

東北・上越新幹線電力系統制御システム“DECS”

——変電所連動システム——

Neighboring Interlocking Control System for Tôhoku - Jôetsu Shinkansen

日本国有鉄道東北・上越新幹線の電力系統制御システムでは、新しい制御理念に基づく相隣連動制御システムが導入された。このシステム導入に当たっては、新野木変電所地区で基本動作の実証を行ない、その成果に改良及び機能を付加し、今回15箇所を設置した。

その特徴とするところは、集中化システムの問題点を除去するために、上級システムを中央統制地方分散形システムとし、最下級レベルでのき電機能、保安上の保証を行なうために最下級レベルのシステムを相隣連動としたことにある。その結果、き電系の切換えの複雑な操作が単純化され操作員の負担が軽減し、更に、自動点検機能・保全データ収集機能を付加したことにより、保全業務の省力化をも図ることができた。

伊藤 健*	Ken Itô
土蔵光一*	Kôichi Tokura
谷口一只**	Hitoshi Taniguchi
向野茂生***	Shigeo Kôno
中田和雄***	Kazuo Nakata
渡辺浩延****	Hironobu Watanabe
桑原 誠*****	Makoto Kuwabara

1 緒 言

東北・上越新幹線では、現在運行中の東海道・山陽新幹線の実績と全国新幹線網計画の路線延長に伴って予想される問題とを検討した上で、列車の運行管理の単位で必要とされる中央電力指令と地域との密着性を生かして設備保全作業の統制を行なう地方指令とを設け、電力系統の制御機能を地方へ分散する中央統制地方分散形の階層的指令形態が採用された。この指令形態に対応して、新幹線DECS(Denryoku Keito Control System:電力系統制御システム)を採用したが、その下層システムとしての変電所連動システムには日本国有鉄道鉄道技術研究所で考案・開発され、新野木変電所地区で、機能実証試験を約1年間実施し、その実用性を確認した相隣連動制御システムを適用した。

その具体化のために、現地ポスト(被制御所)の配電盤にマイクロコンピュータを活用したシーケンサ盤(連動論理盤)と相隣伝送盤とを導入し、相隣連動系を構成した。

相隣連動系の基本原理は、「両隣のポストのき電構成上の能力と自己ポストのき電構成上との能力を突き合わせて、相互干渉により自動的に電車線へのき電系統を構成させる。」ことである。また、相隣連動系は変電所相互間のインタロックを密にして、き電系構成に自動追従して加圧禁止領域を設定し、き電方向を一定方向に自動規制できる保安機能をもっている。

今回、製品化に当たり、機能実証試験結果の見直し、信頼性確保のための相隣連動要項の詳細検討、省力化のための保全機能の付与と盤構成の縮小化を考慮するなどによって、電力・き電系統の合目的総合制御と保安機能の充実、保全業務の自動化などを達成することができた。また、現地据付け後の各ポスト間の自動連動などの諸機能の検証も完了した。

2 相隣連動制御システム

2.1 き電系統

標準き電系統¹⁾を図1に示す。き電系統の運用パターンは、基本的に次の4項目となっている。

(1) 正常き電

変電所(以下、SSと言う。)からき電し、き電区分所(以下、SPという。)で突き合わせ状態とする。

(2) 延長き電

SPのき電切換設備故障あるいはSSの電源停電のときなどは、SPでき電延長しSSで突き合わせ状態とする。

(3) 同相き電

SSの切換設備故障のときなどは、SSの母線タイ設備によりSSの両方面に単相(同相)の変則き電を行なう。

(4) 母線延長

SSの電源停電やき電切換設備故障のときなどは、SSの母線タイ設備により、母線を介した延長き電を行なう。

これらの主回路構成から定まる系統構成の基本は、制御の自動化の有無にかかわらず同一である。山陽新幹線の運転実績を反映して、山陽新幹線とは異なる運用としたものに受電の停電切換、負荷開閉器(89FV)による加圧中の開閉、SSの一括き電などがある。

