

## YS形転てつ機用監視装置の開発 (側線分岐器改良に伴う信号の取組み)



森 健司\*

従来の側線用分岐器の構造上の弱点を解消することを目的として、改良形側線用弾性分岐器が開発され、東北線東大宮操車場構内に試験敷設された。この効率的な調整方法について検討を行っているが、検討に必要なデータを収集する装置が無いのが現状である。そこでYS形電気転てつ機のモータ電圧、電流、回転数などを測定・記録する監視装置を開発し、機能確認試験を行ったところ、良好な結果を得た。さらに東大宮操車場に設置されている側線用弾性分岐器と組み合わせた転換試験を実施し、データ収集、分析を行った。その結果を以下に報告する。

●キーワード：定常監視、YS形電気転てつ機、側線用弾性分岐器

### 1. はじめに

改良形側線用弾性分岐器（以下、側線用弾性分岐器）は、従来形側線用分岐器の構造上の弱点箇所を解消することを目的に開発された。

改良内容として

- (a) トングレールと基本レール頭頂面高低差の解消
- (b) 弾性ポイントを採用し、トングレール後端（ヒール部）の複雑な構造の解消
- (c) 曲線トングレールを採用し、トングレール先端部の著大な横圧の解消、摩擦の低減、著大なスラックの解消

があげられ、東北線東大宮操車場構内の222号分岐器（8番片開）に試験的に敷設されている。（図1）



図1 側線用弾性分岐器

この側線用弾性分岐器は、弾性ポイントと、背向割り出しが可能で側線に使用されるYS形電気転てつ機（以下、YS形転てつ機）を組合わせたものであり、導入にあつ

てはバネ力を強化した転換鎖錠器を採用した。現在、最適な調整方法を検討しているが、転換時のトルクや電圧、電流値といった必要なデータを収集する装置が無いのが現状である。

一方、信号設備において、遠隔での状態監視装置の設置が進められる中、YS形転てつ機用の監視装置は無く、設備故障発生時の原因究明に苦慮している。

そこで、これらの課題を解決するため、転換時に変化する各種パラメータを監視し、データ収集、診断を可能とするYS形転てつ機用の監視装置を開発し、各種試験を行うこととした。

### 2. 試作機器

#### 2.1 設計条件

本開発品はYS形転てつ機の転換データ収集を行うという性質上、YS形転てつ機の使用環境に耐えられる必要があるとともに、保守作業やYS形転てつ機の機能に支障を及ぼしてはならないことから、以下の設計条件を定めた。

- (a) 現YS形転てつ機に対し、監視装置取り付け以外の機構変更を行わないこと。
- (b) センサ（電流、回転）は非接触とし、センサおよびその付帯回路の故障が転てつ機の動作に影響を与えないこと。

YS形転てつ機内のスペースが少なく、当初はセンサ部し

かYS形転てつ機に内蔵できないと判断し、処理部は転てつ機外に設けることで検討を開始した。その後、処理部基板の小型化が実現したため、YS形転てつ機の電動機用端子盤、リレー（WR）、電動機用コンデンサ、NFBの位置を変更することで、処理部を内蔵することとした。

ただし転てつ機内の機器配置を変更したため、この監視装置は現在のYS形転てつ機にそのままは取り付けるとは不可能である。

## 2.2 機能概要

本開発品に求められる機能を、以下のように定めた。

- (a) 転換ごとの測定データの記録および伝送
- (b) 測定データを用いた異常診断と結果の記録および伝送
- (c) 異常検出時の警報出力

YS形転てつ機の状態監視、および警報出力を行うことから、本装置を以下、警報監視装置と称す。

## 2.3 構成

開発した警報監視装置内蔵YS形転てつ機を図2に示す。外觀寸法は通常のYS形転てつ機と同程度であり、通常のYS形転てつ機と同様に設置が可能である。

警報監視装置の概要図を図3に示す。警報監視装置は、モータ回転を検知する回転検出器、電動機電流、表示電流、制御電流を検知するセンサ部と、データの演算処理、異常診断、外部へのデータ伝送を行う処理部から成る。

