

新型配電線自動化 システムの開発

Development of new Computer Control System for Power Distribution

野村 英生^{※1} 今井 孝^{※2}
Hideo Nomura Kou Imai
小嶋 利朗^{※1} 水谷 忠^{※2}
Toshiro Kojima Tadashi Mizutani
横井 博徳^{※2} 藤井 章^{※2}
Hironori Yokoi Akira Fujii
増田 康夫^{※2} 佐藤 一彦^{※2}
Yasuo Masuda Kazuhiko Satoh

1. まえがき

各電力会社においては、高压配電系統の供給信頼度向上や運転管理の効率化・省力化のために配電線自動化システムが導入されている。

中部電力(株)殿におかれては、最近、配電業務を支援する情報系システムと緊密に連携した制御系システムである新型配電線自動化システムを開発し、導入が進められている⁽¹⁾。

この新型配電線自動化システムは、中部電力(株)殿と当社で共同開発されたもので、現在、多数の営業所で順調に稼働中である。以下、本システムの開発の概要について紹介する。

2. 開発方針

中部電力(株)殿との共同開発にあたり、以下の方針で開発を進めた。

(1) 情報系システムとの連携

情報系システムである「配電業務総合支援システム」と、制御系/情報系といった垣根を越えた緊密なシステム間連携を行うことにより合理的な機能分担を目指す(図1)。

具体的には、従来、独立に保有していた設備データや系統データなどを両システムで一元管理する事により、システムのスリム化、信頼性を高めると同時に、データメンテナンス作業の省力化、系統切替業務の効率化を図る。

(2) 給電制御系システムとの連携

配電線系統の運用として配電用変電所FCB(フィーダ遮断器)の状態表示および制御を可能とするため、給電制御系システムと連携する(図2)。

(3) 配電線自動化システム間連携(広域機能)