一般運用時は、上下一括き電を原則とし、各ポストの上下タイ設備を常時閉合して運用される。

2.2 配電盤の構成

変電所での配電盤の構成を図2に、操作面からの外観状態を図3に示す。

(1) 操作盤

模擬系統図に組み入れられた開閉器と表示器及び選択・実行開閉器などを集中配置して、ポスト内の監視制御のときに使用する。

(2) 連動論理盤

遠方制御子局との信号授受、自動連動及びデータ処理機能をもつシーケンサ盤で、SSとSPは二重系となっている。

(3) 連動リレー盤

補助リレーで構成し、機器インタロック、保護連動や相隣連動及び制御表示などの結合中継を行なう。

* 日本国有鉄道鉄道技術研究所

** 日本国有鉄道電気局

*** 日立製作所国分工場

**** 日立製作所大みか工場

***** 日立製作所機電事業本部

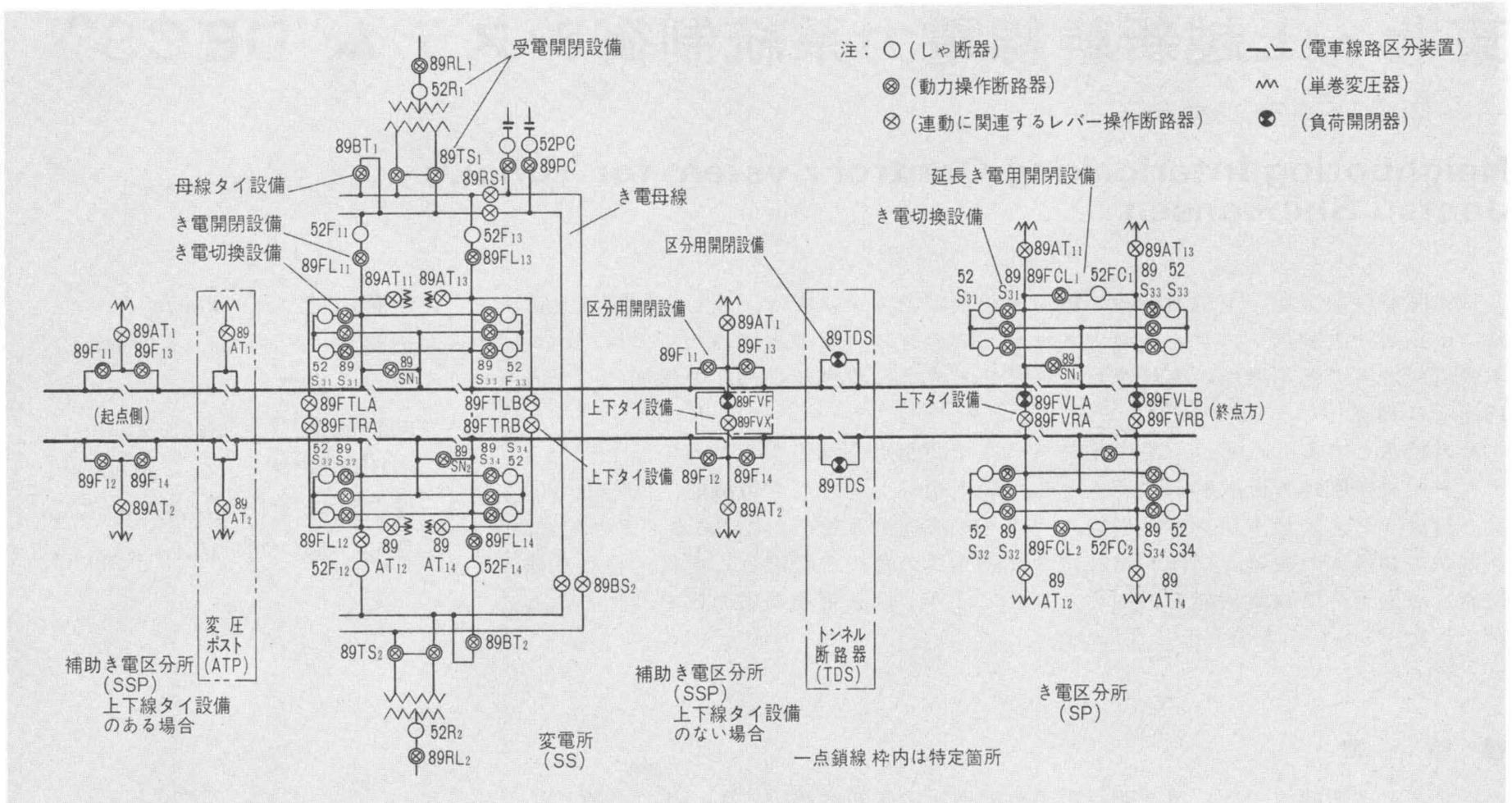


図1 標準き電系統図 SSは、275kV系又は154kV系の2回線受電設備、母線タイ設備、き電開閉・切換・上下タイ設備から成る。SPは、延長き電開閉設備、き電切換・上下タイ設備から成る。SSPとTDSは、区分用開閉設備、一部SSPでは上下タイ設備から成る。ATPはき電区分は行なわない。

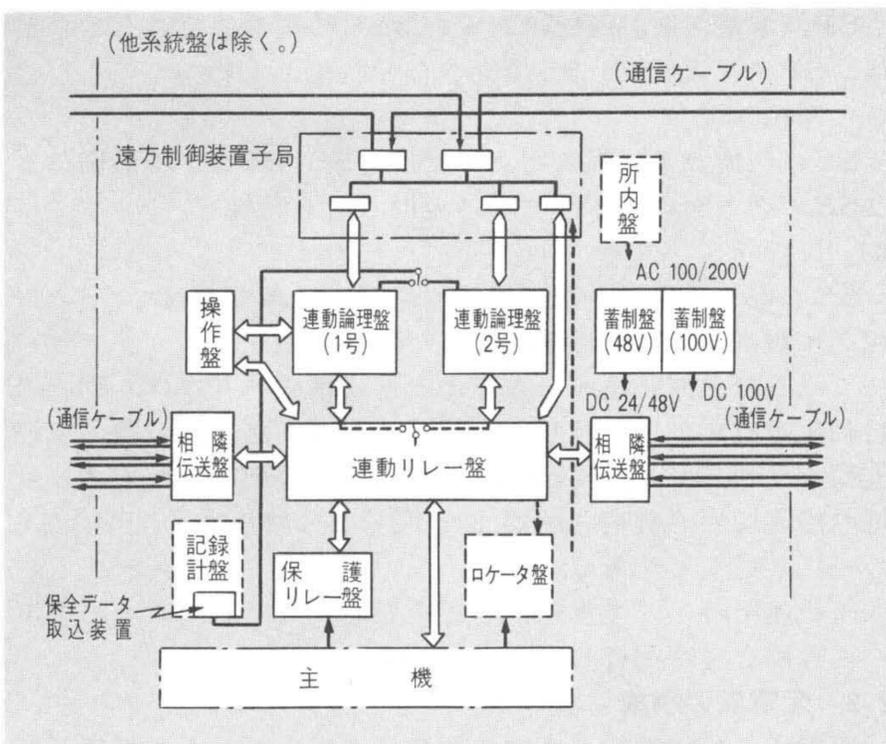


図2 配電盤の構成 変電所での盤構成で、基本的に操作盤、連動論理盤、連動リレー盤、保護リレー盤及び相隣伝送盤から成る。

(4) 保護リレー盤

電力用保護リレーと補助リレーで構成し、主機、系統の事故検出を行なう。

(5) 相隣伝送盤

両隣接ポスト間の相隣信号(加圧許可P系、求電C系)の授受を行なう。

(6) 蓄制盤

蓄電池への電源供給と直流電源の監視を行なう。

2.3 配電盤内の機能処理の流れ

配電盤内の主な機能分担と処理の流れを図4に示す。一例として、操作盤の開閉器(43I)が「遠方」で、上級制御所から機能指令(例えば受電指令)が与えられたとすると、遠方制御子局を介して同図の①連動論理盤の遠方制御結合部を通り、その符号信号をデコード②する。その結果、総合指令記憶③で記憶し、指令展開(断路器-しゃ断器の投入指令)④する。このとき、相隣回路⑤により加圧許可を確認した結果も取り込んでいる。制御指令は、⑥で送出され、連動リレー盤の受信リレー⑦を駆動し、インタロック回路⑧条件を満足して主制御リレー⑨により機器⑩を駆動する。機器動作後は、記憶リレー

