

札幌市交通局地下鉄電力管理用マイクロコントローラシステム

Microcontroller System for Power Management System of Sapporo City Transit Authority

西村裕美 * Hiromi Nishimura · 谷本雅之 ** Masayuki Tanimoto · 新井 隆 *** Takashi Arai

I. まえがき

マイクロコントローラの技術的進歩は著しく、その評価が定着するにつれてあらゆる産業分野に適用されるようになったが、交通輸送制御分野も例外ではなく、そのインテリジェント機能を有効に生かした自動化・省力化システム、分散制御・集中監視システムなどが構築されるようになった。本稿ではこのたび、札幌市交通局に納入した電力管理システムのうち、マイクロコントローラ“MICREX[®]-E”を適用した電鉄用変電所及び駅電気室の分散自動制御システム〔RS (Remote Station) システム、TS (Terminal Station) システム〕についてその概要を紹介する。

第1図にマイクロコントローラシステムの構成を示す。

II. 特 長

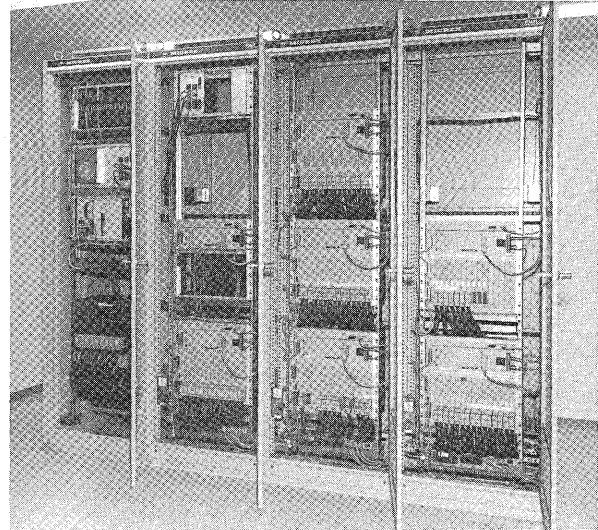
1. 高速化, 高信頼性, メンテナンスフリー

変電所、駅電気室における機器制御・保護連動・保守作業をマイクロコントローラを使用して自動化し、人間の介在による事故対応・制御の遅滞、及び誤操作による危険を避け、制御・保護動作の高速化、信頼性の向上を実現した。また、これらの自動シーケンス制御機能をマイクロコントローラのソフトウェアで構成することにより、制御・保護回路のメンテナンスフリーを実現した。更に、変電所・駅電気室主器（遮断器、断路器、電力用変圧器、整流器、自家発電装置など）の保守に関しても、前作業・後作業の処理を自動化することにより、保守作業の軽減を実現した。

2. 分散処理システム

鉄道は、公共輸送機関であるため、万一の事故でこれらへの電力供給が停止した場合、その影響は極めて大きい。

本システムでは、このような点を考慮し、制御処理機能が中央の計算機システム（MS システム）に集中する危険を避け、また、変電所、駅電気室の数が多きことによる制御・保護動作の遅滞を避けるために各変電所・駅電気室に各々独立の単独制御も可能なマイクロコントローラを設置し、基本的な制御機能は現場端ですべて処理する分散処理システムとしている。



第1図 マイクロコントローラシステムの構成
Fig. 1. Microcontroller system

更に、隣接変電所間で相互に情報交換を可能にする伝送回線を設けたことにより、MS の計算機システムが万一不良となった場合にも変電所相互間で基本的な連係を保持しながら電力供給を維持できるシステムとしてある。

