

日本国有鉄道向け鉄研W3形変電所遠方監視制御装置

*¹ 田中 滋夫(たなか しげお)

*² 桐山 和高(きりやま かずたか)

*³ 塩谷 滋(しおたに しげる)

*² 清水 進(しみずすすむ)

① まえがき

日本国有鉄道（国鉄）鉄研 W3 形遠方監視制御装置（以下、W3 形遠制装置と略す）は、在来線変電所用遠制装置として従来から用いられてきた鉄研 BW 形遠制装置（表 1 参照）に代わる次世代の標準機種として開発したもので、マルチマイクロプロセッサ方式を採用し、他に類を見ない高度な機能を実現している。

基本方式としては、東北・上越新幹線で採用された鉄研 W 形遠制装置をベースとしているが、在来線への適用に配慮し、大幅な簡素化、低価格化を実現しながらも、更なる高機能化のために、多くの改良を加えている。

富士電機は、昭和61年11月に電化開業した福知山線・山陰本線13か所の変電所集中監視制御用として W3 形遠制装置を我が国で初めて納入し、営業運転に入った。

本稿では、公私鉄、電力会社などで一般に採用されている電気学会方式のサイクリック形遠制装置と全く概念の異なる W3 形遠制装置の設計思想、特長、機能などについて概要を紹介する。

② 国鉄における遠制装置の変遷

表 1 に国鉄における遠制装置の変遷を示す。

W3 形遠制装置は、今後 BW 形遠制装置の更新用としても広く用いられるため、方式・ハードウェアの相違にかかわらず、BW 形遠制装置と容易に置換できることが要求される。

なお、現在、昭和30年代後半に納入された B P 形遠制装置（表 1 参照）も、一部地域で稼動している。

③ 電鉄用遠制システムの条件とニーズ

電鉄用遠制システムの条件とニーズを物理的条件、機能面、保守面から分類すると以下のようになる。

3.1 物理的条件

- (1) 電力系統が直線状で、5～20km おきに被制御所が存在する。
- (2) 通信回線は、隣接する被制御所間で二対以下とする。
これは、BP 形や BW 形遠制装置との置換上の必要条件である。
- (3) 主要駅近辺にマイクロ端局などがあり、搬送電話回線が比較の利用しやすい。

3.2 機能面

- (1) 単一の状態変化を3秒以内に連絡できること。
- (2) 系統の事故時には、多くの状態変化が短時間に連続的に発生する。これらの詳細情報を短時間（8秒以内）に連絡し、制御所において迅速な状況把握、事故解析が行えること。
- (3) 被制御所相互間での連絡が行えること。これは、直流電化区間での連絡遮断、交流電化区間での延長き電要請などに活用できる。
- (4) 保全、保守情報の伝送機能を持ち、制御所でデータ収集ができること。
- (5) 1か所の回線障害では、監視制御機能に影響を与えないこと。
- (6) ミニコンピュータなどの上位コンピュータを追加することにより、制御の自動化に容易に対応できること。

表 1 国鉄における遠制装置の変遷(製作時期を示す)

対象	名 称	主 な 構 成 要 素	昭 和 30 年 代	昭 和 40 年 代	昭 和 50 年 代	昭 和 60 年 代
在 来 線	BP 形	電磁形補助リレー	—————			
	BW 形	ワイヤスプリングリレー		—————		
	W3 形	マイクロプロセッサ				—————
新 幹 線	H2 形	トランジスタ	東海道 —			
	H3 形	IC		山陽 —		
	W 形	マイクロプロセッサ			東北・上越 —	
	W2 形	マイクロプロセッサ				————— 東海道(置換)

*¹ 総合技術第二部 交通技術部

*² 富士ファコム制御(株) 第三技術部

*³ 富士ファコム制御(株) 第五技術部

3.3 保守面

- (1) 装置の無接点化や自己診断機能による省保守及び保守の容易化。
- (2) 装置の試験機能、障害時の探索用データ蓄積機能、周辺機器の充実。
- W3形遠制装置は、以上のような条件、ニーズを満足した遠制装置である。

4 システム構成と仕様

4.1 システム全体構成

図1に電鉄電力系統を含めたW3形遠制システムの全体構成を示す。

各遠制局はポスト(制御所伝送制御部：CCポスト、被制御所：SSポスト)と呼ばれ、ループ状の回線を構成している。SS間は二対の通信回線によって結ばれ、システムの末端に位置するSS(図1のSS1、SS8)へは、後述する回線

障害時の救済機能を発揮させるため、末端側からCCに接続される形態とする。この部分は、通常長距離となるため、搬送電話回線(マイクロ回線など)を用いる。

一つのループに属するSSの数は、伝送効率の観点から上限を設け、標準8SS以下/1CCポストとしており、これを群と称している。図1は3群構成の場合(便宜的に2～3SS/群としている)を示す。

