

電気鉄道向け電力管理・保全計測統合システム

SCADA System for Railway Substation Integrated with Maintenance and Measurement System

松井 光彦

丹野 勉

松井 渉

■ MATSUI Mitsuhiro

■ TANNO Tsutomu

■ MATSUI Wataru

電気鉄道用変電所の系統運用を効率的に行うため、電力管理システムが幅広く導入されている。一方で、変電機器の異常や劣化傾向の把握に有効な保全計測システムも導入されつつある。この保全計測システムは、系統運用を担う電力管理システムとは別システムとなっているのが一般的であるが、両システムともハードウェア及び情報を共有できる部分も多い。

このたび、京王電鉄(株)の電力管理システム更新に合わせ、電力管理システムと保全計測システムを統合したシステムを開発した。

Supervisory control and data acquisition (SCADA) systems are widely used to efficiently perform the systematic operations of substations, while maintenance and measurement systems have been applied as a method of detecting deterioration or failure of substation equipment. Although a maintenance and measurement system is generally used separately from a SCADA system, these two systems have some common elements in terms of hardware and information.

In response to the need for the use of these common elements, Toshiba has developed a SCADA system integrated with a maintenance and measurement system. It is planned to introduce this system to KEIO Corporation.

1 まえがき

日本では鉄道の公共性が高いため、電車の遅延や運休などによる社会的影響は非常に大きい。このため、電気鉄道用変電所は安定した電力を継続的に供給しなければならないという重要な役割を担っており、また変電所の効率的な系統運用と保守運用の必要性が高まってきている。

このうち、変電所の系統運用を行ううえで、電力管理システムが幅広く導入されている。電力管理システムとは、変電所における遮断器や断路器などの主回路機器の遠隔監視制御や、変換器などを含む各機器の故障発生状況などの情報を指令所から遠隔監視することができるシステムである。

一方、変電所の保守運用を行ううえで、保全計測システムも近年注目されつつある。保全計測システムとは、主機器の温度や圧力、遮断器の動作時間や蓄勢時間^(注1)、及び動作回数などの情報を収集することで、機器の劣化傾向を把握することができるシステムである。

これらのシステムは別々のシステムとして運用されているのが一般的であるが、機器状態や故障状態、計測情報など、扱う情報やハードウェア構成に共通する部分が多い。

このたび、京王電鉄(株)の電力管理システム更新に合わせ、電力管理システムと保全計測システムを統合したシステムを開発したので以下に述べる。

(注1) 遮断器の真空バルブを開放するばねエネルギーを蓄える時間のこと。

2 システムの概要

電力管理・保全計測統合システムの構成を図1に示す。

2.1 電力管理サーバ及び操作卓

クライアントWS(ワークステーション)として二つの操作卓を設け、サーバは常用と予備の二重系とした。また、シミュレータ卓及びシミュレータサーバによるシミュレーション環境も準備した。この構成により、二重系の運用を維持したままオペレータの訓練やデータベース(DB)変更時の確認試験が可能となる。なお、シミュレータサーバ及び操作卓は常用系として機能することも可能であり、実質三重化構成となっている。