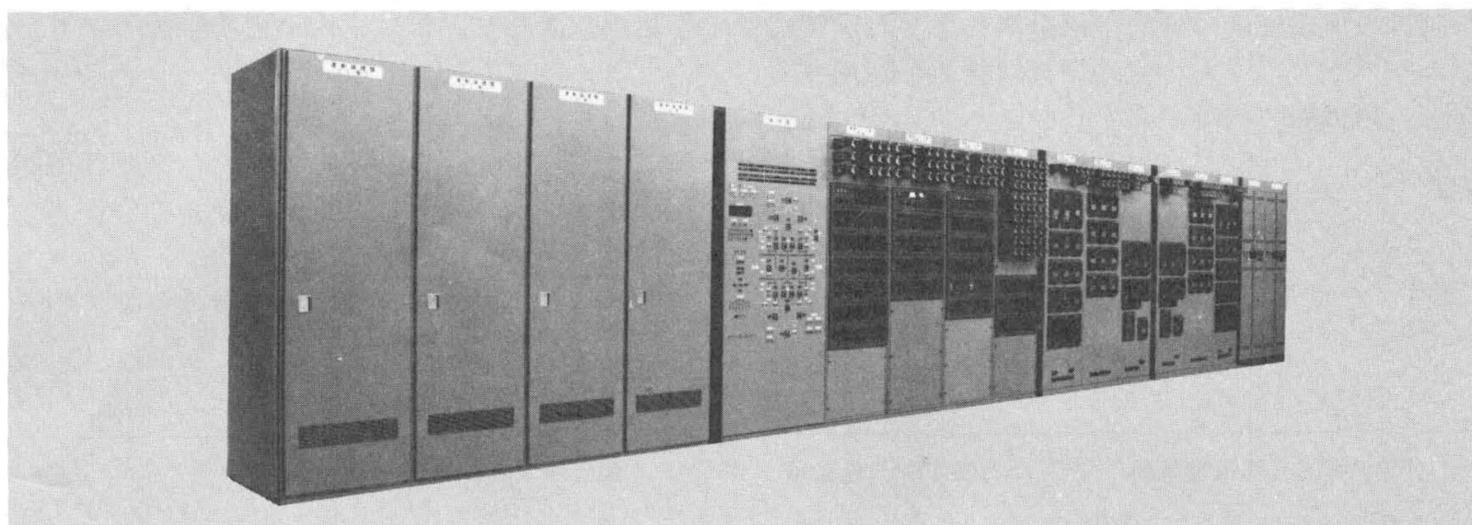


図3 配電盤の外観

工場内試験時の外観状態で、左側から連動論理盤(4式)、操作盤、連動リレー盤(4式)、保護リレー盤(6式)及び相隣伝送盤(2式)を示す。

注：略語説明

- CT(変流器)
- PD(コンデンサ形成器)
- PT(巻線形成器)
- MT(磁気テープ)
- AT(吸上げ変成器)

