

# 配電線自動化システム

## Computer-Based Supervisory Control System for Power Distribution Networks

飯塚 和夫<sup>※1</sup>  
Kazuo Iizuka  
堀部 勳夫<sup>※2</sup>  
Isao Horibe  
横井 博徳<sup>※2</sup>  
Hironori Yokoi  
田島 久嗣<sup>※2</sup>  
Hisashi Tajima

This system is the first level computer-based supervisory control system for power distribution networks, which has been promoted by Chubu Electric Power Co., Ltd., and features as its major targets, "Fast restoration of power supply on the occasion of distribution network troubles", and "Labor savings related to switch operation of suspended power supply for construction work", etc.

The system consists of a host station device installed at the local distribution office, and terminal station devices installed on the pole to control the high voltage switches. Monitoring and control of power distribution networks are conducted from the local distribution office.

The host station device is a manual control system by which monitoring and control of switches are made based on the operator's judgement. Terminal station device is equipped with the telecontrol function in addition to the conventional control function of section switches.

This system contributes to improve the reliability of power supply by the power distribution networks.

### 1 まえがき

近年、社会の高度情報化、多様化が急速に進展する中でエレクトロニクス応用機器が産業分野のみならず、我々一般家庭内に広く普及してきており、それらに使用される電力の高品質、高信頼性への要求は、ますます高まっている。

特に配電分野においては、面的に広がった複雑な電力供給系統に多数の機器、需要家が直接接続されているため、その運用手法が信頼度へ与える影響は多大である。

この様な配電系統の供給信頼度の向上と運用の省力化を目的とした配電線自動化システムを開発し、平成2年6月、中部電力(株)鈴鹿営業所に納入した。

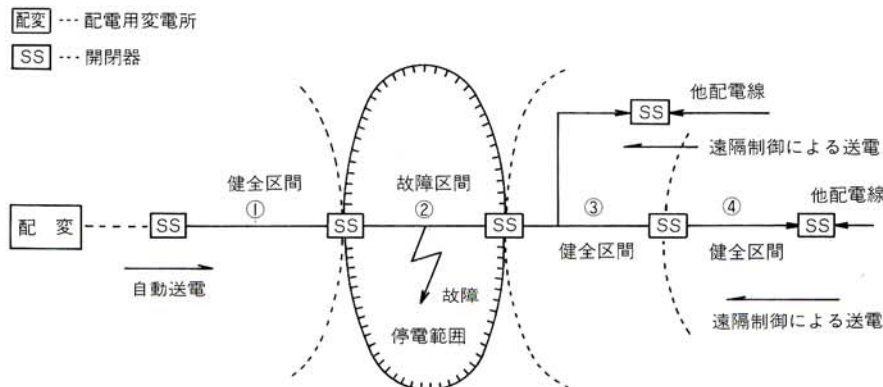
以下、この鈴鹿営業所殿納入品について紹介する。

### 2 配電線自動化システムの概要

本システムは配電線上の高圧区分閉器（以下、開閉器と略称する。）の制御を直接行う子局制御装置（以下、子局と略称する。）と、これ等の子局の遠隔監視制御を行なう親局制御装置（以下、親局と略称する。）からなり、

- ① 配電線の日常的監視・制御
- ② 配電線の故障発生時における健全区間への早期送電
- ③ 工事停電に伴う系統切替の遠方制御

等を行う。なお、図1に配電線故障時のシステム動作の概要を示す。



- ②区間故障発生による停電後、①区間へは配変から自動送電する。
- 子局の故障区間検出機能により、②区間以降へは送電されない。
- 健全区間の③区間及び④区間は、他配電線より親局からの遠隔制御により送電される。

