

事例紹介	電磁ピックアップによる位相基準 信号のトリガー異常	回転機械
------	------------------------------	------

2013年10月4日
新川センサテクノロジー(株)
開発部 坊田 信吾

対象機械

新設600MW T/G
(定格出力60万kW 石炭火力 汽力発電機)
「タービン設備診断装置」

発生した現象

試運転時のスタートアップ・シーケンスにおいて、
特定の回転数領域でタービン設備診断装置より
「装置異常」の警報が発報される。
→ 以降の運転作業が継続できない

対象装置の説明

● このシステムの特徴

タービン監視計測(TSI)として、軸振動(オーバーオール振動)監視以外に、1X(回転周波数同期成分)の振動成分と位相を常時監視している。

そのために、ベクトル(トラッキング)フィルタを備えている。

その結果は、中央操作室の大スクリーンに映し出される。

装置の異常も常時監視されており、異常値が連続して出力された場合、装置異常と判断され、警報画面が表示される。

→ 今回は、このベクトル監視装置が「装置異常」を起こしたものである。

対象装置の説明

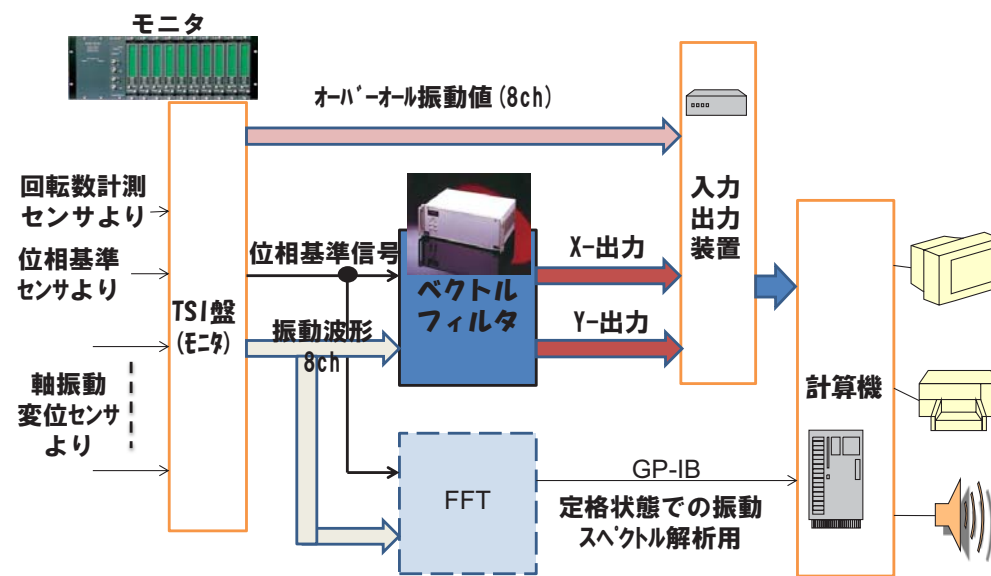


図1. 対象装置のタービン設備診断装置詳細

ベクトルフィルタとは？

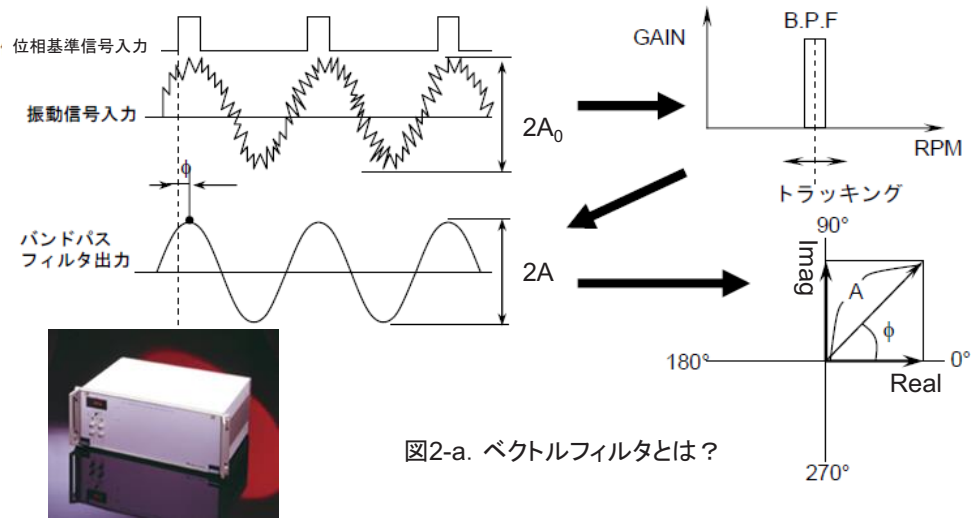