大規模システムの場合、SS数は70～80か所にもなる。

4.2 制御所・被制御所のシステム構成

図2に制御所・被制御所のシステム構成、図3に制御所用遠制盤の外観の一部を示す。

制御所は、制御卓、制御卓との入出力をつかさどる卓入出力部、卓制御及び周辺装置とのインタフェース機能を有する卓結合部、前述のCCに該当する伝送制御部、及び付属装置から成る、この内、卓結合部はシステム全体に対する共通部であるため、二重系とし、一方を待機予備としている。

図1 W3形遠制システムの全体構成

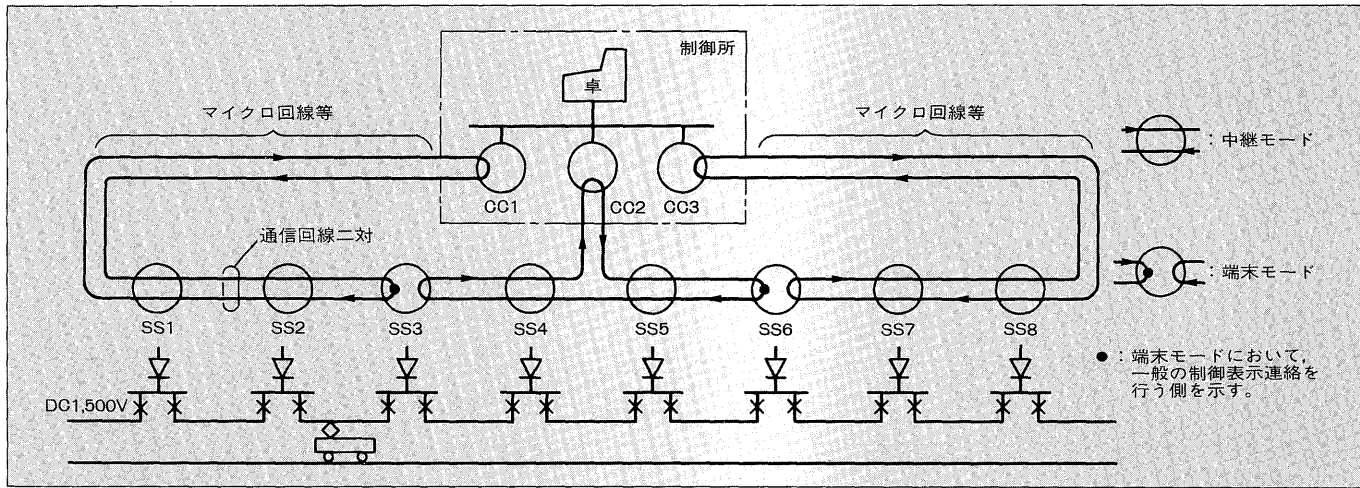


図2 制御所・被制御所のシステム構成

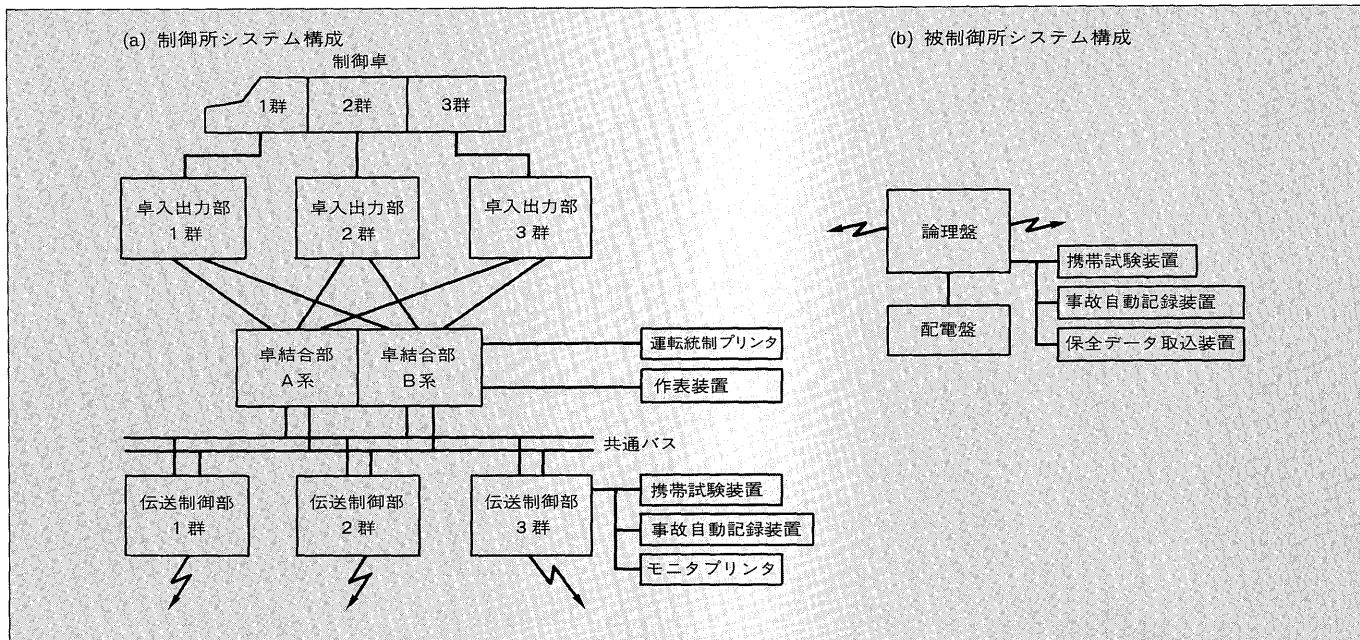
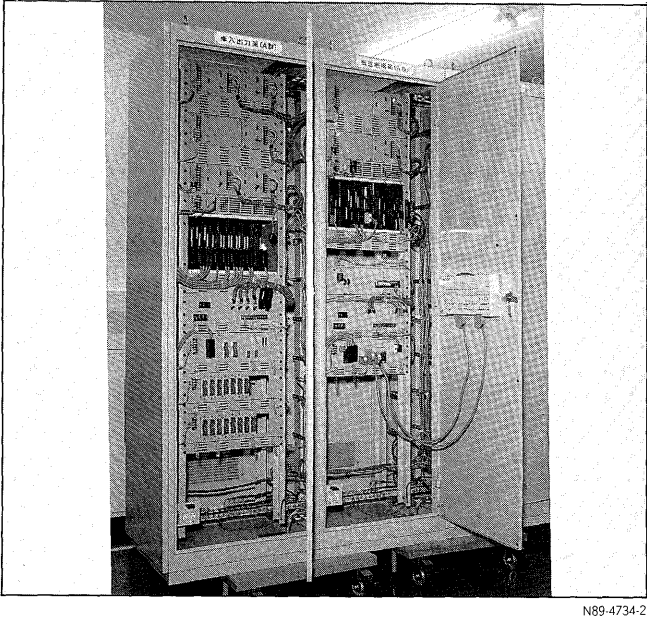


図3 制御所用遠制盤



被制御所は、伝送制御、配電盤（電磁リレー式又は静止形）入出力制御及び周辺装置とのインタフェース機能をもつ。周辺装置は以下のとおりである。

(1) 運転統制プリンタ

運転統制記録用の漢字プリンタで、連絡内容や装置故障の詳細が印字される。

(2) 作表装置

簡易処理装置で、電力量帳表作成、スケルトン表示、保全データ統計処理及び後述の単送方式によって伝送されてくる事故遮断電流波形の再生処理を行う。電流波形から事故要因の判別が可能である。

(3) 携帯試験装置、事故自動記録装置

携帯試験装置は、装置に接続して送受信連絡の設定・表示や装置異常の詳細内容印字、表示を行えるほか、回線状態、連絡状況などをメモリコードである事故自動記録装置に記録させることができる。