図1/システム動作の概要

Fig.1/Outline of system operation

※1 中部電力株式会社 配電部

※2 システム開発本部 技術部

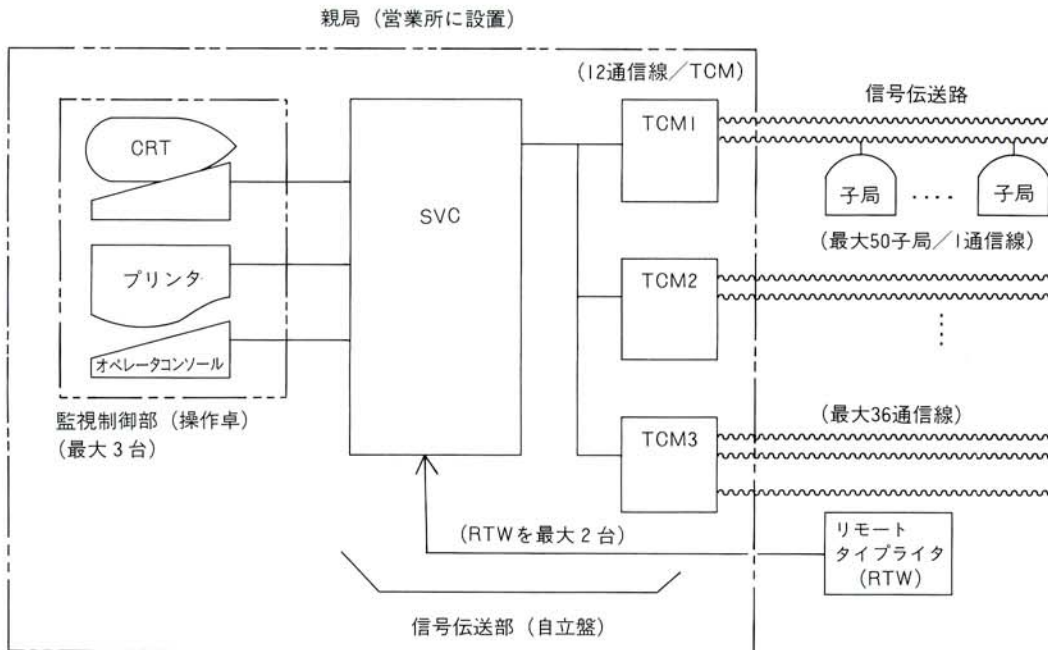


図2/システムの構成

Fig. 2/Configuration

## 2.1 システム構成

配電線自動化システムの構成は、

- ① 営業所に設置され、オペレータとの接点となる監視制御部、及び信号伝送制御等を実行する信号伝送部で構成される親局
- ② 柱上に設置され、親局の指示及び高圧線の状況等に応じて開閉器の監視制御を実行する子局
- ③ 両者をつなぐ信号伝送路

より構成される。

なお、配電線状況をより正確に把握するため、制御所側の配変りレー情報をRTW信号として入力している。

図2に本システムの構成を、また表1に本システムの最大取込規模を示す。

## 2.2 システム設計思想

本システムは下記の点に留意して設計している。

### (1) 操作性の向上

親局の操作用CRTは、対話型を基本とし、

- ① 各操作ステップごとにガイドメッセージを挿入した。

- ② 画面上の文字は6種のカラーにより識別をしやすくした。

- ③ 画面の展開や画面項目の選択は扱いが容易なマウスにした。

などの操作性の向上を計った。

### (2) 操作の確実性の向上

開閉器の「投入」・「開放」などの制御項目の選択と制御の実行はオペレータコンソール上の「入」・「切」釦の押し下げ及び「制御」釦の押し下げの2挙動操作として操作の確実化を図った。

