

配電自動化システム新型親局の開発

Development of Distribution Automation System

増田 康夫※
Yasuo Masuda
伊藤 正紀※
Masanori Itoh
藤井 章※
Akira Fujii
眞弓 健※
Takeshi Mayumi
重野 弘喜※
Hiroki Shigeno

1. はじめに

配電自動化システムは、配電系統運転業務の省力化・効率化や供給信頼度向上を目的としたシステムである。配電自動化システムの基本機能は、配電系統の区分閉器を遠隔監視制御することである。基本機能を利用して配電系統の計画的な切替や、配電線故障等の突発的な停電発生時に故障区間以外の区間に自動的に送電することができる。

当社は、中部電力殿に第1世代親局を納入(1990年度)し、その後、技術的進歩と中部電力殿での業務運用上の要望により、親局の機能を向上してきた。

今回、電力品質管理のための機能追加や配電線故障時処理などを高度化した第5世代親局を開発した。

以下に、配電自動化システム親局の変遷と第5世代親局開発について紹介する。

2. 配電自動化システム親局の変遷

2.1 親局の基本機能

親局の基本機能は、配電用変電所の一次CBや二次CBなどの状態表示、および配電系統の区分閉器や手動開閉器などの状態を表示する。また、配電用変電所のFCBや配電系統の区分閉器を遠隔制御する(図1)。

区分閉器の遠隔制御は、親局から子局を介して実施される。

親局は世代交代にともない、基本機能をもとに操作性向上や他システムとの関係機能追加、マニュアル制御からプログラム制御など機能追加を実施した。

親局の各世代の変遷を述べる。

2.2 第1世代親局

親局は、表示処理部や内部処理用の専用計算機で構成された。親局のユーザインターフェースはCUI(Character User Interface: キャラクターユーザインターフェース)であり、親局の画面に開閉器番号、開閉器の入切状態などを一覧形式で表示した。開閉器の監視および制御は、一覧表示されている開閉器番号を選択して操作した。

親局の監視制御範囲は、親局が設置された営業所管轄内であった。

対子局通信はモデムを使用し、監視はポーリング方式であり、この通信方式は現在のシステムにも使用されている。

※ 電力事業部 制御設計部 配電システムG

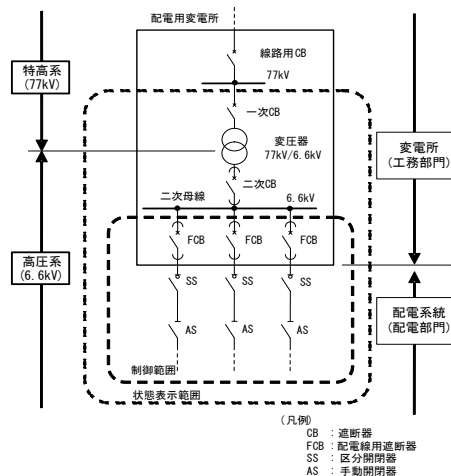


図1 親局の状態表示・制御範囲

2.3 第2世代親局

親局は、汎用UNIXワークステーションを中心とした構成になり、親局内プログラム間の通信にはTCP/IPを採用した。

親局のユーザインターフェースはGUI(Graphical User Interface: グラフィカルユーザインターフェース)を採用し、親局の画面表示を簡易系統図(スケルトン)表示とした。配電系統の充停電状態や開閉器の入切状態は簡易系統図上のシンボル表示色の違いで表現した。また、開閉器の監視制御は、簡易系統図上の開閉器シンボルを選択して実施した。これにより、配電系統状態や開閉器入切状態の把握と操作性が向上した。

