

東北・上越新幹線は開業から19年を経過し、変電所などの監視制御を行う新幹線電力系統制御システム(DECS)の老朽化が進んだため、変電所18か所を含む現地配電盤の更新と中央指令設備の新設・改良を実施することになった。このうち、当社は現地配電盤の更新を担当する。

新幹線は、社会的重要度が非常に高い交通機関であるため、システムに対し電力供給信頼度の向上が求められた。そこで、最新のマイクロエレクトロニクス(ME)機器を採用し、信頼性向上を図るとともに高機能化したデジタル形配電盤を開発した。

Nineteen years have passed since the opening of the Tohoku and Joetsu Shinkansen lines, and aging of the Shinkansen electric power control system, which performs supervisory control of remote facilities such as substations, is progressing. A decision was therefore made to renew the switchboards, encompassing 18 substations, as well as the supervisory control and data acquisition (SCADA) system.

Toshiba has been given responsibility for renewal of the local switchboards. For this purpose, Toshiba has developed a digital switchboard incorporating the latest microelectronic technologies to realize high functionality and improved reliability.

1 まえがき

東北・上越新幹線は開業から19年を経過し、変電所などの監視制御を行うDECSの老朽化が進んだため、変電所18か所を含む現地配電盤の更新と、中央指令設備の新設・改良を実施することになった。

変電所などの現地更新箇所数を表1に示す。

表1. 更新箇所数
Number of locations for renewal

| 項目 | 東北新幹線 | 上越新幹線 | 合計 |
|---------|-------|-------|----|
| 変電所 | 12 | 6 | 18 |
| き電区分所 | 11 | 6 | 17 |
| 補助き電区分所 | 28 | 16 | 44 |
| ATポスト | 5 | 0 | 5 |

当社は、現地配電盤の更新を手がけており、その開発と実用化について以下に述べる。

2 設計コンセプト

新配電盤は、電源供給信頼度を高めることを開発の目標とし、次に述べる考え方を基本とした。

- (1) 信頼性の向上 運転に直結するシステムであるこ

とから、信頼性の高い保安・連動機能を確保するために、装置を完全二重化構成とした。

- (2) 省スペース化 既設配電盤室のスペースで新旧設備の切替えを行うため、新配電盤ではシステムを集中した構成とすることを基本とした。

制御装置に汎用プログラマブルロジックコントローラ(以下、PLCと呼ぶ)、保護リレーにデジタルリレーを採用し、従来のハードリレー主体のシーケンスをソフトウェア化した。更に、各々を集中構成とすることでハードウェア回路の削減を図った。

- (3) 省メンテナンス機能の充実 PLC及びデジタルリレーなどのデジタル装置を用いることにより、常時監視機能及び自動点検機能の大幅な充実を図り、省メンテナンス化を実現した。

- (4) 配電盤連動のシンプル化 新幹線電力系統の構成を現地の配電盤によるローカル自動連動方式から中央の情報処理装置による中央自動連動方式とした。これにより配電盤連動の簡素化を図り、“理解しやすい”かつ“扱いやすい”配電盤とした。

3 デジタル形配電盤の特長

このデジタル形配電盤(以下、今回のシステムと略記)の特長を次に述べる。配電盤の外観を図1に、システムの構成を図2に示す。



図1. 東北・上越新幹線用ME形変電所用配電盤の外観 電源供給の信頼度を高め、既設比30%の省スペース化を実現した。
External view of switchboard for Tohoku and Joetsu Shinkansen

め、ネットワークには汎用LANであるEthernet^(注2) 10BASE5を導入し、プロトコルにはTCP/IP(Transmission Control Protocol /Internet Protocol)及びUDP/IP(User Datagram Protocol/Internet Protocol)を使用した。

(2) 集中化方式 省スペース化を実現するには、PLC及びデジタルリレーを集中構成とし、信頼性を向上させるために二重化した。

しかし、連絡遮断装置PLC(以下、連遮PLCと略記)及び切替PLCについては、処理速度を優先するため、各々二重化構成の専用PLCとすることにした。この構成により配電盤の設置面積を従来盤と比較して、約30%にすることができ、大幅な省スペース化を実現した。

