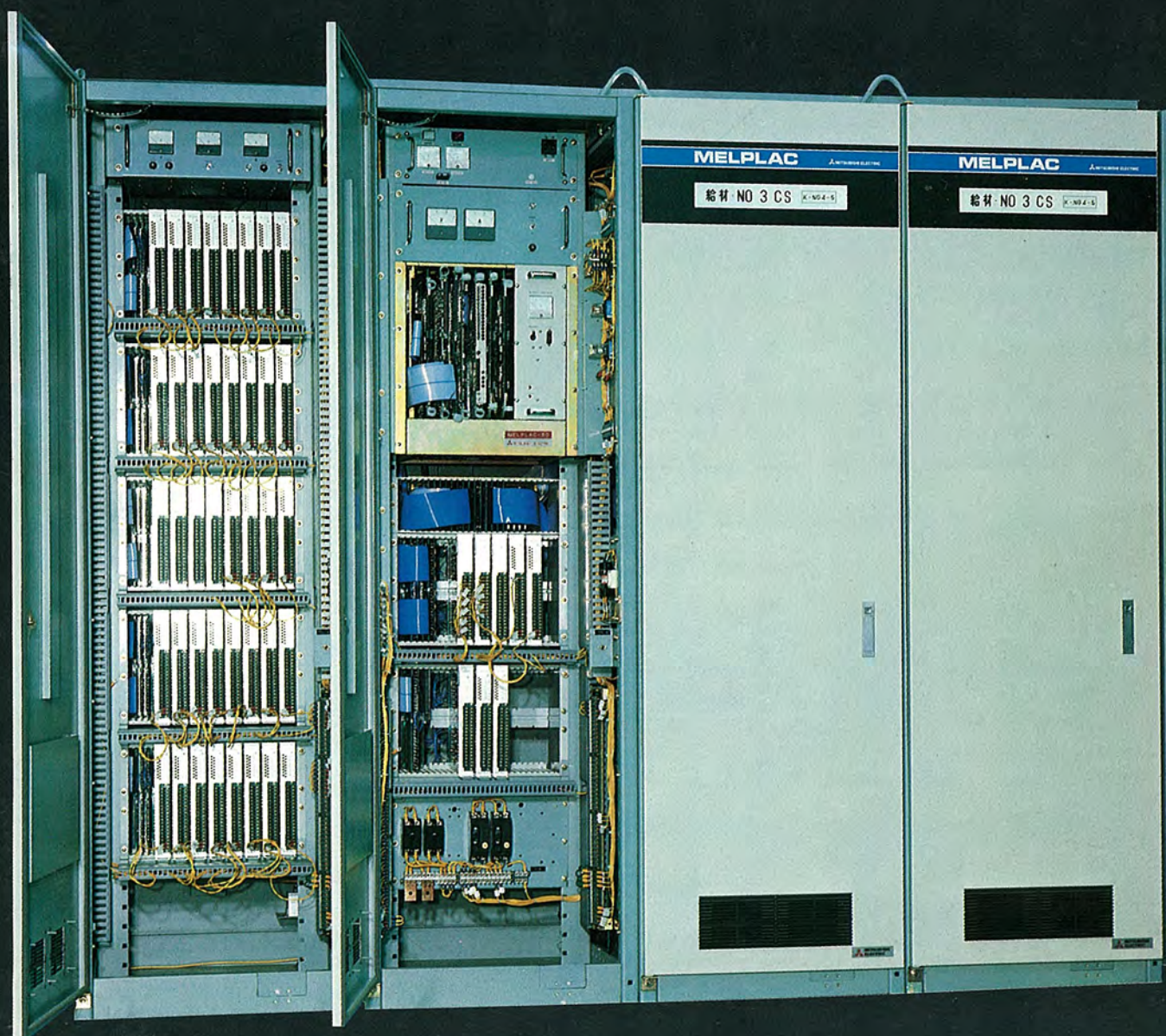


MITSUBISHI DENKI GIHO

三菱電機技報



Vol.51 No.3

マイクロプロセッサ応用特集

三菱電機技報

Vol. 51 No. 3 MARCH 1977

マイクロプロセッサ応用特集

目次

特集論文

プラントコントローラ《MELPLAC》50 ハードウェアシステム	千葉 正・山内信治・松村雅司・横内通憲・大野宣男	171
プラントコントローラ《MELPLAC》50 の方式とソフトウェア	真鍋舜治・山下弘雄・山本 修・松村雅司・片岡猪三郎	176
マイクロプロセッサの計算機及び周辺端末機器への応用	大川清人・今村貞良・江村 弘・西田考一・三浦裕史	182
マイクロプロセッサ応用製品	岩永俊之・伊藤堅一・西山幸和・石橋彰彦・野村大也	187
マイクロプロセッサシリーズの最近の実績	水野忠剛・井手口哲夫・大槻貞二郎・山田罔裕・浜野尚徳	192

普通論文

永久ヒューズの理論考察とその応用製品	宮本紀男・和田勇一・井上武男・実森俊夫・堀田滋矩	201
東京電力㈱鹿島変電所納め超高压系統自動操作装置	落合友義・安立秀男・金田 明・矢野恒雄・横田敦信	207
G 形コントロールセンタ	高木洋一郎・辻 徳雄・田淵靖英	211
扇形開口オフセットカセグレンアンテナ	水沢丕雄・高松泰男・倉島徳幸	216
最近の大形変圧器技術開発〔II〕	田村良平・清水英範・平井正好・渡辺次男・石井敏次	220
《MELCOM》70 モデル 20・25 のハードウェア	阪尾正義・深尾忠一郎・今村貞良・松本典明・田原 豊	226
紫外線電離形 SF ₆ ガス漏洩検知器	今村長義・井田芳明・吉岡武男・桑原 宏	232
スポット		236

我が国最大級のガスタービン発電機・9375kVA 4 極 CFC 形タービン発電機・新形直流電動機 SD-Ⅲ 形・新形直流電気動力計・名古屋市交通局納めチョップ制御装置と主電動機（表紙—3）