また、親局の監視制御範囲は、第1世代親局と同様に設置された営業所管轄内であり、各営業所の親局は独立していた。

2.4 第3世代親局

親局の基本的な構成は第2世代を踏襲し、構成機器を二重化して、耐障害性が向上した。これにより、構成機器の単一故障が発生しても運用を継続できるようになった。

また、他システムとの関係による機能分担を実現するとともに各営業所に設置された親局間の関係による広域運用機能を具備した。

他システムには情報系システム(配電業務総合支援システム)と給電制御所システムがある。以下に、他システムとの関係および親局間の関係を示す。

(1) 情報系システム連係

情報系システムとの連係は、親局と情報系システムとの合理的な機能分担をはかり、簡易システムデータや系統切替手順データなどを送受信した(図2)。

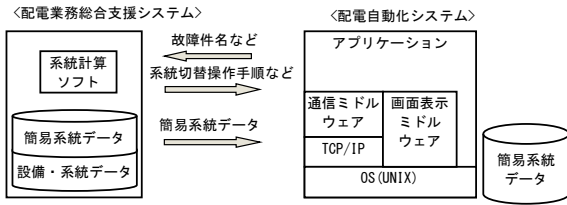


図2 情報系システム連係とソフトウェア構成

簡易システムデータは、情報系システムでメンテナンスされる設備・システムデータをもとにして作成され、親局に送信されるようになった。この結果、従来、情報系システムと親局の双方でメンテナンスされていたデータが、情報系システムでのデータメンテナンスに一元化され、親局でのデータメンテナンスが不要になった。また、系統切替手順データは、工事や配電線故障時の系統切替に使用する。系統切替手順データの作成には系統計算ソフトが必要であるが、情報系システムで計算された系統切替手順データを親局に送信した結果、親局には系統計算ソフトは不要となった。

配電線路図は、情報系システムからの簡易システムデータを利用して表示される。この結果、第2世代親局と比べ、実際の配電系統に近い配電系統図が表示可能となった(図3)。

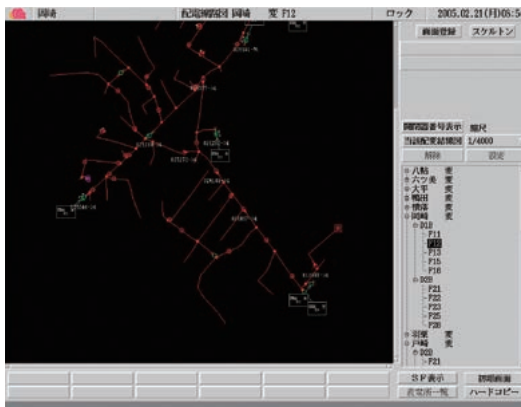


図3 配電線路図画面

(2) 給電制御所システム連係

親局は、配電用変電所内の機器接続を単線結線図で表示した。また、配電用変電所内の機器状態は、変電所を監視制御する給電制御所システムから受信し、単線結線図上の機器シンボル表示色に反映した。これにより、配電変電所内の状態把握が容易になった(図4)。

また、親局から給電制御所システムに配電線用遮断器(FCB)の入切制御要求や計測要求を実施可能とした。

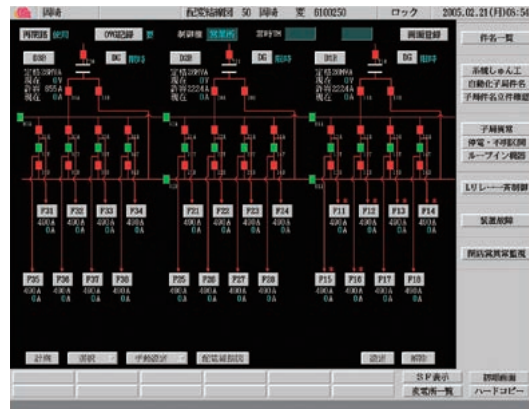


図4 配電結線図画面

(3) 広域連係機能

広域連係機能では、営業所管轄範囲をまたがる配電系統の充停電を把握するため、広域連係サーバを設けて配電系統の営業所境に境界柱と呼ばれる仮想の設備(計算機内部のみの設備)を設定した。境界柱により供給電源や供給方向などの営業所境界の系統状態を送受信した(図5)。これにより、複数の営業所管轄範囲をまたいだ配電線の切替工事、配電線故障時の切替操作などを可能にした。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、監視・制御する代行運転が可能となった。