複数の営業所をまたいだ配電線の切替工事、故障時の停電復旧切替操作などを営業所の境を意識することなく操作できる広域機能を実現する。

また、休日・夜間に閉店する営業所の代わりに代表営業所で、配電線系統の監視・制御を可能とする。

(4) 視認性・操作性の向上

系統設備の状態を配電線単位の簡易系統表示(単線結線図)とすることにより、従来の地形図上に配電線系統を複数表示する方式(フルグラフィック表示)より視認性・操作性の

向上を図る(図3)。

(5) システム信頼性向上

システムの構成要素である計算機、ネットワーク、操作卓などは可能な限り二重化を図り、障害時にも全体のシステムが継続運転可能となるよう信頼性を向上させる。

また、関係システムの障害時にも新型配電線自動化システム単独で配電線系統の監視・制御を可能とするなど自立分散性を高めたシステム構築を図る。

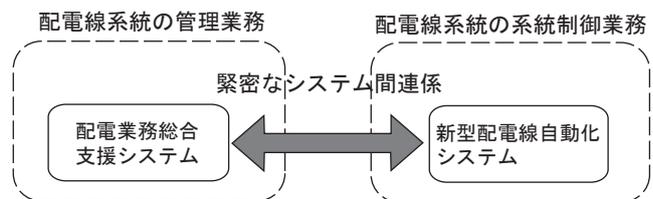


図1 システム間の連携

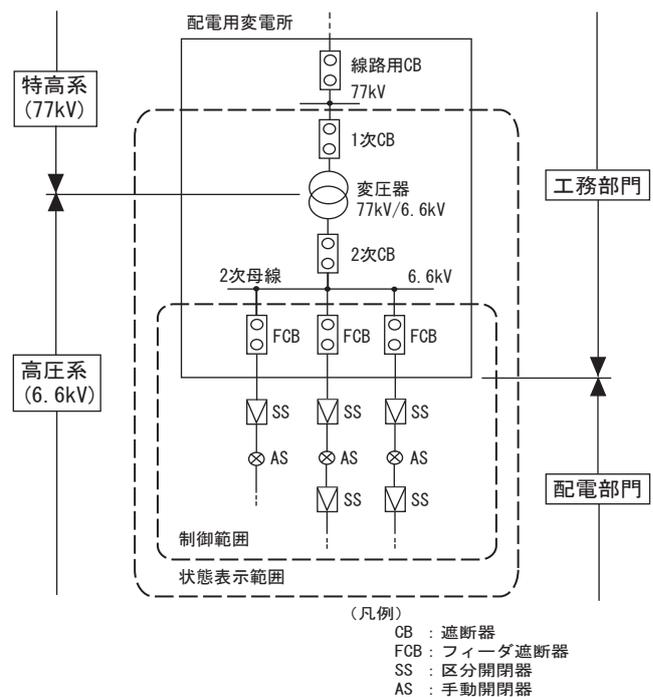


図2 システムの状態表示・制御範囲

※1 中部電力 販売本部 配電部
※2 電力事業部 配電システムG

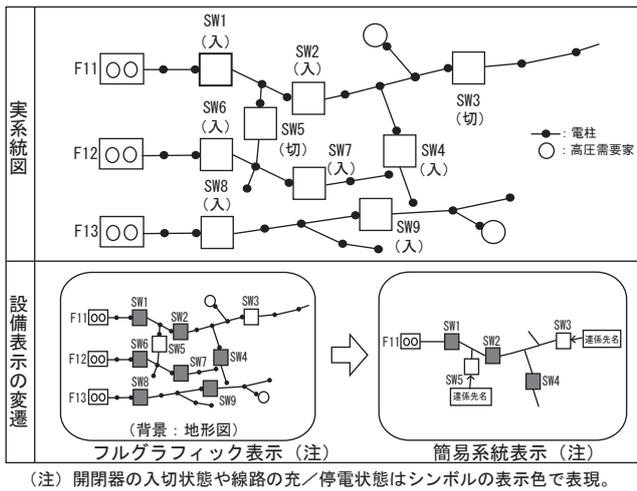


図3 システム設備状態の画面表示の変遷

3. システム構成の概要

前記方針に従い、新型配電線自動化システムのソフトウェア開発、ハードウェア開発を推進し、当初の目標どおりのシステムを完成させる事ができた。以下に、開発した新型配電線自動化システムの概要を紹介する。

3.1 全体システム構成とネットワーク

(1) 全体システム

配電業務総合支援システム、給電制御系システムと新型配電線自動化システムが連係した全体システム構成とネットワークを図4に示す。

配電業務総合支援システムと新型配電線自動化システムは、共に、営業所単位で設置され一対一で対応するため、通信用のサーバは設けておらず、直接連係している。一方、給電制御系システムは広範囲の多くの変電所を管轄制御しているため、給電制御系システム毎に新型配電線自動化

システム用の通信サーバを設置して連係をとっている。さらに、新型配電線自動化システム同士の連係は支店単位に広域サーバを設けて広域の連係機能を実現している。

(2) システムの二重化

システム間連係のネットワークやシステムの計算機については二重化とし、計算機障害やネットワーク障害が片方の系で発生しても、自動的に正常な系に切り換わるようにシステムが構成されている。

(3) ネットワークと計算機

ネットワークは汎用のTCP/IP ネットとし、制御系と情報系の連係点にはファイアウォールを設置してセキュリティを確保している。各システムの計算機は、基本的にはUNIXのワークステーションを用いて汎用機化を図っている。