また、「制御」釦には誤操作防止を目的としてカバー付き釦を採用した。

### (3) フェールセーフ方式

子局、親局共に自己診断機能を保有させ、異常検出を早期に行うと共に異常発生による暴走を防ぐシステムとした。

また、子局の単独機能として、異常時には開閉器の現在状態を維持する回路構成とし、不用意に開閉器が動作することによる2次的被害を防止するシステムとした。

### (4) 子局の単独運転機能

従来からある故障区間検出用リレーの全種別の機能を保有させ、親局からの設定により任意のリレー機能を選択することを可能とした。

表1/システムの最大取込規模

Tab. 1/System capacity

項	目	最大取込数
発変電	所数	60箇所
発変電所	バンク数	3バンク/箇所
	フィーダ数	8フィーダ/バンク
開閉器		21台/フィーダ

## 2.3 システムの機能

本システムは営業所の親局から、柱上の子局を介して開閉器を監視制御するための遠制機能と共に、子局の単

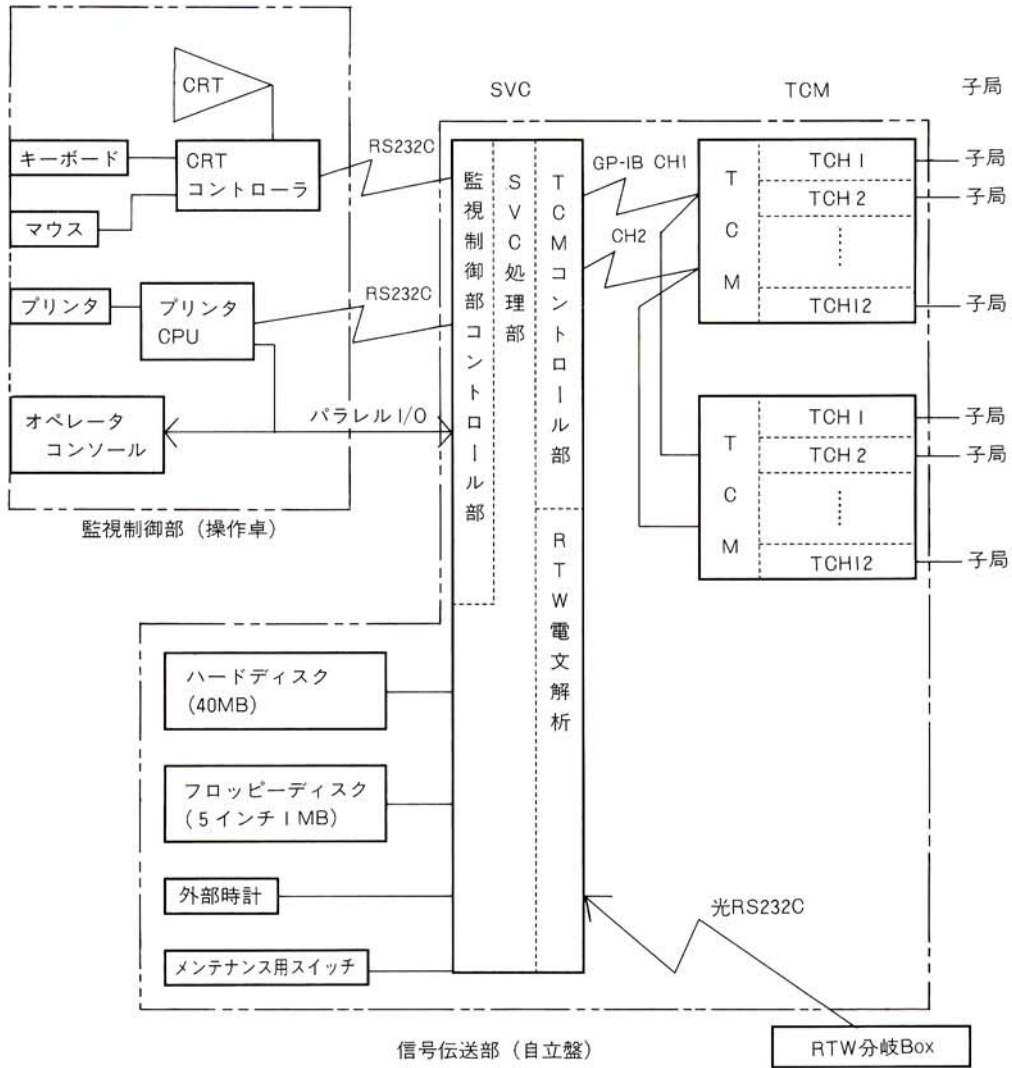


図3/親局の構成

Fig.3/Configuration of master station

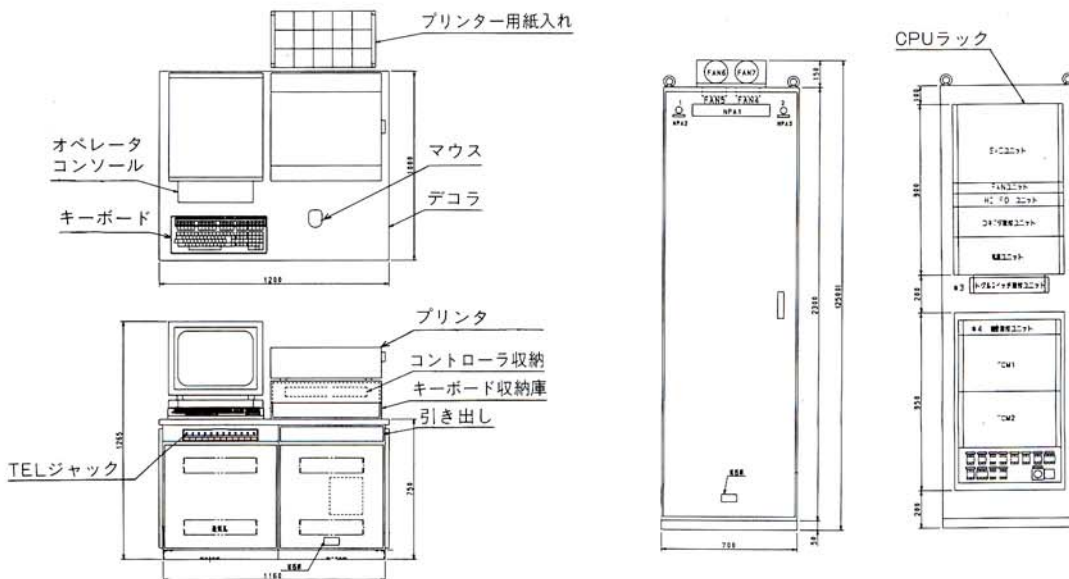


図4/親局の内部構成

Fig.4/Construction of master station



独運転機能として配電線の故障発生時に故障区間を除く健全区間への自動送電を行う従来の故障区間検出用リレーのS型、及びL型等の全ての機能を有するものである。

また、一般の配電線故障のみでなく、バンク停止やOCL故障時には子局のL機能を一斉除外する機能も有する。

表2に本システムの機能一覧を示す。

## 2.4 信号伝送方式

表3に信号伝送仕様を示す。

親局と子局間は、信頼性、経済性、装置の簡素化等を総合的に勘案し、専用の通信線により接続された通信線搬送方式によるポーリング方式が採用された。

子局の回線への接続方法は、マルチドロップ方式が使用され、1通信線は最大50子局の設備容量としている。

ただし、ポーリング方式の宿命である状態監視サイクルを最長30秒以内とするため、1通信線に接続する子局の数を最大約30個程度とし、子局状態時の検出時間の短縮を行っている。

通常、親局は子局に対してシステム内で定義された短縮アドレスにより自動ポーリングを行っている。子局は、前回ポーリングとの間に状態変化がなければ自局アドレスのみを親局に返送する方法とし、状態変化発生時のみ子局SV情報を親局へ返送することにより情報伝送時間の短縮を図っている。

## 3 親局の概要

### 3.1 構成

図3に親局の構成、図4に親局の内部構成、図5に親局設備の組合せ、図6に親局の外観を示す。

親局は監視制御部と信号伝送部に大別される。

監視制御部は、操作者とのマンマシンインターフェイス部であり、操作卓に収納されている。

信号伝送部は、システムの中央処理部を含むもので、自立盤に収納されている。