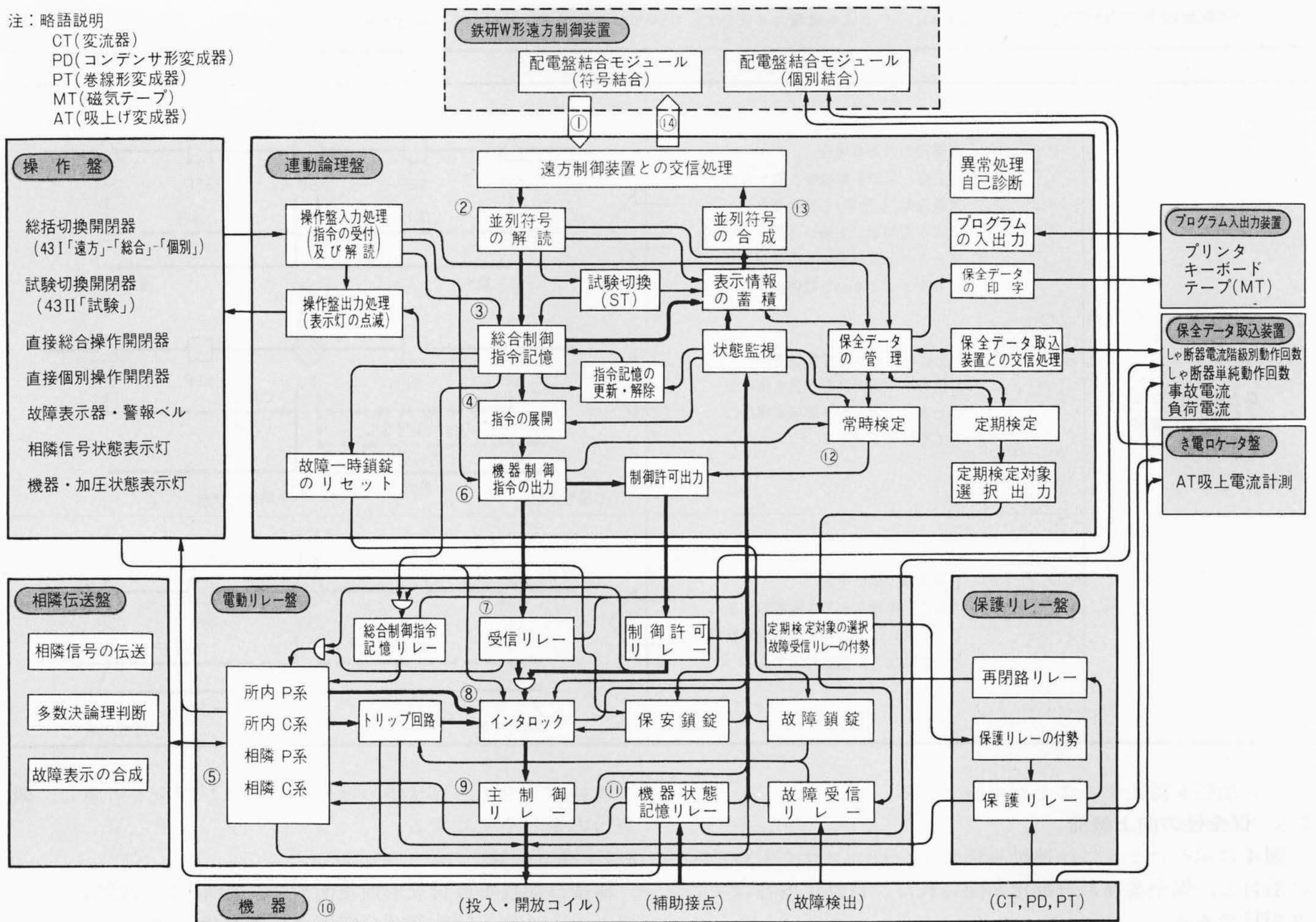


図4 配電盤内の機能処理の流れ 局指令信号は、遠方制御盤(子局)から連動論理盤にマクロ命令ビットで与えられると、符号解読して機器の制御指令を自動展開して、連動リレー盤のインタロック回路を介して機器の開閉操作を実行する。

⑪により連動論理盤が状態表示を受信するとともに、制御指令条件と状態変化を突き合わせ(自動検定⑫)して、符号合成⑬後、遠方制御結合部を介して遠方制御子局⑭へ表示伝送し、上級制御所に機能指令結果を表示する。

2.4 相隣連動の基本動作

電車線へのき電系統は、図1にも示したように、線状に並んでおり、各ポスト間は近密疎遠の関係にある。従来、き電構成は制御所の操作員の機器操作順序と電力保安系の連絡しゃ断装置、架線電圧有無などとの関連で行なわれていた。これらき電系構成の自動化を行なうためには、図5に示すように、両隣のAポスト及びCポストのき電構成上の能力と自己Bポストのき電系構成上の能力とを突き合わせ、併せて上級からの局指令(き電指令)に対応した系統制御を行なう必要がある。

すなわち、線状のき電系統の横並びした各ポスト相互間を関係づけるために、相隣信号回線を設け、自ポスト両隣方面に相隣信号を授受する相隣伝送盤により自動き電構成を実現したものである。相隣信号には、加圧許可(P系)信号と求電(C系)信号とを設ける。いずれも連続信号でP系は上り・下りき電回線ごとに往復1チャンネル、C系は上り・下り共通で往復1チャンネルを用いる。

相隣信号を用いた変電所での相隣連動基本動作例を表1に示す。まず、き電指令が与えられると、き電指令を受けた回線が、故障なし、保安鎖錠なし、機器正常などの一定の条件を満足すると、変電所は相隣P系の加圧許可信号を送出する。

この信号は、補助き電区分所(以下、SSPと言う。)で中継され、SPで受信される。SPはき電端末となり得る条件が整うと、表1に示すように相隣C系の求電信号を送出する。この求電信号は、SSP経由SSに至る。以上でSS-SSP-SPポスト間での相隣P・C信号授受が完了すると、SSではき電するための連動が開始され、き電電力がSSからSPまで供給される。

このように、相隣連動を行なうことで、き電系統の自動構成が可能となるとともに、保安機能として(1)主系に自動追従して加圧禁止領域を自動設定し、(2)き電方向を一方向に自動規制してポスト相互間のき電混触を防止し、(3)機器制御に必要な無加圧条件を自ポストで設定して、機器動作中の出会い

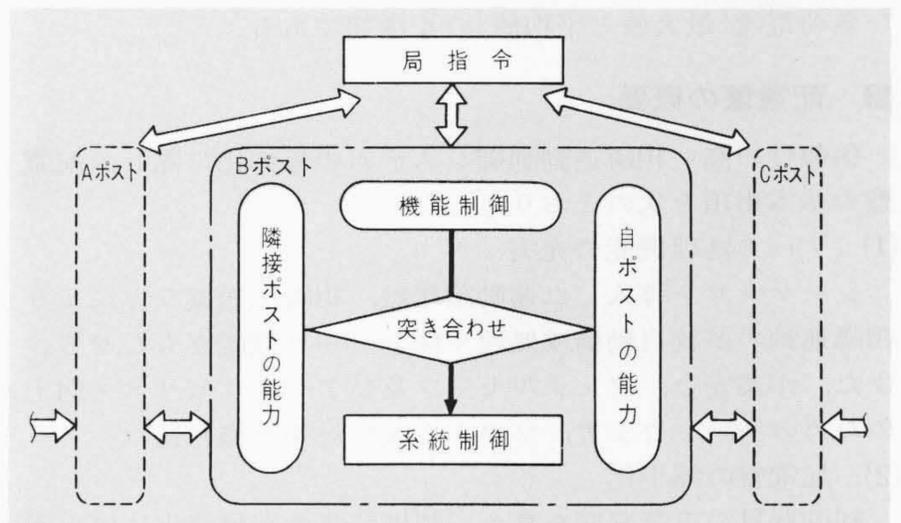


図5 相隣連動方式 ポスト間のき電能力判定は相隣信号回線で行なわれ、機能制御と突き合わせの後、き電電力系統動作が行なわれる。

表1 相隣連動基本動作例 SSのほかに、SPではき電電力を区分し、SSPでは中継することが本来の責務とされるポストがある。

ポスト名	基本動作	連動概要
変電所 (SS) 電力供給源となる ことが本来の責務 とされる電気所	1. き電能力のある場合 (1) 上級からのき電指令と隣からの求電信号(C信号)を共に受けたときにき電開始、上級からのき電指令あるいは隣からのC信号がなくなることにより、き電停止する。 (2) 上級からのき電指令を受けたが、C信号が一定時間経過後も受けなときは、自らをき電端末構成にしてC信号を発信する。	
	2. き電能力のない場合 受電、停電などでき電能力をなくした場合には、自らをき電端末構成としてC信号を割込発信する。	