集中化構成をするにあたり、異常時のシステム停止について考慮した。二重化装置の同じ部位が同時期に故障する可能性は極めて少ないため、システム停止に

(1) 汎用LAN PLC及びデジタルリレーのほか、遠制(遠方制御)装置及びAT(Auto Transformer)ロケータ^(注1)などの異メーカー装置間の接続を容易にするた

(注1) 電車で電力供給の事故が発生した場合に、事故点を見つけ出すための装置。

(注2) Ethernetは、富士ゼロックス(株)の商標。

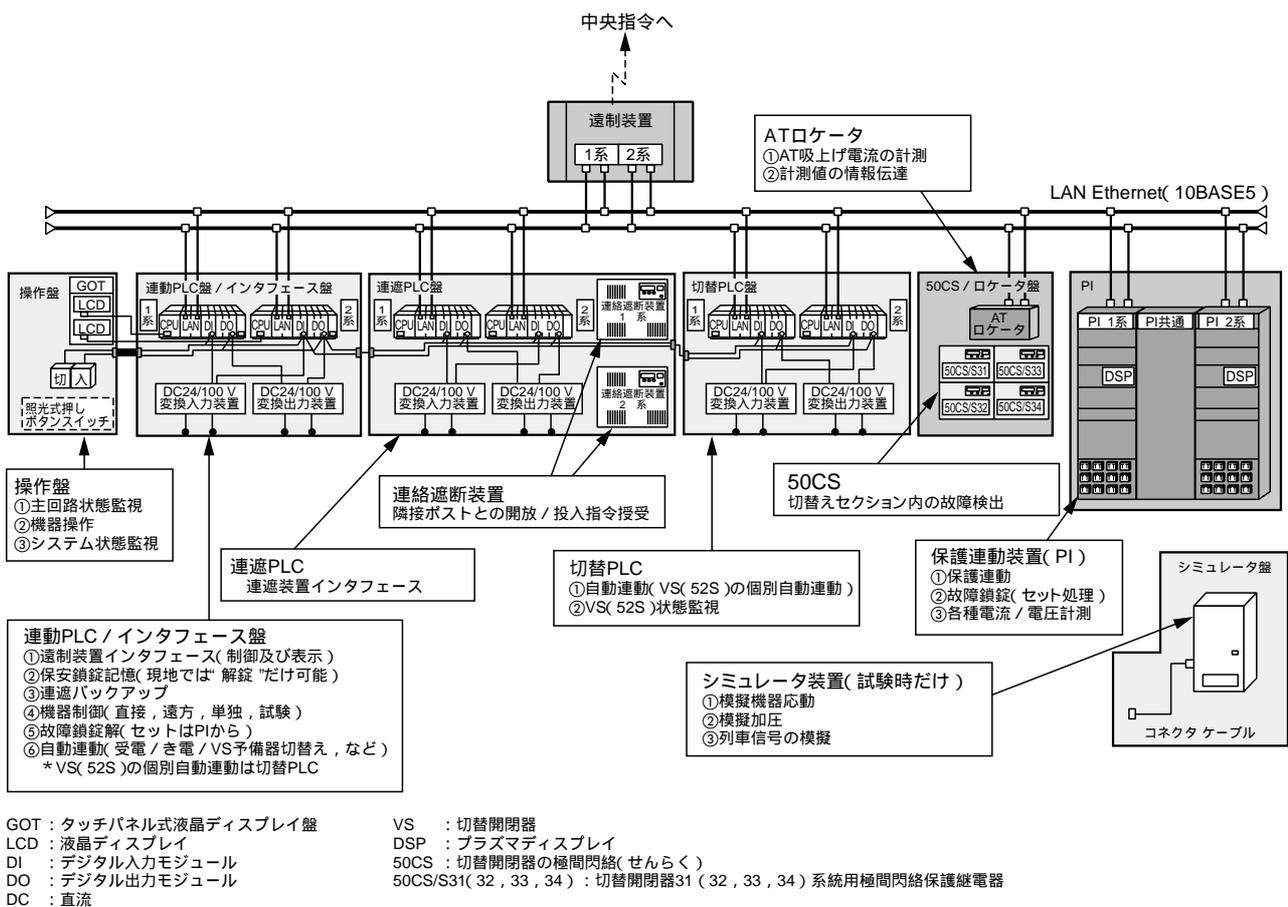


図2. システムの構成 このシステムは、主にPLC及びデジタルリレーから構成される。各装置間の情報授受は汎用LAN Ethernetを介して行うため、異メーカー機種(遠制装置及びATロケータ)間の接続が可能となっている。
System configuration

