解析用の画面があり、傾向監視画面からの遷移が可能である。解析画面例は図3のとおりである。

画面は全て、Webブラウザ対応になっており、中央監視室からの監視に加え、保全技術者のデスクやフィールド巡回作業中でもモバイル端末から効率的に回転機の状態を把握できる。異常予兆があった機器は、監視・点検頻度を上げて状況を把握することが肝要であるが、どこでも、いつでも回転機の状態を把握可能なため、運転員や保全員の負担を軽減でき、適切な時期に補修を実施可能になる。

2.3 システム構成

TMBee-Mのシステム構成に関して以下に述べる。現場の状況に合わせて、クラウド版とオンプレミス版の2種類をサポートしている。

2.3.1 クラウド版

クラウド版のシステム構成を図4に示す。回転機はプラント構内に点在しており、有線ケーブルで接続した場合、

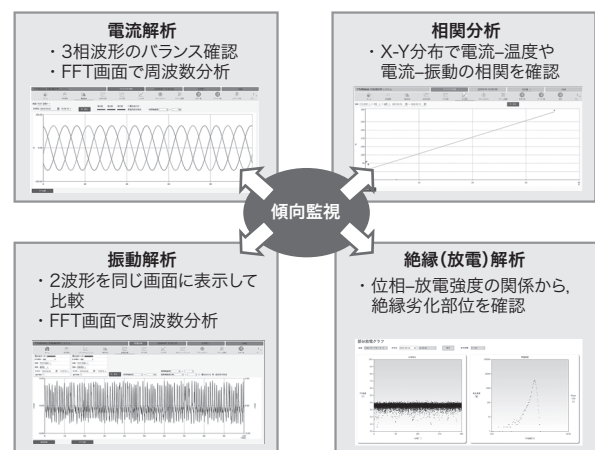


図3. TMBee-Mのデータ解析画面

電流解析、振動解析、X-Y相関分析、及び絶縁(放電)解析用の画面があり、傾向監視画面からの遷移が可能である。

TMBee-M data analysis screen

(注1) FFT解析の結果から得られる各周波数でのピーク値の総和。

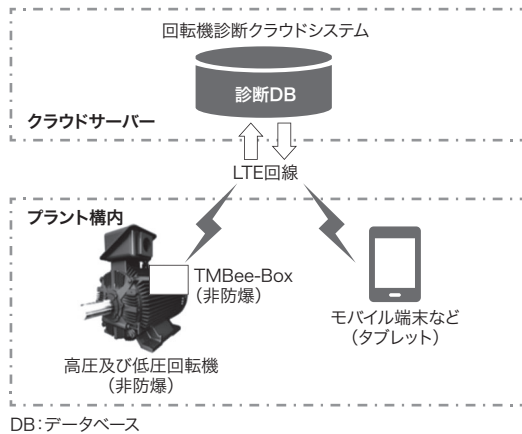


図4. TMBee-M クラウド版のシステム構成

回転機からの電流、振動、及び温度の計測データを、IoT対応のTMBee-Boxを用いてLTE通信で収集することにより、導入コストを最小化できる。

TMBee-M cloud version system configuration

ケーブル敷設にコストが掛かる。TMBee-Mの導入コストを最小化するため、LTE (Long Term Evolution)通信でのデータ収集を可能にするIoT対応のTMBee-Boxを開発した。クラウド版を構成する機器は下記のとおりである。

- (1) TMBee-Box 回転機から電流、振動、及び温度の計測データを収集する。電源はバッテリー駆動であり、電源ケーブルの敷設が不要となる。クラウドサーバーにデータ送信する際、LTE通信を使用する。
- (2) クラウドサーバー 回転機から収集したデータを格納するデータベース機能、データの分析機能、データ表示機能を持つ。
- (3) モバイル端末（タブレット又はノートパソコン(PC)) クラウドサーバーの診断画面を閲覧可能である。

2.3.2 オンプレミス版

オンプレミス版のシステム構成を、図5に示す。汎用PLC (Programmable Logic Controller)^(注2) (三菱電機 (株) 製シーケンサー MELSECTM)にてデータ収集できる仕組みを採用しており、このため他社専用収集装置に比べて安価な構成となっている。回転機が同じ場所に複数あるような場合に、まとめてデータ収集が可能となる。

- (1) PLC 回転機から電流、振動、温度、及び零相電流の計測データを収集する。
- (2) オンプレミスサーバー 回転機から収集したデータを格納するデータベース機能、蓄積データの分析機能、及びデータ表示機能を備えている。部分放電データは、検出器を介してデータ取得する。