(4) モニタプリンタ

連絡内容、装置異常データの印字を行うプリンタである。

(5) 保全データ取込装置

き電用遮断器の事故電流遮断時の波形データをデジタル化して遠制装置に渡すなどの機能をもつ。

4.3 基本性能

表2にW3形遠制装置の基本性能を示す。

随時起動方式の起動条件成立から送信完了まで送信データを記憶しておくことを蓄積と呼んでいるが、被制御所における主な蓄積方式を以下に示す。

(1) 変化蓄積

自動状態変化により蓄積する方式。

(2) 関連蓄積

機器に対する制御出力後、正常応動した場合は即座に、不応動の場合は一定時間後に表示連絡を蓄積する方式。

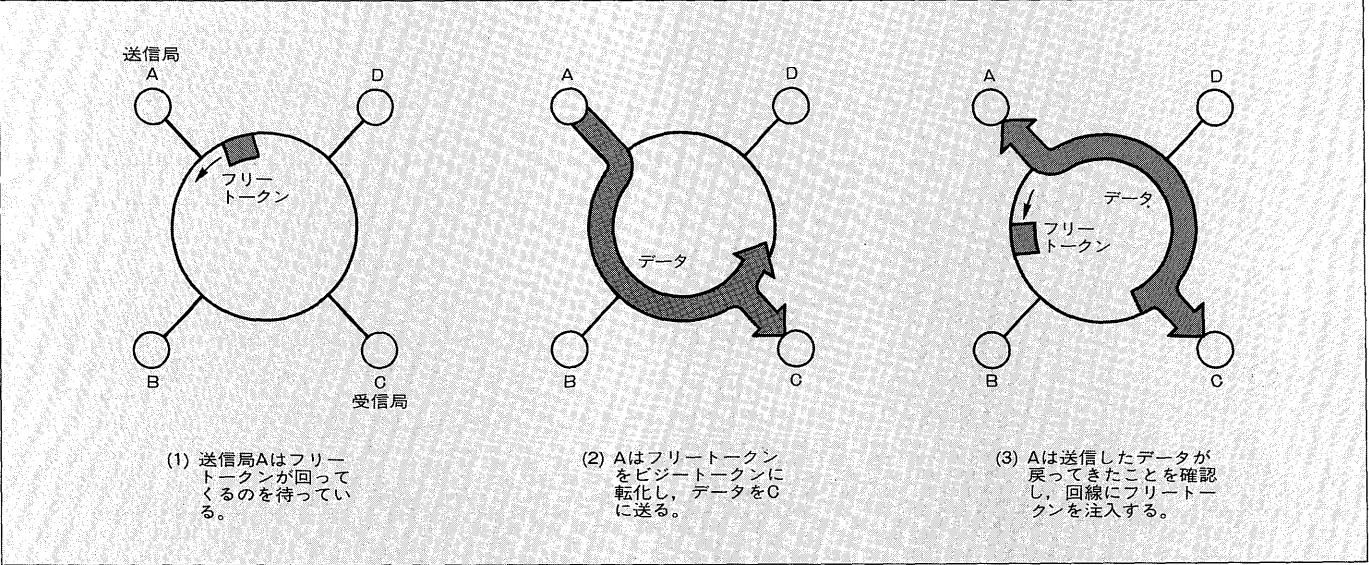
(3) 試験蓄積

制御所からの試験開始連絡などの受信により、被制御所の状態を連絡するために蓄積する方式。

表2 基本性能

動作方式		随時起動方式
伝送制御方式		トークンリング方式
伝送速度		1,200ビット/秒（周波数変調）
連絡所要時間		1.5秒以下（連結数1、返信照合）
群内SS数		8SS以下（群融合時を除く）
システム内群数		11群以下
伝送距離		ポスト間最大20km（通信回線）
ポジション数	制 御	84ポジション/ポスト（最大16位数/ポジション）
	表 示	109ポジション/ポスト（最大8項目/ポジション）
	短 文 データ	10ポジション/ポスト（12ビット/ポジション）
	長 文 データ	7ポジション/ポスト（最大1,792ビット/ポジション）
最大連結可能ポジション数		7ポジション

図4 トークンリング式伝送制御方式の概念



トークンリング式伝送制御方式の概念を図4に示す。

連結可能ポジション数とは、1回で連結して連絡できるポジション数のことで、同一ポストあての同一連絡手順による複数ポジションを蓄積している場合に、7ポジションまでなら1回で連絡することができる。これは、系統の事故時にほぼ同時に発生する複数の状態変化を効率よく短時間に連絡する上で非常に有効である。

5 情報伝送機能

5.1 回線構成

W3形遠制装置では、前述した①被制御所間の通信回線二対以下②1か所の回線障害は監視制御機能に影響を与えない、という要求を満たすため、図1に示したようにループ状の回線によりCCと複数のSSを接続している。回線とはCCでは1か所、SSでは2か所で接続され、それぞれ受信符号を復調した後、6～7ビットの遅れで波形整形を行い、再度変調して次のSSへ送信する機能(遅延再生中継機能)を有する。SSは、回線との接続形態により次の2種のモードがあり、回線状況によりモードを切り換えることができる。