処理部内に設けている記録部は可搬型の記録媒体（メモリカード）を採用しており、着脱可能である。よって監視装置単独で測定や異常診断、さらにはその結果の記

録が可能である。

また、外部にリレーやモニタ端末を接続すれば、遠隔地での監視も可能となる。遠隔地での監視を行う場合の構成図を図4に示す。

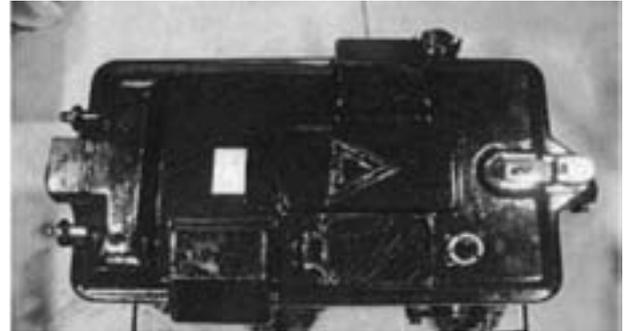


図2 警報監視装置内蔵YS形転てつ機

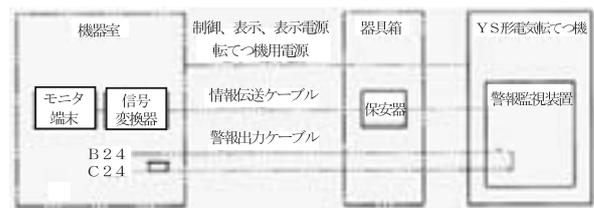


図4 警報監視装置構成図（遠隔監視）

## 2.4 測定項目

警報監視装置の測定項目を以下に示す。

### (1) 電動機電圧の測定

処理部内部に備えた電圧センサの出力から電圧実効値を求める。

### (2) 電動機電流の測定

センサ部の電圧信号から電流実効値を求める。

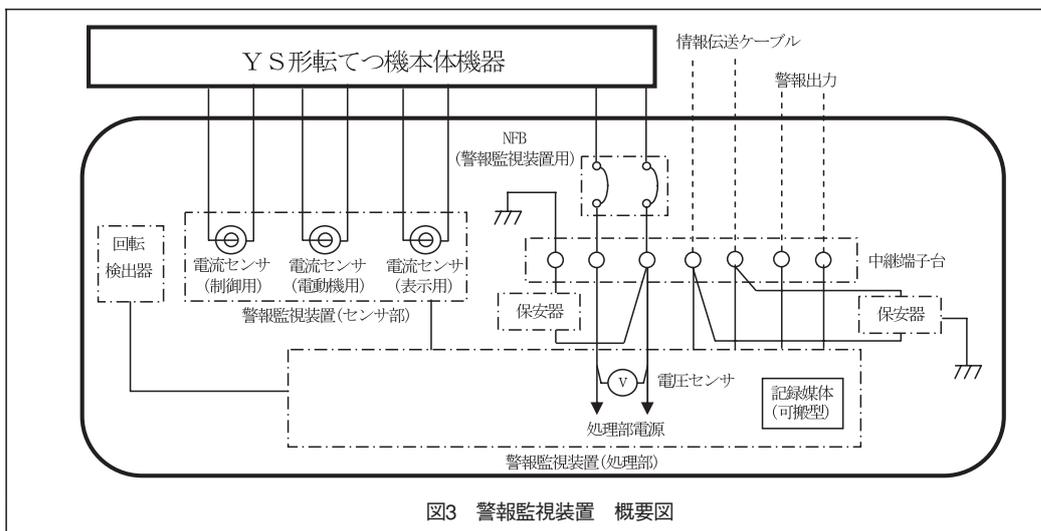


図3 警報監視装置 概要図

(3) 表示リレー回路の測定

センサ部の電圧信号から表示リレー回路電流を求め、表示の有無と極性を判定する。

(4) 制御リレー回路の測定

センサ部の電圧信号から制御リレー回路電流を求め、制御の有無と極性を判定する。

(5) 回転速度の測定

回転検出器のパルス信号からその周期を計測し、電動機の回転速度を求める。

(6) トルクの測定

次の手順により電動機の実出力トルクを求める。

- ① 電動機の回転速度と電源周波数から電動機のすべりを求める。
- ② 内部メモリに記録された「すべりートルク変換テーブル」から定格電圧におけるトルクを求める。
- ③ 定格電圧と実際の電動機電圧の差分に応じてトルクを補正する。

