

東北・上越新幹線電力系統制御システム“DECS”

—電力情報処理・遠方制御システム—

Supervisory and Control System for Power System of Tôhoku-Jôetsu Shinkansen

東北・上越新幹線の電力系統制御システムでは、ローカル処理方式を基本方式として、電力情報処理システム、遠方制御システム、変電所連動システムの3階層から成る新たなシステムを開発した。本論文ではこのうち電力情報処理システム、及び遠方制御システムを中心に述べる。

電力情報システムは、中央指令と各局指令に分散され、それぞれ二重化されたコンピュータから構成され、定時停・送電、作業申込み処理などの自動化を行なっている。遠方制御システムは、二重化されたループ状の伝送回線により各電気所、及び指令所を接続し、機能制御、子局間連絡などの新しい機能をもっており、親局、子局ともマルチマイクロコンピュータ構成としている。

武藤輝明*	Teruaki Mutô
伊藤健**	Ken Itô
香山稔***	Minoru Kayama
岩崎茂***	Shigeru Iwasaki
菅家辰紀****	Tatsunori Kanke
長谷川秋治****	Akiji Hasegawa
山田卓美*****	Takumi Yamada

1 緒言

東北・上越新幹線では、その電力系統制御方式として、日本国有鉄道鉄道技術研究所の基本構想に基づき従来の経験を生かしながら、新たな技術を取り入れた、より優れたシステムを採用した。

東海道・山陽新幹線の電力指令の形態は、開業当初の中央電力指令による全線一括統制から保安全管理の地域ごとの細分化の必要性から、地区指令の設置をみて現在に至っているが、中央から各電気所(変電所、き電区分所、補助き電区分所などの総称として、以下、電気所と言う。)への機器制御のルートと、中央から地区指令を経由する指令連絡ルートとに分かれているために、中央指令と地区指令の間の業務の分担などについて、東北・上越新幹線については見直しが必要と考えられた。

また、新幹線が全国に延長されていった場合には、更に地域的な拡大に伴って、中央と現場との環境、気質の食い違いなどが指令業務の阻害要因となること、あるいは中央集中化を進めれば、中央指令の過度な肥大化に伴う障害が予想される。

これらの要因を考慮し、東北・上越新幹線の指令形態は、次のようなものとする事になった。

- (1) 列車の運行管理と密接に連携して系統制を行なう「中央電力指令(以下、中央指令と呼ぶ。)」を置く。
- (2) 地域との密着性を生かし、事故復旧を含めた保全作業の統制を行なう「局電力指令(以下、局指令と呼ぶ。)」を各鉄道管理局に設置し、機器制御の責務を与える。
- (3) 中央指令と局指令及び保全機能を、直列に結ぶ階層形とする。

この指令形態で電力系統制御の近代的な自動化を図るためのシステムの基本的な考え方として、自動化に伴う保安確保を現地レベルで確実にしない、上位レベルでの責務を軽減し、柔軟性、拡張性のあるシステムとするために、従来の「中央処理方式」と呼ぶべき方式に対し、現地側での自動化レベルを高めた「ローカル処理方式」を採用した。

この結果、システム構成の基本を下記のようにした。

- (1) 従来の配電盤に代わって、現地側で保安機能と系の自動構成を行なう「相隣連動方式」を採用し、マイクロコンピュータの導入によって、判断処理機能を大幅に拡張した「変電所連動システム」とする。
- (2) 被制御所間あるいは複数の制御所間での情報連絡など、新たな機能をもった「鉄研W形(ワゴン式)遠方制御システム」とする。
- (3) 局指令、中央指令ともCRT(Cathode Ray Tube)の活用によるマンマシンインタフェースの構成、指令所での業務の自動化のために、本格的なコンピュータシステムの導入を進めた「電力情報処理システム」を設置する。

この3階層のシステムのうち、「変電所連動システム」については、本誌別稿¹⁾で述べているので、本論文では「電力情報処理システム」及び「遠方制御システム」について以下に述べる。

2 システムの構成

図1は、このシステムの全体構成を示すものである。

「電力情報処理システム」は、中央指令及び東京北、仙台、盛岡、高崎、新潟の各局指令にそれぞれ設置されたコンピュータシステムから成る。

「遠方制御システム」は、各局指令の親局装置と各電気所の子局装置とをループ状の伝送回線で接続したもので、子局数は、SS(き電用変電所)、SP(き電区分所)、SSP(補助き電区分所)、ATP(変圧ポスト)などのき電用の電気所のほかに、上越新幹線の消雪用配電所を含み100箇所を超える。各電気所の子局装置には、「変電所連動システム」が接続される。

局指令では、CRT及び総合表示盤のほかに、遠方制御装置制御卓が用意されており、これにより、コンピュータ停止時にも手動制御を可能としている。図2は、局指令の指令室を示す。

* 日本国有鉄道新幹線総局 ** 日本国有鉄道鉄道技術研究所 *** 日本国有鉄道東京電気工事局 **** 日立製作所大みか工場 ***** 日立製作所システム事業部