各システム間の連係も特別な通信プロトコルは用いず、標準的なTCP/IPでの連係として、仕様策定・開発・テストのスピードアップ、合理化を図った。

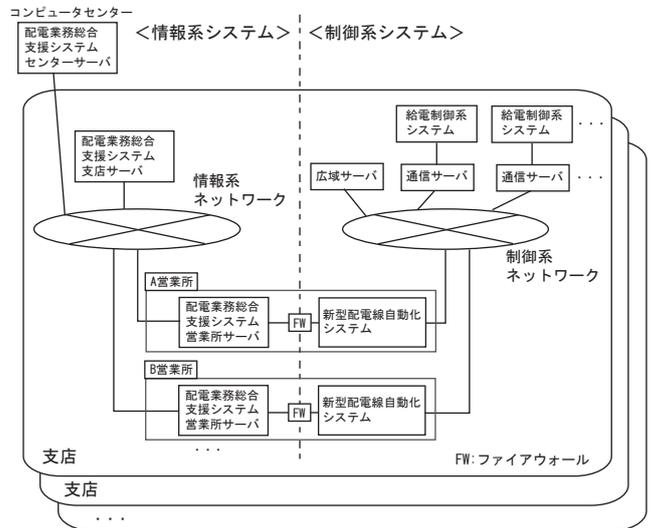


図4 全体システム構成とネットワーク

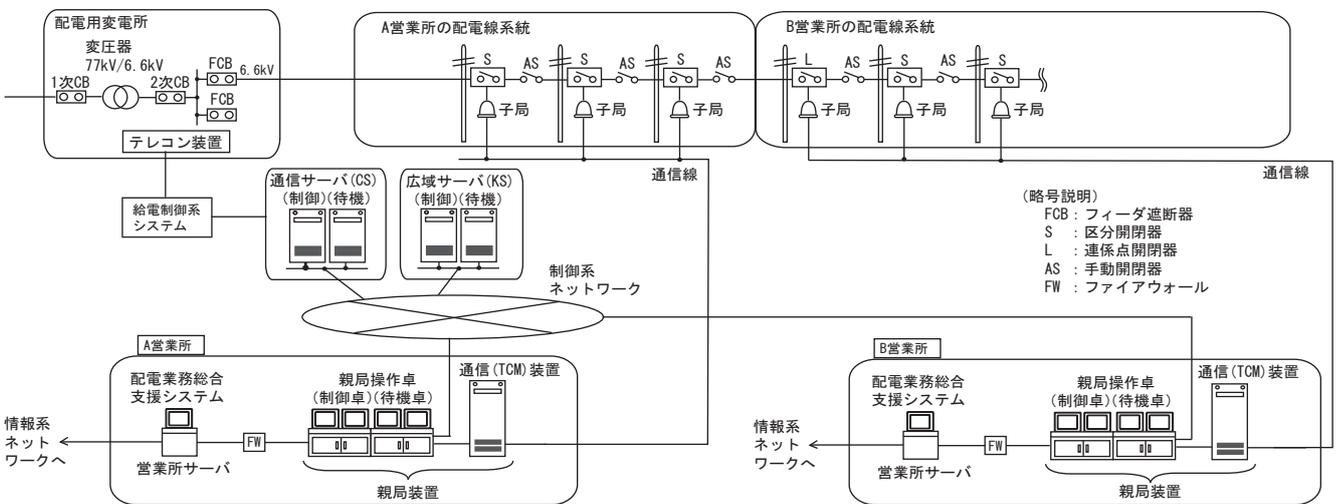


図5 新型配電線自動化システム構成

3.2 配電線自動化システムの構成

(1) システム構成

当社が開発担当した新型配電線自動化システムのシステム構成を図5に示す。各営業所単位に設置される親局操作卓、親局操作卓と子局の通信を仲介する通信(TCM)装置がワンセットで「親局装置」と呼ばれる。それに、支店に一台設置される広域サーバ(KS)と給電制御システム連系用の通信サーバ(CS)(他社開発)を合わせて、支店大の配電線自動化システムが構成されている。

(2) 親局操作卓

親局操作卓の外観を図6に、内部構成を図7に示す。

計算機(EWS)とネットワーク機器、液晶ディスプレイ(LCD)、オペコン(操作ボタン、切換スイッチ、表示灯)、制御用PC、電源UPSで構成されている。操作の簡略化を図るためキーボードを用いず、マウスだけで操作可能としている。主な仕様を表1に示す。

親局操作卓は、2卓構成としている。両卓は基本的にハードは同じものではあるが、機能動作設定により、通常運転に使う「制御卓」と、通常はスタンバイ状態で、必要に応じ操作シミュレーション、給電制御システムとの対向試験、他営の代行に使う「待機卓」とに区別されている。



