

# 小型化と長寿命化を実現した タービン監視計器モニタ PE6シリーズ

PE6 Series Compact, Long-Life Turbine Supervisory Instrument Monitor

小坂 秀則      山口 健二

■ KOSAKA Hidenori      ■ YAMAGUCHI Kenji

タービン監視計器 (TSI: Turbine Supervisory Instrument) は、電力会社の事業用発電所や、化学・製紙プラントなどの自家発電所で稼働しているタービン発電機の回転数や振動といった運転状態を監視している。タービン本体に取り付けられた各種の検出器で計測された信号は、TSIモニタで増幅、変換され、運転制御システムなどに出力される。増加する電力需要に対して安定した電力を供給するため、TSIには高い品質、信頼性、及びコストパフォーマンスが要求される。

東芝は、このような要求に応えるため、TSIモニタ PE6シリーズを開発した。PE6シリーズは、従来のPE5シリーズに比べて、機能を必要最小限に絞り込むことで容積を1/4以下に小型化し、更に約2.5倍の長寿命化を実現している。

Turbine supervisory instrument (TSI) systems monitor the operating status, including rotation speed and vibration, of turbine power generators in power, chemical, and paper manufacturing plants. Signals from various detectors installed in the turbine are amplified or converted in the TSI monitors and sent to each control unit. There is an ongoing need for TSI systems that provide higher quality and higher reliability as well as improved cost performance.

To meet these requirements, Toshiba has developed the PE6 series TSI system. The PE6 series achieves one-quarter the volume by narrowing down the functions to the minimum necessary level while offering 2.5 times the product lifetime compared with the previous PE5 series.

## 1 まえがき

タービン監視計器 (TSI: Turbine Supervisory Instrument) は、主に国内外の電力会社の事業用発電所や、化学・製紙プラントなどに設置された自家発電所で、タービン発電機の回転数や、偏心、振動、伸び、伸び差といった運転状態を監視している。これらの計測値があらかじめ定められた警報値を逸脱すると、警報信号をいち早く運転制御システムに出力して異常運転状態を回避するなど、タービン発電機を安定して運転するために不可欠な計器である。

東芝のTSIは約30年の歴史と稼働実績があり、国内外の火力事業用や、自家発電用など延べ約500か所の発電所にPE2又はPE5シリーズを納入している。また、延べ約16か所の原子力発電プラントにPE2シリーズを納入している。

低迷が続く経済状況のなかでも電力の需要は年々増えており、安定した電力供給への要請が高まっている。電力供給におけるTSIの重要性から、顧客の要求は厳しく、特に安定した高い品質、信頼性、及びコストパフォーマンスが強く求められている。