FEATURING MICROPROCESSOR APPLICATIONS

CONTENTS

FEATURED PAPERS

The Hardware System of the MELPLAC 50 Plant Controller	Akira Chiba et al.	171
The Construction and Software of the MELPLAC 50 Plant Controller	Shunji Manabe et al.	176
Microprocessor Applications to Computers, Peripherals, and Terminals	Kiyoto Okawa et al.	182
Application of the Type MUS-10 Universal Computer & Display System to Plant Supervision and Control	Toshiyuki Iwanaga et al.	187
New Products in the Microprocessor Series	Tadanori Mizuno et al.	192

GENERAL PAPERS

The Permanent Power Fuse and Associated Devices	Toshio Miyamoto et al.	201
275kV Automatic Substation Control Equipment	Tomoyoshi Ochiai et al.	207
The Type G Control Center	Yoichiro Takagi et al.	211
An Offset Cassegrain Antenna with a Fan-Shaped Aperture	Moto'o Mizusawa et al.	216
Recent Progress in the Development of Large Power Transformers	Ryohei Tamura et al.	220
The Hardware of MELCOM 70 Models 20 and 25 Computers	Masayoshi Sakao et al.	232
The Development of Apparatus Using Ultraviolet Ionization for the Measurement of SF ₆ Gas Leaks	Osayoshi Imamura et al.	236

表紙

プラントコントローラ《MELPLAC》50

当社は永年プラントの近代化にふさわしい最適のプラント制御システム及びプラント制御用コントローラを追求してきた。ここに紹介するプラントコントローラ《MELPLAC》50 は各種プラントの (1) DDC 用, (2) シーケンス制御用, (3) プラント監視用の各コントローラの用途としてマイクロプロセッサの応用, 高性能で経済性の高いコントローラ, 分散形プラント制御システムコンポーネント等の特長を有し, 最適規模と性能をもち, 使い易い制御システムを実現するプログラマブルコントローラである。《MELPLAC》は鉄鋼プラントをはじめ各種のプラントで高い評価を受け多数納入, 製作中である。

COVER

The MELPLAC 50 Plant Controller

For many years, Mitsubishi Electric has been engaged in the development of plant-control systems and plant controllers optimally suited to industrial modernization. The MELPLAC 50 makes use of microprocessors in a high-performance yet economical controller incorporating the features of distributed plant-control system components. This programmable controller makes possible the design of control systems that have optimum scale and functions, yet are easy to use. The MELPLAC 50 plant controller may be used in such applications as direct digital control, sequence control and plant monitoring, and the large number of systems now in service in iron-and-steel and other types of plants have been very favorably received.

プラントコントローラ《MELPLAC》50ハードウェアシステム

千葉 正・山内信治・松村雅司・横内通憲・大野宣男

三菱電機技報 Vol.51・No.3・P171～175

プロセス制御の分野に適用する機能分散形の専用電子計算機を指向したプラントコントローラ《MELPLAC》50を開発した。《MELPLAC》50は、DDC制御用高位言語を直接、命令として実行し、現場でのプログラミングやオンラインデバッグ機能を備えて、ソフトウェアの生産性と保守性を効率化することを目的としている。ハードウェアは、高速バイポーラ マイクロプロセッサを使用しプロセス制御に必ず(須)の高速応答性を実現している。

東京電力(株)鹿島変電所納め超高压系統自動操作装置

落合友義・安立秀男・金田 明・矢野恒雄・横田敦信

三菱電機技報 Vol.51・No.3・P207～210

変電所における系統操作を確実、かつ高速化するための自動操作装置は昭和42年に実用化し、多数使用されているが、昭和50年4月275kV超高压系統用自動操作装置として初めて適用し、東京電力(株)鹿島変電所に設置した。この装置は超高压変電所における事故時及び平常時の操作を自動化し、操作の信頼度向上と迅速化をはかるためのもので、装置構成の概要と、その実用化に当たって計画、設計、製作上特に考慮した諸事項について紹介する。

プラントコントローラ《MELPLAC》50の方式とソフトウェア

真鍋舜治・山下弘雄・山本 修・松村雅司・片岡猪三郎

三菱電機技報 Vol.51・No.3・P176～181

当社では、近年の大形複雑化する、プラント設備のコントローラとして、マイクロプロセッサを用いた、プラントコントローラ《MELPLAC》を開発した。これは、電子計算機を含むプラントコントロール システムにおいて、DDCレベル、あるいはシーケンス コントロールレベルのコントロールを分担するコントローラである。このようなコントローラを開発するとき、どのような項目に着目し、それをどのように解決したかを記した。

G形コントロールセンタ

高木洋一郎・辻 徳雄・田淵靖英

三菱電機技報 Vol.51・No.3・P211～215

G形コントロールセンタは、過去20数年にわたって業界をリードしてきた経験を生かし、特に顧客志向を強く打ち出して開発した600V級の低圧補機モータ用のコントロールセンタである。

本文では、この顧客志向からみたG形コントロールセンタの各種特長を中心に述べるとともに、従来ややもすると、過小評価してきた新・旧機種との互換性と、旧機種の補用品対策について、その基本的考え方についても説明する。

マイクロプロセッサの計算機及び周辺端末機器への応用

大川清人・今村貞良・江村 弘・西田孝一・三浦裕史

三菱電機技報 Vol.51・No.3・P182～186

マイクロプロセッサ応用製品の開発は、各種の製品分野で活発に行われているが、ここでは計算機関連分野の下記4例について紹介する。

- (1) 計算機への応用 1: ミニ コンピュータ (MELCOM 70/20, 25)
- (2) 計算機への応用 2: オフィスコンピュータ (MELCOM 80/8)
- (3) 周辺端末機器への応用: インテリジェント 端末 (M2350)
- (4) コントローラへの応用: F DISK接続機構 (A 5488)

扇形開口オフセットカセグレンアンテナ

水沢丕雄・高松泰男・倉島徳幸

三菱電機技報 Vol.51・No.3・P216～219

マイクロ波通信用アンテナには、広角度放射特性が優れ、交差偏波放射レベルの低いものが要求されている。今回開発したアンテナは、開口形状が扇形のオフセット カセグレンアンテナ方式を採用した。この結果、近軸及び広角度の放射特性の優れたものが得られた。また交差偏波放射レベルは、水平面内のピークレベルで約-30dBのものが得られた。このアンテナの1次放射器には、フレア角度変化形複モードホーンを使用している。

