

原子力発電所における間欠運転機器の振動傾向管理の実施方法について

The method of executing the vibration tendency management of the intermittent driving equipment in the nuclear plant

日本原子力発電(株) 米川 豊 Yutaka YONEKAWA
旭化成エンジニアリング(株) 福永 辰也 Tatsuya FUKUNAGA

The main rotary machine is often an intermittent driving machine in the nuclear plant. On the other hand, it was a problem for the vibration method to detect the vibration when rotating, and very to achieve the vibration tendency management for the equipment that did not rotate though it positively worked on the introduction of the equipment diagnosis technology by the vibration method of the rotation equipment in the nuclear plant.

This time, because the tendency management system of the intermittent driving equipment is developed, and the tendency management was achieved, it introduces the outline and an actual case.

Keywords: nuclear plant , intermittent driving machine, machine condition monitoring system

1. はじめに

原子力発電所では、回転機器の振動法による設備診断技術の導入に積極的に取り組んでいる。しかし、原子力発電所の主要な回転機械は、間欠運転機器である場合が多い。振動法は、回転時の振動を検出するものであり、常時回転していない機器に対し、どのような振動傾向管理を実現するかが課題であった。

今回、日本原子力発電(株)と旭化成エンジニアリング(株)では、共同で、間欠機器の傾向管理システムを開発し、傾向管理を実現したので、その概要と実際の事例を紹介する。

2. システム開発の背景

原子力発電所では、平成 20 年度から新検査制度が導入される。新しい制度には以下の 3 つの大きな変更点がある。

- ① 今まですべての原子力発電所で同一だった検査を改め、それぞれの原子力発電所の運転期間とその状況を考慮し、プラント毎にきめ細かい検査を実施していくこと。
- ② これまで約 1 年ごとに原子力発電所を停止して行う「定期事業者検査」に集中している検査を見直すと同時に、運転中の検査を充実強化していくこと。

- ③ ヒューマンエラーや組織要因による事故やトラブルを防止するための根本的な原因分析に積極的に取り組んでいくこと

特に、「運転中の検査の充実強化」に関しては、事業者が自主的に行ってきた「状態監視保全(CBM : Condition Based Maintenance)」の活動を制度化することが柱になっている。「状態監視保全」とは、原子炉が停止している検査期間中だけでなく、日常的に運転中のさまざまなデータを収集・分析し、安全保全活動を進めていくことである。欧米の原子力発電所では、すでにこの考え方を導入し、高い成果をあげている事が報告されている。

状態監視保全のコア技術である設備診断技術は、日本国内においては、鉄鋼、石油化学などの装置産業を中心に主として 1970 年代より導入されている。その中でも回転機械の振動診断技術は多くの実績があり、現在は、ISO 機械状態監視・診断技術者資格者の認定制度等にもより、拡大・定着している。

原子力発電所においても、振動診断による回転機械の傾向管理を実施しており、成果をあげている。振動診断は、回転機械が稼動していることが前提であり、サンプルポンプに代表される廃棄物処理系の機器は、槽に溜まった水をレベルスイッチによる自動起動により運転を開始する間欠運転機器であり、運転時間が短く運転する時間もわからないことから、状態監視が困難であった。これらの機器が、回転機械の約 5 分の 1 を占めるため、その対応が課題となっていた。

連絡先：米川 豊、〒319-1112 茨城県那珂郡東海村白方 1-1、日本原子力発電(株) 技術センター、電話 029-282-1211 yutaka-yonekawa@japc.co.jp

3. 間欠運転機器の傾向管理システム

3.1 システムの概要

間欠運転機器は、前述の様に常時運転していないため、定期的な振動測定などの状態監視ができない。また、通常の振動診断の様に異常兆候を検出した場合に別途精密診断していたのでは、精密測定のコストがなくなるため、以下の機能を基本機能として搭載することとした。

- ・ 起動時のモータの磁場の変化を捉え、起動時に自動測定を実施し、振動レベルを記録する機能。
- ・ 精密診断に必要な基本的な周波数解析(FFT)を実施し、データを自動保存する。

システムの構成は、現場にてデータ収集を実施するデータ収集装置(MD-1028)と事務所にて事前に測定条件を設定し、収集したデータの管理を実施する管理ソフトウェアで構成されている。システムの概要を図1に示す。

なお、データ収集装置(MD-1028)は、振動加速度センサ 4ch 分のデータ収集が同時に可能となっており、磁気センサにより得られる運転の ON-OFF 信号により自動的に計測開始-停止を判断し、データ収集を行う。また、管理ソフトウェアは、現場用のデータ収集装置の測定条件設定を実施するコントロールソフトウェア(PCH1009)とデータ管理及び、解析ソフトウェアの MD-310 for Win の 2つのソフトウェアで構成される。