図2-a. ベクトルフィルタとは？

ベクトルフィルタとは？

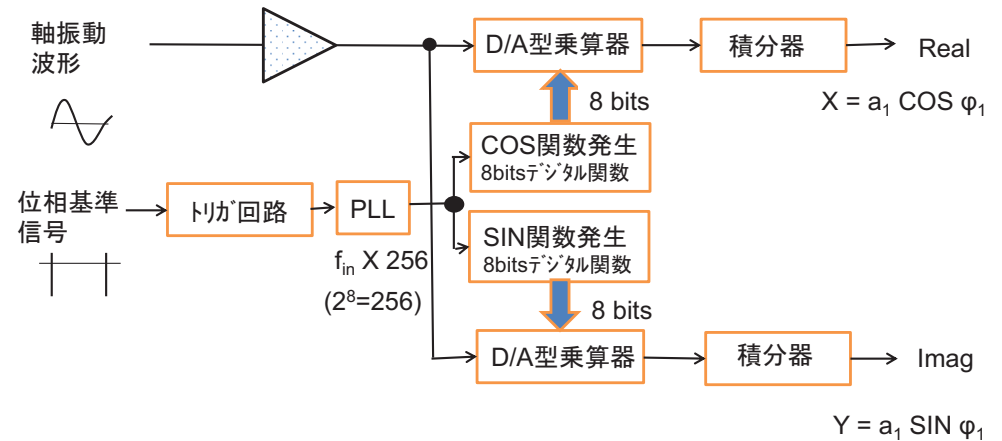


図2-b. ベクトルフィルタの内部信号処理

原因推定

事前情報

事前調査の結果、振動位相解析の前処理を行うベクトルフィルタ装置の出力および次数比分析するためのFFT, いずれも800rpm近傍で異常値を出力していることが判明。

位相基準信号検出用センサは、電磁ピックアップタイプが使用され、専用ターゲットが軸の一部に後付されている。



正常値/異常値の発生が回転数に依存し且つ再現性があるという情報より、位相基準信号に係わる問題である可能性が高いと推定し、オシロスコープを抱えて現地に向った。

原因推定

現地調査

スタートアップのタイミングに併せて現地調査を行ったところ、異常な値が出力される約750rpmで、ベクトルフィルタの位相基準信号を処理するPLL回路(位相同期回路: Phase Locked Loop)がアンロック状態になることが確認された。

PLL回路とは？

PLL（位相同期回路）とは、Phase Locked Loop の略語であり、周波数負帰還回路である。周波数を逡倍する時に用いられる。

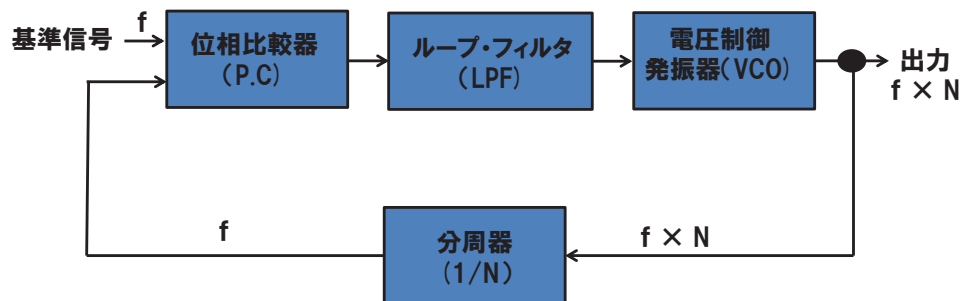
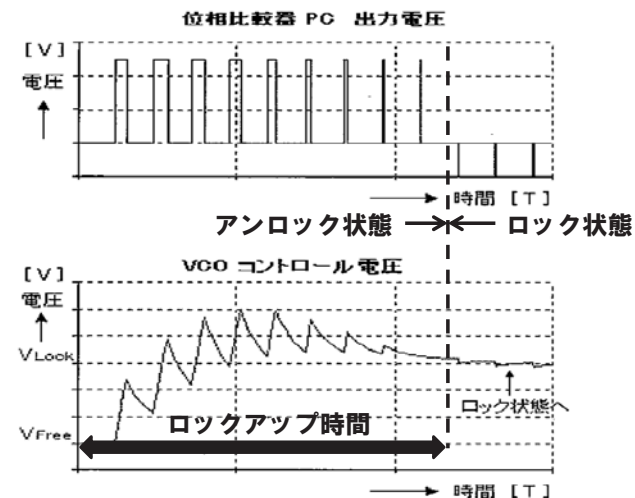