至る確率は低い。しかし、二重化の合成部となるハードウェアシーケンスについては、共通部位が存在し、異常が発生した場合には、二重化装置の全停止となる可能性が高い。そこで、共通部位を機能ごとに分割し、不具合発生対象のブロックだけを停止させ、システム全停止の確率を極力低くした。

今回実施したハードウェアの回路故障に対する冗長化策^(注3)の一例を表2に示す。

表2．冗長化策
Redundancy policy

| 項目 | 冗長化策の詳細 |
|-----------------------|---|
| 操作スイッチの故障 | 1系用と2系用に個別接点を取り込む。 (両系異常時でも、遠方制御を受け可能とした。) |
| 遠方・直接操作モード切替開閉器の故障 | 1系用と2系用の個別接点を取り込む。 (異常時には、遠方として処理を行うことにした。) |
| 使用系及び待機系の出力部切替リレー接点異常 | 切替リレーを主回路機器などのブロック単位に分散配置。(異常時には、対象ブロックだけ機能停止とした。) |
| 動力操作機器本体補助接点異常 | (遠制御操作時に1系、2系とも同時に接点異常を検出した場合は、遠制御からの逆指令を受け付けるものとした。) |
| レバー操作機器本体補助接点異常 | (接点ごとにフェイルセーフ動作をするように、異常時処理を行うものとした。) |

- (3) 切替連動回路の静止化 き電^(注4)回路セクションを列車が力行(りきこう: 加速走行)状態で通過できるための、切替開閉器の切替時間は250 ~ 350 msと短く、従来はハードウェアのリレーシーケンスにて実施していたが、今回の更新ではスキャンタイムの短いPLCを採用し、静止化することにした。
- (4) 試験の効率化 遮断器、断路器などの機器は更新対象外であり、配電盤だけの更新であることから、試験期間短縮と試験による機器の動作回数低減のため、現地変電所などに試験用シミュレータ装置を設置した。

4 システム機能の特長

今回のシステムの機能の特長を以下に述べる。

4.1 LANによるデータ授受

Ethernetは、PLCなどの装置同様二重化構成とした。LANに接続される装置は、1系及び2系とも伝送路A系、B系両方に接続する構成とした。データ授受の方法は、A系、B系とも常時使用する方式とした。

- (注3) ハードウェアの主要コンポーネントを二重化して、信頼性を向上させる策。
(注4) 一般電力系統から受電した電気を、運転に適した形の電気に変成して電車線路に送り出すこと。

データ送受信は、通番処理によりデータ授受の信頼性の向上を図っている。通番処理とは、各装置ともに送信時に1カウントアップする通番(1 ~ 4,095のサイクリックカウンタ)を送信データに付加する処理を行うものである。データ送信処理の概念を図3に示す。

両系が正常な場合、データ送出側は常に両系に対し同じ通番のデータを送出する。受信側は、送信されてくるデータの通番を常時監視し、同じ通番の先着したデータを取得し、後着したデータを破棄する処理を実行する。片系が異常の場合には、正常系のデータを取得する。

また、受信側は、前回受信データに対し+1カウント以外のデータが送信された場合には、異常データを受信したことを送信側に通知し、再送要求する処理を行うことにした。

これにより、データの伝送抜けを監視することができ、情報授受のよりいっそうの信頼性向上を図った。

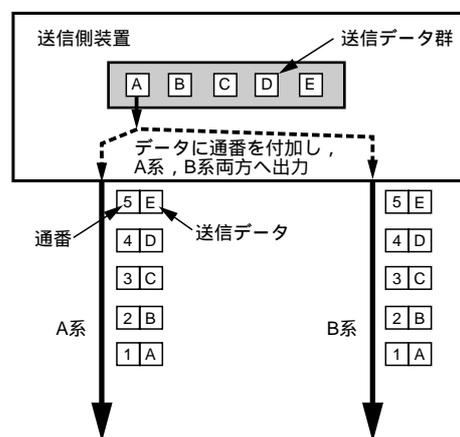


図3．データ送信処理の概念 LANに接続される装置は、1系及び2系とも伝送路A系、B系両方に接続する構成とし、A系及びB系とも常時使用する方式とした。

Schema of data communication process

4.2 連絡遮断方式によるき電回路保護

事故時のき電回路保護及び予備器への切替えなど、構成の自動化を図っている。以下に、装置構成について述べる。

- (1) 連絡遮断装置 ポスト間の通信回線には、既設のメタリックケーブルを使用するため、数種類の連絡遮断信号の授受を行う耐ノイズ性に優れたサイクリック伝送方式の連絡遮断装置を開発した。