マイクロプロセッサ応用製品

—MUS-10三菱万能計算表示装置の監視・制御への応用—

岩永俊之・伊藤堅一・西山幸和・石橋彰彦・野村大也

三菱電機技報 Vol.51・No.3・P187～191

MUS-10は、その経済性、信頼性、小形軽量などが認められ、急速にその応用分野が拡大されている。従来の電算機とCRTを用いた監視装置では、経済的な面で採用を断念していた分野へも適用が可能になった。磁気ビデオディスクとCRTの結合により画面の容易な作成、遠方データ伝送による信号線の削減、高精度、高速算術演算処理などが主な特長である。

本文では、MUS-10の基本システムの概要とその具体的応用例について述べる。

最近の大形変圧器技術開発〔Ⅱ〕

—短絡強度、振動、騒音、付属品、材料—

田村良平・清水英範・平井正好・渡邊次男・石井敏次

三菱電機技報 Vol.51・No.3・P220～225

最近の大形変圧器の技術開発につき、第〔Ⅰ〕編では、絶縁、磁界、漏磁損、温度上昇に関する研究開発の概要を述べた(1)。本編では、これに続いて短絡強度、振動、騒音、付属品、材料に関する研究開発の現状について述べる。

マイクロプロセッサシリーズの最近の実績

水野忠剛・井手口哲夫・大槻貞二郎・山田園裕・浜野尚徳

三菱電機技報 Vol.51・No.3・P192～197

三菱マイクロプロセッサシリーズ《MELPS》8はCPUをはじめLSIメモリ、周辺回路用IC各種で形成しており、またソフトウェアとして、コンパイラPL/I、アセンブラ、シミュレータ、モニタ、サブルーチンパッケージ等から構成されコストパフォーマンスの優れたシステム構成が実現されている。《MELPS》8 CPUはワンチップ8ビット並列処理用LSIで、インテル社8080Aと互換性を持つように設計されている。

《MELCOM》70モデル20・25のハードウェア

阪尾正義・深尾忠一郎・今村貞良・松本典明・田原 豊

三菱電機技報 Vol.51・No.3・P226～231

ミニコンの利用分野は近年増々拡大・多様化しているとともに、ミニコン本体は高性能と低価格が厳しく要求されている。この市場の動向に呼応して、シリーズとして体系化した新ミニコン3モデルを開発した。新モデルはCPU・LSI ICメモリ等の導入により性能価格比の向上を図るとともに、シリーズ化により小規模から大規模システムまでの適合を図った。更にマイクロ プログラムの開放により、ユーザ独自のミニコン システムの構成を可能にしている。

永久ヒューズの理論考察とその応用製品

宮本紀男・和田勇一・井上武男・実森俊夫・堀田滋矩

三菱電機技報 Vol.51・No.3・P201～206

本文は、限流と選択しゃ断の両立によって短絡保護の理想を達成するのに必要な限流条件と、これに合致する素子(永久ヒューズ)の設計法、応用製品の特長と性能を述べている。永久ヒューズ応用製品は、配電系統主回路に採用されるため、同ヒューズが持つ限流・選択の両立機能や限流効果が、分岐回路末端まで広範囲に提供されることにより、短絡保護システムの合理的、経済的かつ省資源的設計が可能であることを強調して述べている。

紫外線電離形SF₆ガス漏洩検知器

今村長義・井田芳明・吉岡武男・桑原 宏

三菱電機技報 Vol.51・No.3・P232～235

SF₆ガスは、その絶縁性能の優秀性によって電力用しゃ断器をはじめとする開閉機器・装置の絶縁媒体として使われている。これに伴い、ガスリーク検査技術の向上が強く望まれているが、従来のリークディテクタでは、定量測定が困難であり、かつ放射線源を使用しているので法的規制を受けるなど、現地機器据付時に手軽にはリークテストが実施できなかった。これらの問題点を解決した紫外線電離形SF₆ガス漏洩検知器を開発し、実用化に成功したので紹介する。

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 51, No. 3, pp. 207~10 (1977)

275kV Automatic Substation Control Equipment

by Tomoyoshi Ochiai*, Hideo Adachi*, Akira Kanada,
Tsuneo Yano & Atsunobu Yokota

The first automatic substation control equipment, which provided precise and rapid operation of automatic substations, was put into practical operation in 1967, and a large number of units are now in use. In April 1975 such a restorator was applied for the first time to a 275kV system in Tokyo Electric Power's Kashima Substation, where it serves to automate operation under both abnormal and normal conditions. The article describes the equipment itself as well as its planning, design and manufacture.

*Tokyo Electric Power Co., Ltd.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 51, No. 3, pp. 171~75 (1977)

The Hardware System of the MELPLAC 50 Plant Controller

by Akira Chiba, Nobuharu Yamauchi, Masaji Matsumura,
Michinori Yokouchi & Nobuo Ono

Mitsubishi Electric has developed the MELPLAC 50 plant controller, an exclusive computer of the function-distribution type for application to process control, capable of execution using a problem-oriented language for instruction by direct digital control. It is provided with field programming and on-line debugging functions, for improved software productivity and serviceability. A high-speed bipolar microprocessor is used to ensure the rapid response indispensable for process control.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 51, No. 3, pp. 211~15 (1977)

The Type G Control Center

by Yoichiro Takagi, Norio Tsuji & Yasuhide Tabuchi

The Type G control center, primarily used for controlling 600V-class low-voltage auxiliary-machine motors, fully reflects Mitsubishi Electric's experience as a leader in this industry for more than 20 years. The article describes the advantages to the user of Type G control centers, emphasizing the interchangeability between new and old models, a consideration often underestimated in the past, and the problems of providing auxiliary parts for old models.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 51, No. 3, pp. 176~81 (1977)

The Construction and Software of the MELPLAC 50 Plant Controller

by Shunji Manabe, Hiro'o Yamashita, Osamu Yamamoto,
Masaji Matsumura & Isaburo Kataoka

The MELPLAC 50 plant controller employing microprocessors has been developed as a controller for large-scale, complex plant equipment. This controller partially controls the DDC level or sequence-control level in a plant-control system using electronic computers. The article discusses the problems and methods of solution in developing the controller.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 51, No. 3, pp. 216~19 (1977)

An Offset Cassegrain Antenna with a Fan-Shaped Aperture

by Moto'o Mizusawa, Yasuo Takamatsu & Noriyuki Kurashima

Antennas used for microwave communications are required to have excellent wide-angle radiation characteristics and a low cross-polarization radiation level. Mitsubishi Electric has recently developed an offset Cassegrain antenna with a fan-shaped aperture, which demonstrates excellent near-axis and wide-angle radiation characteristics and can obtain a cross-polarization radiation level of about -30 dB in terms of horizontal plane peak value. The primary radiator of the antenna uses a dual-mode horn with a multiple-angle flare.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 51, No. 3, pp. 182~86 (1977)

Microprocessor Applications to Computers, Peripherals, and Terminals

by Kiyoto Okawa, Sadayoshi Imamura, Hiroshi Emura,
Koichi Nishida & Hiroshi Miura

The development of products using microprocessors is proceeding actively in various fields of industry, and the article takes up the following four examples associated with computers.