図3. PLL回路の構成

PLL回路とは？

ロック状態とアンロック状態について



➡ PLLはロックアップ時間以下でのステップ的な変化には追従できない。

図4. 入力がステップ変化した場合のPLL回路のロック状態図

出典: PLL の基本動作 <http://gate.ruru.ne.jp/rfdn/TechNote/BasePIITech.asp>より

原因推定

表1. 原因の推定

現象	考えられる原因	検討1	検討2	結果
PLLが特定の回転数でアンロックする。	特定回転数でのセンサからの位相基準信号の喪失(センサ故障)	位相基準信号が喪失するとトリガーランプが消灯	目視調査の結果、トリガーランプは点灯状態である。	×
	特定回転数での部分的なトリガー外れ	入力波形によっては部分的なトリガー外れの可能性がある。この場合、PLLはアンロック状態に陥る		○
	特定回転数で異常パルスが発生(重畳)	入力波形によってはミス・トリガーの可能性がある。ランダムな入力が入るとPLLはアンロック状態に陥る		○
	回転機械の昇速変化に追従できない	今回のTGのトランジェント変化に対して十分に追従することが確認されている		×
	ベクトルフィルタのハード故障	異常は回転数に依存しない	特定回転数領域で異常となる	×

原因推定

- 特定の回転数領域のみで異常が発生する。また、再現性がある。
- 異常が発生している間も、センサからの位相基準信号自体は出力(トリガーパルス出力にて)されている。
- 異常発生時、PLL回路がアンロック状態になっている。
- ベクトルフィルタのみならず、同じ位相基準信号を供給しているFFTでも同じ現象(位相基準信号異常)が見られる。



センサからの位相基準信号の異常と推定した

電磁ピックアップとは？

MS-1601 電磁式回転ピックアップは原理的には図1のようにマグネット、ポールピースおよび検出コイルより構成されています。

磁性体がポールピースの近くを横切ることによりピックアップの磁束が変化して、検出コイルに起電力を発生します。したがって、回転軸に取り付けた検出歯車に近接して電磁式回転ピックアップを取り付けることにより、回転数に比例した周波数の電気信号を検出することができます。

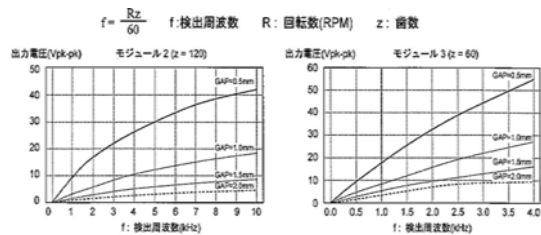
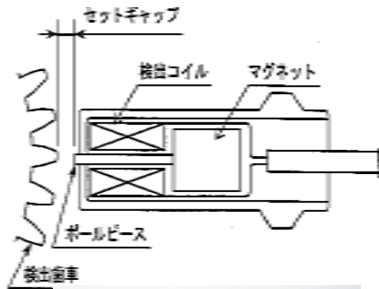


図5. 電磁ピックアップの構造

出典: MS-1601取扱説明書 新川センサテクノロジー(株)