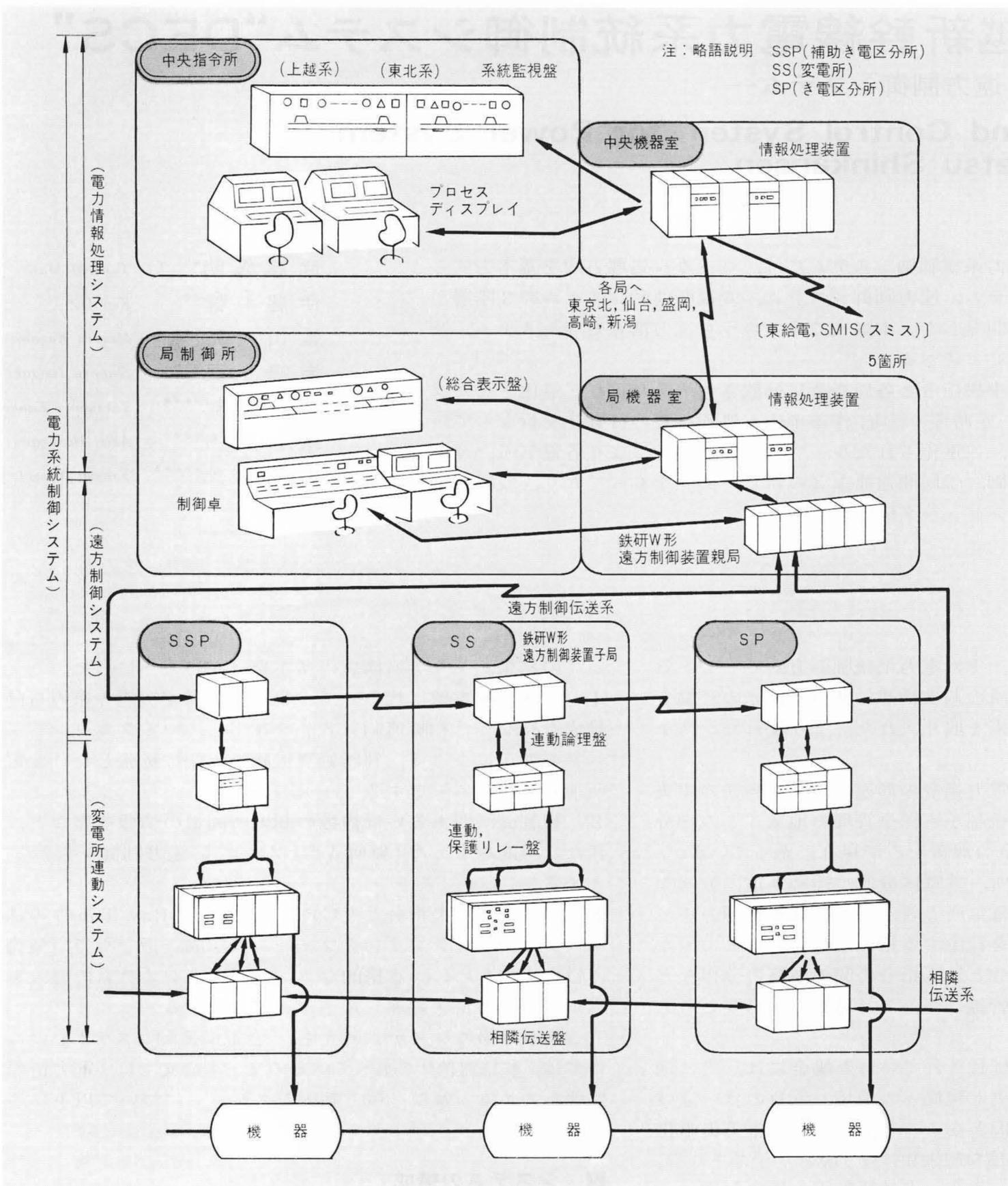


図1 全体システム構成 電力情報処理システム、遠方制御システム及び変電所連動システムの三階層から成り、相隣伝送系を三重化しているほか、要所は二重化している。

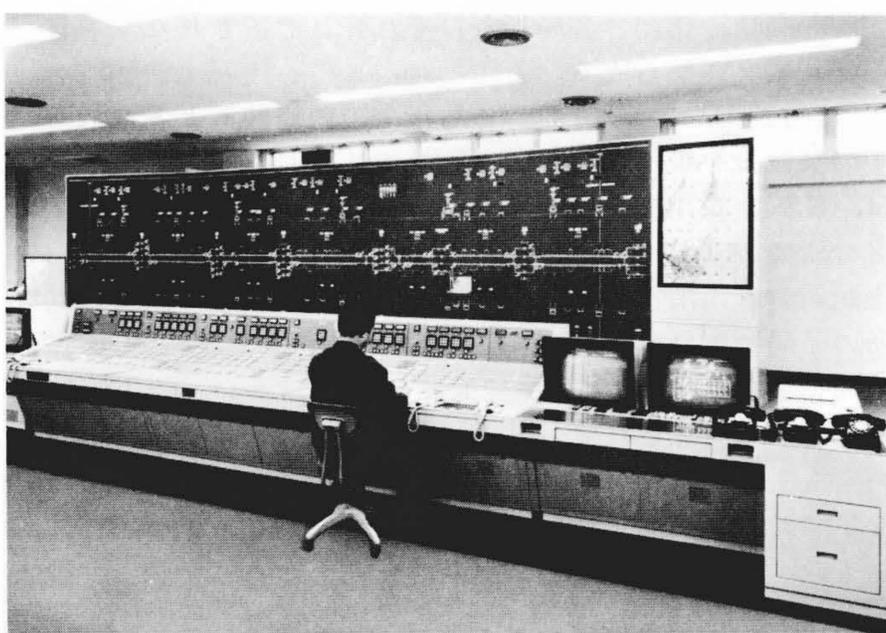


図2 局指令所指令室 CRTによる詳細表示、遠方制御装置制御卓による機能制御、機能表示及び総合表示盤による他部門も含めた系統表示が用意されている。

中央指令ではCRTと系統盤による監視が行なわれ、各局指令間での調整、列車指令との調整を行なう。

3 電力情報処理システム

3.1 自動化の考え方

近代的な自動化をコンピュータを適用して進めるに当たり、下記のことを考慮した。

- (1) 近年、表示能力が進歩している高密度CRTを適用し、監視制御に必要な詳細な情報を分かりやすい形で表示し、系統事故時をはじめとする系統状況の把握の迅速化を図る。
- (2) 業務の簡素化により、指令員が的確な監視制御を行なえるように、日常業務である定時停・送電制御、作業処置表の作成などの自動化を行なう。
- (3) 他部門との連絡業務の軽減のため、他部門に対し、情報自動伝送を行なう。
- (4) 系統事故の解析のため、発生事象を逐次記憶しておき必