第2図に代表的変電所の単線結線図を示す。

III. ハードウェアの構成, 特長, 仕様

本システムのハードウェアは、機能別に分割された複数のマイクロコントローラとそれに付随する幾つかの外部回路で構成される。以下にその構成と特長、仕様を説明する。

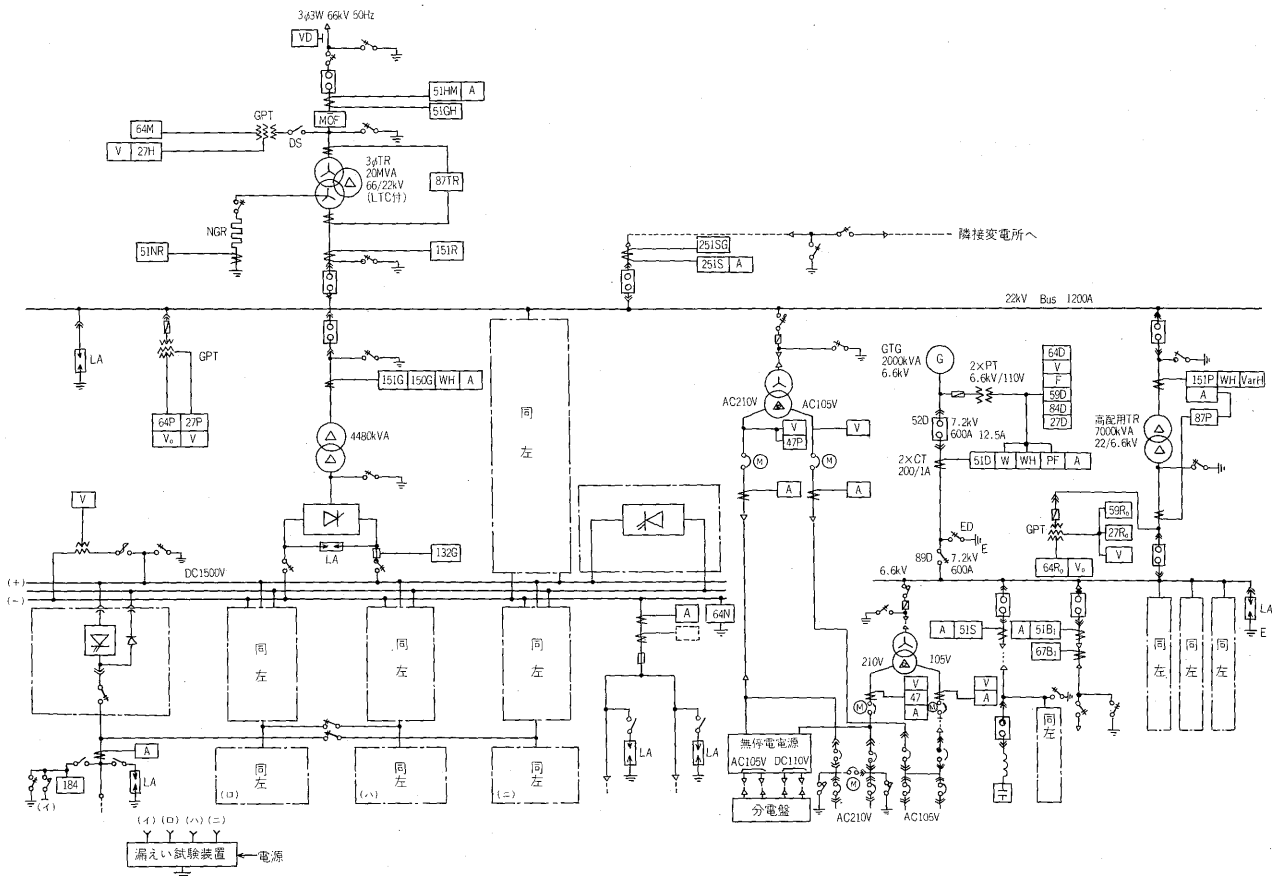
1. ハードウェアの構成

本システムは富士電機標準の産業用マイクロコントローラ MICREX-E、インタフェースコントローラ（以下、IFC- μ と略す）、データウェイ端局装置（富士通（株）製）及び操作機などで構成されている。第3図にそのハードウェア構成をブロック図で示す。