がしら加圧を防止することが可能となる。

2.5 保全性の向上機能

図4に示したように、連動論理盤がシーケンサをもつことに着目し、保全業務の自動化が図られた。自動化内容は次の3項目である。

(1) 常時検定

制御用補助リレー、しゃ断器などの主機類及び操作開閉器類を対象に、稼動中に常時異常の有無をチェックし、異常検出時は操作盤及び遠方制御親局に異常表示を行なうとともにソフトウェア、ハードウェア上のインタロックにより制御実行の抑止をかける自己診断を行なわせる。

(2) 定期検定

電力系統停止時に、電力用保護リレー、故障受信リレー及び機器開閉時間をシーケンシャルに順次測定し、結果は操作盤や遠方制御親局に表示及びプリント出力させる。

(3) 管理データの収集

保全データ取込装置を設けて、リクエストに応じてデータ出力する。対象データとしては、電流階級別(7ステップ)しゃ断器動作回数、単純しゃ断器動作回数、事故しゃ断電流及び負荷電流(最大値と平均値)の4種類である。

3 配電盤の概要

信頼性の高い相隣連動制御システムの具体化に際し、配電盤の基本事項を次のとおりとした。

(1) データ処理機能の充実

シーケンサを導入した連動論理盤、相隣伝送盤などにより相隣連動の系統自動構成処理や保全データ機能をもたせる。また、作業安全、フェイルセーフ及びアベイラビリティ向上のためのハードウェア、ソフトウェア対策を織り込む。

(2) 配電盤の縮小化

制御器具の実装密度を高め、制御装置の高機能化に伴う所要設置スペースを抑える。

(3) マンマシンインタフェースの向上

現地ポストでの異常時の操作、監視及び保全を考慮し、緊急対応をしやすくする。

3.1 操作盤

構造は開放垂直自立形前面盤で、前面には、故障表示部、保全データ部、制御部及び模擬系統部で構成(図3参照)し、後面は故障表示器と電源開閉器とした。機能面からは、(1)機能別器具配置、(2)選択・実行スイッチで2挙動操作による誤制御防止、(3)照光式押しボタンスイッチ、相隣信号表示、状態表示灯付個別機器制御捻回スイッチなどを模擬系統に組み込むことで、主回路状態表示を充実、(4)故障表示器の静止化による安定化などにより、マンマシン操作性の向上を図った。

3.2 連動論理盤

構造は閉鎖垂直自立形盤で、既に多くの稼動実績のあるHIDIC 08ESシーケンサを実装した。

その内部構成ブロックを図6に、実装配置外観を図7に示す。オンラインでのデータ処理、情報管理を行なうために、Cモード(コンピュータモード)とSモード(シーケンサモード)とをダイナミックに切り換えることで、1台のCPU(コンピュータプロセスユニット)で、C/Sモードタイムシェアリングで効率的稼動を図った。Cモードの機能分担は、遠方制御子局との間のデータ処理、保全データ処理、連動リレー盤の動作状態監視、C/Sモード切替管理、Sモードによる検定業務のデータ処理などである。Sモードの機能分担は、連動リレー盤のシーケンス制御、自動検定時のハードウェア回路イメージ作成などで、実行処理はSモード優先とした。処理概要については、図8に主要プログラムタスクを示す。