要時に再度取り出すことができるようにする。

(5) 配電盤及び遠方制御システムの機能の高度化により、検定機能が充実されたことに合わせて、自動検定及び検定データの遠隔自動収集を行なう。

(6) 中央指令と局指令から成る指令構造が、地方分散形の指令分業となっていることに対応して、中央コンピュータと局コンピュータの間で機能の分担を行なう。

3.2 機能

表1に、このシステムのもつ機能について、中央指令と局指令のコンピュータの間の分担を示す。このうち、特徴的なものを下記に述べる。

3.2.1 CRT表示

各電気所の機器の状態の変化、故障発生などの情報は、変電所連動システムで検出され、遠方制御システムを介してすべて局指令に伝送される。これらの情報は、遠方制御システムの親局装置により、制御卓に加圧の有無、列車の走行可否などのように集約されて表示されるほかに、すべての情報が詳細にCRT表示される。CRTの表示は、系統状況の迅速な把握のために、図3に例示するように、グラフィックに、かつ地名その他に約290種に及ぶ漢字を多用したものである。

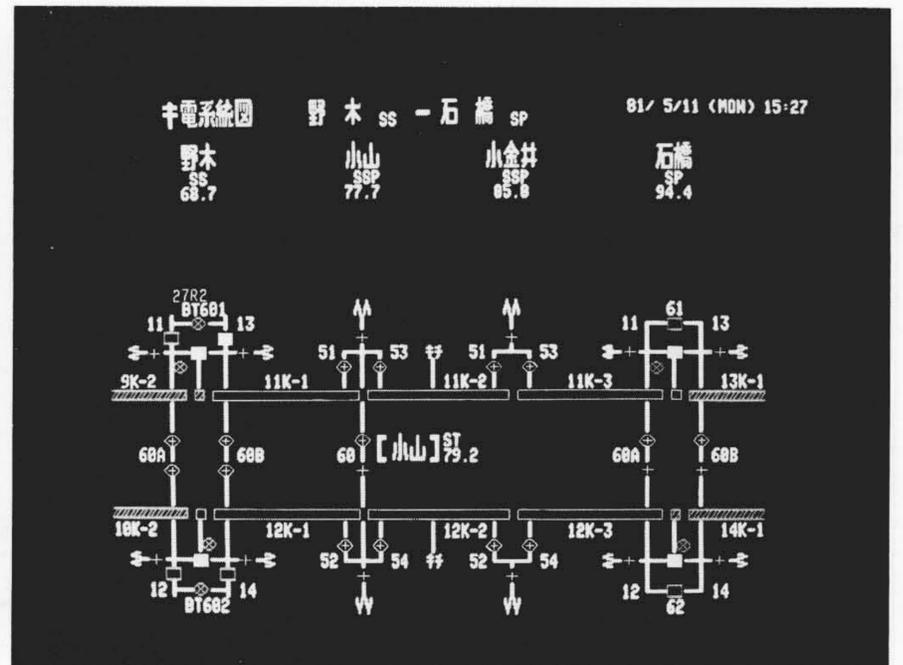


図3 CRT表示画面例 各電気所間のき電系統を示す画面で、機器の投入状態、加圧状態、故障リレー名称などがグラフィックに表示される。

表1 電力情報処理システムの機能 中央と局の間の機能の分担に応じて、遠方制御システムから入力される情報のうち、軽故障などを除いた主要な情報だけが中央へ伝送され、処理対象となる。

大項目	項目	中央の機能	局の機能
表示 (CRT, 系統盤)	電力系統表示	主要データ表示	全データの詳細表示
	故障点標定表示	局の計算結果を受信し表示する。	標定計算を行ない表示する。
	地震巡回マニュアル	巡回範囲の計算を行ない表示する。	中央の計算結果を受信し表示する。
	運転統制記録	主要な発生事象を時系列に表示する。	発生事象を詳細に時系列表示する。
	遠方制御装置接続状況	—	遠方制御装置回線接続及び装置障害状況を表示する。
	配電盤状況	—	配電盤装置状態の表示
日常業務の自動化	中央、局間画面伝送	局へ画面データ送信、局から画面データ受信して表示する。	中央へ画面データ送信、中央から画面データ受信して表示する。
	定時停・送電	局のスケジュールパターンに対して、承認を与える。	中央の承認に基づき、制御を実施する。
他部門との情報伝送	作業作表	重要作業表の作成	作業処置表の作成 作業報告書の作成
	作業申込受付	SMIS端末からの申込みを中継して、局へ転送する。	申込みを受け付け記録、管理する。
	運用、統計データのSMISへの伝送	局からのデータの中継して、SMISへ転送する。	必要なデータを収集編集して、中央経由SMISへ送る。
	受電状況データの給電管理所への伝送	局から受けたデータを転送する。	中央経由で送信する。
系統事故解析	列車情報入力	列車情報伝送装置(CTC, NSPC)から取り込み編集する。	中央から受信して表示する。
	発生事象のジャーナル	主要データの表示	全データの詳細記憶
自動検定	ジャーナルからの画面再生	ジャーナルで記憶されているものを画面上で再生する。	同左
	配電盤検定	—	検定データの収集、表示
	遠方制御装置検定	—	表示試験、制御試験を行ない不良を検出する。