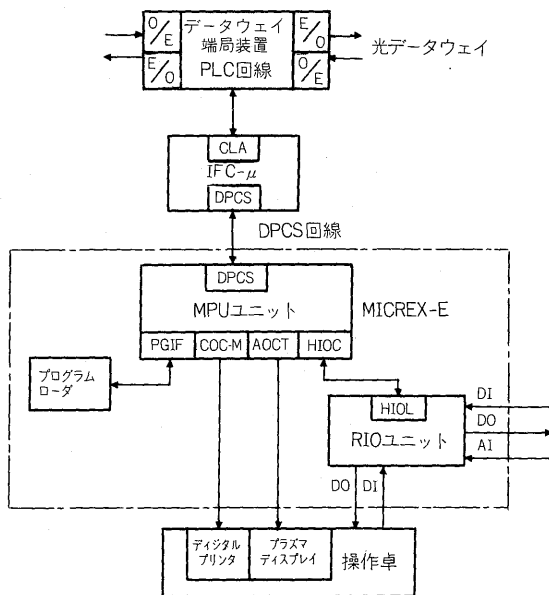
1) MICREX-E

MICREX-E は本システムにおける変電所、駅電気室制御の中心となるコントローラである。制御演算を実行する MPU ユニット、PIO インタフェース機能をもつ

* 制御センター システム技術部 ** 富士ファコム制御(株)技術本部 *** 輸送特機事業部 技術部



第 2 図 代表的変電所の単複結線図
Fig. 2. Skeleton diagram of typical traction substation



第 3 図 ハードウェア構成図
Fig. 3. Hardware construction diagram

HIO ユニット及びそれらに付属する補助ユニットから構成される。

MPU ユニットには各種演算処理を実行する MPU カード、プログラム・データ格納用のメモリカード及び印字・表示・伝送などの各種インタフェースカードが実装され

る。なお、本システムでは最大 48k 語のワイヤメモリを実装している。

MPU ユニットと HIO ユニット間は、各々のユニットに実装される HIO バスインタフェースカード (HIOC, HIOL) を介して相互に接続され、PIO データの交換を行っている。出力データは MPU ユニットから HIO ユニットへ、入力データは HIO ユニットから MPU ユニットへ伝送される。

また、MICREX-E はデータ伝送用インタフェースカード (DPCS) を介して IFC-μ と接続され、IFC-μ を経由してデータウェイに接続された上位計算機 (PFU-1500) と監視、制御データを交換する。

一方、MICREX-E にはプログラムの作成、デバッグなどの機能を持つ可搬形のプログラムローダが用意されており、そのインタフェースカード (PGIF) が標準的に実装される。

更に本システムでは、現場端での監視・操作用に操作卓を設けているが、それに付属するデジタルプリンタ (印字)・プラズマディスプレイ (表示) は各々専用のインタフェースカード (IOC-M, AOC-T) を介して制御される。

2) IFC-μ

IFC-μ は MICREX-E とデータウェイ端局装置間に設

けられ、データウェイ経由で MICREX-E と MS の計算機システムを結ぶ伝送データ中継用のコントローラである。MICREX-E とは DPCS 回線で、データウェイ端局装置とは PLC 回線で接続されている。

IFC- μ のハードウェアは MPU カード、メモ리카ード及び伝送回線インタフェースカードなどで構成されており、メモリ容量はコアメモリ 4k 語、IC メモリ (EPROM) 8k 語の計 12k 語である。

なおデータウェイ端局装置については本号の別稿「札幌市交通局地下鉄電力管理用光データウェイシステム」(68~71 ページ) を参照されたい。

2. ハードウェアの特長

本システムは各変電所、駅電気室に、それぞれほぼ同一の機能で設置される点を考慮し、ハードウェア構成上、下記の特長をもたせた。

1) 機能の分割と IFC- μ の共通化

システムに要求される機能を変電所、駅電気室に対する制御機能と MS の計算機システムに対するデータ伝送

機能に分割し、それぞれを MICREX-E、IFC- μ という二つのコントローラに分担させた。その結果 IFC- μ は、すべてのシステムでソフトウェア、ハードウェアとも共通化された。

2) PIO データの高速伝送

MICREX-E の MPU ユニットと HIO ユニット間のデータ伝送に HIO バスを採用し、従来のリモート I/O 機能に比べ、大幅に高速化した PIO データ伝送機能を備えた。

3) ハードウェアの高信頼性

各種産業分野で数多くの使用実績を積み好評を得ている MICREX-E、MICREX-P の標準デバイスでハードウェアを構成し、信頼性の高いシステムとした。

4) マンマシンインタフェースの充実

変電所・駅電気室の制御状態・動作表示、データ表示、オペレーションガイドなどマンマシンインタフェースの表示デバイスとしてプラズマディスプレイを採用したほか、印字記録デバイスとしてデジタルプリンタを設け、マンマシンインタフェース機能を充実させた。