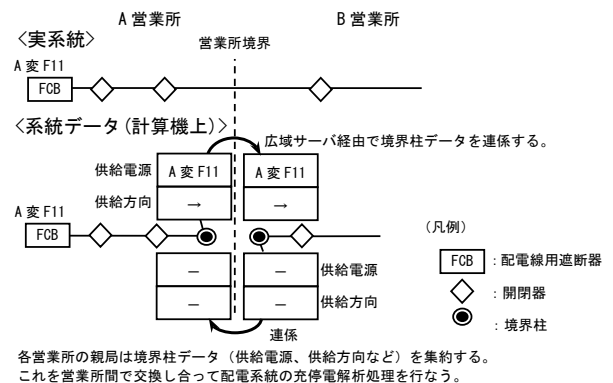


図5 境界柱データ連係

2.5 第4世代親局

システム構成は、構成機器の二重化と踏襲して、クライアント-サーバ構成とした。これにより、片方のサーバ停止時であっても、運用継続ができるようになり、耐障害性がさらに向上した。また、クライアント-サーバ構成では複数クライアント化が容易なことを活かし、複数操作卓(標準2卓、最大4卓)での監視および制御操作を可能にした。

構造面では、サーバ架を免震台に設置して、地震発生時のサーバ障害の防止を図った。

システム保守面では、ソフト更新機能を追加した。これにより、作業者出向が不要になり、親局プログラムの機能追加を短期間で反映できるようになった。この結果、親局納入全箇所での新機能の使用開始時期を早めることができたようになった。

親局の第1世代から第4世代までの特徴を表1にまとめた。

表1 親局各世代の特徴

世代	特徴・概要・前世代からの機能追加
第1世代	<ul style="list-style-type: none"> 開閉器の遠隔監視制御 子局からの情報を文字表示 操作部と監視制御部に処理分散
第2世代	<ul style="list-style-type: none"> 配電線の簡易システム表示 汎用計算機、TCP/IP通信の採用 配電線路図表示 件名操作手順の作成と自動実行 自律分散システム オブジェクト指向設計
第3世代	<ul style="list-style-type: none"> 情報系システム連係 データメンテナンスフリー 件名操作手順の実行 給電制御システム連係 配電線用遮断器(FCB)の監視制御 配電線故障時処理 親局間連係 営業所まがり配電線表示 代行運転機能(閉店営業所の代行) 構成機器の二重化 耐障害性向上
第4世代	<ul style="list-style-type: none"> クライアント-サーバ構成 耐障害性向上 複数操作卓での監視制御 ソフト更新機能 機能追加ソフトの反映作業期間短縮 公衆保安の向上 断線箇所への送電停止 地震発生時の配電用変電所の再閉路除外 電圧管理の向上 配電用変電所LRTの整定スケジュールの遠隔変更 配電用変電所の逆潮流通知

3. 第5世代(5G)親局の概要

5G親局は、第4世代親局の基本機能を踏襲し、さらに電力品質管理のための機能追加や配電線故障処理の高度化などを目指した。

このために連係するシステムや機能も追加した。第4世代親局からの主な変更点は、対子局通信のIP通信化、スマートメーター制御管理システムとの連係、子局の地絡検出情報を利用したFCBの再トリップ抑制等である。

