

東京電力(株) 500 kV 変電所 集中監視制御システム

New Distributed SCADA System for 500 kV Substations of The Tokyo Electric Power Company, Inc.

辻 尚志 野田 剛敏 三浦 祥吾

■ TSUJI Hisashi ■ NODA Taketoshi ■ MIURA Shogo

東京電力(株)管内にある27か所の500 kV変電所^(注1)では、建設時期、システム開発メーカー、及び設備形態の違いにより、様々な監視制御システムが個別に開発され運用されてきた。今後、更なる電力流通コストの低減が求められるなかで、開発コストの削減、誤操作の防止、信頼性の向上、フレキシブルな運用などを目的として、変電所監視制御の集中化が進められている。

東芝は、東京電力(株)と協同で、500 kV変電所集中監視制御システムを開発した。このシステムの1号機は2008年5月に運用が開始され、2008年度中に7変電所で運用が逐次開始された。開発したシステムでは、ソフトウェアの機能、データベース(DB)、及び画面の標準化を行うことで、品質の向上とコストの削減を実現するとともに、電力イントラネットミドルウェアや高信頼プロトコル、防護装置などにより、高いセキュリティを実現した。

Twenty-seven 500 kV substations of The Tokyo Electric Power Company, Inc. (TEPCO) with different construction times, manufacturers, and installation configurations have been independently controlled and monitored by various supervisory control and data acquisition (SCADA) systems.

To meet the growing demand for reductions in the operating costs of electric power transmission and distribution, Toshiba and TEPCO have developed a new SCADA system for 500 kV substations. This system makes it possible to realize not only high reliability and cost reductions due to standardization of the software functions, database, and display, but also high security through the use of intranet middleware, protocols with high reliability, and security equipment. The new system has been put into commercial operation at successive sites since May 2008.

1 まえがき

電力系統の大規模化、太陽光や風力といった新エネルギーの台頭、電力の自由化など、電力を取り巻く環境の複雑化及び多様化が進んでいる。このようななかで電力会社は、設備の投資抑制や、統合・集中化などを行い、効率的な電力系統の運用による電力流通コストの低減を進めている。東京電力(株)はこの一環として、500 kV変電所監視制御の集中化を進めることとなった。

高品質で低価格の電力を安定して供給するため、電力系統監視制御システムには高い信頼性と効率的な系統運用が求められる。東芝は、汎用プロトコルや汎用機器などの最新かつオープンな技術を適用して低価格を実現する一方で、高い信頼性と高性能を実現する電力イントラネットミドルウェアを開発している。これは、東京電力(株)水力総合制御所の支店内統合を実現する、水力発電所の集中監視制御システムとして納入した実績がある。新しい500 kV変電所の集中監視制御システムを開発するにあたり、こうした実績、及び変電所の機器から系統保護・制御まで一連の技術を持つ当社が評価された。