図6 親局操作卓の外観

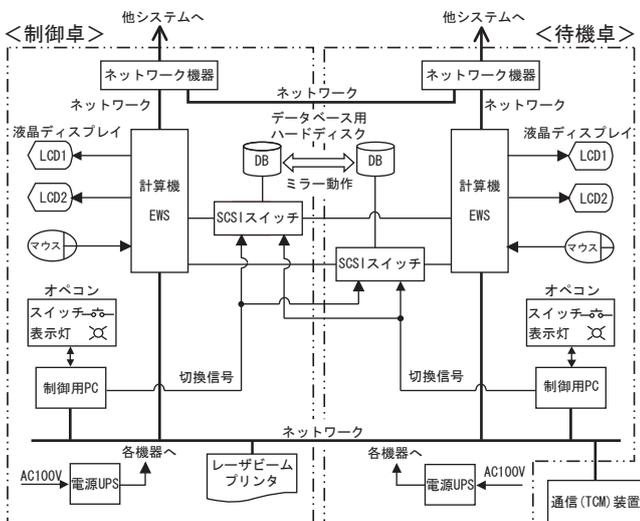


図7 親局操作卓の内部構成

制御卓に障害が発生した場合、自動的に待機卓が制御卓の機能を持つように切り、業務を継続する。親局操作卓は計算機により運転され、常に変化する系統設備のデータ(系統設備データベース)を基にしてプログラムが実行されるため、常にデータベースと系統設備が一致していなければならない。このため、制御系から待機系への切換時にはデータベースの同時切換が必要になる。そこで、データベース・ハードディスク用に、半導体切換装置(SCSIスイッチ)を新たに自社開発した。その切換動作については図8に

表1 主な仕様

項目	仕様・内容説明		
計算機システム	システム方式	自律分散システム	
	計算機OS	UNIX (HP-UX)	
	開発言語	C++	
	主幹ネットワーク	TCP/IP	
外部システム連係		対子局：周波数変調モデム通信(600/1200bps)。ポータリング方式。	
		対通信サーバ(CS)、対広域サーバ(KS)、対配電業務総合支援システム：TCP/IP	
監視・制御機能 (広域対応)	配変系統 変電所設備	表示	変電所系統・設備の状態を単線図(スケルトン)表示。リアルタイム更新。
		監視 制御	系統監視、故障情報の監視。FCB個別制御。配変設備の常時/選択計測。
	配電線系統 配電設備	表示	系統・設備の状態を配電線単位で簡易系統表示。リアルタイム更新。
		監視 制御	系統監視、系統ループ監視。子局の位相角監視。子局の個別制御、一斉制御、リレー設定。
プログラム制御 (広域対応)	配電線故障 バンク故障	多重(連続)故障対応。配電業務総合支援システムで作成した手順を受領し、自動で手順確認を行い健全停電区間への逆送を実施(自動逆送)。	
	工事計画	複数件名の並列操作対応。配電業務総合支援システムで作成した手順を受領し、手順確認を行い手順を実行。	
広域運用	通常運用	支店内の全変電所と配電線の系統を表示可能。自営業所、他営業所の系統ともリアルタイムで表示更新。	
	代行運用	夜間閉店する営業所のすべての系統運転業務を代行可能(最大4営業所)。	
設備データメンテナンス	配変設備データ、配電線設備データを配電業務総合支援システムから受領し自動でリアルタイム更新。オペレーション不要(データメンテナンスフリー)。		
耐障害性	操作卓	制御卓と待機卓の2卓構成。制御卓の故障時は、待機卓を制御卓に自動で切換(制待自動切換)。	
	通信路	ネットワーク機器をそれぞれ2組ずつ用意。ネットワーク機器障害時は、通信経路を自動で切換。	
	データベース	ミラーディスク(二重化)。	
帳票・記録	各種帳票を印刷可能。13ヶ月分のSF記録を保存。検索機能あり。		

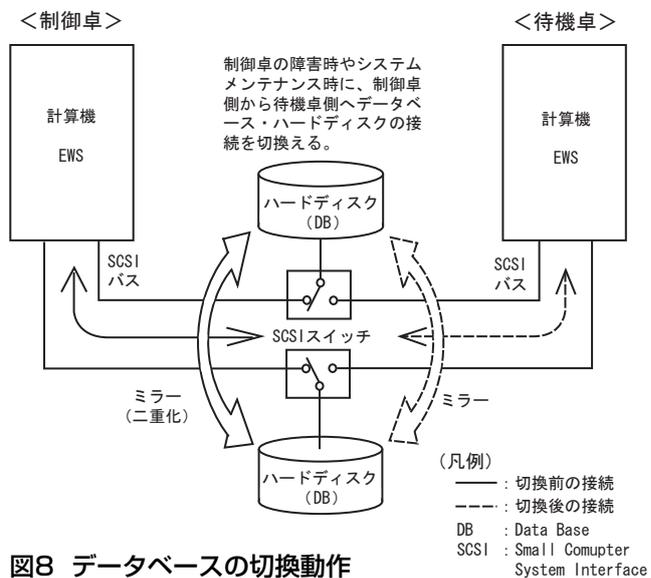


図8 データベースの切換動作

示す。

(3) 通信 (TCM) 装置

通信 (TCM) 装置の外観を図9に、内部構成を図10に示す。図のように、TCM架、TCMユニット、TCHボード(テレコン通信ボード)と階層化された構造で、TCMボード、TCHボード共にマイクロコンピュータを搭載している。