システムの概要を Fig.1 に示す。

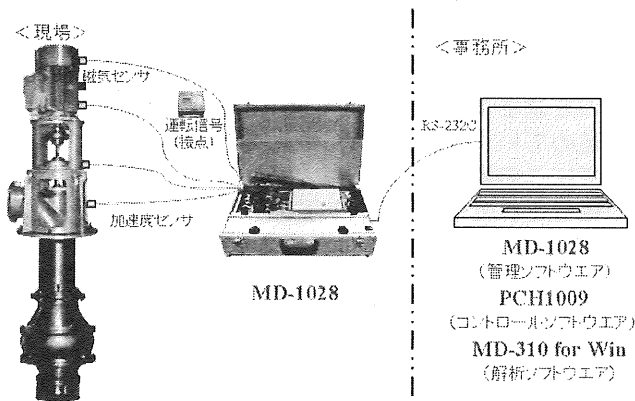


Fig.1 Intermittent operating machine monitoring system

3.2 システムの特徴

間欠機器傾向管理システムの特徴を以下に示す。

(1) データ収集装置の特徴

データ収集装置は、主に以下の3つの特徴を有す。また、データ収集装置の基本仕様を Table.1 に示す。

① 間欠機器の起動に合わせた自動計測機能

外部トリガーとの組合せにより、間欠機器の起動に合わせて振動を自動的に計測することが可能。

② 豊富な解析機能

豊富な解析機能を搭載しており、異常兆候を検出した場合の精密診断も可能。

- ・ FFT(1Hz ~ 20kHz) 解析機能
- ・ エンベロープ解析機能

③ 持ち運びに便利なケース一体型

測定器本体は、アタッシュケース型の専用ケースと一体型となっており、かつ、振動計測に必要なケーブル類、センサ等の器材が収納可能となっており、現場への運搬が楽にできる。

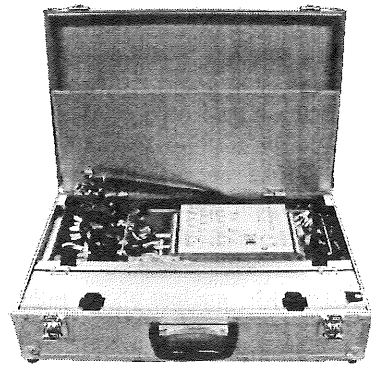


Fig.2 MD-1028 externals

Table.1 MD-1028 Basic Specification

センサ	加速度センサ 4点
振動値	加速度 RMS(g) : 1k~20kHz
	速度 RMS (mm/s) : 10~1kHz
振動トレンド	運転開始 1分後測定開始 120分間
	加速度値、速度値
周波数解析	速度 FFT (10~1kHz)
	加速度 FFT (~ 20 kHz)
	加速度 ENV (~ 1 kHz)
FFT データ	運転開始後 1分後測定
電源	AC100V

(2) 管理ソフトウェアの特徴

管理ソフトウェアは、以下の2つの特徴を有す。

なお、データ管理及び、解析ソフトウェアである「MD-310 for Win」は、旭化成エンジニアリング製のポータブル振動診断器 MD-310V の管理ソフトと兼用であり、他のポータブル振動診断器による傾向管理データと同じアプリケーションにて管理可能となっている。