1. Application to MELCOM 70 Models 20 and 25 minicomputers.
2. Application to the MELCOM 80 Model 8 office computer.
3. Application to peripherals and the MELCOM 2350 intelligent terminal.
4. Application to controllers with the A5488 flexible-disk interface adaptor.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 51, No. 3, pp. 220~25 (1977)

Recent Progress in the Development of Large Power Transformers

by Ryohei Tamura, Hidenori Shimizu, Masayoshi Hirai,
Tsugio Watanabe & Toshitsugu Ishii

On the basis of an earlier study of R&D work on the insulation, magnetic field, stray loss, and temperature rise of large power transformers, the article reviews recent R&D work on short-circuit strength, vibration, noise, accessories, and materials.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 51, No. 3, pp. 187~91 (1977)

Application of the Type MUS-10 Universal Computer & Display System to Plant Supervision and Control

by Toshiyuki Iwanaga, Ken'ichi Ito, Yukikazu Nishiyama,
Akihiko Ishibashi & Hiroya Nomura

The Type MUS-10 universal computer and display system, featuring economy, reliability, and compact, lightweight construction, is rapidly expanding in application. The supervision unit, comprising a computer and CRT, is finding application in fields that were economically impractical in the past. The system features include easy picture formation by a combination of a magnetic video disk and a CRT, reduction of signal wiring by remote data transmission, and a high-accuracy rapid arithmetic function. The article outlines the basic system and gives examples of its applications.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 51, No. 3, pp. 226~31 (1977)

The Hardware of MELCOM 70 Models 20 and 25 Computers

by Masayoshi Sakao, Chuichiro Fukao, Sadayoshi Imamura,
Noriaki Matsumoto & Yutaka Tahara

In recent years, the expansion and diversification of minicomputer applications has led to strong demands for upgraded performance and reduced cost. To meet this trend, Mitsubishi Electric has developed a series of new minicomputers. The new models offer an improved cost/performance ratio through the introduction of LSIs in the CPU, and IC memories, and the serialization means wider applicability to any size of system. In addition, the wider dissemination of microprogramming techniques enables users to construct their own minicomputer system.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 51, No. 3, pp. 192~97 (1977)

New Products in the Microprocessor Series

by Tadanori Mizuno, Tetsuo Ideguchi, Teijiro Otsuki,
Kunihiro Yamada & Hisanori Hamano

The microprocessors of Mitsubishi Electric's new MELPS 8 series consist of a CPU along with an LSI memory, and various peripheral circuit ICs, and use software comprising a PL/I μ compiler, an assembler, a simulator, monitor, and subroutine package, in a configuration that provides an excellent cost/performance ratio. The CPU consists of a 1-chip 8-bit parallel-operation LSI, and is designed for interchangeability with Intel's 8080A.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 51, No. 3, pp. 232~35 (1977)

The Development of Apparatus Using Ultraviolet Ionization for the Measurement of SF₆ Gas Leaks

by Osayoshi Imamura, Yoshiaki Ida, Takeo Yoshioka & Hiroshi Kuwahara

Because of its outstanding insulating properties, SF₆ is widely used as the insulating medium in circuit breakers and other switching apparatus. This has resulted in a strong demand for improvements in the techniques of gas-leak detection, since conventional detectors not only are ineffective in making quantitative measurements but also, because of their use of radioactivity, are subject to governmental regulations that place obstacles in the way of on-site testing during equipment installation. The article describes the successful development of a gas-leak detector using ultraviolet ionization, which has overcome these difficulties.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 51, No. 3, pp. 201~6 (1977)

The Permanent Power Fuse and Associated Devices

by Toshio Miyamoto, Yuichi Wada, Takeo Inoue, Toshio Jitsumori
& Shigenori Hotta

The article discusses the conditions for ideal short-circuit protection, combining cascade current limitation and selective interruption, and describes the design of a quick self-restoring permanent power fuse together with the features and performance of complete devices employing the PPF. These devices are used in the main circuit of power-distribution systems, and the complex protection, enhanced by the current-limiting effect of the PPF, extends to the ends of branch circuits, enabling design of short-circuit protection systems that are rational, economical, and resource efficient.

プラントコントローラ《MELPLAC》50ハードウェアシステム

千葉 正*・山内信治**・松村雅司**・横内通憲**・大野宣男***

1. ま え が き

プロセス制御の分野に電子計算機が本格的に導入されて約十数年を経過するが、その普及が広範囲にわたり DDC 等の底辺部にまで及ぶにつれて、単に従来のはん(汎)用計算機を適用する方式ではシステムの大規模化・複雑化・高性能化に対する人間の能力の整合性に不均衡が目立ち始めた。例えば、システムを記述するソフトウェアの生産性の低下、大規模ソフトウェアの統合管理に対する人間の能力の限界、故障伝ば(播)の局限化に対する保守能力の問題などがクローズアップされてくる。

以上のような趨勢に対応するため当社では、“機能指向”の専用形制御装置による分散制御化の方向に早くから着目し、1970年にマイクロコントローラ《MELMIC》100を、次いで、シーケンスコントローラ《MELSEC》シリーズを開発して、「現場で簡単に扱える機能別・制御目的別制御コンポーネント」としてファミリー化し、現在までに多数納入している。

このたび更にマイクロプロセッサを活用、広範囲にわたるプラント制御の豊富な利用技術(ソフトウェア)と制御用計算機、《MELMIC》、《MELSEC》を中心とする多数の実績をベースに、各分野の総合技術を結集して、プラントコントローラ《MELPLAC》50を開発・製品化した。本文ではそのハードウェアシステムについて説明する。