(7) 電動機の負荷率の測定 (図5)

電動機の余力診断のため、次式により負荷率を求める。

$$Lr = (sd-s0) / (st-s0)$$

ただし、

Lr：負荷率

st：最大トルクを発生するすべり

sd：転換中のすべり

s0：無負荷時のすべり

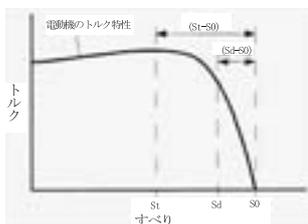


図5 電動機の余力診断

(8) 転換歯車の回転速度の測定

電動機の回転速度と転換歯車の回転速度は図6のような減速機構により比例関係にあるため、回転検出器の出力

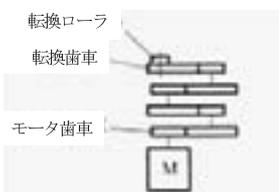


図6 YS形電気転つ機の減速機構

パルス数を計測して転換歯車の回転角度を求める。

- ① モータ歯車 1 回転当たりの転換ローラの回転数：

$$1/174 \text{ 回転}$$

- ② モータ歯車の歯数：17 歯

モータ歯車 1 歯当たりの転換ローラの回転角度：

$$①/② \times 360^\circ = 0.12^\circ$$

(9) 転換時間の測定

電動機電流が流れ始めてから表示電流が流れ始めるまでの時間を測定して転換時間を求める。

2.5 監視 (異常診断)

警報監視装置は以下の項目を監視し異常診断を行う。

- (1) 手回し扱い

電動機が通電していない状態で電動機が回転した場合に異常とする。

- (2) 妨害 (異物介在などによる)

通電中の電動機が回転を停止した場合に異常とする。

- (3) NFB不良

電動機電流が連続して12分以上流れ続けた場合に異常とする。

- (4) 転換中の電圧低下

電動転換中に電動機電圧が80V未満になった場合に異常とする。

- (5) ブレーキ不良

電動転換が終わり電動機の回転が停止したとき、転換歯車の回転角度が規定の角度に達しない場合、または規定の角度を超えた場合に異常とする。

- (6) 機内マイクロスイッチ不良

表示が構成しているときに、表示と反対方向の制御が入力されても1秒以上電動機に通電がない場合、または電動転換の開始から転換歯車の回転角度が規定値を超えるまで連続して電動機に通電があった場合に異常とする。

- (7) 転換クランクのセンター調整不良

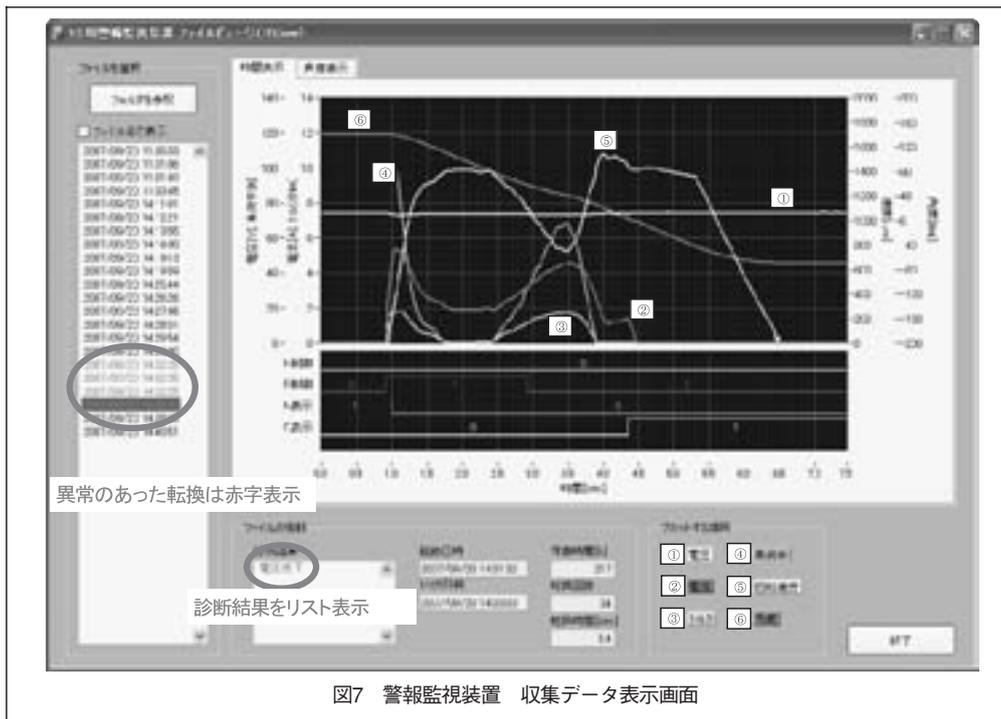
転換歯車の回転角度が規定の範囲にあるときに電動機の実出力トルクが規定値を超えた場合に異常とする。