ここでは、500 kV変電所集中監視制御システムの概要と特長について述べる。

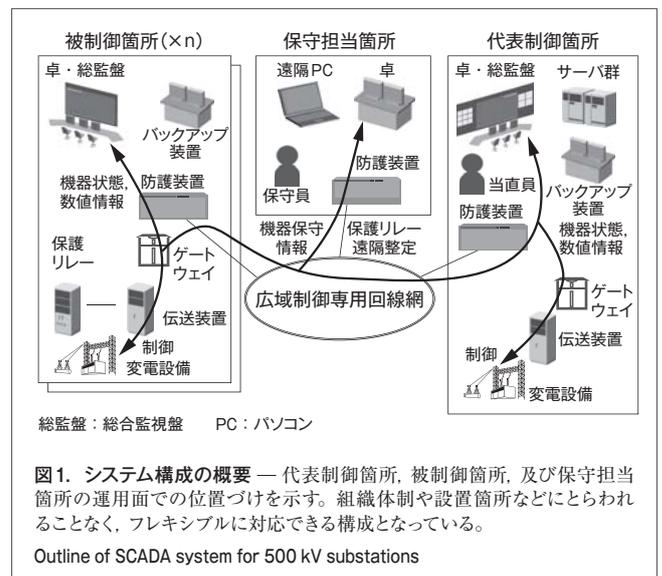
(注1) ここでは、変電所と開閉所の総称として変電所と呼ぶ。

2 システムの概要

2.1 システムの構成

システム構成の概要を図1に示す。システムを構成する各箇所の運用面での位置づけは以下のとおりである。

- (1) 代表制御箇所(代表変電所) 3交替勤務の当直員による有人運転で変電設備を集中して制御する



(2) 被制御箇所(無人変電所) 無人の変電所で、代表制御箇所から監視制御を受ける

(3) 保守担当箇所 保守員により変電設備の保守を行う

(1)にはこのシステムを構成するメインの計算機サーバが配置され、支店^(注2)規模で統合される場合、支店内の複数の変電所を集中して監視制御できる。また、(2)でTC (Telecontrol Equipment: 遠方監視制御装置)や変電設備の更新など長期の工事が行われる場合などには、(2)に設置する卓及び総合監視盤側に監視制御する機能(制御権)を(1)から委譲することで有人運転も可能になる。更に、(3)では変電所の卓を用いて、(1)や(2)の変電設備を監視することもできる。

従来は、建設時期やシステム開発メーカーによって、そのつどシステムが個別に開発されてきたため、組織や運用の自由度が制約されていた。今回開発したシステムは、前述の(1)~(3)のように、組織体制や設置箇所などにとらわれることなく、フレキシブルに対応できる構成となっている。

2.2 ハードウェアの構成

このシステムは、当社が開発しこれまで提案してきた、電力イントラネット技術に基づくネットワーク連係オープン分散型サーバ・クライアントシステムである。

基本的なハードウェアの構成は、監視制御や記録などメインの機能を持つ監視制御サーバと、構成制御及び障害管理、ネットワーク監視を行うシステム監視サーバ、運転員とのインタフェースとなる制御卓、マクロ監視を行いプロジェクト型総合監視盤を表示する系統盤サーバ、直接操作盤相当のバックアップ装置ほかから成り、前述の(1)~(3)に広域制御専用回線網を介して設置されている。

ハードウェアは、エンジニアリングワークステーション(EWS)、パソコン(PC)、ディスクアレイ装置、プロジェクト、及びネットワークプリンタなど汎用機器を採用している。

3 システムの特長

このシステムでは、ソフトウェアの機能、データベース(DB)、及び画面の標準化を徹底するとともに、最新かつ汎用性に優れたハードウェアの採用により、大幅なコストダウンを図った。また、電力イントラネットミドルウェアや高信頼プロトコル、防護装置などにより高いセキュリティを実現した。主な特長を以下に述べる。

3.1 電力イントラネットミドルウェア

前述の汎用機器や汎用技術を採用するだけでは不足する性能を補うため、このシステムでは、以下の当社製電力イントラネットミドルウェアを実装した。これにより高い信頼性を実現することができた。

(注2) ここでは、支店と電力所の総称として支店と呼ぶ。

表1. TCSP-IPとそのほかの通信プロトコルの性能比較

Comparison of Telemetry and Control System Protocol for IP-Network (TCSP-IP) and other protocols

性能		UDP/IP	TCP/IP	TCSP-IP
リアルタイム性 (必須要件)	リアルタイム性の確保	○	×	○
信頼性 (必須要件)	データの順序性の確保	×	○	○
	データの連続性の確保	×	○	○
	二重帰属への対応	×	×	○
大容量通信 (望ましい要件)	1:n通信への対応	○	×	○
	MTUへの対応	○	○	○

TCSP: Transmission Control Protocol
MTU: 1回の転送で送信できるデータの最大値

- (1) 主記憶データ管理ミドルウェア (GigaBase™)
- (2) 分散プロセス管理ミドルウェア (GIPROMA™)
- (3) 高速放送通信ミドルウェア (GREMCAST™)
- (4) 二重帰属通信プロトコル (TCSP-IP: Telemetry and Control System Protocol for Internet Protocol Network)

これらのミドルウェアは、広域制御専用回線網を介した電力イントラネットシステムを構築するうえで、高信頼と高性能を実現するためのパッケージ製品として、当社が提供するシステムの標準品になりつつある。このシステムの特長である広域制御専用回線網を介しての連係を可能にするTCSP-IPと、そのほかの通信プロトコルの性能比較を表1に示す。