トリガーとは？

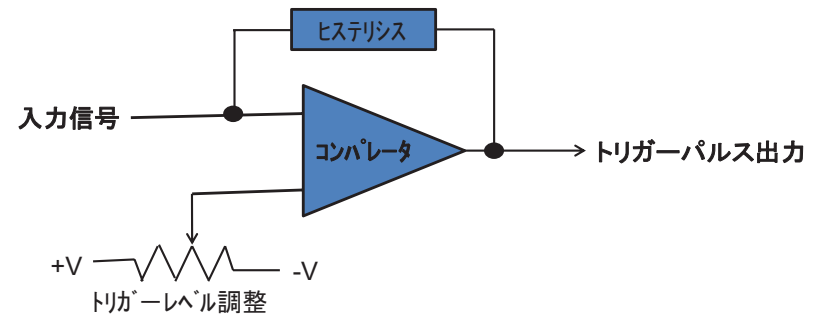
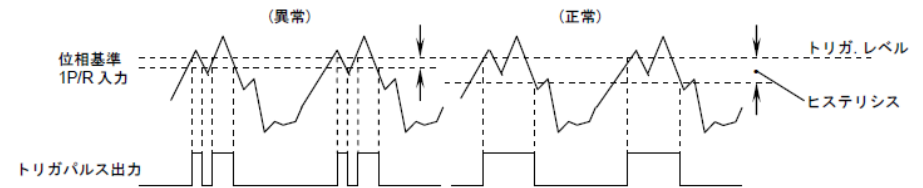


図6. トリガ回路説明

解析・データ 分析

位相基準センサの出力とベクトルフィルタのトリガー処理後の信号を電磁オシロにて記録し、両者を比較調査した。

結果、約750rpmにて位相基準センサの波形が乱れ、全部で5つの大きなピークが見られた。このうちの2か所でミス・トリガー（2箇所トリガーが掛かっている状態）が発生していることが確認できた。

位相基準センサのターゲット形状を詳細に調査したところ、図9に示すように上面がフラット形状であった。従って両端のエッジ部分で近接状態となり約750rpm条件下でこのエッジによる影響でリングング（キックバック）による出力が大きくなり、ミストリガーを発生したものである。