この装置は、再生延長中継方式を採用しており、1サイクル(40ビット)のうち、8ビットだけの遅れで延長中継できるため、延長中継に要する時間ロスが少なく、新幹線き電系統保護に適している。

- (2) 連遮PLC この装置の機能は以下とした。
(a) 自ポストの故障を連絡遮断装置へ注入する。

- (b) 他ポストの故障を連絡遮断装置から取得し、自ポストの保護連動処理に伝達する。
- (c) 自ポストのき電構成を把握し、連絡遮断装置に対し、延長方向を指示する。

この装置に要求されるのは、**確実**、かつ**迅速な信号授受**であるため、連遮PLCと連絡遮断装置間の信号伝達回路構成は、**入力を二重系OR入力**、**出力を二重系AND出力**とし、**信頼性の向上を図った**。出力部の回路の概念を図4に示す。

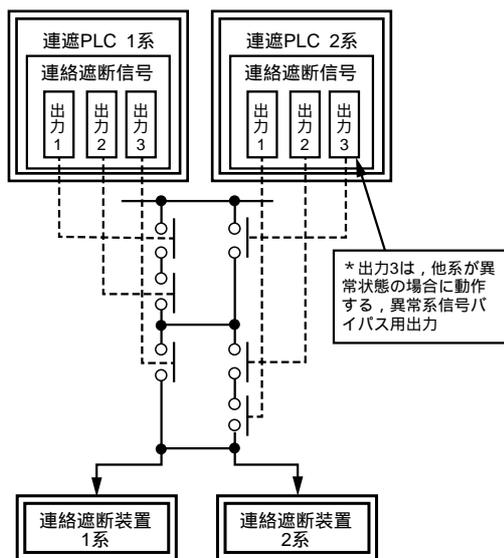


図4．出力回路の概念 連遮PLCと連絡遮断装置間の信号伝達出力回路の構成例を示す。二重系AND出力とし、信頼性の向上を図っている。

Schema of output circuit

4.3 常時監視・自動点検機能

今回のシステムでは、誤入力・誤出力の防止及びPLC、デジタルリレーなどの各装置異常状態の監視を行い、信頼度及び保守機能向上を図った。監視機能には、制御出力処理及び状態入力処理などの常時実行する常時監視機能と、指定期間ごとに実行する自動点検機能がある。

以下に、各監視機能について述べる。

- (1) 常時監視 CPU、メモリの不良については装置が汎用的に持つ自己診断機能に加え、アプリケーションレベルでチェック機能を持たせた。入出力部の不良検出については、汎用機能を持たないので、アプリケーションレベルでチェック機能を付加した。今回実装した監視機能を表3に示す。
- (2) 自動点検 各装置は、電源投入時、及びその後は1日1回の周期で定期的に自動点検処理を実行し、健全性を判定する。

表3．常時監視機能
Continuous supervisory function

| 項目 | 監視機能の詳細 |
|--------------|---|
| 汎用診断機能 | プログラム監視 RAM監視 パリティチェック(誤り訂正符号) サムチェック(データを送受信する際の誤り検出方法の一つ) ウォッチドッグタイマ監視(プログラムの処理時間監視を行うタイマ)、など |
| アプリケーション診断機能 | 制御出力の動作確認 情報入力の確認(多重入力チェック、背反論理入力チェック、など) アナログ入力回路精度確認(デジタルリレー) 遮断器のトリップコイル断線検出 LANデータ総合動作チェック 連絡遮断信号論理チェック CPU診断(演算チェック、符号間“0”チェック、多重メモリチェック、など) |