2. 《MELPLAC》50の基本設計思想

- (1) 工業プロセスの計算機制御に焦点をあわせた汎用コントローラとし、専用計算機的な性格をもたせる。
- (2) 機能単位の分散化システムを指向し、プロセスとの結合を直接的とすることにより、システムを単純化し分かりやすい構成とする。
- (3) 制御向き高位言語を採用し、これをハードウェアで直接実行させることにより、プログラム作成と現場でのプログラム修正の効率化を図り、ソフトウェア及びオンラインデバッグの効率化に重点をおく。
- (4) 計算機制御システムを形成する場合は、データの授受を中心とした疎な結合とし、上位計算機の負荷の軽減を図る。

3. 特 長

- (1) 制御向き高位言語の採用
 - (a) ビット演算(シーケンス制御)とワード演算(算術演算処理)との並行処理
 - (b) Conditional Load と Compare 命令の採用による処理フローの簡単化
 - (c) ビット変数、ワード変数のメモリの共用
 - (d) データ転送効率化のための MV, #命令(多変数制御)
- (2) 高位言語を機械語として直接実行可能
 - (a) 直接アドレッシング主体によるプログラムの明快化
 - (b) トランスファテーブルの採用によるプログラムリロケーション機能の実現

- (c) 逆アセンブルのためのラベルの採用
- (d) インデックス命令の簡単化
- (3) プロセスとプログラムの結合が直接的
 - (a) Load/Store 命令によるメモリアクセスと入出力動作の一元化
 - (b) ソースの採用による制御対象の直接指定
- (4) 容易なデバッグと文書化
 - (a) プログラムメモリとデータメモリの完全分離
 - (b) データフロー主体のアーキテクチャとコントロールフローの単純化
 - (c) 構造的プログラミングの容易な命令体系
 - (d) プログラミングパネルによる現地デバッグと各種オンラインデバッグ機能
 - (e) オフライン処理によるアセンブラ、逆アセンブラのサポート体系の完備
- (5) 独立機能モジュールによるフレキシブルなハードウェア
 - (a) マイクロプロセッサの適用
 - (b) マイクロプログラム制御方式の採用
 - (c) タイマ、カウンタ機能の独立処理
 - (d) 大幅にハードウェア化された割込処理
- (6) 複合システム
 - (a) 複数 CPU によるロードシェアシステムと経済的なバックアップシステム
 - (b) データベースの疎な結合による上位計算機の負荷軽減

4. ハードウェア構成と各部の機能

《MELPLAC》50の基本ハードウェアアーキテクチャを図1.に、制御盤実装例を図2.に示す。

以下に各部の機能を示す。

4.1 CPU

CPUは、プログラミングパネルによって作成されたプログラムに基づき、プロセス入力情報の処理や周辺機器の制御を行う部分で、プラント制御に不可欠な高速処理性能と、シーケンス制御・算術演算処理の同時処理機能及びプラント制御向きの高位言語体系を備えた高性能プログラムコントローラを構成する。

CPUは次の各部から構成され、それぞれは、1～2枚の大形機能別カードで実現されている。(図3.参照)

- (1) 演算制御部(CPUカード)
- (2) プログラムメモリ部
- (3) データメモリ部
- (4) メンテナンスパネル
- (5) CPU電源

CPUの仕様を、表1.に示す。

演算制御部は、プログラムメモリ部から読出された命令に従い、指定されたソースに対してビット演算、ワード演算、分岐判定等を行う。命令はすべて1語命令形式で構成され、基本語構成は、上位6ビットで命令コードを、次の2ビットで修飾指定を、下位の16ビットでソース

指定を行う 24 ビットワードである。命令の解釈・実行はすべてマイクロプログラムにより行われる。

割込みは、High、Low 二つのレベルをもち、おのおの 8 点、24 点の割込要因が設けられており、割込処理は演算制御部で実行される。《MELPLAC》50 では、割込要求に対応した割込処理プログラムへの分岐はハードウェアで自動判定され、アキュムレータ、プログラムカウンタ等の