(注2) プラント内設備の制御・監視を行うためのコントローラー。

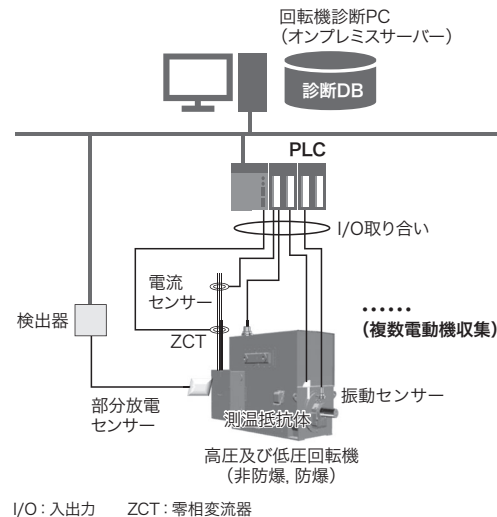


図5. TMBee-M オンプレミス版のシステム構成

汎用PLCにてデータ収集できる仕組みを採用しており、回転機が同じ場所に複数あるような場合に、まとめてデータ収集が可能となる。

TMBee-M on-premise version system configuration

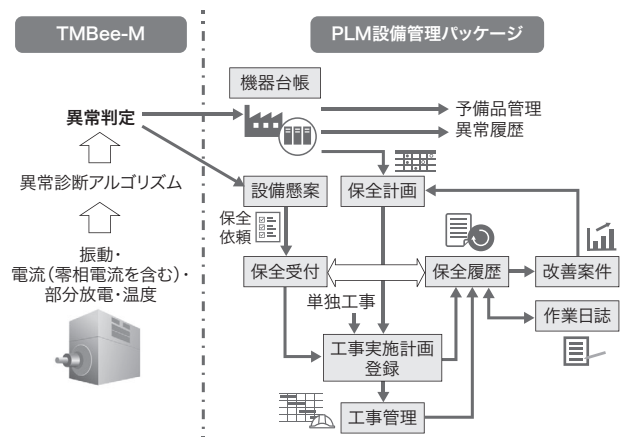


図6. TMBee-MとPLM設備管理パッケージの連携

TMBee-MとPLMの設備管理パッケージをモバイル環境で運用することにより、プラントの操業管理・設備管理の機動性を高められる。

TMBee-M and PLM facility management package linkage

3. 設備管理システム連携

TMBee-MにてCBMの実施に必要な回転機のコンディションが明示されるが、設備の異常が認められた際は、速やかに保全計画を立て、メンテナンスを確実に行う必要がある。

TMEICでは、設備管理担当者が効率的に保全業務を行うためのツールとして、電子操業日誌PlantLogMeister (以下、PLMと略記)の設備管理パッケージ⁽²⁾をリリースしている。

図6のとおり、TMBee-Mは、回転機の異常判定結果を

PLMに自動送信する。PLMの機器台帳を参照することにより、該当機器の保全履歴と異常状況を合わせて確認できる。これにより、適切な保全計画の立案が可能となり、保全業務の効率化を支援できる。また、合わせてPLMの設備懸案事項リストにも登録され、懸案事項として該当異常の対処が完了するまで、漏れなく管理できる仕組みとなる。

これまで述べたように、両システムをモバイル環境で運用することにより、プラントの操業管理・設備管理の機動性を高め、効率良くプラント操業におけるDXを実現できる。

4. あとがき

製造現場におけるDXを活用した回転機診断システムTMBee-Mについて述べた。

このシステムのクラウド版に関しては、電動機製造メーカーとして、電動機保全技術者がデータを見て診断を行う、詳細診断サービスも備えており、より詳細なコンディション管理の下、保全業務ができるものとなっている。

今後は、現場の要望に合わせてTMBee-Mの機能拡張と、TMBee-Boxの防爆対応、振動センサーを内蔵した小型TMBee-Boxなどの製品化を検討している。システム構成のラインアップを追加し、製造現場での保全業務の更なる効率化や、設備異常の正確かつ早期の発見によってプラントの安定・安全操業への貢献に尽力していく。

文献

- (1) 電気学会固体絶縁物絶縁劣化判定試験法調査専門委員会、電気学会技術報告II部 第182号 絶縁劣化診断試験方法-定格電圧3.3kVおよび6.6kVの回転機および電力ケーブルについて、電気学会、1984、74p.
- (2) 宮崎恵司、ニューノーマル下での保全業務のDX化を支援する設備管理システム、計装、2021、64、11、p.34-37.

・MELSECは、三菱電機(株)の日本及びその他の国における商標又は登録商標。



久保田 馨 KUBOTA Kei
東芝三菱電機産業システム(株)
産業第一システム事業部
産業システムソリューション技術部
Toshiba Mitsubishi-Electric Industrial Systems Corp.



上本 孝志郎 UEMOTO Kohshiro
東芝三菱電機産業システム(株)
産業第一システム事業部
産業システムソリューション技術部
Toshiba Mitsubishi-Electric Industrial Systems Corp.