注：略語説明 SMIS(Shinkansen Management Information System)

3.2.2 定時停・送電

毎朝の列車運転開始前のき電開始、及び夜間の列車運転停止後のき電停止を、あらかじめき電区間ごとに登録されたスケジュールに従ってコンピュータから自動制御するものである。スケジュールパターンは、局指令でマークシートリーダーにより登録しておき、中央指令と局指令のCRTにより確認し合い、必要により訂正できる。

この制御は、列車の運行面及び保守作業に対する保安面から誤った制御とならないようにするために、嚴重なインタロックを取っている。

すなわち、き電停止時には、中央指令及び局指令それぞれで、CRT画面により確認し、承認操作を与えることによりコンピュータから制御を実行し、その後、鎖錠指令をコンピュータから発し、その後の誤ったき電指令をロックしている。

また、き電開始時には、き電停止中に行なわれる予定の作業項目をCRT画面上で終了確認扱いした後に、承認操作を与えることによってコンピュータからの制御が実行される。

3.2.3 作業申込みの自動化

保全担当の端末装置からのマークシートによる作業の申込みと、局指令での局達の入力を、局のコンピュータで登録管理し、各種の作表を行なう。登録は1箇月分可能としてあり、登録された作業は、定時停・送電処理のインタロック条件ともなっている。

端末装置からの入力データは、SMIS(Shinkansen Management Information System)、COMTRAC(Computer aided Train Control System)及び中央指令のコンピュータを経由して、各局のコンピュータに達するもので、有機的なコンピュータの結合によって自動化を実現した。

3.2.4 ジャーナル及び画面再生

各電気所で発生した機器の動作、故障などのすべての事象を、逐一コンピュータ内にジャーナルとして保存記憶する。記憶容量は局指令では約1箇月分用意されており、このジャーナルに基づいて指定した日時の事象の経過が、CRT画面上にオンライン状態と同様に再現表示されるほか、ラインプリンタへの印字も可能としている。