① 豊富なデータ解析機能

傾向管理、精密診断に必要な様々な解析機能を搭載しており、トレンドデータ、測定点比較など診断に必要なデータを一度に評価可能。

- ・ トレンド解析表示

データ収集装置により記録された速度、加速度の振動値を測定日毎の経時変化グラフとして表示す

る。

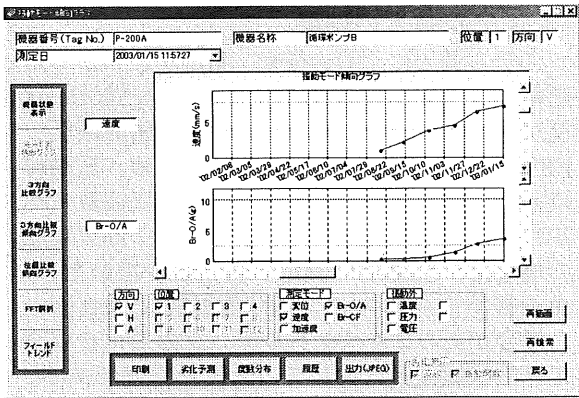


Fig.3 Trend analysis display

・フィールドトレンド解析表示
データ収集装置により記録された稼働中の振動値の変化を表示する。

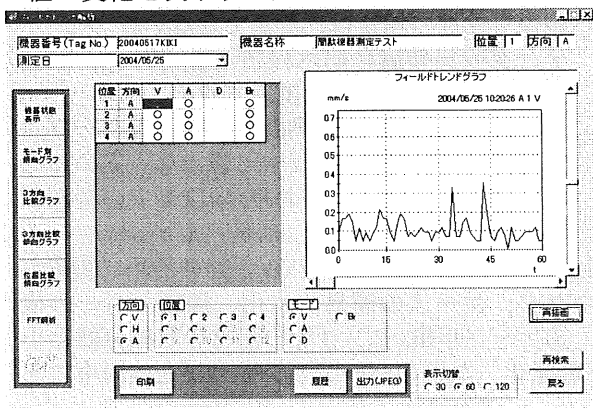


Fig.4 Field trend analysis display

・FFT データ解析表示
データ収集装置により稼働後に自動解析された周波数解析 (FFT) 結果を表示する。

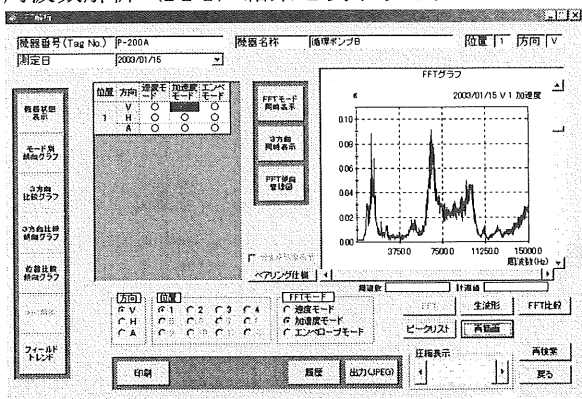


Fig.5 FFT data analysis display

②柔軟なデータ出力機能

・表示したデータは、表出力は CSV ファイル、グラフ出力は JPEG ファイルとして出力可能。

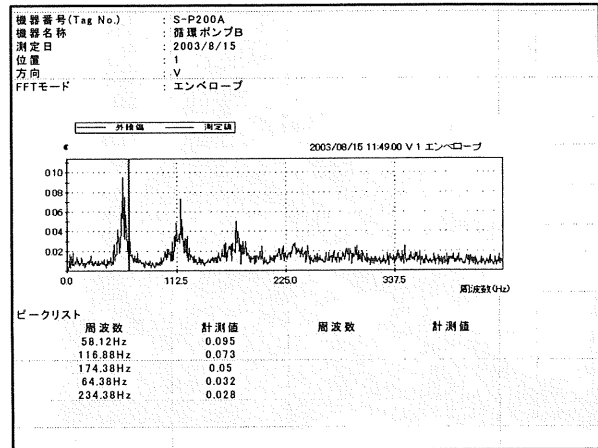


Fig.6 EXCEL data output example

3.3 システムの操作手順

システムの操作手順を以下に示す。

(1) 運用 (前準備)

管理ソフトウェアにて、測定対象となる間欠運転機器の登録を実施する。

(2) 現場測定

- ① センサを対象機器に取付け、データ収集装置へ接続する。あわせて、運転信号検出器とデータ収集装置も接続する。

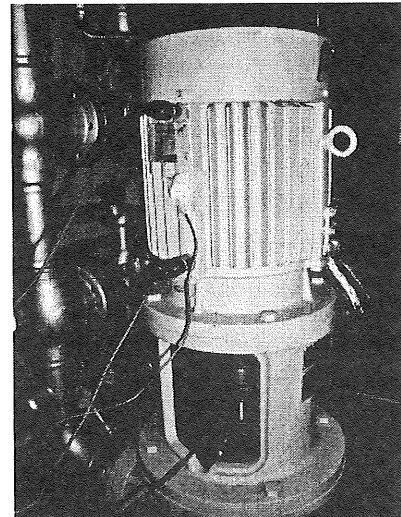


Fig.7.1 Measurement preparation(Hard setup)

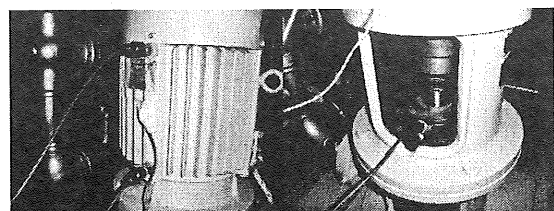


Fig.7.2 Measurement preparation(Hard setup : Details)

- ② データ収集装置と PC を接続し、PC より機器情報、測定条件などをデータ収集装置へダウンロードする。

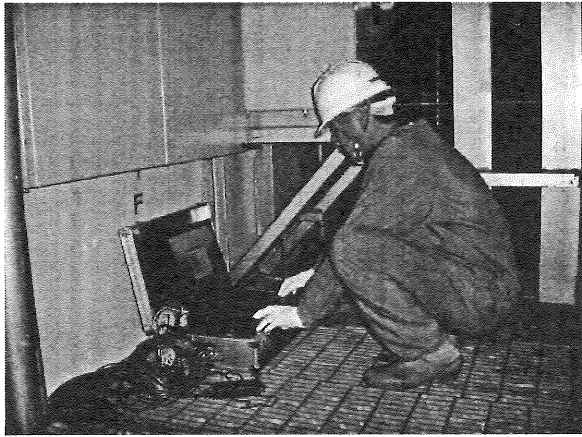


Fig.8 Measurement preparation(Software setup)