また、信頼性向上策として、次のような配慮を織り込んだ。

(1) RAS(Reliability Availability Serviceability)機能強化

CPU系の自己診断機能²⁾として、メモリパリティなどのほかに、命令動作、メモリサム及びバスラインチェックを今回追加した。

(2) 耐ノイズ性強化

外部への入出力信号は、すべてホトカプラ絶縁リンクの採

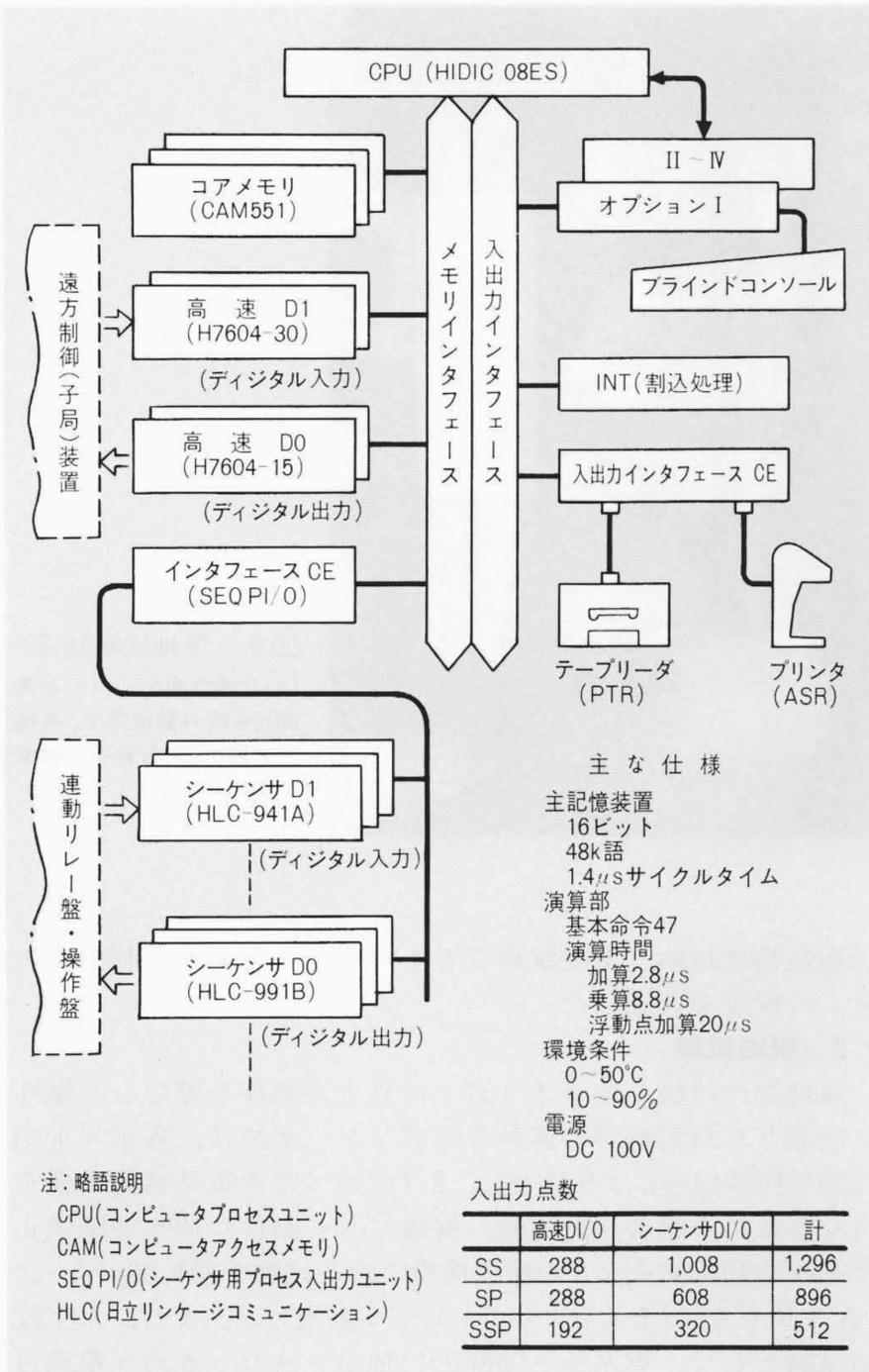


図6 連動論理盤の内部ブロック構成 ポスト内詰合用のシーケンサ入出力(DI/O)点数がSSで約1,000点と多いので、16枚/ユニットの実装ケースとし増設容易な構造としている。

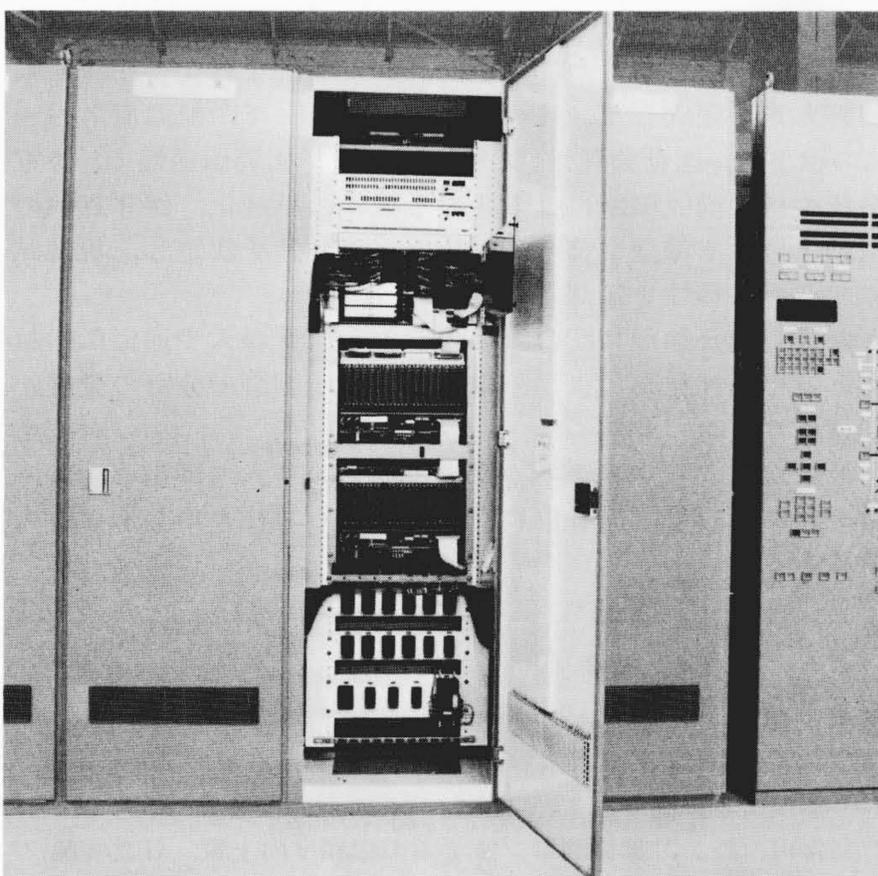


図7 連動論理盤の実装状態 上部から、電源部、CPUユニット部、シーケンサ入出力ユニット部及び外部接続コネクタ部の配置としている。

用、内部配線のノイズ混入防止などにより、外来耐ノイズ性を向上させた。

(3) 保守性の向上

シーケンサ入出力には、すべて動作チェック用LED(発光ダイオード)を実装し、ユニット構成とすることにより、チェックを容易にした。

(4) 誤出力防止対策

入出力部の異常などにより、誤制御動作を防止するため、制御許可リレー³⁾(1k)を新たに設けた。すなわち、シーケンサ出力信号により、連動リレー盤の受信リレーを動作させ、その結果をシーケンサに再び取り込んで、リレー回路と同一の論理回路ソフトイメージと突き合わせ、一致すると1kリレーをシーケンサで動作させる。その結果、主制御リレーにより、機器動作が付勢される。1kリレー不動作時は、常時検定不良として、機器動作が抑止され、誤制御防止を行なう。