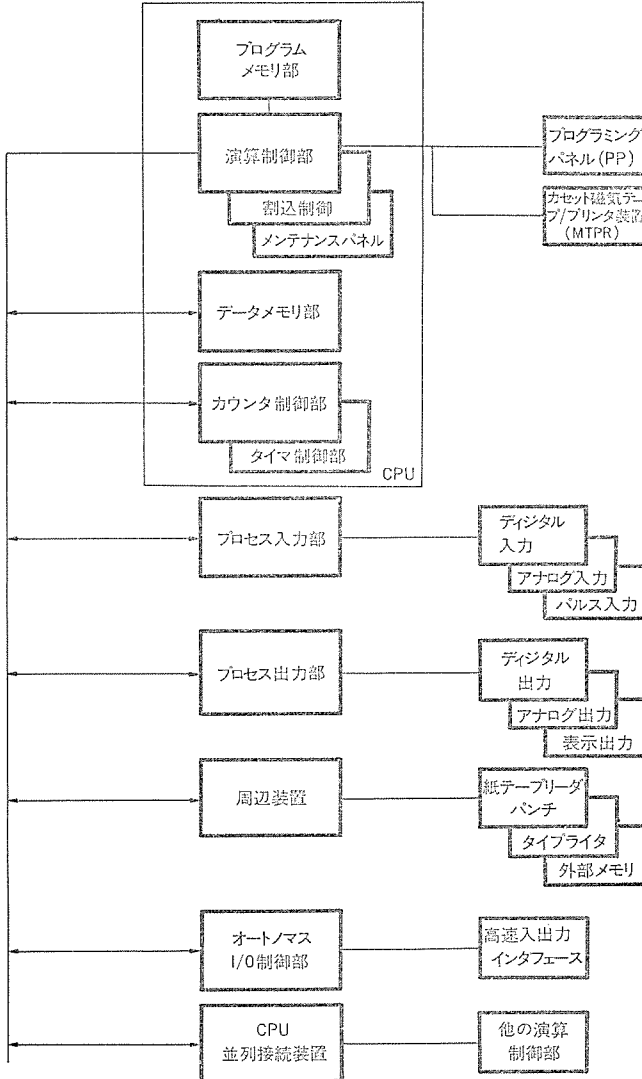


図 1. ハードウェア アーキテクチャ

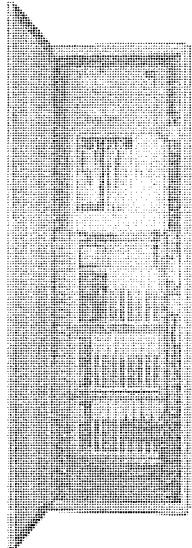


図 2. 《MELPLAC》50 制御盤

内部レジスタの退避も自動的に行われるため、割込処理プログラムは非常に簡単となりかつ、割込要因別に構造化が可能になる。

プログラムメモリ部は、25 ビット×4 KW のメモリカードからなり、CPU には最大 2 枚、すなわち 8 KW まで実装できる。《MELPLAC》50 では、プログラミングパネルによるプログラムロード時以外は、オンラインで使用中は読出し専用として動作し、書込みを必要とするデータエリアとは完全に分離されているため、プログラムは、プログラムメモリエリア外に飛

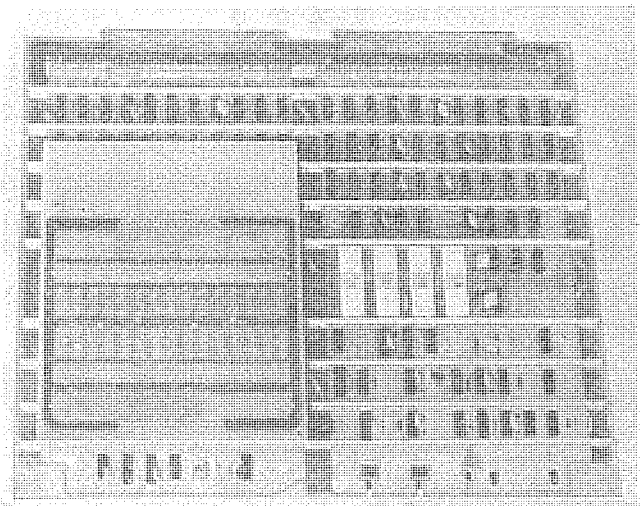


図 3. CPU カード

表 1. CPU, カウンタ, タイマ仕様

●主仕様

演算制御部	
演算方式	ソース指定によるワード/ビット処理制御
ワード処理	2 進並列、固定小数点演算、1 語=16 ビット
ビット処理	シーケンシャル演算 1 語=1 ビット
制御方式	マイクロプログラミング方式
命令	35 種
演算速度	
加減算	3.5 μ s
乗算	22.5 μ s
除算	35 μ s
ビット論理演算	4 μ s
割込制御	割込要因自動判別方式
レベル	ハイ/ロー 2 レベル
割込要因	ハイレベル 8 点 (うち 6 点は内部割込) ローレベル 24 点 (うち 6 点は内部割込)
サブルーチン	3 重ネスト処理まで可能
インデックス修飾	インデックスレジスタ、2 語 (X, Y) 装備
環境条件	
温度	0~50°C
湿度	10~95% RH (湿球 35°C 以下、結露無し)
電源	AC 100/110 V +10%~15% 50/60 Hz
主記憶部	
サイクルタイム	1 μ s
プログラムメモリ	max 8 K 語 1 語=24 ビット+パリティビット、(4 K 語単位)
データメモリ	2 K 語 1 語=16 ビット+パリティビット
入出力部	直接ソース指定方式
システムデバック装置	プログラミングパネル (PP) カセット磁気テープ/プリンタ装置 (MTPR)

●カウンタ仕様

方	式	比較回路付プリセット可逆カウンタ
点数	64 点 max	
計数値	有効 15 ビット	
入力パルス周波数	0~32,767 10 進 max 4 kHz..... 8 点同時処理可能 max 1 kHz..... 56 点同時処理可能	

●タイマ仕様

方	式	プリセットダウンカウンタ方式
点	128 点 max	
時限値	0~3276.7 s max	
インクリメント		
	10 ms	0~327.67 s 64 点
	100 ms	0~3276.7 s 64 点

び出すことは無く、またハードウェア故障以外プログラム内容が変わることはないで万一プログラムエラーが発生しても、それが原因でプログラム破壊を自己増殖し暴走してしまう恐れはない。

データメモリ部は、17ビット×2KWのメモカードからなり、一時記憶(ソースMW, M)、トランスフェクトル(ソースP)及び割込発生時のサブルーチンリターンアドレスや演算制御部の内部レジスタの内容などの退避エリアとして使用される。

プログラムメモリ部及びデータメモリ部は、コアメモリとワイメモリとが準備されており、いずれも、電源のオン/オフや停電等でメモリ内容が破壊されないよう配慮され、共に、0.5KWごとのwrite protect (partial ROM) 機構が設けられている。

メンテナンスパネルは、システムデバッグの際、ソース内容の変更やデータモニタをオンライン又はオフラインで行うための装置で、特にデータの仮設定機能は、制御パラメータのオンラインチューニングやプログラム変更時、原データや原プログラムを保存したまま一時的に変更の効果を確認できるので、システムデバッグや制御品質の向上目的に非常に有効に利用できる。メンテナンスパネルにはこの外4ビットのモニタランプ付ステータスフリップフロップが備えられており、うち1ビットは外部出力をとり出すことができるので、用途に応じてプログラムで自由に利用することができる。

CPU電源は、CPU及びカウンタ・タイマカードに電源を供給するための装置で、外来サージのフィルタリング及び電源投入しゃ断のシーケンスが内蔵されている。

4.2 カウンタ・タイマカード

カウンタ・タイマカードは、CPUフレームに実装され、外部から入力されるカウンタ入力信号の計数(カウンタ機能)及び、内部で発生される一定周期のクロック信号の計数(タイマ機能)を行う装置で、高速応答性を実現するため、CPUの演算制御部とは独立した専用の処理機能を持ち、CPUのメインプログラムや処理速度が、計数処理のために影響を受けないように配慮されている。