TCSP-IPは、UDP (User Datagram Protocol) が持つリアルタイム性を確保するとともに、データの順序性と連続性を確保し、更に二重帰属への対応で信頼性をも保証した通信プロトコルである。

3.2 アプリケーションソフトウェアの標準化

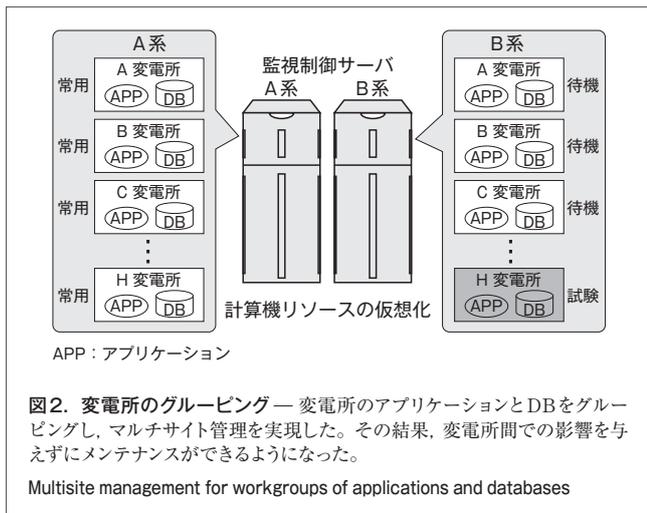
従来システムは、建設時期やシステム開発メーカー、設備形態の違いによって、様々な機能、画面、帳票、及び設備DBを搭載していた。

今回のシステム開発にあたり、当社は東京電力(株)と協同して、同社管内にある全27変電所を対象に、遠方監視制御するうえで必要な共通の機能を洗い出した。また、設備名称などのDB、帳票、及びスケルトン画面について全変電所を網羅した標準化を行った。

このような徹底した標準化により、ソフトウェア面での高品質と、生産効率の向上によるコストダウンという、相反する要求に応えることができた。また、全変電所で同一の操作性及びヒューマンインタフェースを実現することによる誤操作防止と、システム更新時の投資費用抑制を達成することができた。

3.3 変電所のグルーピング

サーバに搭載されるCPUの処理性能は近年飛躍的に向上し、更に、一つのサーバに複数のCPUが実装されている。この結果、メインの監視制御サーバをはじめとする各サーバは複数の制御箇所を分担して処理できるようになり、ハードウェア



アを集約させることができた。

また、計算機リソースの仮想化技術を駆使し、物理的には一つの計算機の中で動作する前述のアプリケーションとアクセスするDBを、仮想的に複数のグループで構成させ各々独立して動作させた。多重化したサーバ群でも、この複数のグループが独立した運転モードで動作可能な仕組みにした。

この結果、図2に示すように、変電所のアプリケーションとDBをグルーピングしてマルチサイト管理を実現することで、ある変電所の設備変更時に他の変電所へ影響を与えずにメンテナンスができるようになった。

3.4 多種の伝送装置への対応

各変電所内の設備情報を取り込む伝送装置は、変電所ごとに、TC型(サイクリックデジタル伝送(CDT)方式、及びHDLC(High-Level Data Link Control Procedure)方式)やLAN型など、多種多様な構成となっている。従来その更新には、500 kVの電力系統停止を伴うため多大な時間を要した。このシステムを納入する際は、ゲートウェイ装置を介して伝送装置を接続することで、図3に示すように、伝送装置の更新やシステム構成の変更なしに、システムをリプレースすることができる。