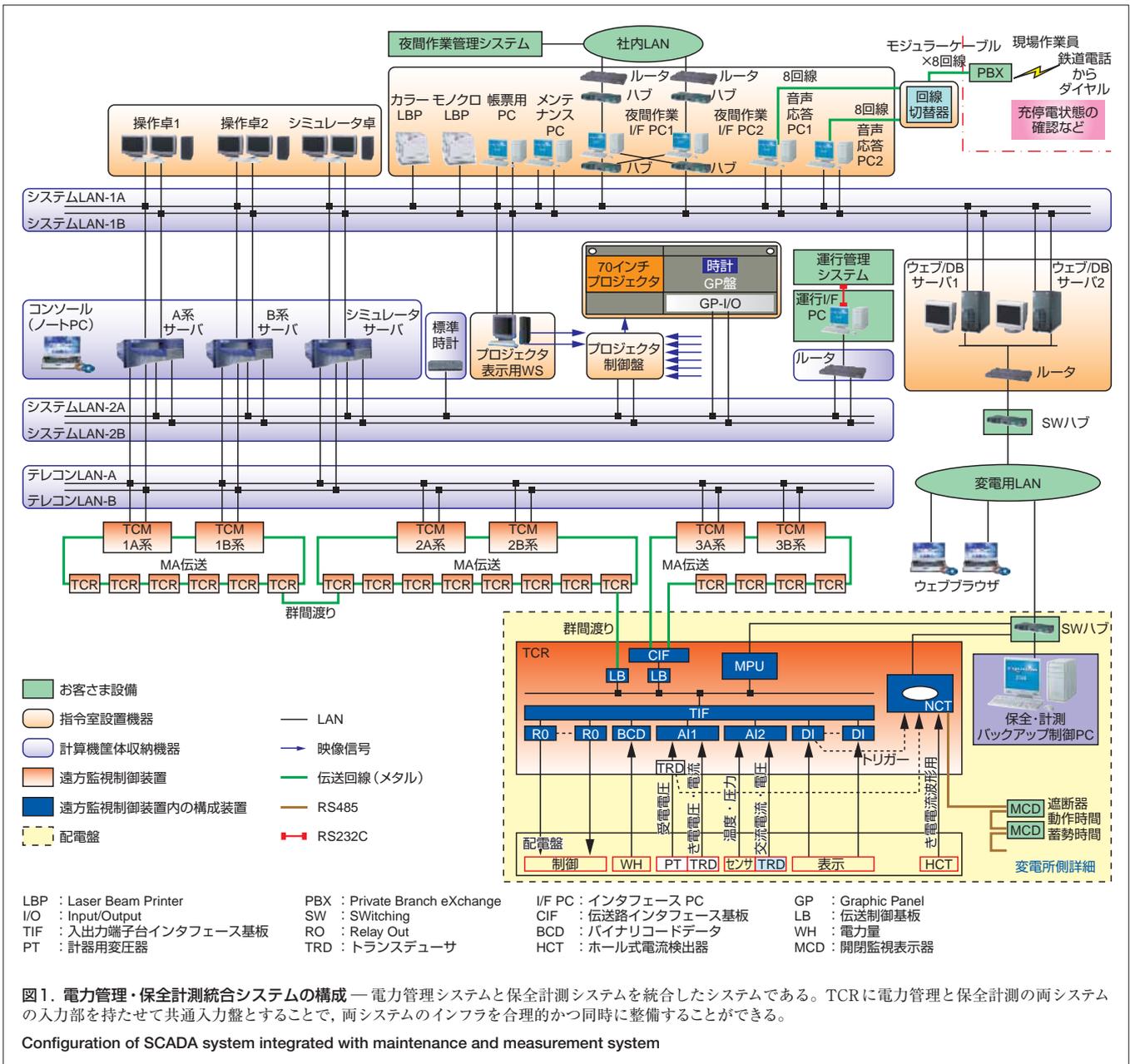
2.2 系統表示盤

系統状態を一元管理できるようにモザイクブロックとLED(発光ダイオード)表示灯を使用した系統表示盤を採用した。

また、67インチプロジェクトを採用し、故障一覧などの専用画面のほか、各操作卓上の画面や外部入力映像(ビデオ映像や変電所監視映像など)を操作卓から選択し、表示することができる。

2.3 伝送方式及び伝送路構成

指令所～変電所間の伝送方式としてMA(マルチアクセス)伝送方式を採用し、伝送路構成はループ構成とした。MA伝送とは、HDLC(High-level Data Link Control procedure)の送達手順を元にN:Nのマルチアクセス伝送を行うための機能を追加したものであり、どの局でも親局になることができる利点がある。



伝送路は東系、西系、相系^(注2)の3群構成とし、それぞれ二重化ループ構成とすることで信頼性を確保した。

2.4 遠方監視制御装置親局 (TCM)