3.3 構成

図4に中央指令所及び局指令のコンピュータシステムの構成を示す。構成上の主な特徴を次に述べる。

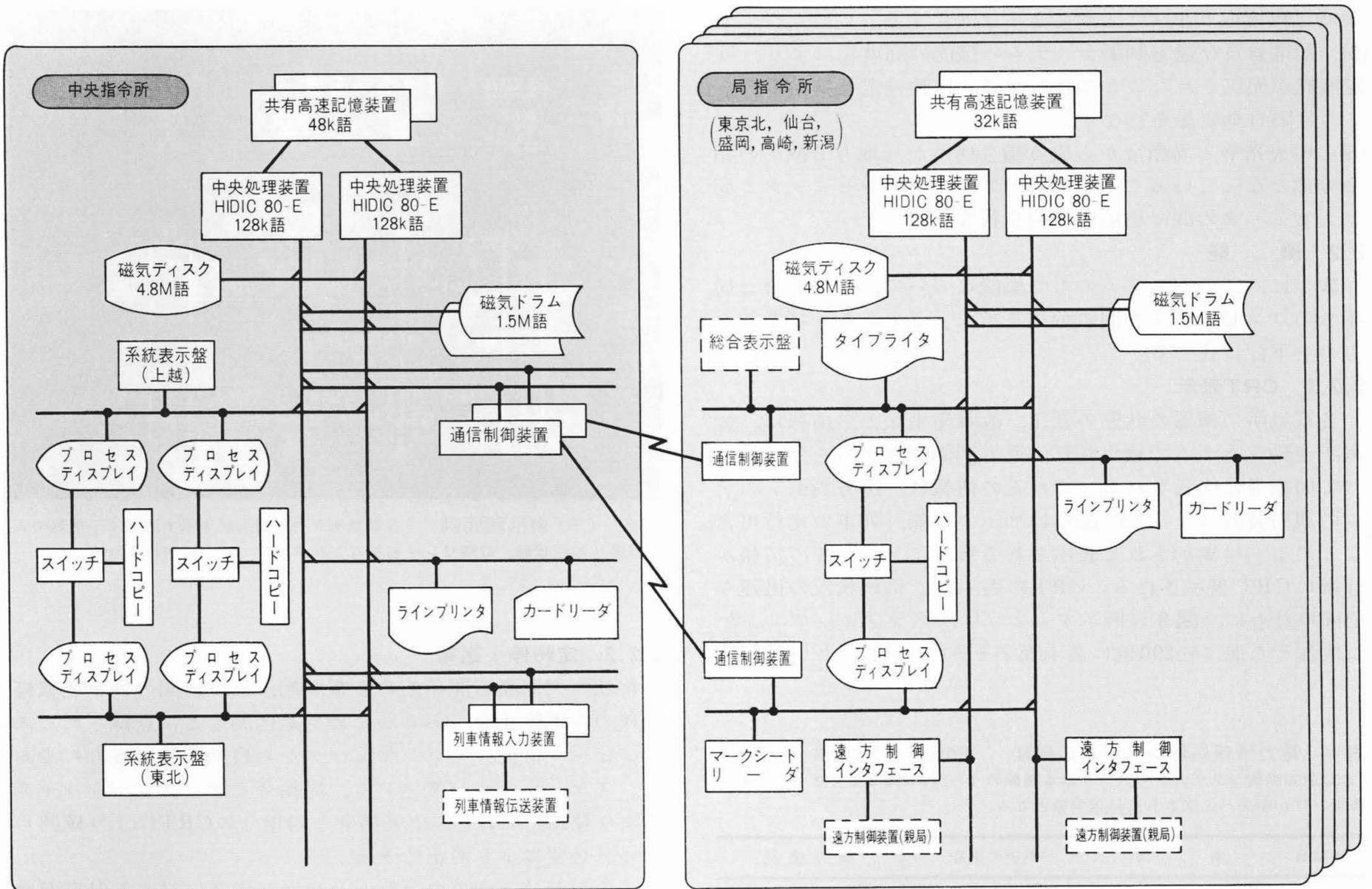


図4 電力情報処理システムの構成 中央、局指令所間は2,400bpsの伝送回線で接続され、相互に機能を分担しており、基本的な部分は二重化されている。

- (1) 中央、局とも中央処理装置だけでなく、補助記憶装置、オンライン関係の入出力装置など、オンライン監視制御にかかわる機器を二重化している。
- (2) 中央と局の間の伝送はHDLC (High Level Data Link Control) 方式で伝送速度2,400bpsとし、通信制御装置までを含めて回線を二重化し、回線障害による切換時にも伝送データの欠損が発生しない切換方式としている。
- (3) 局制御所での遠方制御装置との接続は二重化し、コンピュータからの制御信号は片系動作とする一方、遠方制御装置からコンピュータへの表示信号は両系並列動作として、系切換時の表示信号の欠損を起こさない方式としている。

4 遠方制御システム

本遠方制御システムは、東海道・山陽新幹線に用いられた鉄研H形遠方制御装置²⁾の延長線上に位置し、更に機能を向上させ、また前述した新しいシステム思想に合致するように開発されたものである。

4.1 伝送方式の特徴

本装置は、先の図1に示したような従来の遠方制御装置とは異なる回線構成を採用している。この伝送方式の主な特徴は次に述べるとおりである。

(1) 群構成

二重化されたループ状の伝送回線に一つの群に属する親局と子局を接続し、親局は二つまで実装可能である。

(2) 連絡手順

通常時は図5に示すように、空符号が各親局、子局を遅延再生中継をしながら回っている。データが発生した局は、こ

の空符号を受信したときに情報連絡(返信照合式又は二連送式)を行ない、終了後に再び回線上に空符号を送出する。

(3) 起動方式

データに変化が発生したとき、当該局からデータ連絡動作を行なう変化時起動方式である。

(4) 優先方式

複数局で同時にデータが発生したときは、先に空符号を受信した局から情報連絡を行なう方式としている。

4.2 機能の高度化

高速で運転され、また公共性の高い新幹線の電力システムを安全かつ容易に制御するシステムを構成するには、機能の高度化が必須となる。そこで、今回の遠方制御装置では、以下に示すシステムと制御卓の機能に特に着目し、機能の高度化を図った。

4.2.1 システム機能

広域システムの安全性は分散思想を生み、地方局分散に至った。一方、き電系統制御は隣接電気所を個々に切り離しては考えられない。この相反する要求をいずれも取り入れたシステムを実現するため、表2に示す親局間連絡・子局間連絡の機能を追加した。更に、横方向の機能のほか、上下位方向の機能の高度化が必要となり、同表に示す遠制バックアップや救済機能をもたせるに至った。