当社は、このような要求に応えるため、TSIモニタ PE6シリーズを開発した。ここでは、このPE6シリーズの概要と特長について述べる。

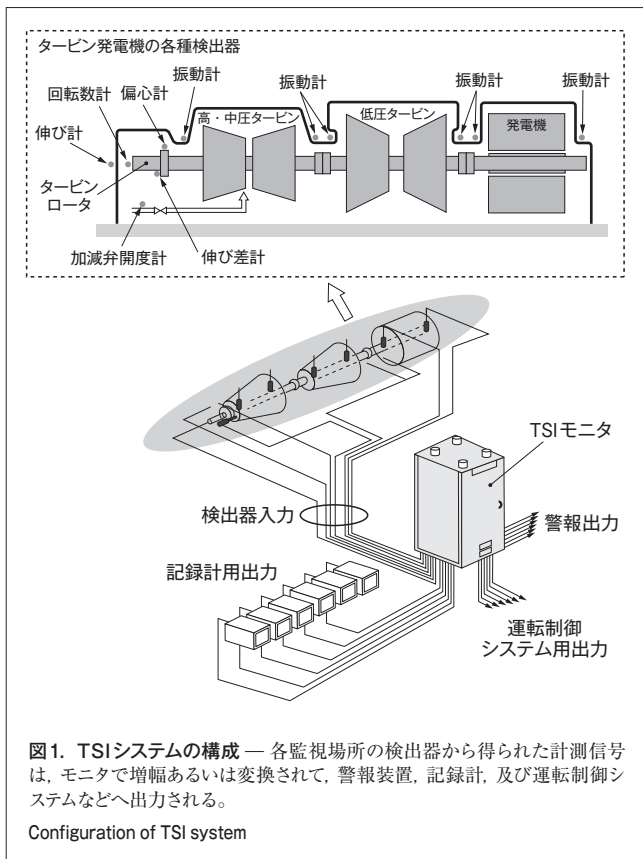
## 2 TSIシステムの概要

TSIは、タービン発電機の運転状態によって刻々と変化する信号を計測するための各種検出器と、信号変換機能を持つTSIモニタから構成される。

TSIシステムは、タービン本体の各監視場所に取り付けられた各種の検出器で計測された信号を、TSIモニタで増幅あるいは変換して、警報装置、計録計、及び運転制御システムなどへ出力する (図1)。

各部の機能は次のとおりである。

- (1) 回転数計      タービン発電機の昇速や降速時での円滑な回転数変化と、定格運転中の持続的な動揺の防止を目的に監視する。タービンロータの軸に設置された歯車の凹凸により回転速度に比例して変化する信号を捕らえ、回転数に変換して計測する。
- (2) 加減弁開度計      発電機負荷の調整のため、タービンへ流入する蒸気量をコントロールする弁の開閉度を監視する。
- (3) 伸び計      運転中にタービンロータの羽根などの回転体とカバーなどの静止体が接触するのを防止するため、軸の伸びを監視する。
- (4) 伸び差計      運転中の熱膨張によりタービンロータの羽根などの回転体とカバーなどの静止体が接触するのを防止するため、伸び量の差を監視する。



- (5) 偏心計 長期間にわたる運転停止により、タービンロータの軸の変形や重心位置のずれ(偏心)が発生し、運転中に大きな振動を誘発するおそれがある。これを防止するために、より低速度で回転させて軸の変形を修正できるように偏心量を監視する。
- (6) 振動計 回転体と静止体の接触による破損を防止するため、タービンロータと軸受の振動の増加を監視する。
- (7) モニタ TSIで使用される一般的なモニタは、タービン本体に取り付けられた各種検出器からの信号を受け、モニタ内で信号を増幅あるいは変換し、直流電圧1~5 V又は直流電流4~20 mAの正規化された計測信号を出力する。計測信号があらかじめ設定された警報点を超えた場合は、外部に警報接点信号を出力する。また、モニタ自体に異常が発生したときは、異常接点信号を出力する。

### 3 PE6シリーズの仕様と構成

PE6シリーズの主な仕様を表1に示す。

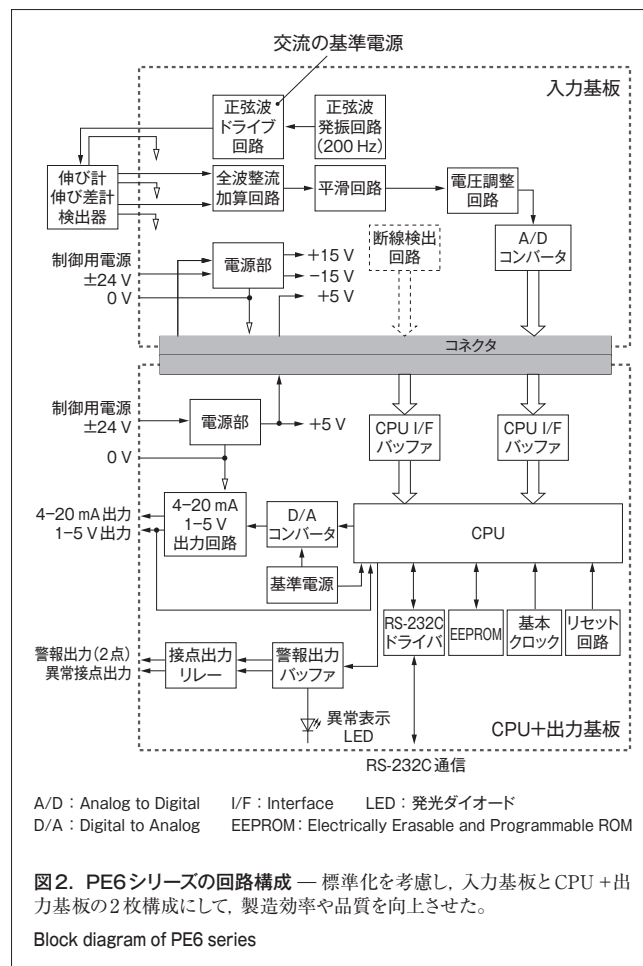
従来のモニタは専用の基板を使用していたが、PE6シリーズでは標準化して2枚の基板で構成するようにした。1枚は各検出器のアナログ信号処理を行う入力基板、もう1枚は全機種共通のデジタル演算と出力信号処理を行うデジタル処理