(1) 中継モード

2本の回線が反対方向にSSを貫通するモード。

(2) 端末モード

2本の回線がSSの両端で折り返すモード。

5.2 符号構成

回線上の符号は同期符号とそれに続く可変長の情報符号

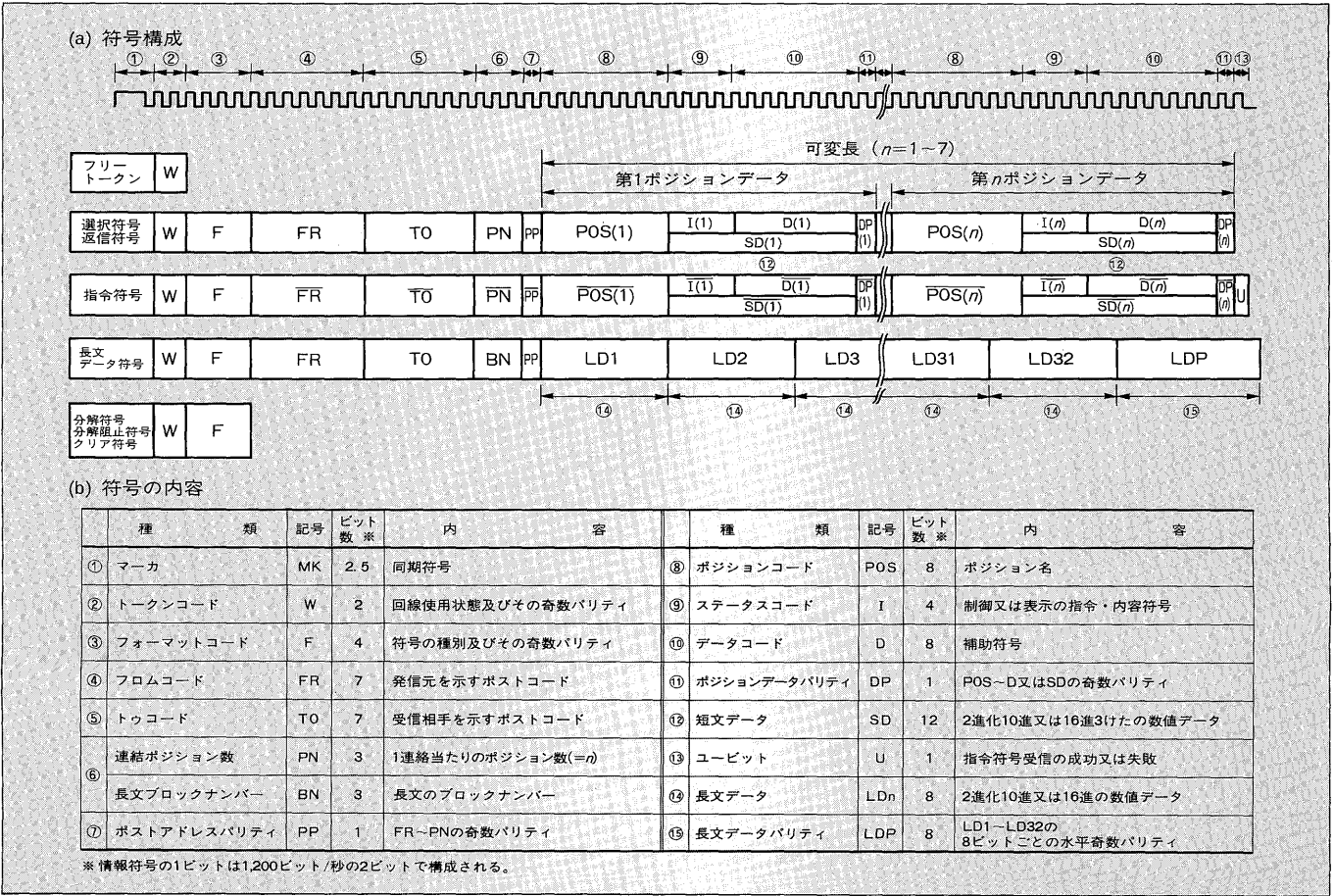
表3 コード割付表
(a) トークンコード及びフォーマットコード

符 号 \ 種 類 割 付			W		F				用 途
			W	W P	F 4	F 2	F 1	F P	
フリートークン			0	1	――				送信権制御
ビット イ ン ジ ク ン	選択 返信	二 連 送	1	0	0	0	0	1	情報伝送用
		六 連 送	1	0	0	0	1	0	
	返信照合		1	0	0	0	1	0	
	指 令		1	0	0	1	0	0	
	長 文 データ		1	0	0	1	1	1	
	分 解 符 号 〔W(B)〕		1	0	1	0	0	0	受信異常通知及び 回線診断
	分解阻止符号 〔W(N)〕		1	0	1	0	1	1	不要な回線折返しの 阻止
ク リ ア 符 号 〔W(O)〕		1	0	1	1	1	0	ループ内全ポストの 送受信状態リセット	

(b) ポストコード

種 別	標準ポストコード(16進)
被 制 御 所	1～5C
制御所個別コード	5D～7D
制 御 所 共 通	7E
全 ポ ス ト 共 通	7F

図5 符号構成



で構成される。符号構成の詳細を図 5 及び表 3 に示す。

5.3 連絡手順

通常、回線上には唯一のフリートークンが各ポストに遅延再生中継されながら巡回している。

送信すべき蓄積データを有するポストはこのフリートークンを受信した時点で送信権を獲得し、各種連絡手順によりデータを送信する。表 4 に連絡手順の概要を示す。後述の回線制御やノイズなどの影響により回線上からフリートークンが消滅した場合には、各ポスト固有のタイマ監視によって、いずれか一つのポストが回線上にフリートークンを注入するように工夫されている。

表 4 連絡手順一覧

手順名称	内 容
返信照合	一般の制御・表示及び子局間の連絡に用いる。特定の受信相手に対する連絡手順。受信相手からの返信確認付。
二 連 送	制御所からの一斉制御連絡やポスト相互の回線状態の通知 (MR) に用いる。ループ内全ポストに対する連絡手順。受信相手からの返信確認無し。
六 連 送	回線状態の不安定な場合でも、緊急に伝達したい連絡に用いる。符号検定等を省略した連絡手順。
単 送	大量データのブロック転送 (最大32バイト×7ブロック) に用いる。