また、配電盤などでの各種検定データの伝送のため、長文伝送機能を付加した。

4.2.2 制御卓の機能

従来の制御卓の操作方式は図6(a)の例に示すように、機器個別の制御を可能としていた。しかし、近年機器の多重化、

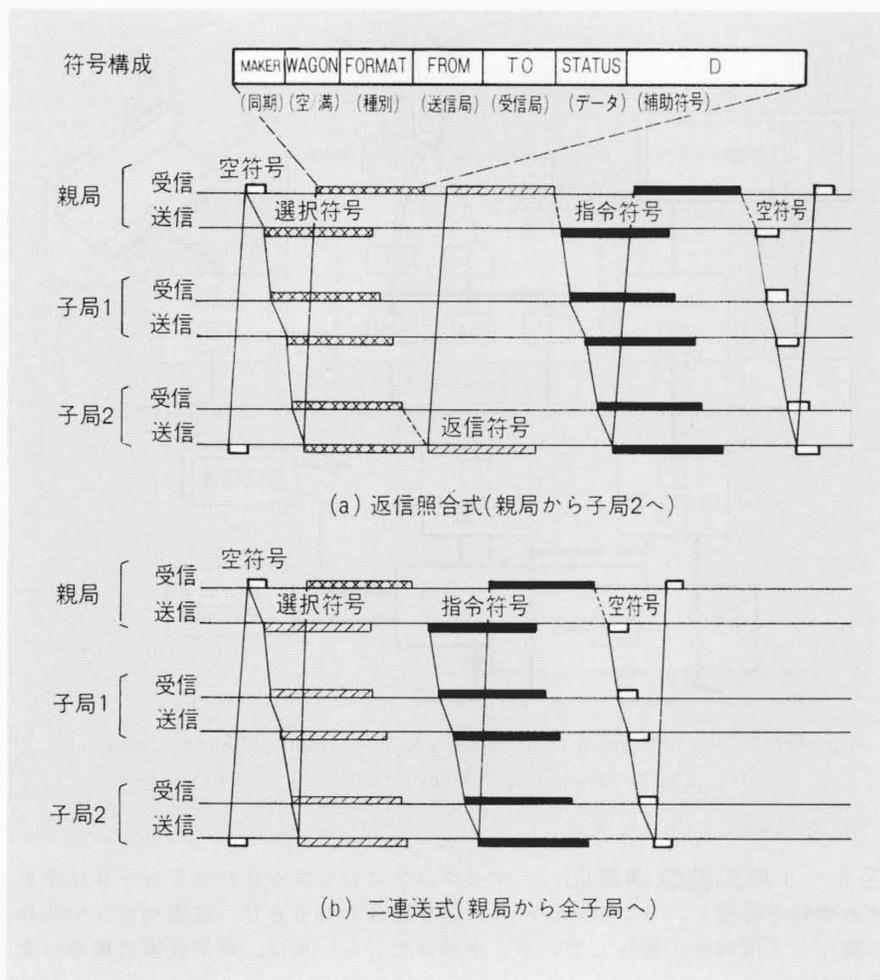


図5 情報連絡タイムチャート ループ状の回線上には一つの符号が常に回っており、各局はこの符号をそのまま遅延再生中継するか、又は別の形の符号に変えることにより情報連絡を行なう。ここに示した返信照合式、二連送式のほか、長文連絡式もある。

表2 システム機能の主な特徴 親局、子局間の連絡だけでなく、親局と親局、子局と子局の間の連絡も可能である。また、相隣回線ダウン時の遠制バックアップ機能、子局ダウン時の救済機能が具備されている。

分類	機能	説明
伝送機能	親局間連絡	局境にある群で、両制御所間で連絡し合う機能。
	子局間連絡	子局間で連絡し合う機能(相隣連絡, 地震連絡)。
	長文伝送	検定データなどのメッセージ伝送機能。
切換機能	遠制バックアップ	相隣回線が故障時遠制装置でバックアップする機能。
	救済	シーケンサが故障したとき、隣接ポストから救済する機能。

システムの複雑化が進むにつれ、この方式では指令の煩雑さを招き、また指令の広範囲化も絡み、操作業務の簡略化が要求されるようになった。この解決策として、指令の意志を代行する目的制御方式、すなわち同図(b)の例のような機能制御方式を採用した。これは例えば、き電区間に対する加圧、無加圧の一括指令を制御卓から与えるだけで、現地の機器を自動的かつシーケンシャルに入切が行なわれるようにしたものである。また、簡単な操作で多数の区間に対して、同時に同じ内容の制御指令を与える多区間制御方式も採用している。以上を含め、制御卓の主な機能を、表3にまとめて示す。

4.3 高信頼度化

広域に散在する変電機器を遠隔操作するシステムで、遠方制御装置の信頼性確保はシステム全体を高信頼度化する上でのかなめとなる。そこで、本遠方制御装置では、従来の装置にはない下記のような高信頼度化を図っている。