表1. PE6シリーズの主な仕様

Main specifications of PE6 series

項目	仕様
検出器入力	1点
アナログ出力	直流 1~5 V 又は 4~20 mA
精度	±0.5 %FS (周囲温度が25 °Cのとき)
警報接点出力	2点 (接点定格: 交流 125 V/0.5 A)
異常接点出力	1点 (接点定格: 交流 125 V/0.5 A)
電源	直流 +24 V/-24 V (検出器用)
使用温度範囲	0~50 °C
外形寸法	60 (幅) × 163 (高さ) × 110 (奥行き) mm
質量	350 g
取付け	DINレール取付け
通信機能	保守用PCとの通信はRS-232Cで可能

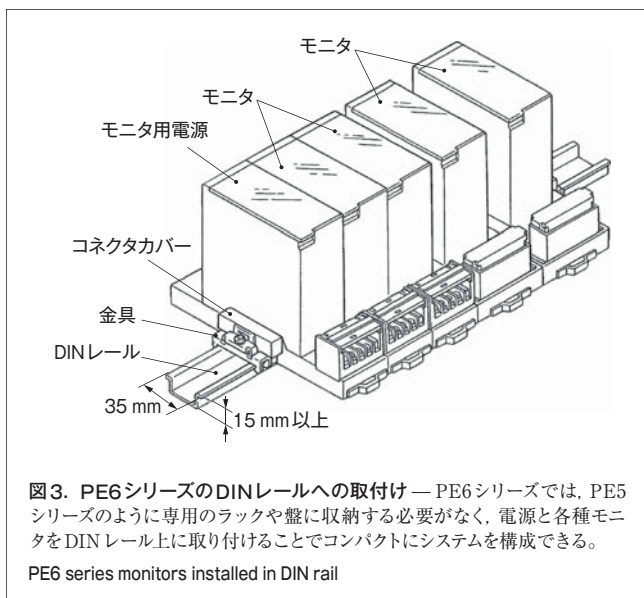
FS: 最大流量に対する精度を表す PC: パソコン



(CPU及び出力) 基板である。

PE6シリーズの回路構成を図2に示す。

製造上、従来は専用基板のため作りだめが難しかったが、このデジタル処理基板を標準化することで、標準設計が可能になるとともに高い品質を確保することができ、また製造リードタイムや部品管理などの製造効率を約30%向上できた。



モニタとモニタ用電源は、35 mm幅のDINレール<sup>(注1)</sup>に取り付けることを基本に設計した。従来のPE5シリーズに比べて、専用のラックや盤への収納が必要ないためコンパクトにシステムを構成できる(図3)。

## 4 PE6シリーズの特長

### 4.1 小型化

PE6シリーズでは、従来のPE5シリーズに比べ機能を最小限に精査してスリム化した。これにより、電子部品数を削減でき、容積比1/4以下の小型化を実現した(図4)。また、消費電力が削減され、モニタ用の電源も小型化された。