また、親局の画面表示の視認性や操作性などユーザーインターフェースの向上を図った。

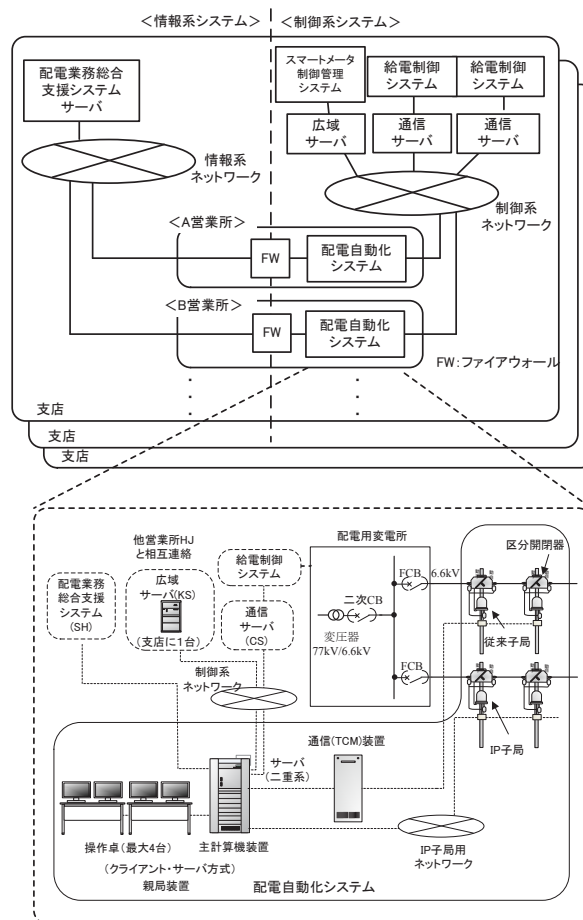


図6 全体システム構成とネットワーク

(1) 対子局通信

従来の子局との通信方式はモデム通信で、通信速度は600 bps、または1200 bpsであった。今回、IP通信方式の子局(以下、IP子局という)を開発したため、従来の通信方式に加え5G親局にはIP通信方式を追加した。また、高速大容量通信(100 Mbps)が可能となった。この結果、従来は子局の計測値は複数回に分けて送信していたが、IP子局では計測値を同時に送信可能となった。また、親局の子局監視は、従来のポーリング方式からIP子局では自己発呼方式に変更された。これにより、IP子局での状態変化は即座に親局へ通知されるようになった。また、IP子局は、内蔵時計によって同一時刻の計測値を定期的に親局へ送信する。この結果、子局設置箇所の同一時点での計測値が取得できるようになった。また、従来子局は区分開閉器用だけであったが、電圧調整器(SVR)用も開発され、親局から電圧調整器の整定値の遠隔設定や、タップ位置などの稼働状態を遠隔監視できるようになった。

今後、特定時点の電圧分布や電流分布を把握し、電圧管理に利用される。

また、親局とIP子局との高速大容量の通信を利用して、IP子局のプログラムを更新するリモート更新機能や、IP

子局の動作ログを親局から遠隔取得が可能となった。

リモート更新機能により、IP子局の機能追加や機能変更が容易になる。従来は、子局のプログラムはメーカー工場で更新する必要があったため、納入済の子局のプログラムの更新は、実施していなかった。また、子局動作の調査時には子局の動作ログを現地出向して取得していた。これが、遠隔で取得できるようになり、迅速な調査が可能となった。

(2) スマートメーター制御管理システム連係

5G親局では、スマートメーター制御管理システムと連係した。

従来から配電系統の幹線には子局が設置され、子局の監視結果から充停電状態が判定できた。しかし、配電系統の分岐線には子局は設置されず、親局では充停電状態を把握できない場合があった。5G親局では、スマートメーター制御管理システムから変圧器単位の停電および欠相情報を受信して、配電線路図上の変圧器シンボルに表示するようにした(図7)。これにより、配電系統の分岐部分の状態を親局で認識できるようになり、公衆保安確保のために迅速な対応が可能となる。

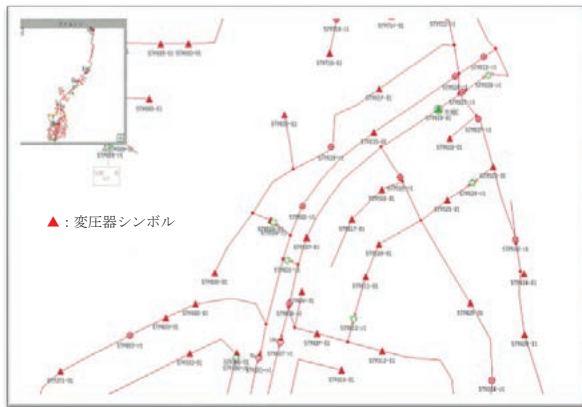


図7 変圧器表示(配電線路図画面)

(3) 配電線故障模擬

従来、親局のシミュレーション機能は、開閉器の個別操作、個別設定を模擬することができる。

しかし、親局操作に不慣れな当直者が配電線故障時に親局の画面表示を確認することがある。このため、配電線故障時の親局挙動を当直者などに教育したいとの要望があった。今回、シミュレーション機能に配電線故障模擬機能を追加して、配電線故障時の親局の挙動に係る教育を可能とした。これにより、不慣れな当直者による配電線故障時の対応向上が期待できる。

(4) 代行運転機能の向上

代行運転機能の向上は、大きく二つある。一つ目は、代

行営業所と閉店営業所の組合せをユーザで自由に変更可能にした。二つ目は、閉店営業所の親局画面表示を可能とした。

従来、代行営業所と閉店営業所の組合せの変更は、メーカーによるメンテナンスが必要であった。このため、各営業所の状況に応じた柔軟な代行運転変更ができなかった。5G親局ではユーザが代行営業所と閉店営業所の組合せを変更できる機能を追加した。