3.5 セキュリティの確保

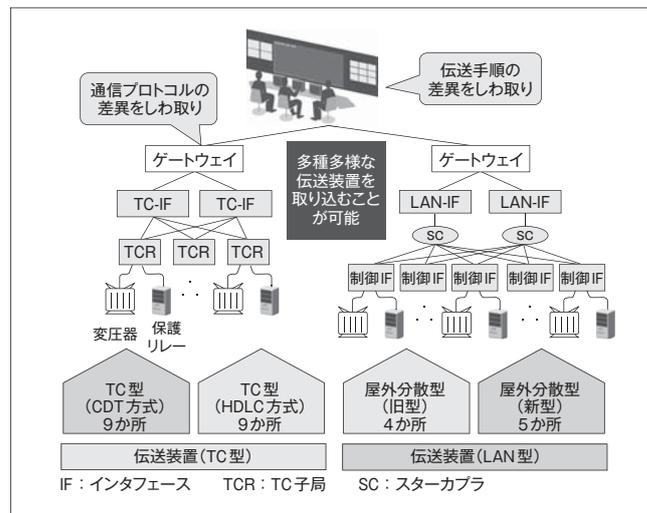
このシステムは、同一支店内の変電所や保守担当箇所を、広域制御専用回線網で連係している。システムをセキュリティ上の脅威から守るため、非IP通信を利用して二つの異なるIP網を接続する当社製防護装置(IP分離装置)を採用した。

防護装置の仕組みを図4に示す。内部は、広域制御専用回線網に接続するインターネットゲートウェイと、変電所内のLANに接続するローカルネットゲートウェイにより構成されている。二つのゲートウェイ間は、IPを用いない方法で接続され、データ通信は専用ハードウェアで行われる。

この防護装置により高いセキュリティを確保した。

3.6 変電所制御権の管理

このシステムは、各変電所の老朽化した既設システムを更新



更新に多大な時間を要したが、ゲートウェイ装置を介して伝送装置を接続することで、伝送装置の更新やシステム構成の変更なしに、システムをリプレースすることができた。

Coordination among various types of existing transmission equipment

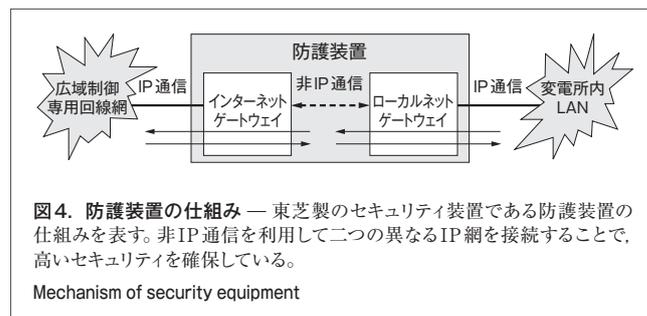


図4. 防護装置の仕組み — 東芝製のセキュリティ装置である防護装置の仕組みを表す。非IP通信を利用して二つの異なるIP網を接続することで、高いセキュリティを確保している。

Mechanism of security equipment

できるとともに、将来の500 kV変電所の無人化及び支店規模での統合も踏まえ、フレキシブルに運用できるように開発した。

各変電所の制御権は設備に対応した伝送装置単位で設定することができる。図5に示すように、代表制御箇所

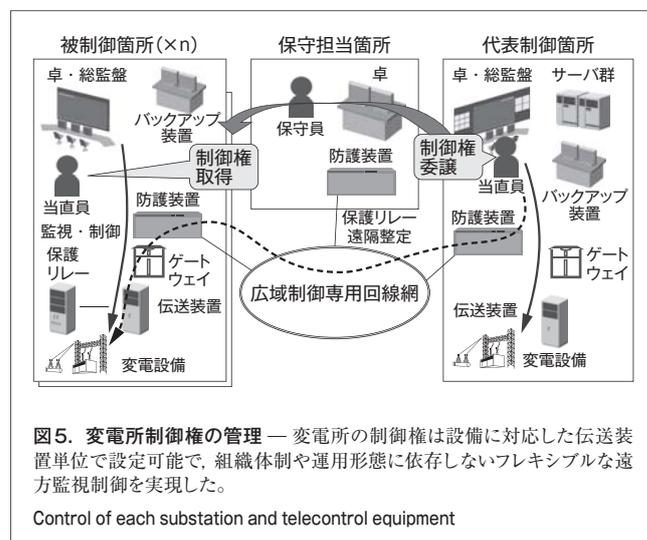
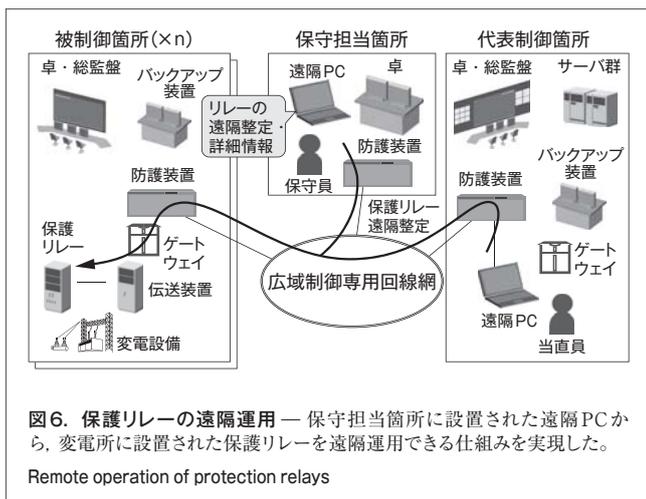