5.4 回線制御

ループ状の回線はシステムの共通部であり、その障害は致命的なシステムダウンになりかねない。この問題に対して W₃形遠制装置では、障害区間の自動切離し及び回線の再構成を行って連絡不能となることを回避している。以下にその概要を示す (図 6 参照)。

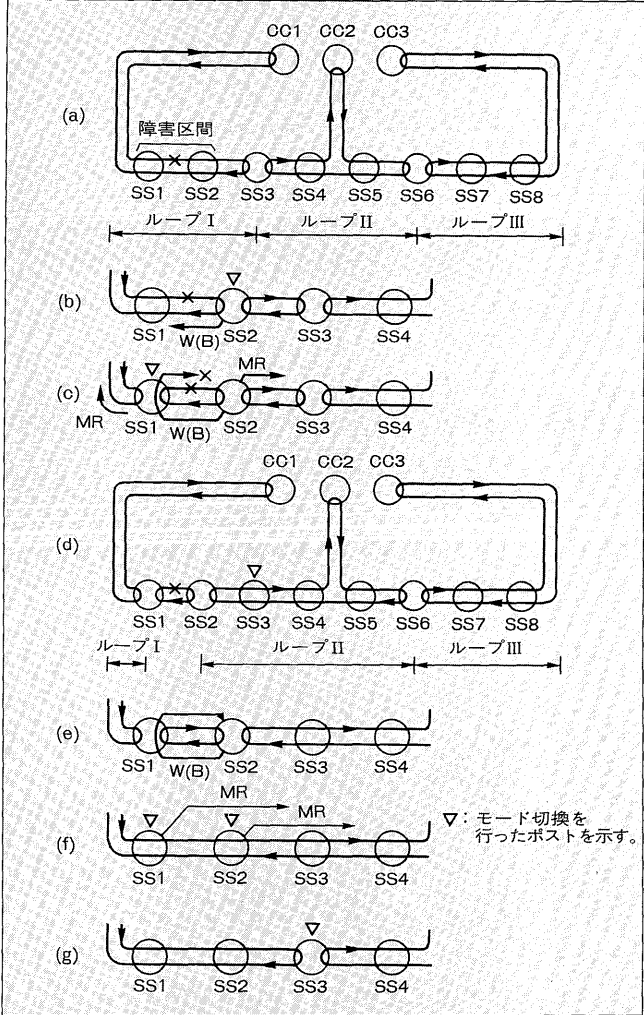
5.4.1 障害発生時

- (1) 障害発生を検出したポストが端末モードとなり、障害検出側に繰り返し分解符号 [W(B)] を送信する [対向ポストへの障害発生通知、図 6 (b)]。
- (2) 分解符号により対向ポストからの障害の通知を受けたポストも端末モードとなり、障害区間の切離しを行う [図 6 (c)]。
- (3) 端末モードとなった両方のポストが障害区間の反対側の回線に回線状況を連絡 (モード報告, MR) する [図 6 (c)]。
- (4) それまでループ回線の境に位置していた端末ポストが、ポストの片側のループが孤立したことを認識して中継モードとなり、両側のループを融合する [図 6 (d)]。

5.4.2 障害復旧時

- (1) 障害が復旧すると、障害区間のループで分解符号が一巡し、障害を検出していたポストが分解符号の送信を停止する [図 6 (e)]。
- (2) その後、端末モードとなっていた両方のポストがポストの両側にトークンが巡回したことで障害の復旧を認識し、中継モードへ復帰してモード報告を行う [図 6 (f)]。
- (3) 中継モードとなってループを融合していたポストが、

図 6 回線制御例



モード報告により障害の回復を認識して端末モードへ復帰して平常時の回線構成に戻る [図 6 (g)]。

5.5 連絡ルート

通常、子局間連絡は隣接した SS に対して送信されるため、特定のループ内での連絡となる。これに対して SS 間に回線障害や端末モードの SS が介在する場合には、異なったループ間での連絡が必要となる。W₃形遠制装置では、このループ間での連絡ルートを自動決定し、連絡を貫徹する機能を有する。以下にその代表的なものを示す。

(1) 端末渡し

ループの境に共通の端末ポストが有る場合は、その端末ポストが送信元ポストからの連絡を受信し、受信相手のいる反対側のループへ送信する。

(2) CC 迂回

共通の端末ポストが無い場合は、送信元ポストからの連絡をそのループ内の CC が受信し、制御所内の共通バスにて受信相手の含まれるループの CC に連絡内容が転送されて送信される。