従来、閉店営業所の親局は、代行運転時には画面表示していなかった(暗幕表示)。このため、代行運転の開始終了時などに代行営業所と閉店営業所との業務引継ぎが不便であった。これを閉店営業所の親局でも画面表示を可能として、同一の画面表示を見て業務引き継ぎができるようになった。

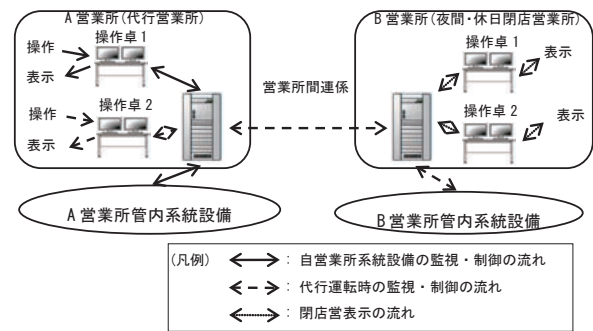


図8 代行運転機能追加

(5) 視認性操作性向上など

親局の画面表示や操作性を向上した。画面表示の向上では、ワイドモニタ採用による表示領域拡大を利用して、一度に表示できる情報量を増やした。

ただし、ワイドモニタは従来のモニタに比べ解像度が小さくなったため、従来と同じフォントで表示すると文字が小さく、細くなって視認性が悪くなってしまいます。このため、従来と同程度の視認性を確保できるフォントを選定した。

また、各種一覧表示のスクロールや配電線路図表示の拡大縮小をソフトボタンの選択だけでなく、マウスのスクロールボタンの操作でできるようにして操作性を向上した。

また、画面表示サンプルを作成して、シンボル形状や表示色、操作性など、利用者視点からの意見や要望を反映した。

第5世代親局の主な追加仕様および機能を表2に示す。

表2 第5世代親局の主な追加仕様および機能

項目	機能
IP子局通信	<ul style="list-style-type: none"> ・監視制御 <区分開閉器> 零相電圧電流計測 地絡検出 過電流検出 <SVR> 稼働状態監視 タップ位置監視制御 整定値設定 三相電圧電流計測 ・子局のソフトウェア配信・更新 ・子局の動作ログ取得
スマートメータ制御管理システム(SMCMS)連係	<ul style="list-style-type: none"> ・停電/欠相情報 ・変圧器単位に集約されたスマートメータ停電/欠相情報
配電系統表示/監視制御	<ul style="list-style-type: none"> ・配電線路図表示 <区分開閉器> 地絡/過電流表示 <SVR> 状態表示、監視制御 ・<変圧器> 停電/欠相状態表示
配電線故障時の停電回数削減	子局からの地絡情報を利用した配電用遮断器の再トリップ抑制
代行運転	<ul style="list-style-type: none"> ・代行営業所と閉店営業所の組合せ変更 ・閉店営業所での画面表示
シミュレーション	・配電線故障模擬
ユーザインターフェース	ワイド画面表示 画面表示スクロール 表示縮尺変更

5. あとがき

5G親局は2016年度に1号機を納入後、順次納入、改造され順調に稼働している。また、さらなる機能追加も計画されている。現在、開発、検討中の代表的な機能を以下に述べる。

- ・サーバ集中化
セキュリティ強化および大規模災害時の運転継続の観点からのサーバ集中化。
- ・IP子局の国際標準規格(IEC61850)化
親局-IP子局の通信仕様の国際標準規格(IEC61850)化。
- ・スマートメータ監視制御システム情報利用の高度化
スマートメータ監視制御システム情報を利用した配電系統の断線箇所への送電停止などの高度利用。

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)電力ネットワークカンパ

ニー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) 横井、増田他：「配電線自動化システム 新型親局装置の構成技術」愛知電機技報(No.32/20年3月)
- (2) 田島：「配電線自動化システム」電気設備学会誌(2009年6月)
- (3) 野村、小嶋他：「新型配電線自動化システムの開発」愛知電機技報(No.26/2005年3月)
- (4) 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年3月)