TCM (Telemeter Control Master)の外観を図2に示す。CPUは東系、西系、相系それぞれ二重化構成とし、全6ユニットを筐体(きょうたい)1面に収納している。

2.5 遠方監視制御装置子局 (TCR)

TCR (Telemeter Control Remote)の外観を図3に示す。

(注2) 東系は京王本線の天神橋SS (SubStation) ~調布SS及び井の頭線の駒場東大前SS ~久我山SS、西系は京王本線の西調布SS ~高尾SS、相系は相模原線の多摩川SS ~橋本SSを示す。

TCRはメインユニットを電力管理用(MPU (Micro Processing Unit 1))と保全計測用(MPU2)の2ユニット構成とした。MPU1はMA伝送路を介して電力管理サーバと、MPU2は変電用LANを介してDBサーバと通信する。両MPUは常時相互監視し、MPU1がダウンした場合は、監視制御を優先するためにMPU2がバックアップ可能である。

また、NCT (Network Computing Terminal)を同一筐体内に収納することで、き電電流や受電電圧の高速サンプリングを可能とした。

2.6 ウェブサーバ及びDBサーバ

各変電所の計測情報をファイリングするDBサーバと、DBサーバに蓄積された情報をウェブで提供するためのウェブ



図2. TCM — 東系, 西系, 相系それぞれのCPUを二重化構成とした。
Telemeter control master (TCM)



図3. TCR — MPUをMPU1(電力管理用)とMPU2(保全計測用)に分け、NCTも実装した。
Telemeter control remote (TCR)

サーバを設けた。これにより、保全計測システム上で収集した主機器の温度や圧力、遮断器の動作回数などの情報を、変電LANを介してウェブブラウザ上で閲覧することができる。

3 電力管理システムと保全計測システムの統合

保全計測システムを新たに導入するには、変電所機器の各種センサ出力とのインタフェース部、及びこれらの計測データを処理するための装置が必要となるため、通常は変電所側に保全計測用の入力・処理装置盤を設ける必要がある。

しかしながら、これらの計測データのインタフェース仕様は電力管理、保全計測どちらの用途でも同じであること、また、TCR用MPUの技術向上によりMA伝送とLAN伝送の両方に対応可能となったこと、更に、電力管理システムに合わせてTCRも更新されることから、今回TCRに保全計測システムの入力部を持たせ、両システムの共通入力盤とすることにした。

なお、TCRを構成するうえで、次の点に配慮した

- (1) き電事故電流、受電瞬間停電などの波形を採取するため、高速サンプリング機能を持ったNCTをTCR筐体内に実装した。また、波形採取の際に必要なトリガ情報は電力管理側のDI (Digital Input) 情報を使用することで、配電盤とのインタフェース部の共有化を図った。
- (2) MPUを電力管理用 (MPU1) と保全計測用 (MPU2) に分離し、MPU1は変電用LANと接続しない構成とすることで、セキュリティ面を強化した。

また、保全計測データをウェブ上で公開するため、ウェブサーバ及びDBサーバを設けた。

以上の構成とすることにより、電力管理システムと保全計測システム両方のインフラを合理的に、かつ同時に整備することができた。

4 保全計測機能

4.1 ウェブ表示機能

変電所機器からセンサ出力された温度、圧力や、主回路の電流、電圧などの情報は、TCR架下のAI (Analog Input) 基板を通してMPU2で収集され、変電用LANを介してDBサーバに保存される。一方、き電電流や受電電圧、遮断器の動作時間、蓄勢時間などの情報は、TCRに実装したNCTに入力され、変電用LANを介してDBサーバに保存される。

これらのデータはウェブサーバにより、変電用LANに接続可能な場所 (保守区、本社、管理所、など) であればどこからでも、ウェブブラウザ上で閲覧することが可能である。

