

オンライン監視によるセンサーの点検周期判断支援技術

Sensor Inspection Interval Judgment Support Technique by Online Monitoring

三菱重工業(株)原子力技術部 渡辺 長深 Osami WATANABE Non-Member
 三菱重工業(株)原子力プラント設計部 林 宣宏 Nobuhiro HAYASHI Non-Member
 三菱重工業(株)高砂研究所 野村 真澄 Masumi NOMURA Non-Member

This paper introduces a new technique for supporting sensor inspection interval judgment by using an online sensor monitoring system for pressurized water reactor (PWR) plants. This system models the characteristics of the sensors just after the planned outage and monitors sensors during a plant operation by predicting true value and evaluating just before the next planned outage sensor drifts that is difference between true value of a parameter and measured value of the sensor. The system can detect the defect sensor, or the intact sensor exhibit a sufficiently small drift and need no calibration at the time.

Keywords: Online Monitoring, Inspection Interval, Auto-Associative Neural Network

1. 緒言

原子力発電プラントにおける計測制御システムの校正作業は以下のステージから構成されている (Fig.1)。

- センサーの校正
- 信号処理システムの校正
- ヒューマンインタフェース及びプラントコンピュータ (PCCS)

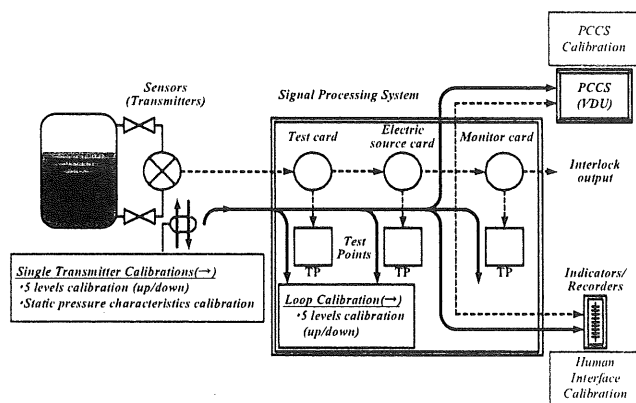


Fig.1 Calibration work at planned outage

保守コストの低減及びプラントの計画停止期間短縮のため、計測制御システムの保守作業低減が必要とされている。センサー部分以外の校正作業に対しては、システムのデジタル化により、相当の作業低減が可能となる一方、センサー部分に対しては、効果的な校正作業低減手法がなく、各計画停止時には必要であるか否かにかかわらず全てのセンサーに対して校正作業を実施している。このため、センサー及び伝送器のフル

レンジに渡るドリフトを推定し、校正の必要性の有無を評価するためオンラインセンサー監視システムを開発した。

2. オンラインセンサー監視システム

システムは検査直後にセンサーの特性をモデル化し、センサードリフト (真の値とセンサーの計測値の差) を監視、評価し、ドリフトが十分小さい、即ち校正が不要なセンサーを識別する。本システムの構成を Fig.2 に示す。

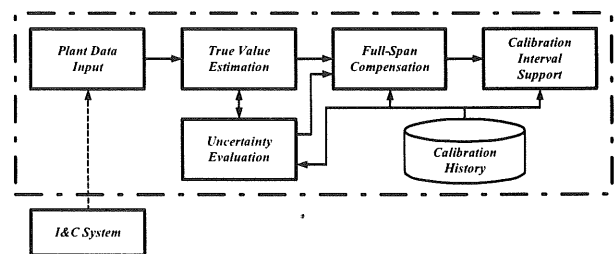


Fig.2. Configuration of the online sensor monitoring system

Fig.2 の各ブロックの機能を以下に記す。

- プラントデータ入力：計測制御システムからプラントデータを入力し、必要に応じ、単位系変換、正規化及びノイズ除去を行う。
- 真値推定：真値推定モデルを用いてプロセスパラメータの値を推定する。推定手法にはいくつかの方法があるが、本システムでは、自己連想型ニューラル

ネットワーク (AANN - Auto Associative Neural Network) を用いている (Fig.3)。AANN には測定値が入力され、AANN は入力に対応した真値の推定値を出力するように学習する[1]。