表 5 制御卓からの試験内容

名 称	内 容
異常捜査	群単位に各SS及びCCの強制異常データなどを一括して収集する。
総合試験	SS単位に制御連絡、表示連絡及び子局間連絡を自動的に行わせ、連絡の正常性を判断する。また、試験中はSSにて制御出力をロックするため、人為的な制御卓の扱いにより項目ごとの確認も行える。
回線試験	特定の回線区間で強制的に回線異常を認識させ、回線の再構成制御を行わせる。回線作業時に不要な回線制御を行わせないためにも使用できる。

⑥ 試験機能

W3形遠制装置では、装置の予防保全及び障害復旧時間の短縮を目的として、各種試験機能の充実を図っている。

前述の携帯試験装置以外の試験機能の概要を以下に示す。

(1) 制御卓から行う試験

通常の運転状態で、制御卓上のスイッチ扱いにより各種試験が行える。内容を表5に示す。

(2) 状態表示

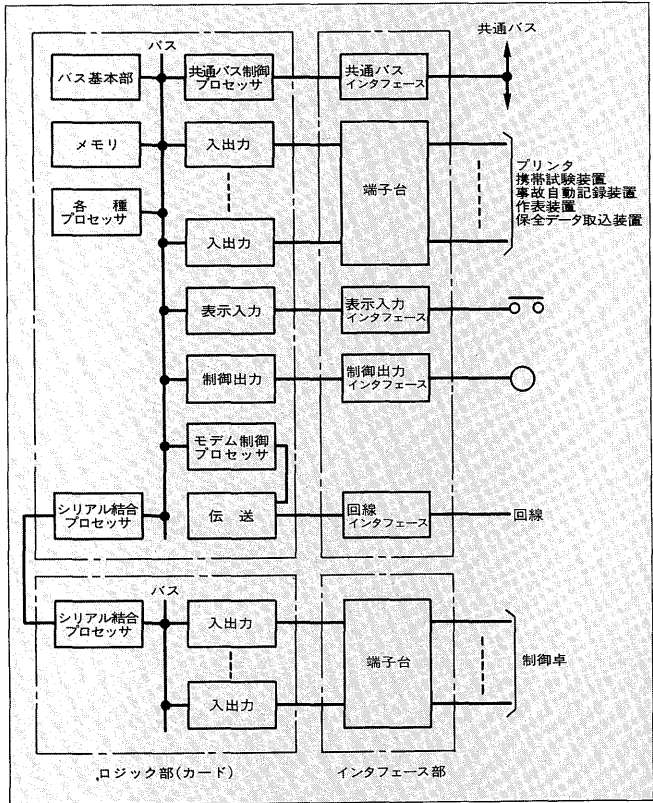
装置各部の異常表示及び状態表示はシステムパネルに集約して表示され、マクロな状況把握を可能としている。

⑦ ハードウェア

7.1 ハードウェアの基本構成

図7にハードウェアシステムの基本構成を示す。

図 7 ハードウェアシステムの基本構成



ハードウェアシステムは以下に述べるロジック部とインタフェース部から構成される。

7.1.1 ロジック部

ロジック部はバスを中枢として構成しており、バス制御などを行うバス基本部、データを記憶するメモリ、プログラムに従って演算・制御などの処理を行う各種プロセッサ、デジタル入出力・表示入力、制御出力部などがこのバスに接続される。ただし、モデムなどの伝送部はモデム制御プロセッサを介してバスに接続される。

ロジック部はカードと称するプラグインタイプのプリント板構造としている。

7.1.2 インタフェース部

インタフェース部は入出力ロジック部と外部信号との中間に位置し、必要に応じて絶縁・信号整合・接続変換などを行う。

ラックマウント構造を基本にし、入出力点数が多く高耐サージ性を必要とする表示入力部や制御出力部については、インタフェースターミナルと称するプラグインタイプのユニット構造としており、必要点数分のインタフェースターミナルを専用ラックに実装している。

7.2 ハードウェアの特徴

7.2.1 ビルディングブロック化

ハードウェアシステムを構成する各コンポーネントは、富士電機の電子制御装置に共通の回路及び標準構造に従って構成され、統一化されている。これらのコンポーネントをビルディングブロック式に組み合わせてハードウェアシステムを構成するので、増設などに対する柔軟性に富み、優れた保守性を有する

7.2.2 マルチプロセッサ方式

システム構成としては、各プロセッサが機能分担してシステムを構成するマルチマイクロプロセッサ方式を採用している。

プロセッサには外部インタフェースをもたない汎用タイプとモデム制御、共通バス制御などの専用外部インタフェースをもつ専用タイプがあり、それぞれのプログラムに従った処理を実行し各機能を実現している。実行プログラムは各プロセッサカードに実装して、バス上では実行プログラムをアクセスしない方式にしており、バスのスループットを向上させている。