- ③ PC をデータ収集装置から外し、測定スタンバイとなる。
- ④ データ収集装置は、対象機器の運転信号をキャッチすると1分後に自動的にデータの測定を開始する。なお、起動後、すぐは一定回転数に到達せず、振動値が安定しないため、測定にあたっては、ディレイタイムを設けている。(Fig.9)
 - ・ データは 120 分間採集され、収集装置にメモリーされる。
 - ・ 120 分以内に運転が停止した場合は、その時点でデータ測定を停止し、データを保する。
- ⑤ データ収集完了後、PC をデータ収集装置に接続し、測定データをアップロードする。
- ⑥ センサ、運転信号検出器、PCなどをデータ収集装置から外し、撤収します。

(3) 傾向管理・解析

パソコンのデータ管理・解析ソフトウェア(MD-310 for win)にデータを登録し、測定データの各種解析、及び、レポートの作成を実施する。

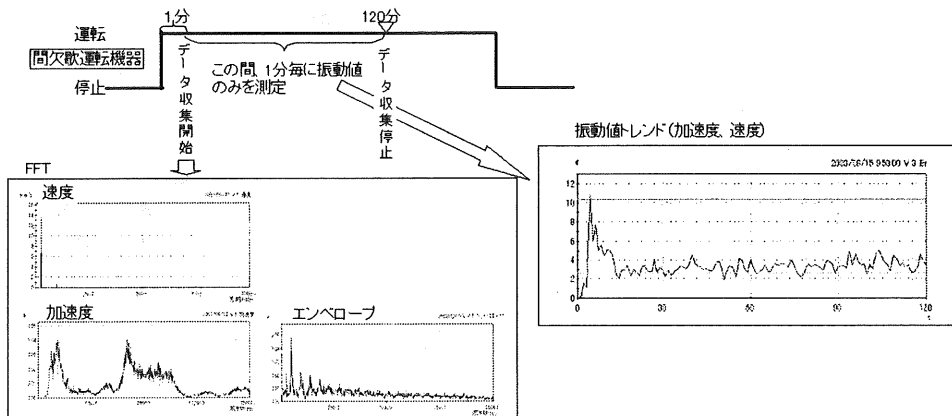


Fig.9 Measurement order

4. システム導入の効果と課題

4.1 システム導入の効果

本システム導入により、従来、測定が難しかった間欠運転機器の運転時の振動計測が可能となり、状態監視が可能となった。また、同時に精密診断データ (FFT データ) の計測も実施するため、振動値の経時変化による状態監視のみでなく、周波数スペクトルの比較による診断も可能となった。間欠運転機器の場合は、基本的に測定の機会が少ないため、振動値の経時変化のみによる状態監視では判断が難しい場合があり、スペクトルデータの変化を確認することは状態監視において、大変に有効である。

4.2 システムの課題

現システムの課題としては、以下があげられる。

- ① 電源が AC100V のみであり、電源コンセントを測定の都度、引く必要がある。また、電源が確保できない場合は、測定できない。
- ② データ収集装置に防水保護がなされていないため、屋内での測定に限定される。
- ③ データ収集装置が、振動計測に必要なケーブル類、センサ等の器材が収納可能となっているため、大きく重くなっており、階段等での搬送が難しい。

上記については、①外部バッテリーの活用、②防水コネクタ、ケースの簡易防水化、保護カバーの検討、③ケーブル類、センサ等の器材の収納分離と小型・軽量化 などのバージョンアップを検討中である。

5. おわりに

振動診断による回転機器の傾向管理は、30年を超える実績があり、その有効性は認識されている。従来の振動診断は、常時稼働している回転機器がメインの対象機器であり、非定常に稼働する間欠運転機器は、振動による状態監視が困難であった。しかしながら、本システムの開発により、間欠運転機器においても振動による状態監視が可能となった。

但し、原子力発電所の間欠運転機器の大半を占める縦型ポンプは、水中軸受等の構造が多く、センサの設置箇所が限定され、水中部の状態監視が難しい。本システムによる測定データの蓄積・評価により、縦型ポンプの水中部の状態監視技術の確立につながる可能性がある。

振動による状態監視技術（振動診断技術）は、データの蓄積による診断ノウハウによるところが大きい。本システムの活用により、振動による状態監視技術の対象機器を増やすとともに、データの蓄積により、診断精度の向上につなげていきたい。