監視制御部は、最大3台まで増設可能である。また、信号伝送部のTCM部も最大3ラックまで増設可能である。

#### (1) 監視制御部の構成

##### ① CRT及びCRTコントローラ

20インチのカラーグラフィックモニターを有するインテリジェントターミナルを用いている。表示は、SVC部からのコントロールにより行われる。

表示画面の基準画素部をターミナル側の内部メモリに予め登録することにより処理の高速化を図っている。

なお、モニターのブラウン管寿命対策として表示の必要がない時はモニターのみ電源を「OFF」とす

表2/システムの機能一覧

Tab. 2/Main function of system

項目	機能
遠隔制御機能	<ul style="list-style-type: none"> <li>開閉器の「入」・「切」</li> <li>リレー種別、投入時限、正逆接続の設定</li> <li>使用/除外、一斉使用/一斉除外の設定</li> <li>瞬停切替設定</li> <li>OCL/バンク停止時のL、RLリレー自動除外</li> </ul>
遠隔監視表示機能	<ul style="list-style-type: none"> <li>開閉器の「入」・「切」状態</li> <li>リレー種別、投入時限、正逆接続の設定状態</li> <li>使用/除外の設定状態</li> <li>開閉器両端の電圧「有」・「無」状態</li> <li>開閉器両端の電圧位相角計測</li> </ul>
システム自己診断機能	<ul style="list-style-type: none"> <li>常時ハード及びソフトの自己診断を実施</li> </ul>
データメンテナンス	<ul style="list-style-type: none"> <li>設備データのメンテナンス</li> </ul>
記録	<ul style="list-style-type: none"> <li>操作時の自動印字</li> <li>システム異常時の自動印字</li> <li>リクエストによる状態印字</li> <li>画面のハードコピー</li> </ul>
シミュレーション	<ul style="list-style-type: none"> <li>制御、監視、設備データメンテナンスのシミュレーション</li> </ul>
子局機能	<ul style="list-style-type: none"> <li>子局単独機能</li> <li>遠隔監視制御機能</li> </ul>

表3/信号伝送仕様

Tab. 3/Specifications for signal transmission

項目	通信線搬送方式
変調方式	周波数偏移変調方式 (FSK)
伝送速度	600bps
周波数	1200Hz±200Hz
符号	パリティチェック
検定方式	反転連送 定マーク検定 (制御コードのみ)
回線接続方式	マルチドロップ方式
回線制御方式	ポーリング方式
通信方式	半2重通信方式