第1表 マイクロコントローラのハードウェア仕様
Table 1. Specifications of microcontroller

項 目	仕 様	備 考	
MICREX-E	電 源	DC 110 V	
	メ モ リ	ワイヤメモリ 6 枚 48k 語 1 語=16ビット+2パリティ	最大 60k 語のメモリ空間までアクセス可能
	演 算 速 度	論 理 演 算：5.75 μ s レジスタ演算：3.5 μ s 加 減 算：6.25 μ s 乗 算：22.5 μ s 除 算：36 μ s	
	入 出 力 点 数	HIO ユニット 7 台 DI 752 点 (16 点/枚) DO 640 点 (16 点/枚) AI 96 点 (8 点/枚)	最大 8 台の HIO ユニットまで接続可能 HIO/ユニット当たり 15 枚の PI/O カード実装可能
	MPU ユニット HIO ユニット 間 伝 送	伝送方式：半二重並列伝送 伝送速度：125k バイト/秒	
	プラズマ・ ディスプレイ	表示文字種類：128 文字 表示形式：5×7ドットパターン 表示文字コード：JIS コード 1 画面表示文字数：256 文字 (8×32)	
	デジタル・ プリンタ	印字けた数：21 けた 印字文字種類：42 文字 印 字 色：黒及び赤	
IFC- μ	電 源	AC 100 V	
	メ モ リ	EPROM 8k 語 コアメモリ 4k 語 1 語=16ビット+2パリティ	
	DPCS 回 線	伝 送 方 式：直列パルス伝送 基本伝送速度：500k ビット/秒 回線の二重化	
	PLC 回 線	伝送方式：半二重並列伝送 応答確認方式 伝送速度：100k バイト/秒	

3. ハードウェアの仕様

本システムのハードウェア仕様を第 1 表に示す。表中 MICREX-E のメモリ容量、入出力点数は最大システムのものである。

IV. ソフトウェアの構成・特長

本システムのソフトウェアは、大きく分けて、MS とのデータ伝送、プラズマディスプレイ・デジタルプリンタの表示・印字制御、操作卓・主器（遮断器、断路器など）に対する入出力信号のインタフェースなどを標準的に行う共通プログラムと、変電所・駅電気室に固有の各種制御演算を行う機能プログラムの二つにより構成する。共通プログラムでは、上記外部機器に対する入出力信号のインタフェース手順や、遮断器・断路器の動作時間の違いなど、機器間の差異を吸収するよう考慮し、各々の機能プログラムでは対象機器を意識せずに処理を行えるようにしている。

機能プログラムと共通プログラムは標準化したインタフェース FM (ファンクションモジュール) により情報の交換を行う。

機能プログラムは、制御演算処理の項目ごとに用意されている。

各変電所のプログラムは、制御演算情報をテーブル化し、その内容に従って個々の制御を実行する方式としたことにより共通化し、プログラム作成、デバッグ、保守の軽減を行っている。

V. 操作卓

プラズマディスプレイ、デジタルプリンタなどの採用によりマンマシンインタフェース機能を集約し、操作卓の小形化を図った。また、机形にすることにより、監視操作の快適化、簡潔化を実現した。

1. プラズマディスプレイ

各種機器の状態表示、計測・点検データの表示、オペレーションガイドなどを行う。これにより、表示器・メータ類を省略するとともに、多くのデータ・情報を集中して同時に表示できる特長を生かし、操作員に対し、複雑な情報も的確に与えることができるようになり、保守作業などでより高度な自動化を実現した。

2. プリンタ

故障・機器操作動作記録、計測データの印字記録を行う。これにより故障表示器を省略するとともに、各種計測データや、機器の点検結果を印字することにより、保守・保全作業を軽減させた。

3. ファンクションスイッチ、テンキー

制御机における各種制御操作をファンクションスイッチとテンキーの組合せで行う方式とし、操作スイッチの

種類と数を減らし、操作の集中化、簡略化を図った。

VI. 隣接変電所との情報交換

各変電所は、特高系、高压系、直流系で、それぞれ連係しており、確実な系統運用には相互にインタロック及び保護情報の交換が必要である。また、本システムでは、万一 MS の機能が停止した場合も電力系統は給電を続ける必要があるため、隣接変電所間での制御情報の直接交換が不可欠となっている。

1. インタロック

電圧つき合わせ防止、事故区間及び作業区間への送電防止のために行う。

2. 送電線区間保護

送電端と受電端の過電流、地絡過電流リレーの動作状況を高速に伝送しあい、区間内の事故の有無を判定する。

3. 連絡遮断

直流き電線の 50F、76F 動作時の連絡遮断を行う。

4. 整流器予備器投入制御

自変電所の整流器が運転不能となった場合、隣接変電所の予備器を投入して負荷をまかなう。

5. 送・配電系復電処理

自所の受電系が停電した場合、隣接変電所に送電要求を出し、そこから受電し復電する。

VII. 伝送路と MS とのインタフェース

本マイクロコントローラシステムでは、データ伝送路として MICREX-E と IFC- μ 間は DPCS 回線、IFC- μ とデータウェイ端局装置間は PLC 回線を使用している。DPCS 回線は MICREX システム用として統一したデータ伝送システムであり、MICREX-E として伝送用基本ソフトウェアが標準化されている。