- (8) 負荷率の上限値超過

電動機に起動時以外で負荷率が70%を超えた場合に異常とする。

- (9) 表示切れ

表示が100ms以下の時間だけ落下した場合に異常とする。



## 2.6 情報出力・記録

警報監視装置は以下の項目を監視し、情報出力・記録を行う。

(1) 1台のモニタ端末に対して常時、規定した周期で、以下の測定データと異常診断結果を伝送する。

(電動機電圧、電動機電流、表示有無と極性、制御有無と極性、電動機の負荷率)

(2) 異常診断項目の中の規定した項目で異常が検出された場合、警報接点を開放する。また、処理部の電源が再投入された場合は警報接点を短絡する。

(3) 転換毎にファイルを作成し、以下のデータを記録する。ただし、メモ리카ードに記録されたファイルの数が規定数に達した場合には古いファイルから順に削除する。

(電動機電圧、電動機電流、トルク、表示有無と極性、制御有無と極性、電動機の負荷率、転換歯車の回転角度、転換時間、起動日時、転換日時、転換回数、稼動時間、異常情報)

## 2.7 モニタ情報

警報監視装置で収集したデータを図7に示す。本装置では最大10,000件のデータ収集が可能であり、これをモニタ端末に読み込むことで任意の転換データを表示することができる。診断機能によって異常と判断されたデータは赤く表示されるため、障害時のデータ検索が行いやすくなっている。

## 3. 機能確認試験

試作した警報監視装置内蔵YS形転てつ機に対し、(株)三工社 甲府工場にて機能確認試験を行った。機器評価項目を表1に示す。

機器評価項目に対していずれも良好な結果が得られ、本開発品は監視装置としての機能を十分に満たしていることが分かった。

## 4. 通常分岐器における転換動作確認試験

東大宮操車場の側線用弾性分岐器への導入に先立ち、通常のYS形転てつ機との交換が可能であることの確認も含め、テクニカルセンター内のYS形転てつ機が設置してある分岐器において、警報監視装置内蔵YS形転てつ機を設置し、転換試験を行った。(図8)

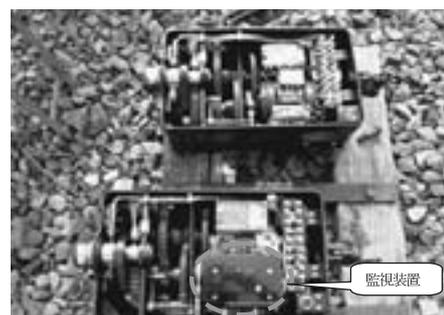


図8 通常のYS形転てつ機(上)と警報監視装置内蔵YS形転てつ機(下)