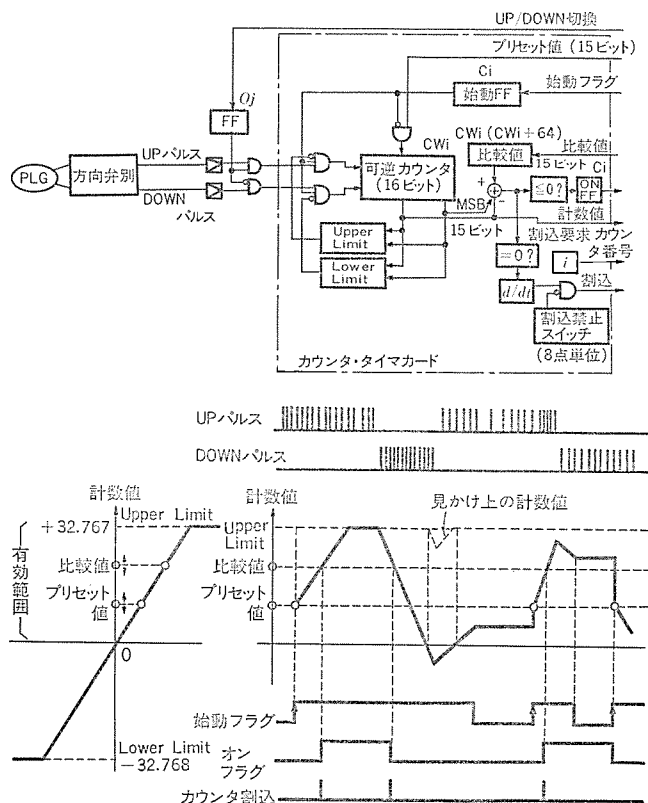


図 4. カウンタ機能系統図及び動作例

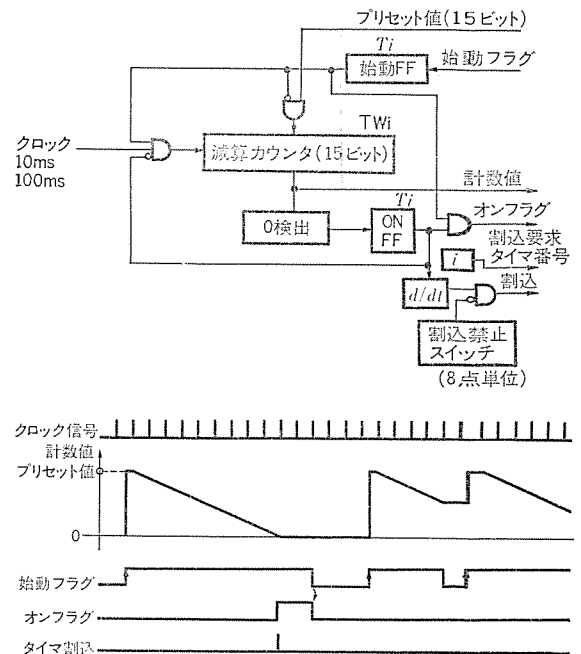


図 5. タイマ機能系統図及び動作例

カウンタは、比較器付プリセット可逆カウンタで、計数値 $\geq$ 比較値を判定し、カウンタオンフラグがセットされる。カウンタ入力は、パルス発振器の出力を方向弁別し、UPパルス及びDOWNパルスとして入力される。カウンタ点数は、最大8kHz用8点、最大1kHz用56点の計64点で、プリセット値、比較値及び計数始動フラグはプログラムにより設定され、計数値、カウンタオンフラグは、プログラムで読出すことができる。プリセット値、比較値、計数値の計数範囲は、すべて、0~32,767で、計数実行中に、計数値=比較値となったとき、割込みを発生してCPUに通報することができる。カウンタの機能系統図及び動作例を図4.に示す。

タイマは、プリセットダウンカウンタ機能を持ち、タイマ始動フラグがオン状態のとき、計数値=0の場合にタイマオンフラグがセットされる。タイマ点数は、クロック周期が10msのタイマ64点、100msのタイマ64点の計128点で、プリセット値及びタイマ始動フラグはプログラムで設定され、計数値及びタイマオンフラグはプログラムで読出すことができる。プリセット値及び比較値の有効値は、0~327.67秒(10msの場合)及び0~3276.7秒(100msの場合)であり、タイマオンフラグがセットされた瞬間に割込みを発生してCPUに通報することができる。タイマの機能系統図及び動作例を図5.に示す。

4.3 プロセス入出力部

《MELPLAC》50のプロセス入出力部は、デジタル入出力、アナログ入出力のそれぞれが標準として準備されている。プロセス入出力部の仕様を表2.に示す。

デジタル入力用のユニット(プロセス入力ユニット)は、AC100V用、DC100V用、DC48V用の各ユニットが用意され、リミットスイッチや各種スイッチ類のプロセス入力状態を読込むために使用される。

デジタル出力用のユニットは、(プロセス出力ユニット)AC100/200V用、DC48V用、DC100V用の各ユニットが用意され、ソレノイドバルブ、ランプ表示等プロセスに直結されるアクチュエータ類を駆動するために使用される。プロセス入力、プロセス出力の標準ユニットの仕様を表3.に、外觀の例を図6.に示す。

アナログ入力、CPUからの指定信号によりマルチプレクスされたア

表 2. プロセス入出力部仕様

デジタル入力	実装点数	ワード	最大 64 語 (16 ビット/語)
		ビット	最大 1,024 ビット (64 語のワードとしても使用可)
	種類と仕様	表 3. 参照	
デジタル出力	入力ユニット 収納フレーム	128 点/フレーム……入力専用 64 点/フレーム……入出力混在 64 点単位	
	実装点数	ワード	最大 64 語 (16 ビット/語)
		ビット	最大 1,024 ビット (64 語のワードとしても使用可)
アナログ入力	種類と仕様	表 3. 参照	
	出力ユニット 収納フレーム	128(64)点/フレーム……出力専用 64(32)点/フレーム……入出力混在 64(32)点単位 () 内は出力ユニットの種類による	
	実装点数	最大 208 点 (16 点単位)	
アナログ出力	変換精度	±0.1%	
	変換値	±10 V→12 BIT	
	スキャン速度	5,000 点/s	
	絶縁アンプ	高抵抗絶縁方式の場合 16 点単位	
	実装点数	AC 1,500 V 耐圧絶縁の場合 8 点単位	
	変換精度	1/2 LSB 0.1%	
	変換値	12 BIT→±10 V	
	収納フレーム	24 点/フレーム	