4.2 トレンドグラフ作成機能

DBサーバに蓄積された遮断器の入時間、切時間、及び蓄勢時間はトレンドグラフ化することができる。また、設定した基準値を超えた場合にメッセージを出力させることができるため、機器の異常や劣化傾向を把握することができる。遮断器入応動時間のグラフ表示画面を図4に示す。

更に、遮断器動作回数もトータル動作回数のほか、遮断要因ごとの積算値、累積値、基準値を設けることができるため、遮断要因の発生頻度についても把握することができる。そのほか、温度、圧力や主回路の電流、電圧などもグラフ化することができる。

4.3 事故電流波形作成機能

NCTは0.2 msのサンプリングが可能であり、受電瞬間停

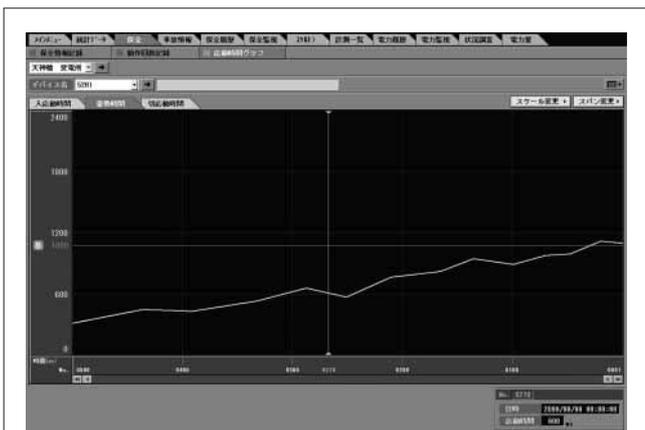


図4. 入応動時間のグラフ表示画面 — 遮断器動作回数(横軸)に対する入応動時間(縦軸)をグラフ化して表示する。中央の横線は遮断器動作回数のしきい値を示しており、これを越えたときに遮断器の点検を行う目安となる。

Graphic display of vacuum circuit breaker (VCB) closing time

5 電力管理システム機能

5.1 監視制御機能

天神橋変電所のスケルトン画面を図6に示す。

スケルトン画面上の機器シンボルを選択することにより、機器の入・切制御を行うことができる。

また、故障発生時には、当該変電所のスケルトン画面をオペレーションLCD(液晶ディスプレイ)に、故障詳細画面をアナウンスLCDに自動表示するため、即座に故障発生状況を把握することができる。



図6. 天神橋変電所のスケルトン画面 — 画面上の機器シンボルを選択することにより、単独制御することができる。

Skeleton display of Tenjinbashi Substation

電時の電圧波形や、き電事故発生時の電流波形を採取することができる。

事故電流波形表示画面を図5に示す。当該変電所のき電回線ごとの事故電流波形とトリガ情報を、1画面上に表示することができる。また、マウスクリックにより、波形上の瞬時値も表示することができる。

そのほかの保全機能として次のようなものがある。

- (1) スケルトン画面表示機能
- (2) リアルタイムメッセージ履歴表示機能
- (3) 統計データ表示機能
- (4) 電力量状況表示機能
- (5) 変電所状況調査機能

5.2 スケジュール制御機能

整流器やき電用遮断器に対してあらかじめ設定されたスケジュールに基づいて、入・切制御を行う機能である。季節や曜日に応じてあらかじめ運転・停止時刻、常用・予備機を複数登録した基本運転スケジュールと運転スケジュールカレンダーから、当日運転スケジュールを自動作成し、指定時刻に当該機器の入・切を行う。スケジュールの除外や整流器の終夜運転なども設定することができる。

5.3 登録指定制御機能

事故時の復旧手順や系統切替え、夜間作業に伴う停送電など複数機器の一括制御手順をあらかじめ登録しておき、必要ときにオペレータがその手順を呼び出し、実行する機能である。