表1 機器評価項目

試験・評価内容	性能基準
電動機電圧測定性能評価	測定誤差5%以下
電動機電流測定性能評価	測定誤差5%以下
表示・制御検出性能評価	極性および有無を判定可能なこと (96mA、19.2V以下で有判定、36mA、7.2V以上で無判定)
回転速度測定性能評価	測定可能なこと (誤差率0.5%/回転速度141.2~1800rpm)
トルク測定性能評価	測定可能なこと(誤差率10%以内)
負荷率測定性能評価	測定可能なこと(誤差率1.2%以内)
回転角度測定性能評価	測定可能なこと(測定範囲0~360° /分解能0.2°)
転換時間測定性能評価	測定可能なこと(誤差0.125sec以下)
異常診断機能評価	機能すること(項目2.5による)
データ伝送機能評価	正常なデータ伝送が可能なこと(差動電圧200mV以上)
記録機能評価	正常な記録が可能なこと(10,000件)
警報出力機能評価	正常な警報出力が可能なこと(接点开閉動作)
消費電力測定	消費電流1A以下
絶縁抵抗および耐電圧試験	絶縁抵抗10MΩ以上(DC500V、1分間)
	絶縁破壊がないこと(AC1500V、1分間)
温度試験	異常なく機能すること(-20℃~+60℃)
振動試験	機器の損傷、動作異常のないこと(20~40Hz/98.1m/s <sup>2</sup> )
防水試験	浸水のないこと(JISE3017 R2)
耐サージ試験	機器の損傷、動作異常のないこと(4kV/1.2×50μs)
耐ノイズ試験	異常なく機能すること(5W/20cm以下)

本開発品は通常のYS形転てつ機の設置箇所に問題なく設置可能であり、正常な転換動作を行うことも確認できた。

転換データのグラフを図9に示す。

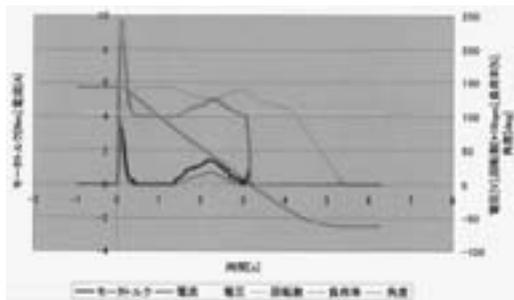


図9 転換データ(通常状態)

ここでは異物介入試験も実施した。その時の転換データのグラフを図10に示す。

トングレール先端に5mmの鉄片を挟み込んだ場合には、妨害に伴い回転速度が急減速したため、ブレーキ不良(ブレーキトルク過多)を検出し、転換不能(KR表示なし)となった。ブレーキ不良は電動機転換終了時に転換歯車の回転角度が最小停止角度(-52°)に満たない場合に検出する。

介入した異物が大きい場合、通電中の電動機が回転を停止するため「妨害検知」となるが、異物が小さく、電

動機が正常に回転を終了して歯車の位置だけずれていた場合には、「ブレーキ不良検知」となる。

これは仕様で定めた動作であり、本装置が正常に機能していることが確認できた。

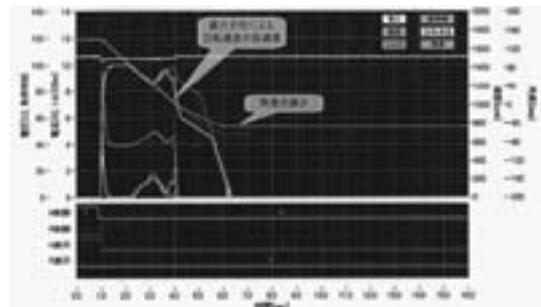


図10 転換データ(異物介入状態)

## 5. 側線用弾性分岐器における転換動作確認試験

側線用弾性分岐器が設置されている、東大宮操車場構内222号分岐器に本開発品を設置し、転換試験を行った。

側線用弾性分岐器の調整方法は確立されておらず、安定稼働を確保することを目的として、控え棒の張りを強くするなどの処置を行っており、センター調整にもずれが生じていた。よってここで行う試験では、通常の分岐器とは異なるデータになるものと考えられた。