親局操作卓との通信はTCP/IPによるLAN接続であるが、子局とはTCHボード毎に専用の通信線を用いている。

通信 (TCM) 装置は一架あたり最大1800台、親局操作卓では最大7500台の子局を監視/制御ができる。このため通信トラフィックは多くなり、親局操作卓で全て通信をコントロールすると親局計算機の処理が膨大になり、他の機能の性能が悪化してしまう。

この処理量低減のため、常時の監視は通信 (TCM) 装置が



図9 通信 (TCM) 装置の外観

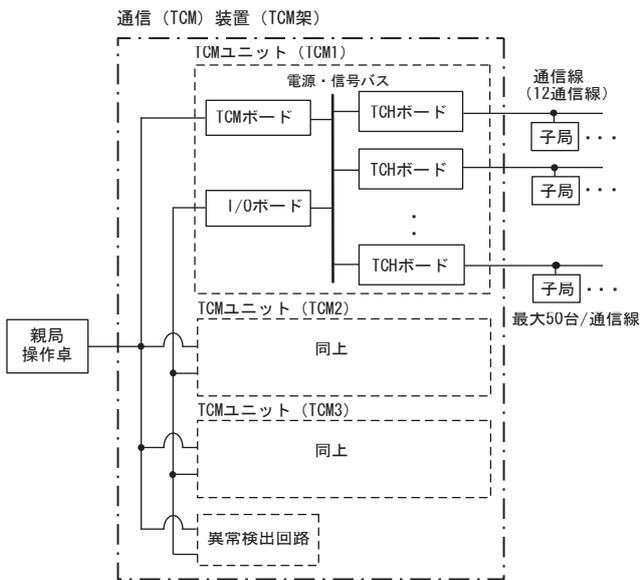


図10 通信 (TCM) 装置の内部構成

受持ってポーリング監視(順に子局を呼び出して情報を取る)を実行する。そして、前回ポーリング時の状態データと今回のデータが異なった時には親局操作卓に情報を送るようにしている。このような状態判断や、あるグループの子局への一斉同時制御などは通信 (TCM) 装置が判断して実行することにより処理分散をはかり、システム全体の処理速度の向上を図っている。

(4) 広域サーバ (KS)

支店に一台設置する広域サーバ (KS) は、主に代表営業所に設置され、各営業所の親局操作卓とネットワーク関係されている。広域サーバにおいても、計算機、ネットワーク共に二重化して、耐障害性を向上させている。外観を図11に示す。



図11 広域サーバの外観

4. ソフトウェアと実現機能

4.1 ソフトウェアの構成

今回の大きな開発目標である、情報系システムとの合理的な機能分担を図ったソフトウェア構成を図12に示す。

基礎部分についてはOSをUNIXにし、通信ネットワークはTCP/IPで共通化・汎用化を図っている。

管理・制御の元となる系統設備データを収めるデータベースは、基本的に配電業務総合支援システム側で一元管理し、新型配電線自動化システムでは、制御上に必要な最低限の簡易系統データベースを保有することにしてしている。このデータベースは常に配電業務総合支援システム側と同期をとって更新しデータの等価を図っている。

業務を実行するためのプログラムソフトであるアプリケーションは、両システムで合理的な機能分担を図っている。たとえば、配電線の事故が発生した場合は、新型配電線自動化システム側で故障件名を立件し、その条件を基にして配電業務総合支援システム側で切替手順を作成して、その手順を新型配電線自動化システム側で系統操作上の矛盾が無いことを確認しながら実行するようにしている。このようにして両システムの資源の合理的使用を行っている。

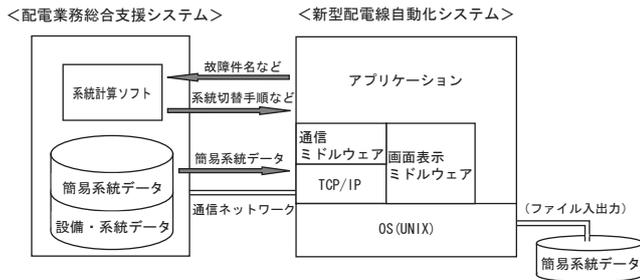


図12 ソフトウェア構成

また、プログラムソフトは先進のオブジェクト指向言語であるC++で開発を行い、開発の合理化、ソフトウェアの品質向上を図っている。

4.2 実現機能

今回の開発では、配電線自動化システムが従来から実現している配電線系統の監視/制御機能の充実・効率化・高速化を図ると同時に、今までにない新機能を実現している。それらの主要な実現機能について以下に紹介する。