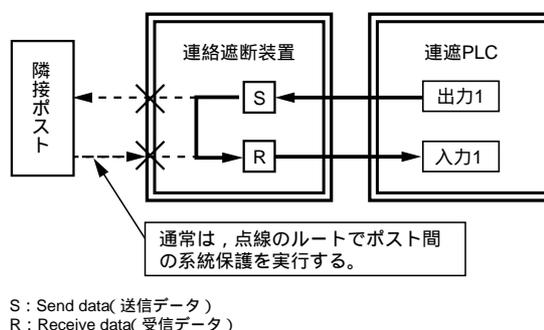
1日1回の点検開始時間は、ユーザーにより任意に設定可能とし、設定方法は配電盤盤面のタッチパネル式液晶ディスプレイ(LCD)により行うものとした。

連絡遮断装置及び連遮PLCで構成する連絡遮断処理ブロックでは、装置のすべての出力ポイントに対して、以下の2種類のフィードバックチェックを実施するものとした。

- 通常フィードバックチェック
- 連絡遮断装置折返しフィードバックチェック

前者は連遮PLC単体の出力チェックを行うもので、後者は連遮PLCと連絡遮断装置間を通して実施するフィードバックチェックである。この自動点検の実行中、連絡遮断装置は、連遮PLCから注入された信号を外へ出力させず、内部において折り返す処理モードになる。

この処理により、連絡遮断処理ブロック全体の自動点検を実現した。概略処理構成を図5に示す。



S : Send data(送信データ)
R : Receive data(受信データ)

図5．点検処理の概念 連遮PLCと連絡遮断装置間を通して実施する自動点検は、連遮PLCから注入された信号を連絡遮断装置が外部へ出力させず、内部に折り返す処理モードとすることから可能となる。

Schema of testing process

4.4 シミュレータ機能

シミュレータ装置には、以下の2機能を持たせた。

- (1) 模擬機器機能 入・切制御指令に対し、実機器動作時間と同一に設定した応動時間で動作し、応動表示を配電盤へ返す模擬機器の機能である。
- (2) 模擬加圧信号入出力機能 交流き電区間としての試験を実施するためには、現地ポスト間でのき電線加圧情報の授受が必要となる。今回のシステムでは、連絡遮断装置を使用して模擬加圧信号を送受信することにした。模擬加圧情報は、シミュレータ装置の模擬機器状態により作成し、配電盤経由で連遮装置に伝える。

シミュレータ装置による試験は、運用機器に影響しないため、列車運行中の昼間に各種確認試験が可能となり、夜間の実機器を用いた試験の期間を短縮することができた。

また、シミュレータ装置と配電盤端子台との接続をコネクタ化することにより、容易に着脱可能なものにした。

4.5 計測機能

このシステムでは、デジタルリレーにより事故時の電流・電圧波形データなどの各種計測を実施させた。これにより、専用の計測装置が不要になった。

計測したデータは配電盤盤面のLCD上に表示するとともに、一部のデータは、中央情報処理装置へ伝送するものとした。

5 あとがき

この配電盤の更新工事は1998年度からスタートし、2002

年度には東北・上越新幹線の全線で新配電盤を使用開始する予定である。

なお、2000年12月に、東北新幹線の一部区間について無事使用開始に至った。

文 献

- (1) 津金利雄,ほか.東北・上越新幹線の新しい監視制御システム.鉄道と電気技術.12,2001-01,p.45-49.
- (2) 駒込祥二,ほか.東北・上越新幹線用遠隔装置の開発.電気学会研究会資料/交通・電気鉄道研究会.TER-01-11,2001-03,p.25-30.



家人 一郎 IEIRI Ichiro

社会インフラシステム社 交通システム事業部 交通電力システム技術部主務。電鉄向け電力系統制御システムのシステム設計・開発に従事。電気学会会員。
Transportation Systems Div.



平賀 和浩 HIRAGA Kazuhiro

社会インフラシステム社 府中社会インフラシステム工場 社会インフラシステムソリューション部主務。電鉄受変電システム設計に従事。
Fuchu Operations - Social Infrastructure Systems



中村 哲 NAKAMURA Satoru

社会インフラシステム社 府中社会インフラシステム工場 社会インフラシステムソリューション部。電鉄受変電システム設計に従事。
Fuchu Operations - Social Infrastructure Systems