3.3 連動リレー盤

構造は開放垂直自立形盤で、総合連動部と切換連動部から成る。機能面からは、連動実行の中心であるので、稼働実績のある補助リレーを選ぶことと盤面数の増加を抑えるために小形化対策を必要とする。すなわち、

(1) 補助リレーの選択

制御対象と使用回路電圧ごとに使い分けた。

(2) 保守性の向上

使い分けた補助リレー群は、同種ユニット形とし、保守の簡便化を図った。また、同種リレーでも、使用回路電圧が異なる場合に、リレー点検後の誤挿入防止を図るために、デバイスNo.のほかに、ソケット部に誤挿入防止金具を付加した。

(3) 器具実装密度の向上

連動回路部に小形リレーを採用した。また、端子台設置スペース縮小化のために盤間接続はコネクタ方式とし、誤接続や端子緩み防止を図った。

3.4 保護リレー盤

構造は開放垂直自立形盤で、主回路区分(例えば受電用、き

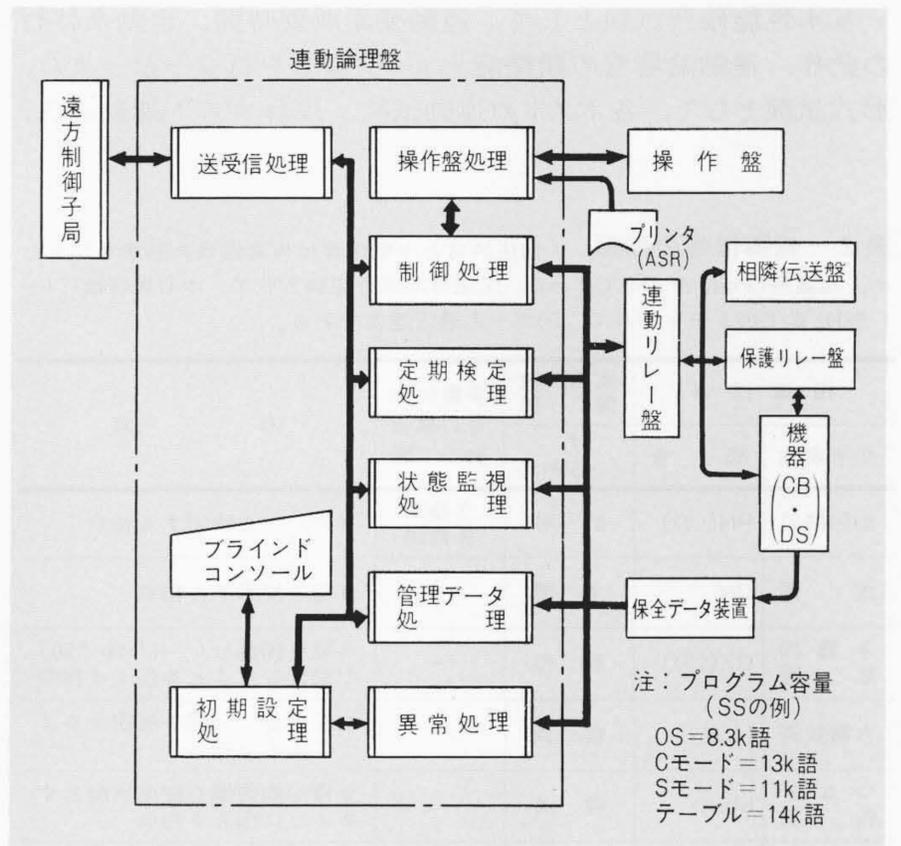


図8 連動論理盤の主要プログラムタスク 機能管理はOS(Operating System)、処理構成はPMS(Process Monitor System)で管理している。また、MCS(Man Machine Communication System)でダンプやパッチ処理が可能である。