(1) 監視/制御機能の充実

既設の配電線自動化システムでは、一部のフルグラフィック・システムを除き、多くが配電線系統を簡単なスケルトン図で表示して、監視/制御を行っていた。そのスケルトン方式では、配電用変電所については監視/制御ができなかった。

新型配電線自動化システムでは、配電業務総合支援システムがもつ地図データの位置に合わせて配電線系統設備を配置し、配電線単位の表示として、見やすくシンボル化した配電線路図画面(図13)にて監視/制御ができるようにした。

また、配電用変電所の監視(状態表示)/制御も新型配電線自動化システムで可能となるようにし、運転業務の効率化を図った(図14)。

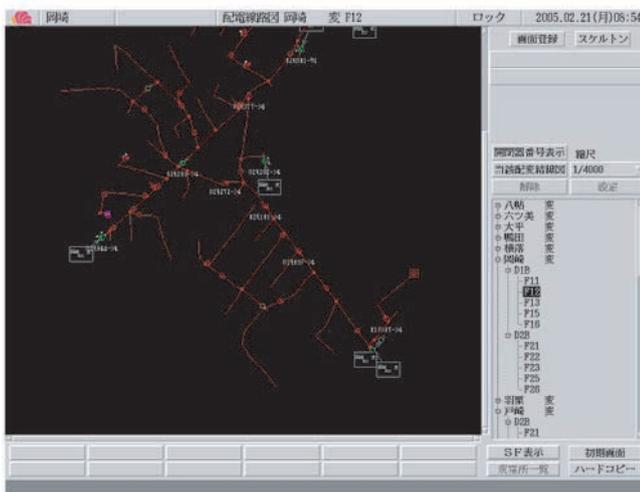


図13 配電線路図画面

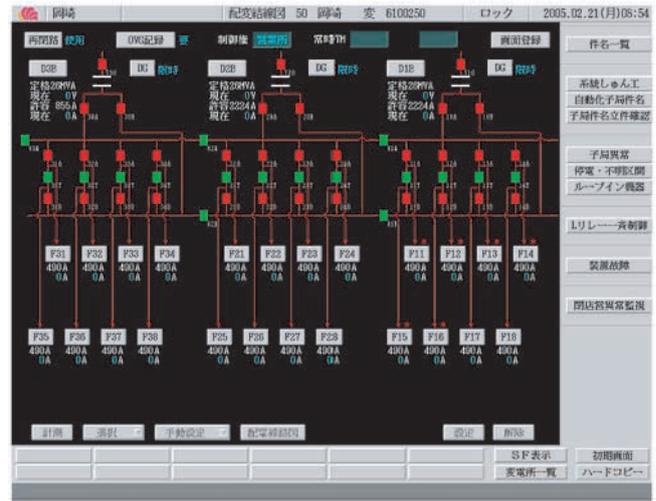


図14 配変結線図画面

(2) 設備データ自動登録

従来は制御系と情報系で、設備データをそれぞれ独立に登録していた。これは二重作業になると共に、同じ設備であってもデータの整合性に問題があった。

新型配電線自動化システムでは、配電業務総合支援システムから連係される設備データにより、自動で設備データを更新するようになった。これにより新型配電線自動化システムのデータメンテナンスフリーが実現でき、さらに設備データの一元入力によりデータの信頼性も格段に向上した。

(3) 計画切替/故障時切替の自動化

計画切替や故障時切替業務のなかで、切替操作手順を計算機で計算する機能は、基本的に両システムで同じ設備データを用い、同じアルゴリズムを用いるため、新型配電線自動化システムでは、切替操作手順作成機能は配電業務総合支援システム側にもたせ、作成した切替操作手順を新型配電線自動化システムに転送して実行するようになった。

この両者の緊密なシステム間連係により、従来、紙ベースの切替操作手順票で実行されていた計画切替が、自動で実行できるようになり、省力化に大きく貢献している。

(4) 処理性能向上

配電業務総合支援システムとの機能分担の合理化により、新型配電線自動化システムは、監視/制御機能に特化する事ができた。計算機の性能向上も相まって、処理性能を大幅に向上させる事ができた。