ることが可能であり、状態発生時など画面表示が必要な場合は自動画面立上げを行うこととした。

#### ② マウス、キーボード、オペレータコンソール

画面上の選択項目の指定、メンテナンスデータの入力、監視制御オペレーションの動作指定等を行う入力装置である。

#### ③ プリンタ

赤黒2色の漢字プリンタで、状態、操作、メンテナンス等の記録を行う。

#### ④ プリンタコントローラ部

漢字プリンタの印字制御及びSVC部からの印字要求コマンドの編集を行う。固定した印字文字をメモリに持つことにより処理の高速化を図っている。

#### (2) 信号伝送部の構成

##### ① SVC部

親局装置の中央処理部で、プログラム、データベースの格納を行うと共に、各種データ加工等を実施

する部分であり、内部は5組のCPUにより構成されている。

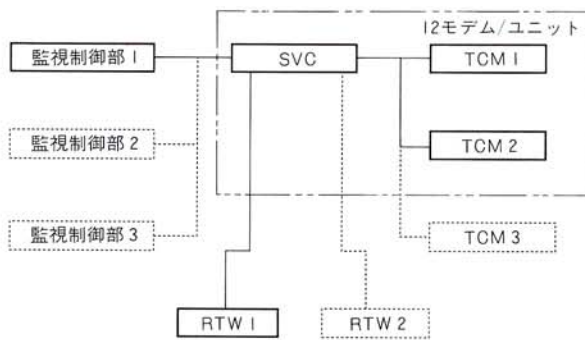
各CPUは、マザーバスから独立したローカルな2ポートメモリを介して相互接続されており、CPU間の伝送速度の向上を図っている。