転換データのグラフを図11に示す。

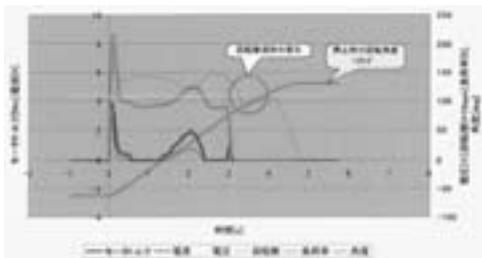


図11 東大宮操車場222号 転換データ

このグラフから、以下のことが読み取れる。

- ・最大モータトルクは2.0Nm、最大運転電流は5Aで、この時の負荷は20%であり、余裕を持った転換を行っていると思われる。
- ・転換動作開始前のモータトルク、運転電流、回転数の波形には大きなピーク／ディップがないが、転換終了直前において回転数の波形に大きなディップが確認できた。これは転換クランクのセンター調整にずれがあるためと判断できる。

次に異物介在試験を実施した。その時の転換データのグラフを図12に示す。

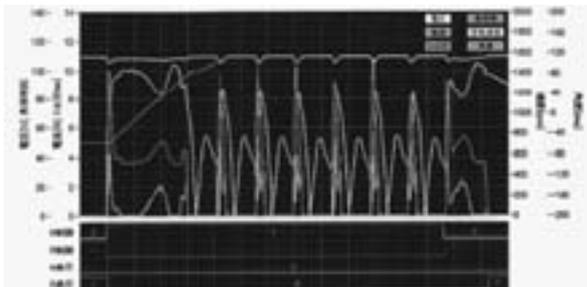


図12 異物介在試験 転換データ

トングレール先端に5mmの鉄片を挟み込んだ場合、テクニカルセンター内での試験結果と異なり、転てつ機の転換ローラがカムから抜け出すことができずに転換制御を繰り返す状態（転換不能）となった。このように本開発品により、これまで把握できなかった事象が、データとして確認できるようになったことは今回の開発の成果と考えられる。

## 6. 蓄積データ確認

警報監視装置のデータ収集機能により、2007年12月21日～2008年2月4日までの転換データを収集した。（2月4日

夜にデータ回収）

収集したデータを確認したところ、2月3日に転換のリトライが発生していたことが判明した。

当日は降雪があり、雪がトングレールに挟まり、転換を妨害したものと考えられる。（図13）

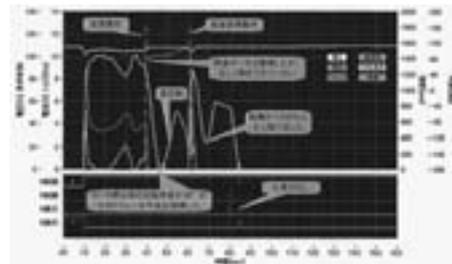


図13 リトライ直前の転換データ

リトライ後、転換完了しているデータも記録されており、本装置のデータ収集機能の有効性が確認できたと考える。（図14）

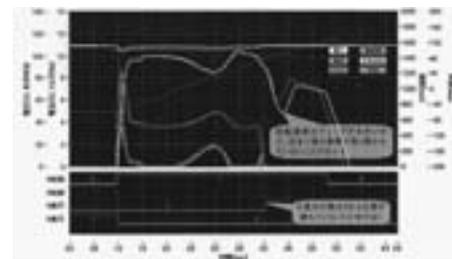


図14 リトライ直後の転換データ

## 7. まとめ

今回の開発で試作した警報監視装置は、評価試験の結果、仕様書の要求事項を満足していることを確認した。

さらに、東大宮操車場構内222号分岐器への試験設置により、障害発生時の原因究明を行う上で警報監視装置の有用性が高いことを実証することができた。

現在、弾性分岐器用転換鎖錠器改良の検討を進めているところであり、本開発品と組み合わせての転換試験を行い、最適な調整方法を確立した上で側線用弾性分岐器の水平展開につなげていきたいと考えている。

### 参考文献

- 1) 和泉和宏、堀雄一郎：改良形側線分岐器の調整方法の研究、2008
- 2) (株) 三工社：YS警報監視装置、2007