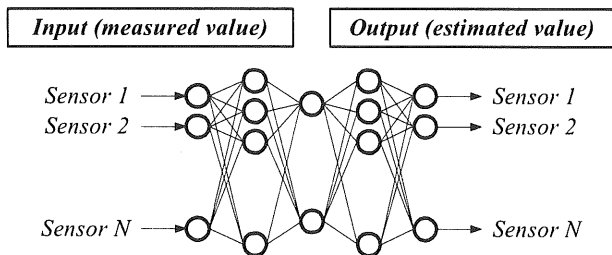


Fig.3 Structure of AANN

実プラントではセンサー数が 400~500 個に達するため、複数の推定モデルが備えられている。1つのセンサーに対して複数の推定モデルから推定値が得られるが、これらは信頼性向上のため、重み付け平均などにより処理される。

- 不確実性評価: 真値推定モデルでは相関する一つ以上のセンサー出力を用いているため、各センサーのドリフトは各々のセンサーの推定値に影響を及ぼす。即ち、推定値には不確実さが含まれており、不確実性評価部分では推定モデルの感度特性及びセンサー固有の不確実さに基づき、推定値に含まれるこの不確実さを評価する。
- フルスパン補償: 我が国の原子力発電プラントは、一定の出力で運転されているため、測定値は運転状態に対応した定常点にあり、フルレンジに渡る各センサーの測定値と真値の差を推定することは難しい。ここでは、センサードリフトは2つの成分に分離することができるという点に着目することにより、フルスパン補償を行う方法を導入した。センサードリフトの一つの成分は「ゼロ点シフト」と呼ばれるドリフトの並行移動成分であり、もう一つの成分は「スパンシフト」と呼ばれるドリフトの変動成分である。ゼロ点シフトは真値推定によって推定され、スパンシフトはセンサーのドリフト特性から統計的手法により導かれる[2]。
- 校正間隔支援: センサーのフルレンジに渡る補償結果から評価された現在の健全性及びセンサーのドリフト特性に基づき、将来の健全性を予測する。予測されたドリフト範囲が許容されるレベルを超過するのであれば、当該センサーは校正が必要となる。

3. システムパフォーマンス評価

実プラントのデータを用いて、真値評価手法の試験を実施した。試験グループは、原子炉冷却系 (RCS)、主給水/主蒸気系 (FW/MS) に装着された 16 個のセンサーから構成されている。推定モデルの学習の後、模擬ドリフトが意図的に実際のプロセス値に加えられ、推定モデルに入力された。Fig.4 に、主蒸気圧力に対する試験結果を示す。推定モデルは元の値とほぼ同じ推定値を出力しており、推定モデルによって模擬ドリフトが除去されていることがわかる。

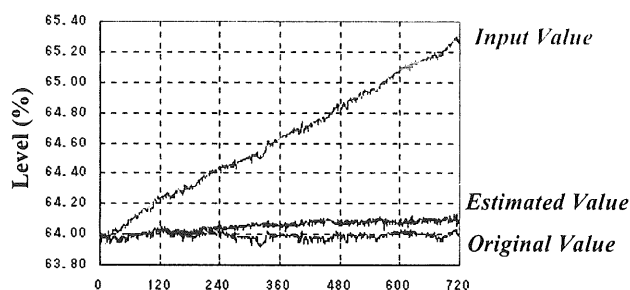


Fig.4 True value estimation

4. 結言

センサー及び伝送器のフルレンジに渡るドリフトを評価し、校正の必要性の有無を評価するため、オンラインセンサー監視システムを開発した。今後、システムの改善を図り、実際の PWR におけるパフォーマンス検証を行い、実際の PWR プラントへの適用を計画している。このシステムは、保守コストの低減及び保守時の被ばく低減に寄与するものと考えている。

参考文献

- [1] J.W. Hines and R.E. Uhrig. (1998). *Use of Auto Associative Neural Networks for Signal Validation*. Journal of Intelligent and Robotic Systems 21, pp143-154
- [2] Asada, H. Iba. (2002). *Optimization of Instrument Calibration Intervals by On-line Sensor Monitoring Techniques*, ISO/FIC2002 (International Symposium on the Future I&C NPP), pp128-130, Seoul, Korea