a. MMI-CPU部

操作卓のマンマシンインターフェイス機器のコントロールを行う部分であり、16ビットのCPUを用いている。

b. マスターCPU部

MMI-CPU部、TC-CPU部の制御とデータベースの管理を行う親局装置の中心となるCPU部分であり、16ビットのCPUを用いている。



- 部は、今回設置設備
- 部は、将来拡張可能設備
- 部は、信号伝送部 | 自立盤当たりの収納設備範囲

図5/親局設備の組合せ

Fig.5/Combination of master station equipment

c. TC-CPU部

TCM部、RTW電文解析部の制御を行う部分であり、16ビットのCPUを用いている。

d. RTW電文解析部

リモートタイプライタ (RTW) からの電文を解析し、必要電文のみをマスターCPU側へ伝達する部分であり、8ビットCPUを用いている。

e. 異常検出部

SVC部の異常をウォッチドッグ、パリティ、バスエラー、アドレスエラー、CPU間の伝送エラー、DC電圧異常の監視を行う部分である。

② TCM部

TCM部は、SVC部のTC-CPU部分と2重化したGP-IBインターフェイスを介して接続される。

TCM部は、営業所の通信線の規模に応じて最大3ラックまで拡張可能な構成となっている。

TCMでは、

- SVC部からの子局制御、監視要求に基づく処理
- 制御、監視要求失敗時のリトライポーリング処理
- 自動監視処理

(子局データが状態時のみSVC部へ伝送を行う。)を行う。

一つのTCMユニットで最大12通信線の制御が可能である。

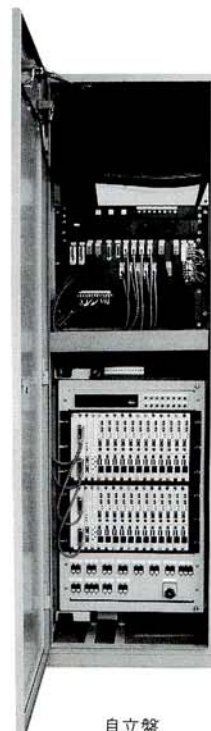
TCM部は、四つの基板より構成されている。

a. TCM-CPU基板

TCM部の中心となるCPU部であり、8ビットのCPUを用いている。



操作卓



自立盤

図6/親局の外観

Fig.6/External view of master station



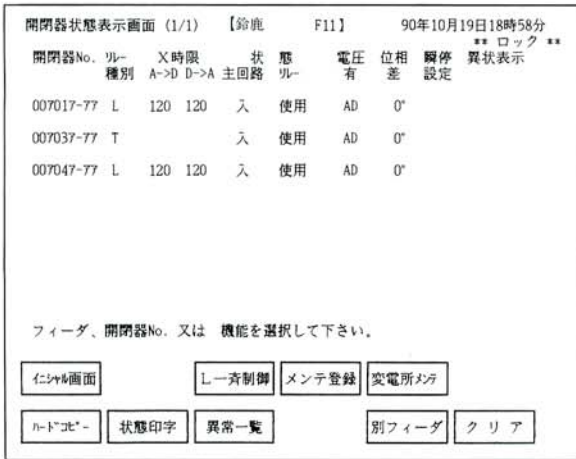


図7/CRT画面例（開閉器状態表示画面）

Fig.7/Example of CRT display

- b. GP-IB基板  
SVC部とのインターフェイス基板である。
- c. TCH基板  
1枚のTCH基板で1通信線の制御を行っており、8ビットCPUを用いたインテリジェントモデムである。
- d. 警報基板  
TCM部の異常を検出する基板である。