性能試験では、同時に3000の状態変を処理する試験、配電用変電所3バンク同時故障、配電線20秒間隔連続故障等の過酷な性能試験を実施して、処理性能を確認している。

(5) 広域機能

配電線系統は営業所単位で管理・運営されているが、配電線は営業所単位で分離はされておらず、相互に接続している。一つの配電線で電源から末端までが2つ以上の営業所

の管轄になっているものを、またがり配電線と呼び、管理・運営には営業所間での相互連絡、切替手順の同期実行など注意が必要であった。

新型配電線自動化システムでは、配電線の営業所境に境界柱という仮想の設備(計算機上のみの設備)を設け、境界柱を経由して他営業所の必要データを通信するという新機構を考案した(図15)。

支店に一台の広域サーバ(KS)を設けて、通信を管理することにより、各営業所の新型配電線自動化システムは自営のみデータベースで独立性を保ちながら、あたかも支店大のデータをもったような広域機能を実現できる。

この広域機能により、他営業所の系統監視はもちろん、またがり配電線の切替操作の自動実行も可能となった。

(6) 代行運転機能

最近、他営業所を一括して管理・運営をしたいというニーズが出てきていた。これは、営業所を夜間・休日に閉店して、管理を他営業所へ委託するという業務形態が必要になってきたという事情による。

新型配電線自動化システムでは、親局操作卓の待機卓を有効利用して、他営業所の系統運転を代行する機能を設けた。

この代行運転機能は、基本的な機能はそれぞれの自営業所制御卓が行い、代行する側の待機卓では操作・表示を行

うようにして実現した(図16)。このため、制御性能を低下させる事なく、4営業所までの代行を可能とした。

5. あとがき

今回開発した新型配電線自動化システムは、平成14年に中部電力(株)四日市営業所殿に1号機を納入以来、三重支店管内、名古屋支店管内、静岡支店管内、長野支店管内の多数の営業所に納入され、現在順調に稼働中である。

最後に、システムを開発するにあたり、多大なご指導・ご協力をいただいた中部電力(株)販売本部配電部殿をはじめ関係各位の方々に厚くお礼申し上げる次第である。

参考文献

- (1) 大幸、石原 : 「情報技術を駆使した配電業務の効率化とサービス向上」電気評論 Vol.4485 No.87 (2002)
- (2) 永田 : 「配電自動化システム」電気協同研究 Vol.58 No.5 (2003)
- (3) 杉山、田中他 : 「配電線自動化プログラム制御親局システムの開発」愛知電機技報 No.20 (1998)

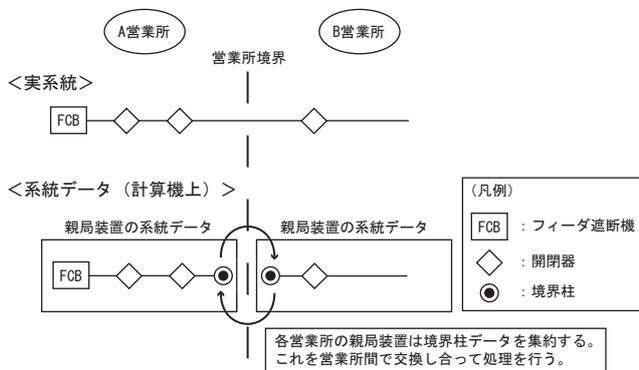


図15 境界柱データ関係

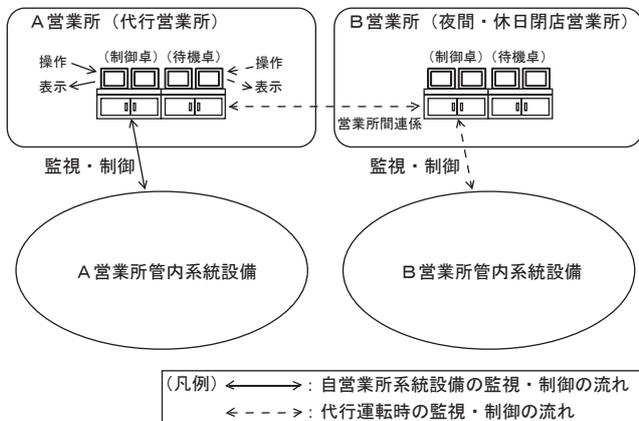


図16 代行運転機能