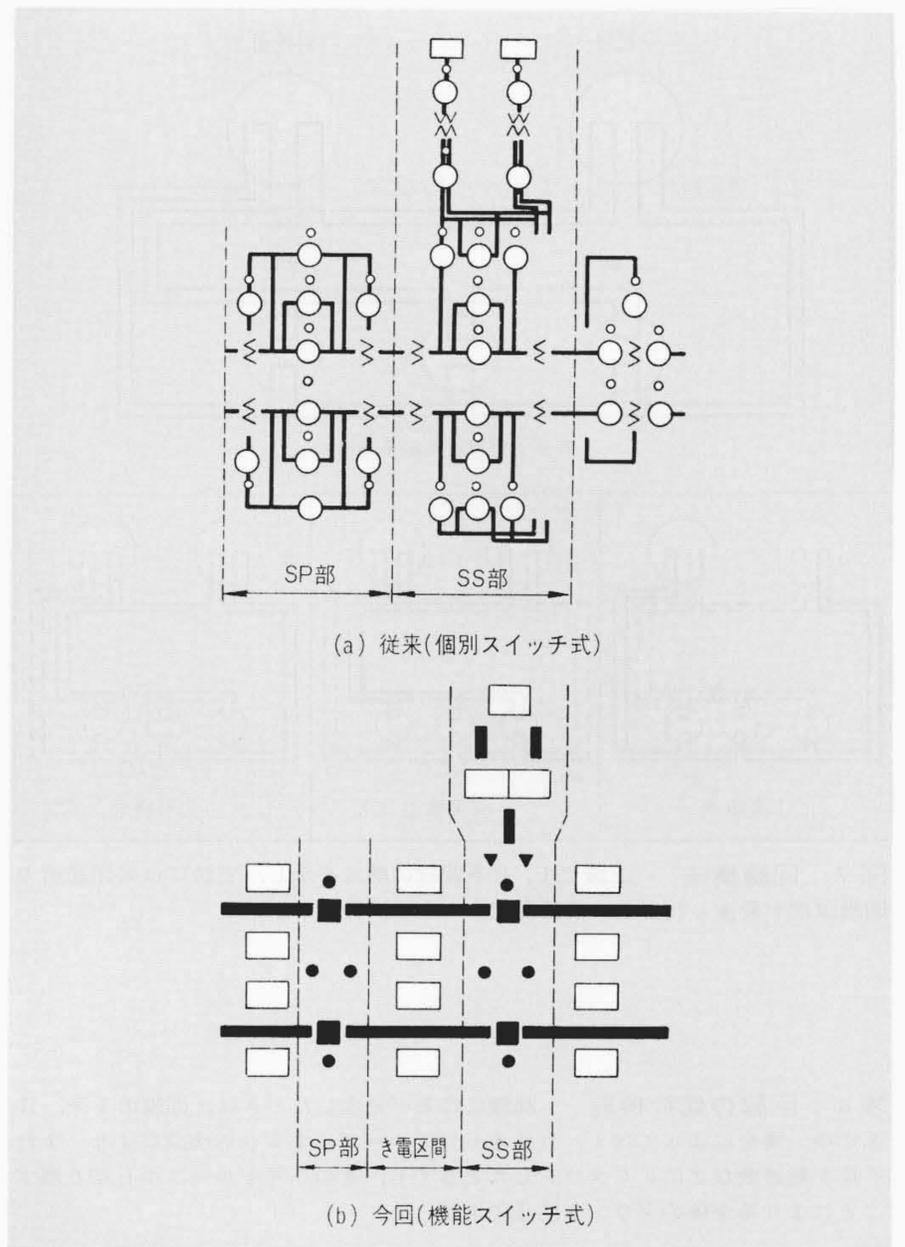


図6 制御卓の制御操作部盤面図例 制御卓の制御操作部を、従来(個別機器ごとにスイッチ実装)と今回(目的項目ごとにスイッチ実装)について並記比較する。なお、今回の模擬母線は照光式を採用している。

表3 制御卓機能の主な特徴 制御卓の操作方式は、今回のシステムの特徴である機能制御方式、相隣連動方式とマッチしたものとしており、従来に比べてその操作性は格段に優れている。

機能名称	内容	従来
機能制御	き電区間を指定するなどの目的に対して制御を出す機能。	機器個別ごとに制御指令を出力。
多区間制御	簡潔な操作で多数のき電区間に一斉に制御を出す機能。	一つ一つの制御スイッチの操作を要する。
無加圧表示	き電線無加圧状態時に照光する模擬母線を実装。	なし
集約選択	普段は使用しないスイッチを各子局共通に一組み設け、これを選択する機能。	すべて子局ごとに実装

4.3.1 回線構成

遠方制御装置では、伝送回線障害に対する対策はシステム信頼性を左右するものである。近年、半導体部品の進歩により装置自体の高信頼度化が進むにつれ、ますます回線の信頼性が重要視されつつある。そこで、今回の遠方制御装置には表4に示す新規な回線切換機能を実装して、回線に関する高信頼度化を図った。図7にこのためのシステム構成を示す。回線はI、II系が逆回り別系統で構成されており、同図の下部に×印で示した場所に回線障害が発生した場合でも、I系構成、II系構成、あるいはU形構成により伝送回線を確保し、遠方制御システムとしての機能を維持できるようにした。

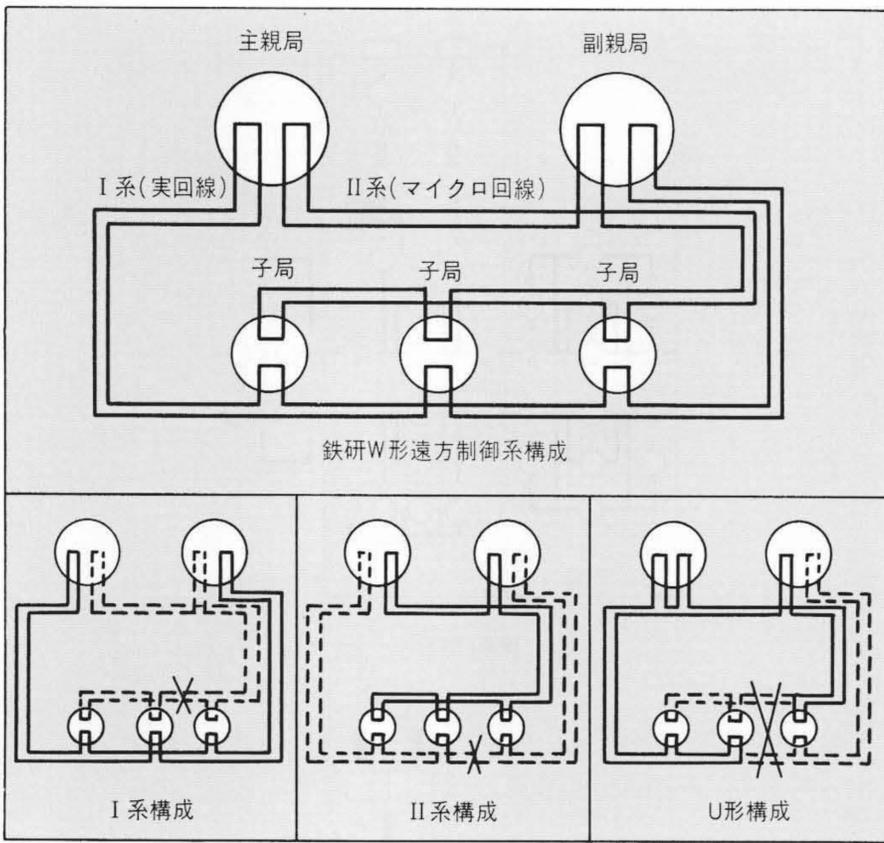


図7 回線構成 上段にI, II系回線の構成を示し, 下段には×印箇所での回線障害が発生したときの使用回線ルートを実線で示す。

表4 回線の切換機能 回線に障害が発生したときは, 回線のI系, II系切換, 場合によってはI, II系を一つのループにするU形構成により, また子局が電源断などによりダウンしたときでも, その子局をループから切り離すことにより系全体のダウンを防止できる。

	項目	説明
回線障害	1. I系, II系切換	使用系故障時, 自動的に他系に切り換わる(手動切換も可)。
	2. U形構成	同一区間でI系, II系とも故障時にはI, II系を同一ループとした系構成が可能である。
装置故障	3. 親局ダウン	二つの親局をもった群の場合, 一方の親局がダウンしても他方の親局で回線のコントロールを行なう。
	4. 子局ダウン	電源断した子局をバイパスし, システム全体の運用の確保を図る。