### 3.2 操作方法

制御の最終行為を除いて、全ての操作はマウスまたはキーボードを用いて行う。

ただし、キーボードは子局登録や変電所のデータメンテナンス時に使用し、開閉器の遠制御操作をはじめとする

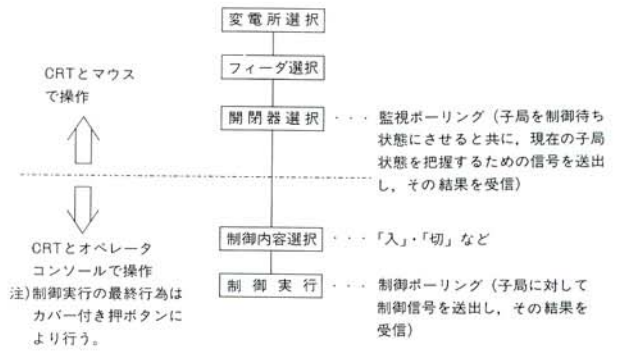


図8/オペレーションフローの概要（制御実行時）

Fig.8/Outline of operation flow

他の操作はマウスによる。

図7にCRT画面例を、図8にオペレーションフローの概要を示す。

## 4 子局の概要

### 4.1 子局システム構成

子局は、柱上に設置され配電線自動化システムの端末装置として機能する。

また、従来の故障区間検出用リレーとしての単独機能を総て兼ね備えている。

図9に子局の構成、図10に子局の外観、図11に子局の装柱風景を示す。

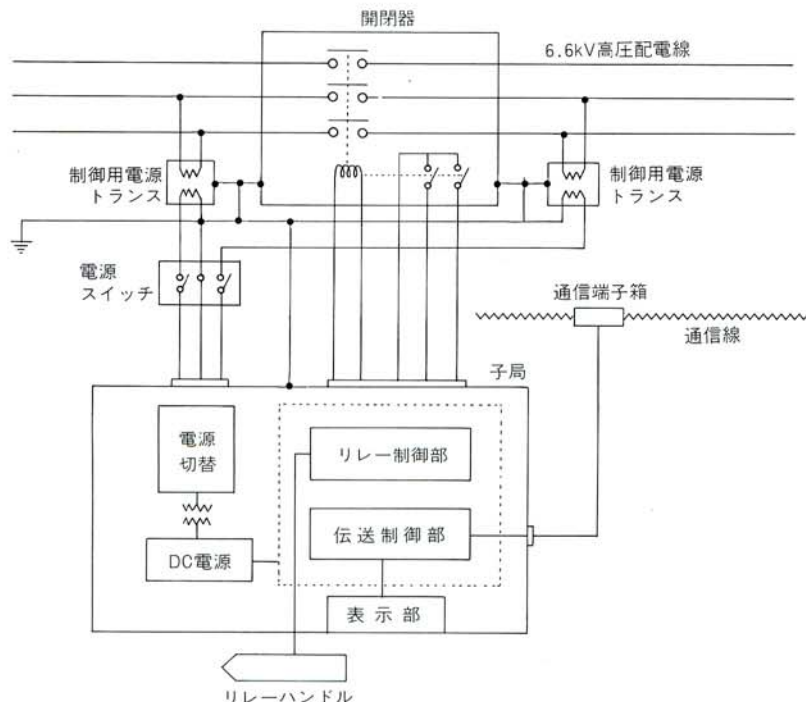


図9/子局の構成

Fig.9/Configuration of remote terminal unit

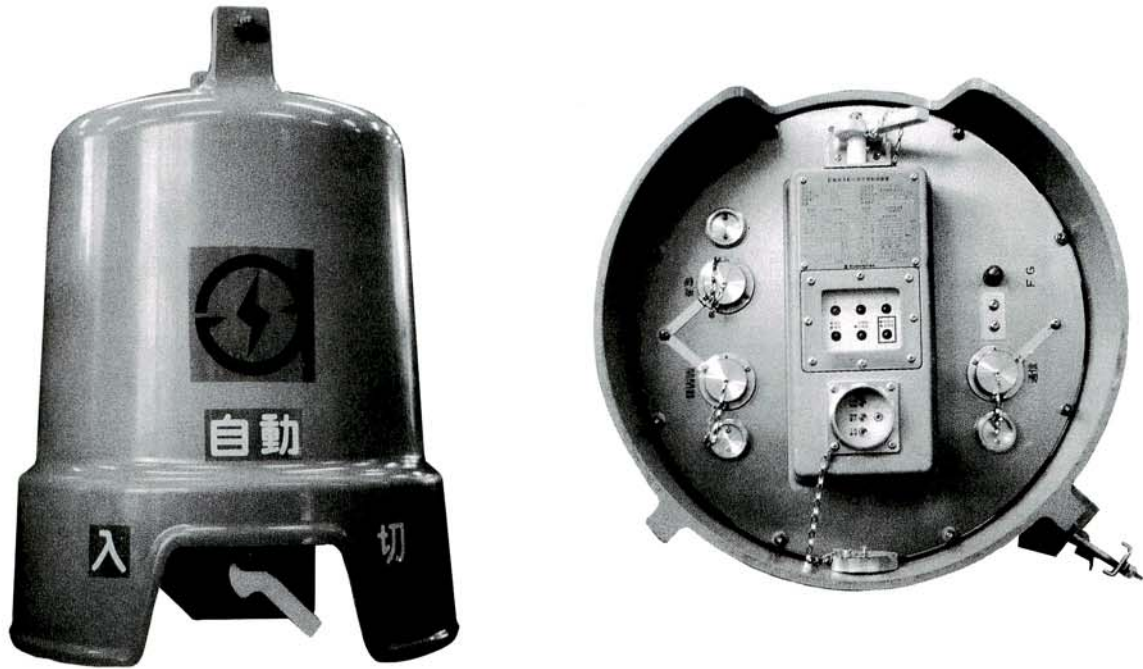


図10/子局の外観

Fig.10/External view of remote terminal unit

## 4.2 子局の機能

子局は、

- ① 現地での開閉器の入／切操作を可能とするハンドル操作機能
- ② 開閉器状態、系統の状態及び子局自身の自己診断結果を親局に通知する遠隔監視機能
- ③ 親局からの制御指令により開閉器の状態制御・子局の内部設定変更を行う遠隔制御機能
- ④ 事故発生時に故障区間を検出するための順送機能、逆送機能などのリレー機能

を有している。

これらは、専用のモデムICやマイクロプロセッサを使用した電子回路で構成され、多くの情報をオペレータに提供する。

また、現地手動操作で行われていた設定は遠制機能により親局から実施可能にしている。

現地での操作機能は、リレーハンドルによる入／切操作及び子局テストによる子局内部の設定変更である。

これらの操作時は、子局底面にある表示部でリレー種別；正／逆接続；使用／除外；励磁電流の有無が確認できる。

この表示情報とは別に、伝送状態を示すキャリア信号、自局ポーリング状態を示す信号及び自己診断による子局異常情報をLEDによって外部より確認できる構造となっている。ただし、これらは常時は、ネジ式の金属キャップで目隠しされており、必要に応じて表示確認するものである。