5.4 作業管理機能

作業計画の実行画面を図7に示す。

夜間作業管理システムから作業計画情報を取得し、作業開始時刻や終了時刻などを入力することにより、夜間作業の進



図5. 事故電流波形表示画面 — き電短絡事故発生時の事故電流波形を表示する。グラフ上部が回線ごとの保護継電器動作状況(事故原因)、グラフ下部が回線ごとの事故発生時の電流波形を示しており、遮断電流が大きい場合には速やかに遮断器の点検を行う必要がある。

Display for indication of current fault waveform



図7. 作業計画の実行画面 — 夜間作業管理システムから作業計画情報を取得し、作業開始時間、終了時間などを入力することにより夜間作業の進捗を1件ごとに管理することができる。

Display of work planning and implementation

捗(しんちよく)を1件ごとに管理することができる機能である。また、現場到着連絡や作業開始連絡、作業進捗の確認については、電話回線網を使用した音声応答システムからの情報を進捗状況に反映することで、オペレータの負担を軽減した。

5.5 連絡遮断機能

MA 伝送 TCR の採用により変電所間の伝送が可能のため、この機能を利用して、き電用遮断器が事故遮断した際に、隣接する変電所の対向遮断器を開放する連絡遮断を行っている。

なお、TCR による連絡遮断と同時に、指令所の電力管理サーバからのバックアップ連絡遮断も発信することで、信頼性を向上させた。

5.6 バックアップ制御機能

災害で指令所と変電所の伝送路がとだえた場合など、指令所が機能できない状態において、変電所の TCR に監視制御端末(ノートパソコン(PC))を接続することで TCR が親局となり、同一伝送路内の変電所のバックアップ制御が可能となる。

ただし、遠隔制御の競合を防止するため、バックアップ制御は同一伝送路内で1か所からだけ可能とし、同時に複数箇所からの制御は不可とした。

5.7 電力管理機能

電力管理サーバで電力量データのファイリングを行い、操作卓上で電力量状況画面の表示を行う機能である。電力量ファイルは CSV(Comma Separated Value)形式で保存され、帳票 PC により電力帳票を出力することができる。

また、ウェブサーバを介して、ブラウザ PC でも閲覧やダウンロードすることができる。

5.8 システム監視機能

システムを構成するサーバ、クライアント、PC、系統監視盤、TCM、TCR、伝送路などの故障状態や伝送状態を監視する機能である。

また、サーバなどの手動モード切替えも行える。

5.9 シミュレーション機能

TCM と接続することなく電力管理サーバ内で制御状態(状態変化)、故障状態を模擬することができる機能である。故障発生時の保護連動による遮断器動作や故障情報など、一連の状態をあらかじめシナリオとして定義しておくことで、事故復旧手順のオペレータ訓練を行うことができる。

5.10 メンテナンス機能

ユーザーによる DB 変更を支援する機能である。ポジション追加やスケルトン画面へのシンボル追加などは、メンテナンス PC を使用することでユーザー側にて変更することができる。そのほか、制御条件チェックや故障判定 DB の変更も可能である。

6 あとがき

京王電鉄(株)向けの電力管理・保全計測統合システムについて述べた。

今後は、保全に対する需要がますます高まるものと考えられるため、保全機能の向上も検討しつつ、変電所機器の設備台帳管理や機器図面管理とリンクさせるなど、利便性や拡張性の高いものにしていきたい。

文 献

- (1) (社)電気協同研究会. 電力設備の保守・運用における IT の活用と将来の動向. 電気協同研究. 58, 5, 2003, p12-30.



松井 光彦 MATSUI Mitsuhiko

産業システム社 交通システム事業部 交通電力システム技術部。
電鉄変電所のシステムエンジニアリング業務に従事。
Transportation Systems Div.



丹野 勉 TANNO Tsutomu

電力システム社 府中事業所 電力システム制御部。
遠方監視制御装置の設計・開発業務に従事。
Fuchu Complex



松井 渉 MATSUI Wataru

東芝ソリューション(株) 交通システムソリューション部。
計算機ソフトウェアの設計・開発業務に従事。
Toshiba Solution Corp.