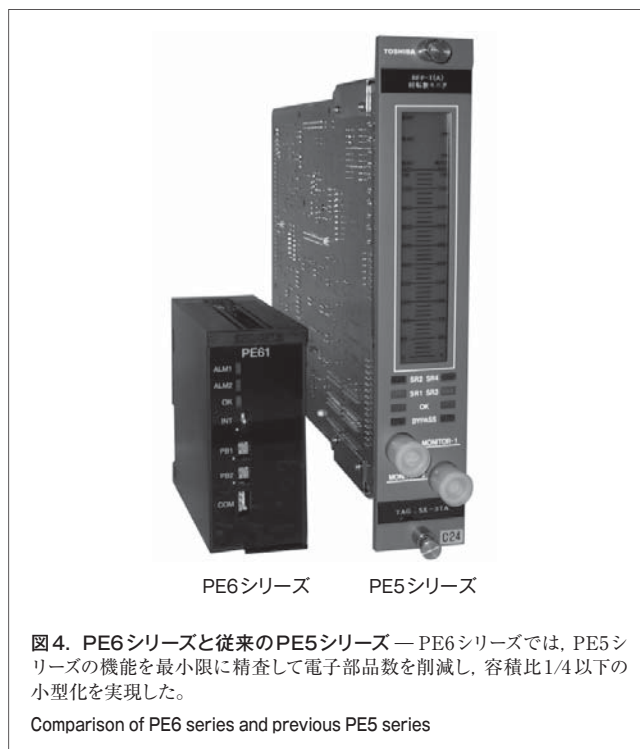
これらにより、従来の収納専用ラックが不要になり、スペース効率が向上することにより、現場のシステム規模に応じた柔軟な設置を提供できる。

### 4.2 長寿命化

電子部品数の削減を図る一方、保守対応品のコンデンサについて長寿命型品を選定するとともに、各種のパラメータ設定などに使用する液晶ディスプレイ(LCD)の機能も見直した。

- (1) コンデンサ PE5シリーズで使用していたアルミニウム電解コンデンサは、5年周期で特性劣化を確認し交換していた。PE6シリーズでは長寿命型品を採用することで、15年周期に延長することができた。
- (2) LCD PE5シリーズでは、5年周期でLCDユニットの特性劣化を確認し交換していた。タービン発電機の運転開始後は、LCDを見るのがほとんどないことや、保守用パソコン(PC)で代用することで、PE6シリーズでは、LCDを搭載しないことにした。

(注1) DIN規格(ドイツ連邦規格)に準拠した35 mm幅レール。



これらによりPE6シリーズでは、PE5シリーズに比べて約2.5倍の長寿命化が実現した。

### 4.3 通信機能の搭載

従来のモニタでは、測定パラメータに変更が生じた場合、モニタパネルのハードスイッチなどで設定していた。また、電流出力の直線性補正誤差が大きい場合は、モニタを工場へ引き取ってハードウェアを変更するため、多くの時間と費用が必要であった。

PE6シリーズでは、RS-232C<sup>(注2)</sup>で接続したPCでパラメータ設定を行うことにより、操作性を向上させた。各種のモニタに対して測定レンジの設定、警報値の設定、出力電流の補正、及び検出器情報などの履歴管理が可能である。PCで操作するにあたっては、パスワードを設けるなどセキュリティに配慮している。