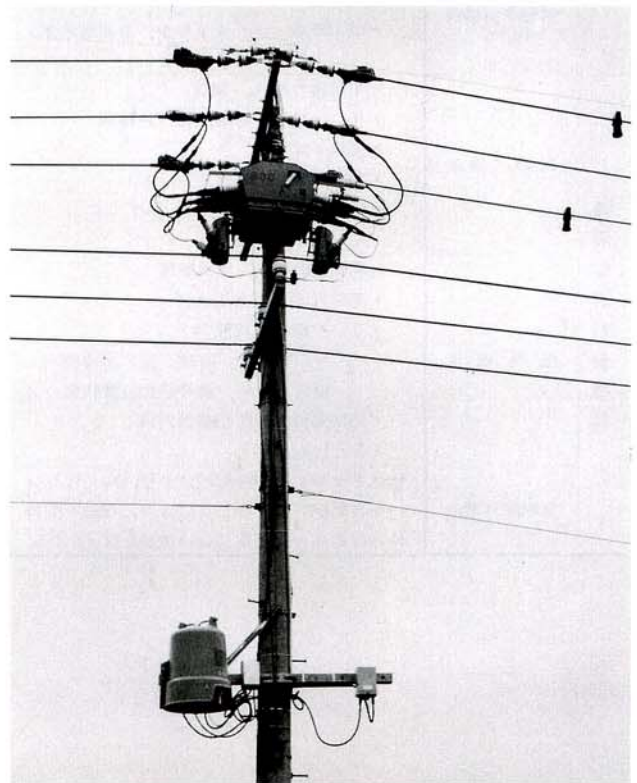


図11/子局の装柱風景

Fig.11/Remote terminal unit in use

子局が行う最終制御項目である開閉器の投入／開放指令は、電力供給の信頼性を向上させる上で重要な項目である。不用意な投入／開放指令を出さないために、投入／開放指令を2重化し、更に $C_2$ 判定を行っている。

表4に子局の機能一覧を示す。



表4 / 子局の機能一覧

Tab. 4/Main function of remote terminal unit

項目	内容	
単 独 機 能	リレーハンドル リレー機能	リレーハンドル操作による開閉器の投入、開放（現地手動操作として最優先される。） ・リレー種別（伝送を介して設定される。） (a) 順送用 S1 (b) 逆送用 S2 (c) 常開ループ点用 L (d) 常開ループ点用（再投入機能付）RL (e) 常開ループ点用（速制スイッチ）T ・瞬停切替
	自己診断機能	子局自身、開閉器、電源などの状態を常時自己チェックし、親局に通知する。 なお異常発生時は、主回路状態を現状維持する。
	無電圧時の子局固有情報保持機能	停電時においても下記情報を保持し、停電復旧時における子局の動作を規定する。 ・開閉器番号……開閉器に対応した固有番号 ・短縮アドレス……通信ルート内相対番号 ・リレー種別……S <sub>1</sub> 、S <sub>2</sub> 、L、RL、T ・時限……投入時限 ・使用/除外 ・正接続/逆接続 ・停電直前の開閉器稼働状態
	状態表示機能	・マグサイン表示・リレー種別、正/逆、使用/除外、励磁有無 ・LED表示……キャリア、自局選択中、子局異常
遠 隔 監 視 制 御 機 能	制御・設定	・開閉器の投入、開放 ・リレー種別、時限、正/逆接続 ・使用/除外 ・開閉器番号、短縮アドレス ・瞬停切替 ・L、RLの一斉制御
	監視機能	・開閉器の投入、開放状態 ・開閉器両端の電圧状態 ・リレー機能の状態 リレー種別、時限、正/逆接続、使用/除外、瞬停切替設定状態 ・開閉器両端の位相差計測値 ・自己診断結果
	自動除外機能	伝送キャリア断60秒継続により、L、RLリレーを自動除外とすることにより、伝送不能時におけるループ点用リレー機能をロックする。

### 4.3 耐環境性

子局は、開閉器や制御用トランスと共に柱上に設置されるため、直射日光、風雨、地震、台風、雷といった自然災害を受け、また、自動車走行時の振動や無線機等による電波ノイズなど過酷な環境下で使用される。

従って子局に求められる要求は、耐環境性を十分考慮した設計と綿密な評価試験に基づく高信頼性が必要となる。

子局のケースは、直射日光による温度上昇を抑えるために外側をFRPケースで覆い、その内側を更に金属ケースで覆うことにより、FRPケースと金属ケースの間に空気層を設けている。

また、内側を金属ケースとすることにより、雷インパルスや電波ノイズによる放射ノイズを遮蔽している。

外部から与えられる妨害として考えられる雷インパルスや電波ノイズによる伝導性ノイズに対しては、電源コネクタ・開閉器コネクタ・通信コネクタの入出力部の間近にサージアブソーバ、ノイズフィルタを効果的に配置し、またその後段には、絶縁トランス、ACリレー、ホトカブラで電子回路と絶縁している。

子局の電源は、6.6kV系統から制御用トランスを介して100Vを得ているため、系統動揺などによる電圧変動が存在する。従って、子局の動作電圧を85V～115Vとし、短時間の停電や130Vまでの昇圧に対応している。

## 5 あとがき

本配電線自動化システムは、現在287台の子局と親局一式が中部電力(株)鈴鹿営業所殿にて実運用に入っており、その処理の高速性・信頼性等について高い評価を得ている。このシステムの開発に当たり、多大なる御指導・御支援を賜った中部電力(株)殿の関係諸氏に対し、厚くお礼申し上げます。

### 参考文献

第10回、12回配電自動化セミナー JATEC