図5. 変電所制御権の管理 — 変電所の制御権は設備に対応した伝送装置単位で設定可能で、組織体制や運用形態に依存しないフレキシブルな遠方監視制御を実現した。

Control of each substation and telecontrol equipment



権の委譲許可を設定することにより、被制御箇所や保守担当箇所から制御権を取得することができる。

これにより、組織体制や運用形態に依存しないフレキシブルな遠方監視制御を実現した。

3.7 保護リレーの遠隔運用

変電設備の健全性確認や異常・故障復旧などの保守業務を行ううえで、無人化された変電所の設備状態を遠方の保守担当箇所から確認できることが必要となる。

このシステムでは保守担当箇所に設置された遠隔PCから、変電所に設置された保護リレー^(注3)を遠隔運用できる仕組みを実現した(図6)。

4 500 kV 変電所への適用状況

システムを設置した制御室を図7に示す。

東京電力(株)は、2016年度までに全27か所ある変電所を支



(注3) イーサネットによる伝送基板を実装した第2世代デジタルリレーを対象とする。

店規模で統合することを計画している。このシステムはその一環として開発されたもので、1号機は2008年5月に既に運用が開始された。以下のとおり、2008年度中には27変電所中7か所で逐次、運用が開始された。

- | | |
|---------------------|---------|
| (1) 新多摩変電所(多摩支店) | 2008年5月 |
| (2) 新福島変電所(浜通り電力所) | 2008年6月 |
| (3) 南いわき開閉所(浜通り電力所) | 2008年6月 |
| (4) 新秩父開閉所(埼玉支店) | 2009年1月 |
| (5) 新新田変電所(群馬支店) | 2009年2月 |
| (6) 東群馬変電所(群馬支店) | 2009年2月 |
| (7) 新京葉変電所(千葉支店) | 2009年2月 |

5 あとがき

ここでは、東京電力(株)500kV変電所集中監視制御システムについて述べた。東京電力(株)における更なる電力流通コストの低減と、高品質な電力供給という重責を担う、画期的なシステムの一つである。

一方で、全国的に見た場合、現在の国内電力会社の系統監視制御システムは、広域ネットワーク対応を図ったシステムが主流となりつつある。このシステムは、電力会社の組織体制や運用形態にフレキシブルに対応可能であり、電力系統の安定運用と運用負担軽減に貢献できる。

当社は、電力イントラネット構想を他メーカーに先駆けて提唱してきた。今後も、ユーザーにとって付加価値の高いシステムを世に送り出し続けることで、リーディングカンパニーとしての責務を果たしていきたい。

文献

- (1) 東京電力(株), (株)東芝. 東京電力500kV変電所集中監視制御システムの開発. 電気評論. 94, 3, 2009, p.45.
- (2) 大佐古佳明, ほか. 広域ネットワーク分散型系統制御システム. 東芝レビュー. 63, 4, 2008, p.10-13.



辻 尚志 TSUJI Hisashi

電力流通・産業システム社 電力流通システム事業部 電力系統技術部主務。電力系統監視制御システムのエンジニアリング業務に従事。電気学会会員。
Transmission & Distribution Systems Div.



野田 剛敏 NODA Taketoshi

電力流通・産業システム社 府中事業所 電力系統システム部グループ長。電力系統監視制御システムの設計・開発に従事。
Fuchu Complex



三浦 祥吾 MIURA Shogo

電力流通・産業システム社 電力流通システム事業部 電力系統技術部主務。電力系統保護制御システムのエンジニアリング業務に従事。電気学会会員。
Transmission & Distribution Systems Div.