設定保守用PCの回転数計パラメータの画面を図5に示す。

### 4.4 様々な検出器に対応

回転数や、伸び、伸び差、振動など過去に使用した実績のあるすべての検出器に対応できる入力回路構成にした。

また、一部の特性を確認し補正する必要があるが、国内や海外の他社製検出器にも対応できることから、新規システムやリプレースでの適用が容易である。

### 4.5 検出器用電源を内蔵

伸び計や伸び差計は、専用の交流の基準電源が必要であ

(注2) 米国電子工業会(EIA)によって標準化されたシリアル通信の規格の一つ。

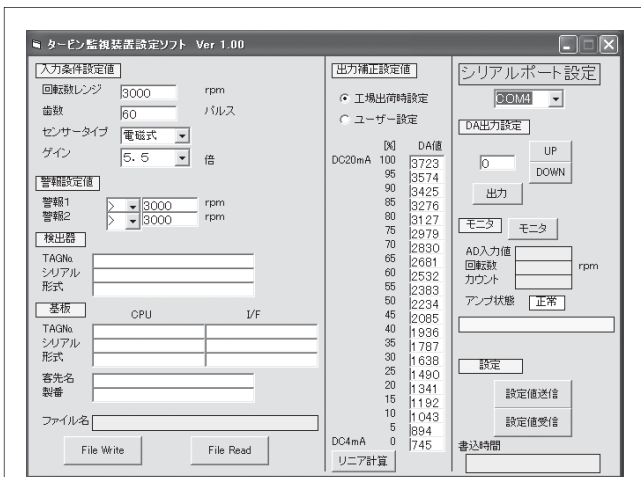


図5. 回転数計のパラメータを設定する保守用PC画面 — PE6シリーズでのパラメータ設定を、RS-232Cで接続した保守用PCで行うことで、操作性が向上するとともに、情報の履歴管理が可能である。

Maintenance PC screen for setting of rotation speed

る。従来のPE5シリーズでは、TSIシステムとは別に交流の電源を準備して、検出器へ供給し測定していた。しかし、PE6シリーズでは、安定した独自のスイッチング電源回路技術を駆使して、交流の基準電源をモニター基板内に内蔵させ、用品数を削減することにより実装スペースの効率を向上させた。

#### 4.6 シンプルな前面操作パネル

PE6シリーズの前面操作パネルを図6に示す。

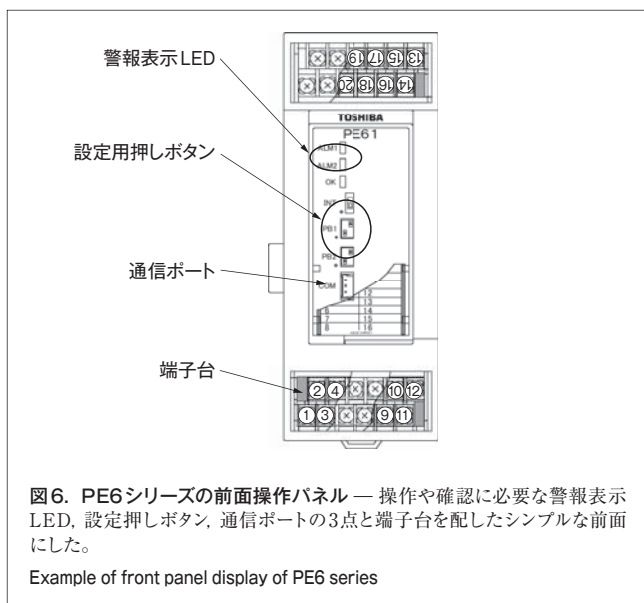


図6. PE6シリーズの前面操作パネル — 操作や確認に必要な警報表示LED、設定押しボタン、通信ポートの3点と端子台を配したシンプルな前面にした。

Example of front panel display of PE6 series

PE6シリーズの前面パネルに、操作や確認に必要な次のインタフェース3点だけを設けた。

- (1) 警報表示LED 警報設定出力用発光ダイオード(LED)を2チャンネルと機器異常出力用LEDを1チャンネル装備した。
- (2) 設定用押しボタン 保守用PCを使用しない場合、警報値や測定レンジなどの設定を手動で行う。
- (3) 通信ポート 保守用PCとRS-232Cポートで接続して、情報を授受する。

## 5 あとがき

顧客の要求に応じて開発したPE6シリーズは、TSIの基本的な機能や性能を十分確保している。また、従来のPE5シリーズに比較して、小型化や長寿命化が実現でき、製造効率が向上するとともに、タービン発電機を監視するシステムの柔軟な構成が可能になった。

今後、PE6シリーズをベースに、更に海外市場のニーズに応える製品の開発にも注力していく。



小坂 秀則 KOSAKA Hidenori

電力流通・産業システム社 府中事業所 計測制御機器部 主務。タービン監視計器の開発・設計に従事。  
Fuchu Complex



山口 健二 YAMAGUCHI Kenji

電力流通・産業システム社 府中事業所 計測制御機器部。タービン監視計器の品質保証業務に従事。  
Fuchu Complex