解析・データ 分析

実際の異常発生時の入力波形とトリガー出力波形 約750rpm

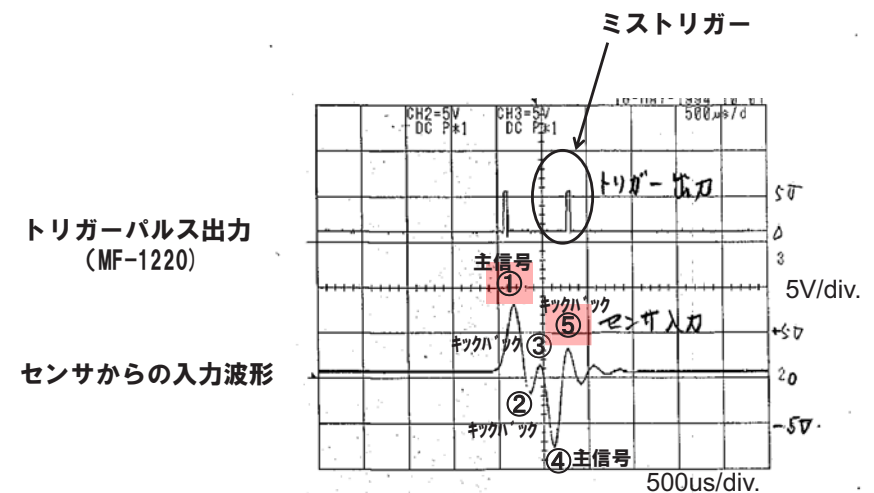


図7. 異常発生時の入力波形とトリガ出力波形

解析・データ分析

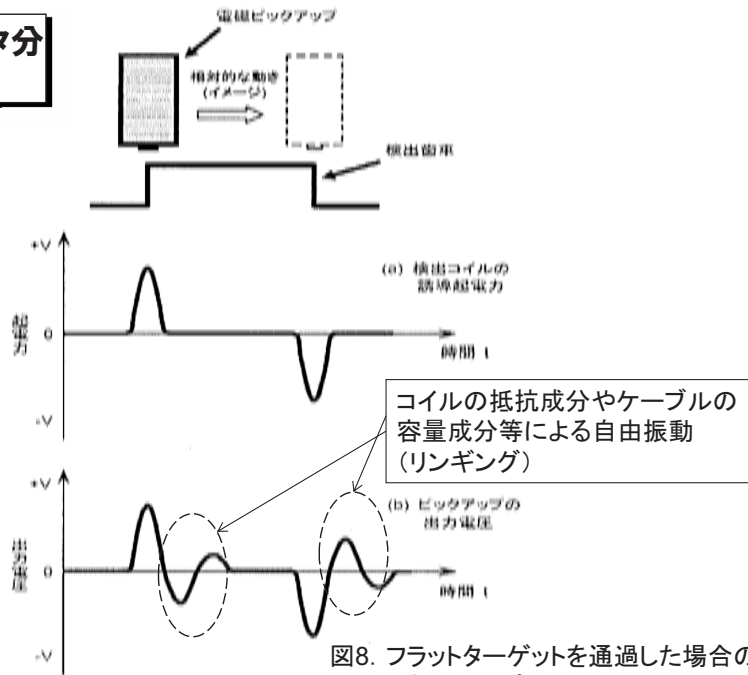


図8. フラッターターゲットを通過した場合の電磁ピックアップの出力電圧(イメージ)

出典: 新川電機WEBマガジンvol.3 No.3 2011年3月8日号

解析・データ分析

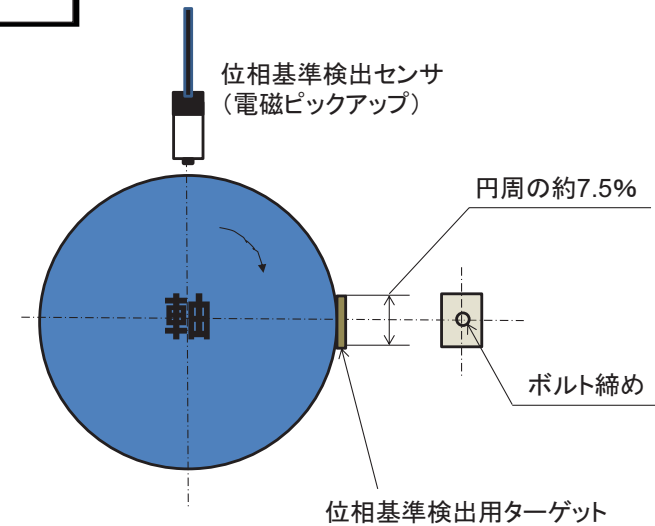


図9. 位相基準センサのターゲット状態

対策の検討

表2. 対策の検討

考えられる対策案	検討	結果
ターゲットの両端にR加工を付与する	対策提案するも、却下。 → 現時点での追加工不可	×
センサを渦電流式変位計に変更する	対策提案するも、却下。 → 現時点でのセンサの変更は不可	×
ヒステリシスの調整	ベクトルフィルタでは0.1V~1Vで4段階のヒステリシス設定が可能	○
トリガーポイントの調整	回転数が限定される可能性がある。 最適なトリガーレベルを調査して決定する必要がある	○