バスに接続された各プロセッサは、バス上のメモリを介したデータベース結合を基本として有機的に結合し、機能モジュールを実現している。

プロセッサはすべて同タイプの8ビットプロセッサで統一している。

7.2.3 入出力部のコンパクト化

ロジック部は集積回路化、プロセッサ化によりコンパクト化及び機能向上が図られてきているが、インタフェース部については、絶縁耐圧や電圧レベルなど対使用環境条件の問題があり、コンパクト化が比較的困難である。

W3形遠制装置では低価格化の一つのポイントを入出力

部の簡素化におき、コンパクト化を図っている。

(1) 制御卓スイッチ入力

制御卓側でスイッチ入力のマトリックス回路を構成し、デジタル出力カードを用いて、プロセッサのプログラムにより入力処理を行う方式にして、1：1入力方式に比べ入力点数を大幅に低減している。

マトリックス回路内には検定ビットを付加し、データの誤入力を防止している。

(2) 制御卓表示出力

表示器に発光ダイオードを使用し、マトリックス形ダイナミック点灯方式にすることにより、1：1出力方式に比べ、デジタル出力点数を低減している。

マトリックス制御及びタイミング制御はハードウェア化して、ソフトウェアの処理低減化とタイミング監視機能などのRAS機能を充実している。

(3) 被制御所表示入力

表示入力ロジック部と表示入力インタフェース部間を専用バスで結合し、表示入力インタフェース部からワード単位にデータを入力して表示入力ロジック部に記憶する方式とし、表示入力ロジック部をコンパクト化している。

表示入力インタフェース部の入力部に検定ビットを付加し、データの誤入力を防止している。

(4) 被制御所制御出力

複数点の内の任意の1点を一定時間出力するマトリック

ス形で、任意の1点を選択後に多重選択検定を行い、検定合格時のみ実行出力を行う二挙動方式とし、信頼性が高くコンパクトな制御出力方式としている。

⑧ あとがき

W3形遠制装置の設計思想、特長、機能などの概要について述べた。

現在、福知山線・山陰本線電化のような新規電化工事だけでなく、昭和30年代に納入したBP形遠制装置のW3形遠制装置への置換工事（北陸本線）も受注し、納入を開始している。また、今後、コンピュータを含んだ大規模システムも計画に上ってくるものと思われ、W3形遠制装置の適用範囲はますます拡大してゆくものと考えている。

最後に、本装置の開発にあたり、長期間にわたり終始御指導頂いた国鉄の電気局電力課、鉄道技術研究所電力研究室並びに大阪電気工事局の関係各位に対し、深く感謝する次第である。

参考文献

(1) JRS31403-26A-14BR5B：変電所集中監視制御装置，日本国有鉄道規格
(2) 小山義夫・土蔵光一：在来線の新しい遠制方式〔I〕～〔V〕，電気鉄道，40，No.1～5（1986）

最近公告になった富士出願

〔実用新案〕					
公告番号	名 称	考 案 者	公告番号	名 称	考 案 者
実公昭61-33619	リード支えの構造	北川 浩章	実公昭61-36046	電磁継電器用電磁石	駒木 節郎 石川 雅英 秋池 勝美 佐々木正俊
実公昭61-33679	電磁波遮蔽室の照明装置	仲沢 光雄			
実公昭61-34048	破碎機のディスク摩耗防止装置	広岡 武祝 黒崎 理之 喜田 清則	実公昭61-36058	回路しゃ断器の操作機構	高松 巖 伊沢 育夫 藤村 清志
実公昭61-34292	半導体素子収納容器	高橋 朝雄	実公昭61-36063	不足電圧引外し装置	朝日 信夫 高松 巖
実公昭61-34581	磁気ヘッド摩耗補償機構	原 利雄 小室 明夫 長安 利夫	実公昭61-36128	太陽熱集熱器	西尾 道雄 東 泉賢 杉浦
実公昭61-34802	配電盤の母線室側壁カバー	矢野 正祐	実公昭61-36780	内燃機関点火装置	石川 弘之
実公昭61-34804	配電盤の引出し形電圧変成器の着脱操作装置	森本 昭則	実公昭61-36786	マルチコンプレッサ型冷凍機	服部 房夫
実公昭61-34847	内圧防爆形回転電機	鈴木 忠雄	実公昭61-37168	しゃ断器の駆動装置	吉ヶ江清久 奥田 泰造
実公昭61-34855	ヒートパイプ付回転電機	黒川 凱雄	実公昭61-37174	電磁接触器	大岩 和男 星野 定雄
実公昭61-34859	開放屋外形回転電機の通風装置	松本 守	実公昭61-37175	回路しゃ断器の可動接触子構造	藤掛 章雄 針谷 圭一
実公昭61-35341	注湯ポット	上野 定洋 大豆本隆一			



＊本誌に記載されている会社名および製品名は，それぞれの会社が所有する
商標または登録商標である場合があります。