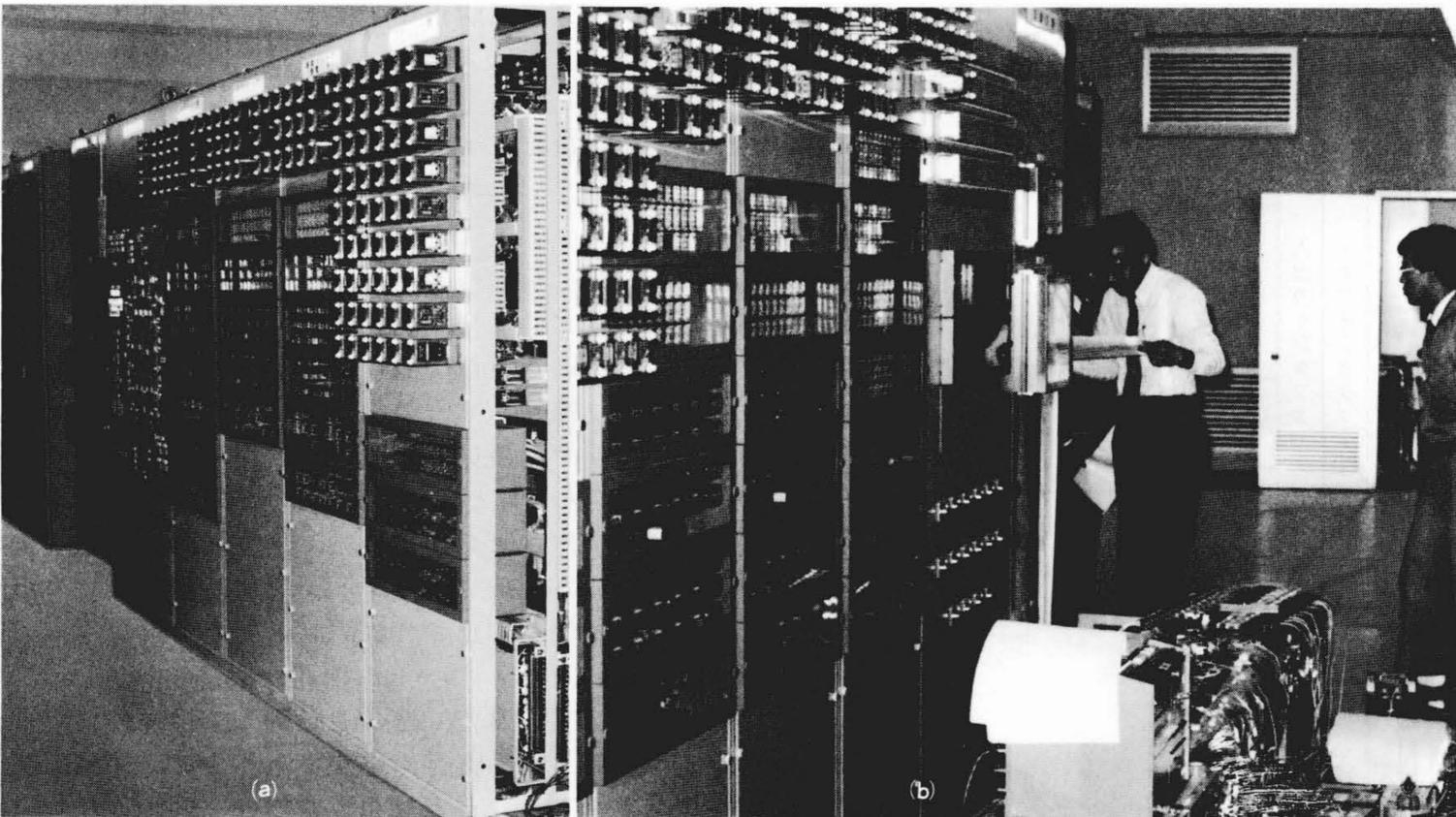


図9 現地試験状況 (a)は操作面から、(b)は裏面からの外観状況で、各種測定器により自動系統構成のデータ測定をしているところを示す。

電用など)ごとに分割し、電磁形リレーを採用した。なお、定期検定用に、保護リレーを付勢するための電圧・電流発生器(模擬電源)、動作時間計測用のカウンタ及び回路切換補助リレーも組み込まれている。

3.5 相隣伝送盤

構造は閉鎖垂直壁支持形で、送受信部、試験部、リレー部及び電源部から成る。相隣信号の種類を表2に示す。盤内の内部ユニットの機能チェック用として相隣盤試験器を製作し、送受信レベルチェックなど8項目のテストが簡単にできるようにした。

4 試験結果

4.1 工場試験

基本性能確認試験として、連動要素所要時間、自動系移行の動作、連動論理盤の諸機能チェックなどを行なった。また、形式試験として、各ポストの連動試験、複合ポスト連動試験、

表2 相隣信号の種類 加圧許可と求電信号は相隣信号の基本をなすため、三重系(2 out of 3)としている。伝送は周波数変調方式で、中心周波数1.1~1.9kHzまでの6チャンネルで、50ボアの通信速度である。

相隣信号		周波数 偏 移	多重化信号の論理判 断	内 容
指令名称	略 号	f_L (-35Hz)		
加圧許可	PN(UD)	許 可	3種系多数決	き電加圧を許可する指令
求 電	CN	求 電	"	き電を要求する指令
き電線 故 障	DZ(UD)	動 作	—	き電用保護リレー(#44, #50)が動作したことを伝える指令
き電救済	MSK ₁	救 済	—	加圧禁止の一部を無視するように伝える指令
つなぎ 救 済	MSK ₂	救 済	—	き電切換設備を使用状態とすように伝える指令
トンネル 区 分	TDS(UD)	開 放	—	トンネル断路器が開放したことを隣接被制御所に伝える指令
地 震	EK(1,2)	動 作	—	感震器が動作したことを伝える指令

注：(UD)は上下線別の信号を示す。

伝送盤特性試験、温度試験などを行ない、相隣連動制御システムの検証を実施した。

4.2 現地試験

現地据付け後、各ポストごとに立上げ動作を確認し、屋外に設置された実機器の連動を確認した。その後、各ポスト相互間を相隣信号により結合し、2.1で述べたき電系自動構成を行なうための総合自動連動、保護リレー動作に伴う加圧禁止や系統自動再構成などの保護機能の総合試験を約1,000ページ(A3サイズ)のチェックリストにより実施した。また、人工故障試験として、実系統を強制的に地絡させたときのき電系自動構成のデータ測定も行ない、所定の性能を確認した。図9に現地試験状況を示す。

5 結 言

電力系統の上級システムを中央統制地方分散形システムとし、最下級レベルでのき電機能、保安保証を行なう相隣連動制御方式を完成した。その製品化に当たって、盤設置スペースの縮小化、連動論理盤(シーケンサ)及び相隣伝送盤で、き電系統の自動構成機能による複雑な操作の単純化、保守点検の自動化による保全業務の省力化など具体策を決定し、現地試験でその信頼性を確認した。

今後、総合論理判断のためのシーケンサ導入や通信伝送技術との組合せ技術により、電鉄用変電所制御の分野の発展が期待される。

最後に、このシステムの完成に際し、多大の御指導、御協力をいただいた関係各位に対し、心からお礼を申しあげる次第である。

参考文献

- 1) JRS31401-13A-14BR 9 B：電鉄変電所用配電盤の電気連動要項、日本国有鉄道(昭55-3)
- 2) 森田、外：計算機制御システムの信頼度向上策、日立評論、56、4、375~380(昭49-4)
- 3) 谷口、外：新幹線電力系統制御システム〔V〕、電気鉄道35-3、32~33(昭56-3)