IFC- μ は MICREX と PFU シリーズ計算機との伝送インタフェース用コントローラであり、ハードウェア・ソフトウェアとも標準化されたものが用意されている。

本システムではデータウェイを介して上位計算機 PFU-1500(MS) と接続されるという特殊性から標準 IFC- μ のソフトウェアに機能追加を行いシステムに対応させている。

IFC- μ は MICREX-E から DPCS 回線を介して受信したデータをあらかじめ MS と約束されたデータフォーマットに変換し、約束された伝送手順に従い MS へ送信、逆に MS から受信したデータも同様にフォーマット変換して MICREX-E へ送信する処理を行っている。

したがって MICREX-E から見た場合、MS との伝送インタフェースは DPCS 回線で直結されているのと同様に扱え、特にデータウェイを考慮することなくデータ伝送が行える。

また、伝送インタフェース上、下記特長がある。

1. インタフェースソフトウェアの単純化

MS と MICREX-E の伝送データは、データに付加されたデータ番号によりその性格及び種別が判断できる構成とし、インタフェースソフトウェアの単純化を図っている。

2. 伝送データの信頼性の向上

IFC-μ, MICREX-E ではハードウェア的にデータのチェック（パリティチェック、反転二連送照合チェック）を行っているが、ソフトウェア的にも伝送データに付加された符合、データ数のチェックを行い、信頼性を向上させている。

3. RAS 機能の充実

IFC-μ が MS とのデータ伝送で異常を検出した場合、異常発生時から16回前までの送受信の履歴を MICREX-E へ送信する機能を持たせ、MICREX-E で異常解析が行えるようになっている。

VIII. 保守作業

保守作業は、準備作業（保守区分の停電・分離・接地など）、保守実作業（清掃、調整、点検など）、確認（動作試験など）、復旧作業（復電など）に分かれるが、このうち実作業を除く部分の自動化を行った。

1. 準備作業

保守作業の承認済み（MS が管理）を確認後、指定区分の遮断器・断路器切、遮断器引出し、接地断路器入、制御電源切を自動で行う。このうち遮断器引出し及び制御電源切は、プラズマディスプレイにその旨順次表示し、作業員がそれに従って行う。

2. 確認

遮断器・断路器に関して、入・切試験を自動で行う。

3. 復旧作業

準備作業の逆手順である。

IX. あとがき

本電力管理システムは、本年3月から運転を開始しており、好調に運転中である。

この紹介記事が、同様設備の計画に多少なりとも参考になれば幸いである。

最後に本システムに関し、終始御指導いただいた札幌市交通局殿の関係各位並びに終始協力いただいた関係各社の各位に厚く御礼申し上げる。

なお、電力管理システム全体については本号の別稿「分散自動制御集中管理方式の札幌市交通局地下鉄用電力管理システム」（53～58ページ）を参照されたい。

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57-30028	工作機械におけるタッピングユニット保持装置	勝沢 清 尾島 訓一	実公昭57-31653	交流励磁機の巻線焼損防止装置	田島 崇好 芦沢 厚
実公昭57-30479	環状送風機	田中 忠男	実公昭57-32320	外ローターモートル駆動の軸流ファン	田中 忠男
実公昭57-30492	軸受装置	笹生 勝美	実公昭57-33486	硬貨選別機	牛島 義夫
実公昭57-30613	可動コイル形計器	城所 勲 小島 一夫 芝塚 貴之	実公昭57-33494	飲料自動販売機	山本 斉
実公昭57-30706	温冷併用自動販売機	長谷川俊男 川出 一男 五十嵐広行	実公昭57-33543	電力遮断器用油圧操作装置	平田 誠
実公昭57-30821	水冷冷却器	石本 昭	実公昭57-34410	超音波流量計	河野 勝 中川 行雄 佐野 友美
実公昭57-31469	断路器	補永 真也	実公昭57-34456	周波数測定装置	鈴木 勇 新永 恵洋
実公昭57-31637	回転電機のステータコア	門脇 康夫	実公昭57-34639	CMOS 回路のバックアップ電源回路	杉田 勉



*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。