4.3.2 装置構成

構成素子個々の高信頼度化が図れる中で, 装置に要求され機能の向上もまた目覚ましいものがあり, このため, 構成素子数の増加と装置構成の複雑化を招く。この問題に対処するため, 本システムでは日立標準の遠方制御装置, 「SPR5000シリーズ」³⁾のアーキテクチャを適用して高信頼度化を図っており, 1局の構成例を図8に示す。この特徴は下記のとおりである。

(1) マルチコンピュータ方式

装置の機能を分割し, それぞれをマイクロコンピュータを内蔵の機能モジュールに分担させたマルチコンピュータ方式を採用している。

(2) モジュール切離し

各モジュールは独立に動作できるため, ある一部回路に異常があった場合でも, そのモジュールを切り離すことにより, 装置全体のダウンを防止している。

(3) 二重化, 三重化

装置構成上, 重要なモジュールは二重化している。また, 特に信頼性が要求されている伝送中継部に対しては, 電源三

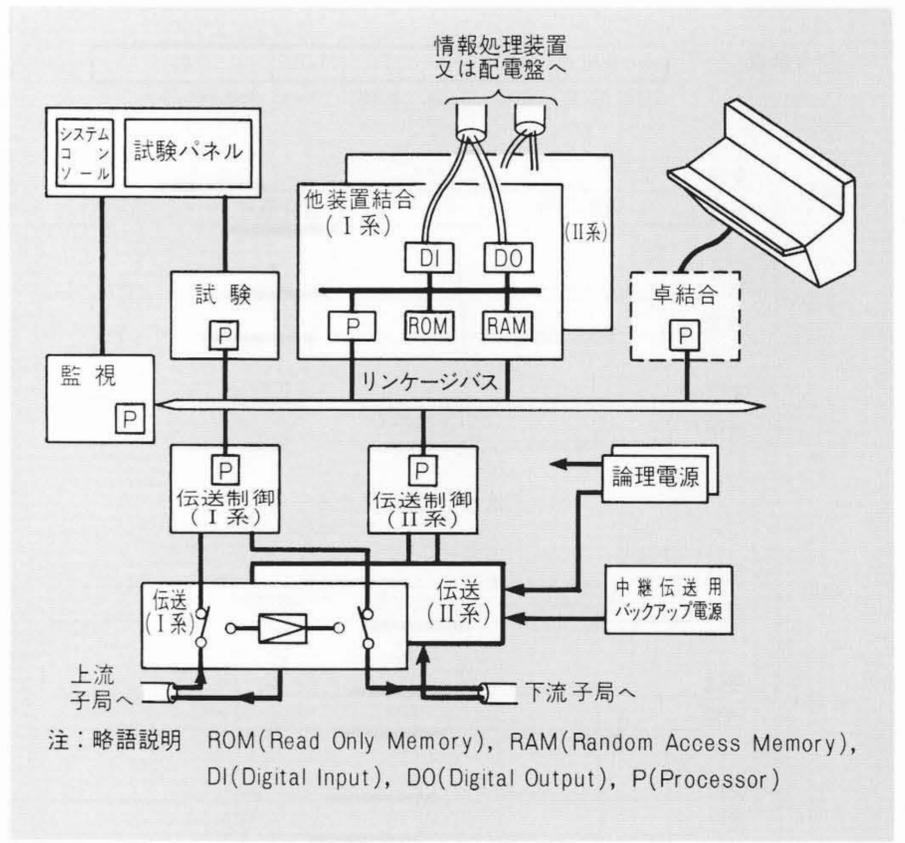


図8 1局の装置構成図 マイクロプロセッサを含むモジュールはそれぞれ機能を分担し, リンケージバスにより結合されており, 主要モジュールは二重化して信頼性に寄与している。卓結合モジュールは, 親局装置の場合に実装する。

重化を行なっている。これらの対策により, 一重化の場合に比べてMTBF(平均故障間隔)にして1桁以上の信頼度向上を可能とした。

4.4 保全機能

装置が高度化する中で, RAS (Reliability, Availability, Serviceability)機能の一環としての保全面の充実も重要な要素となってきた。

本遠方制御装置では「SPR5000シリーズ」のRAS機能に加えて, 更に次に示すような各種試験診断機能, 手段をもっている。

- (1) 遠方制御装置の異常の有無を診断するポジションの実装
- (2) 試験盤及びモジュール状態表示コンソール
- (3) 外部に符号発生装置, データレコーダ, 放電プリンタ, モデムテストなどを容易につなぎ込める端子

これらにより, 障害発生時にはそのローカライズを容易とし, また, モジュール構成としているため, 異常回路の予備回路との交換も装置全体を停止せず行なえるようにした。

5 結 言

以上, 東北・上越新幹線の新しい電力系統制御システムのうちの電力情報処理システム及び遠方制御システムを中心に述べた。

このシステムが新幹線に対する社会的要請にこたえて, 安定した電力供給に寄与するとともに, 今後の電鉄用電力系統制御システムの一つの指針となることを期待したい。

終わりに, 本システムの完成に御協力, 御指導をいただいた関係各位に対し, 厚くお礼を申しあげる。

参考文献

- 1) 伊藤, 外: 変電所連動システム, 日立評論, 63, 11, 769 ~ 774 (昭56-11)
- 2) 伊藤, 外: 新幹線電力系統制御システム(DECS), 電気鉄道, Vol. 34, No. 11 ~ Vol. 35, No. 10以降連載中
- 3) 寺田, 外: マイクロコンピュータを用いた遠方監視制御装置, 日立評論, 63, 3, 197 ~ 202 (昭56-3)