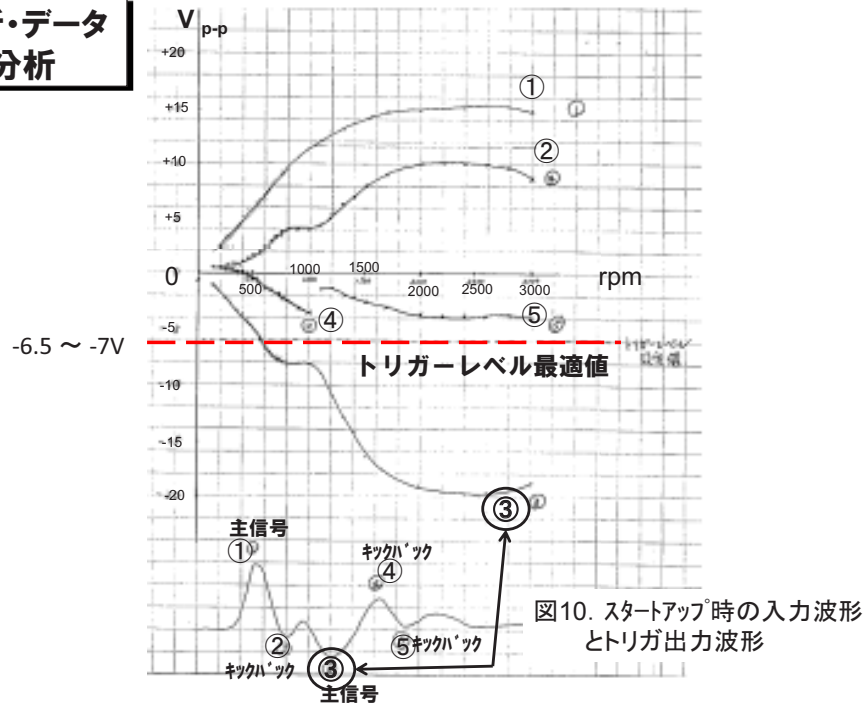
解析・データ分析

スタートアップ試験に合わせて、位相基準センサの出力とベクトルフィルタのトリガー処理後の信号との関係をグラフにまとめた。(図10)
5つのピークそれぞれの波高値が高く、ヒステリシスの調整(最大で1V)で対策することは無理と判断した。

➡ **最適なトリガ設定値を求めるしか解決方法はない。**

この波形状態から、2つ以上のピークと干渉せず、且つ、回転領域がなるべく幅広く取れるピークを探した結果、③番目のピークに着目した。

解析・データ 分析



対策・結果

ベクトルフィルタのトリガーをマニュアル方式とし（デフォルトではオートトリガー）、前述の記録波形から最適なトリガーレベルを設定（ $-6.5 \sim -7V$ ）した。

結果、500rpm～3,000rpm（定格）の間で正常にトリガーが掛かることを確認した。

ただし、500rpm以下では電磁ピックアップの出力電圧不足からトリガーが掛からず、ユーザに対して計測可能下限を500rpmに変更することを申し入れ、ご了解頂いた。

対策・結果

いずれも異常は認められなかった。

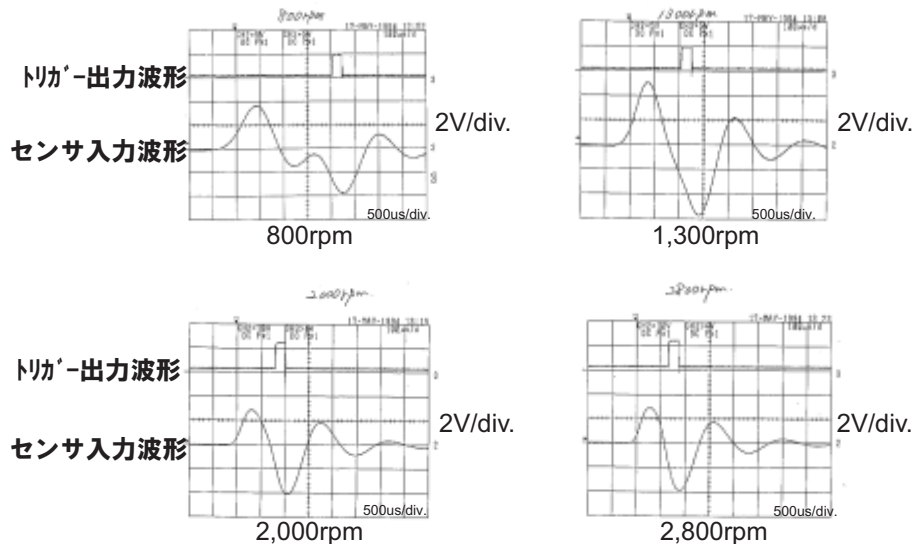


図11. 対策後の入力波形とトリガ出力波形

教訓

電磁ピックアップは電源が不要で構造も簡単なことから多用されているが、原理上、出力電圧は低回転領域と高速回転領域での出力差が非常に大きい。さらにターゲット形状によるリングングも発生しやすく注意すべきである。また、位相基準の用途には使うべきではない。



やむを得ず使用する場合は、計測に必要な回転数全域における出力波形を計測し、最適なトリガーレベルを設定することが必要である。

以上