表 3. プロセス入出力ユニット仕様

種類	アイテム	形名	入力信号(プロセス側)		実装点数	特長	用途
			電圧	電流			
プロセス入力ユニット	1	PIAA	AC 100 V	10 mA	16	AC 入力 トランス絶縁 無接点式	プロセス一般 リミットスイッチ、 リレー等
	2	PIDD	DC 48 V	20 mA	16	DC 入力 フォトアイソレー タ絶縁 無接点式	コンピュータ用 プロセス一般
	3	PIDE	DC 100 V	20 mA	16		
	4	PICA	DC 48 V	10 mA	16	DC 入力 リードリレー絶縁	同上
	5	PICB	DC 100 V	10 mA	16		
種類	アイテム	形名	出力信号(プロセス側)		実装点数	特長	用途
			電圧	電流			
プロセス出力ユニット	1	POAB	AC 100/200 V	2 A	8	AC 出力 無接点式	プロセス一般
	2	POAC	AC 100/200 V	1 A	16	BCR 使用	AC バルブ用 出力回路独立
	3	POCG	AC 100 V DC 100 V	1 A 0.3 A	16	接点出力	16 点独立接点
	4	PODB	DC 48 V	100mA	16	オープンコレクタ 出力 16 回路共通コモン	コンピュータ用
	5	POBA	DC 100 V	2 A	8	DC 出力 AC 電源 無接点	DC バルブ、クラッチ ブレーキ、DC コン タクタ

ナログ信号が A/D 変換され、変換完了を割込みとして CPU に通報するとともに、ディジタル値を読み込むためのユニットで、プロセス側とはすべて絶縁されている。

アナログ出力は、出力レジスタのデータ内容を D/A 変換した後、絶縁増幅器でプロセス側と絶縁して外部に出力するためのユニットである。

《MELPLAC》50 では、上記の各種プロセス入出力部を CPU と接続するために、バス増幅ユニットを設け、バスラインの延長・分岐のためのバス増幅と、CPU に対する雑音のバッファを行う。

4.4 デバッグ機器

《MELPLAC》50 では、システムデバッグ用機器として、プログラミングパネル (PP) 及びカセット磁気テープ・プリンタ装置 (MTPR) を準備している。

4.4.1 プログラミングパネル (PP)

PP は、CPU と接続して使用する専用のマンマシンインタフェース装置で、主として現場で計算機知識を必要とせずにシステムデバッグ、メンテナンス及びそれに付随する諸機能を能率的に行うことを目的とし、可搬性、CPU とのオンライン着脱など操作性を配慮した装置である。PP は、マイクロプロセッサを内蔵し以下の機能を実行する。図 7. にプログラミングパネルを示す。

(1) CPU HALT 状態における PP の機能

- (a) プログラム読出し及び書込み
- (b) データ読出し及び書込み
- (c) シングルステップ実行
- (d) ソースサーチ及びアドレスサーチ
- (e) トランスファベクトル読出し及び書込み
- (f) プログラムリロケート

プログラム読出し及び書込みは、指定したプログラムメモリアドレスの命令を読出して表示したり書込む機能で、アドレスや、命令、ソース等は 10 進数や高位言語で直接指定できる。

データ読出し及び書込みは、指定したソースの内容を 10 進数で読出したり書込む機能である。

シングルステップ実行は、指定したプログラムアドレスから記憶されている命令を 1 番地ずつ実行するモードで、各実行過程における CPU やプロセスの状態をモニタすることができる。

ソースサーチは、指定されたソースが含まれているプログラムアドレスをサーチし表示するモードで、ソースの割付けを変更する場合、所要のソースを含むプログラムアドレスをすべてリストアップする場合などに用いられ

図 7. プログラミング
パネル

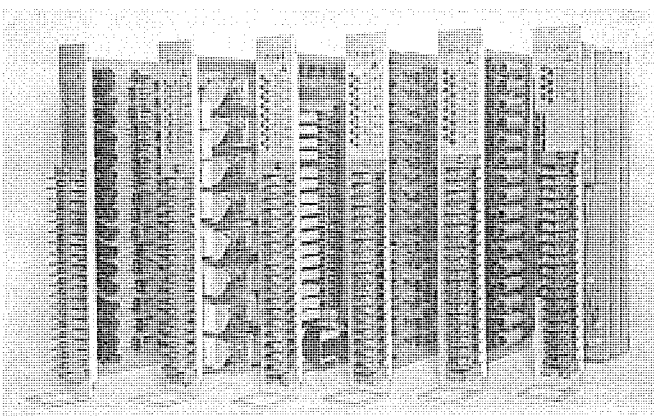
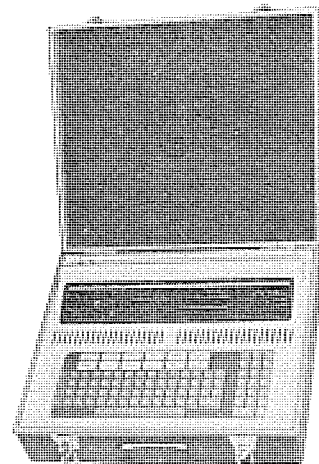


図 6. PIO カード

れる。

アドレスサーチは、任意のプログラムアドレスから指定されたプログラムアドレスまで連続してプログラムを実行させるモードで、プログラムデバッグ時に用いる。

トランスファベクトル読出し及び書込みは、分岐先アドレスを記憶したトランスファベクトルを読出したり、プログラム書込み時自動的に分岐先アドレスをトランスファベクトルに埋込む機能で、この機能により、メモリの絶対番地を意識せずプログラムできる。

プログラムリロケートは、プログラムをメモリ上で移動させる機能で、デバッグ中プログラムの一部追加や削除を必要とするときに便利な機能である。

以上の機能はいずれも、DDC制御などで現場デバッグやシステム調整を行う場合、十分な言語プロセッサの支援が受けられないという問題を解決する手段として、可搬形言語プロセッサの機能をPPにもたせて、マンマシンインタフェースの便宜を図ったものである。

(2) CPU RUN 状態における PP の機能

- (a) プログラムモニタ
- (b) ソースモニタ

プログラムモニタは、指定されたプログラムアドレスの実行時におけるアキュムレータやソースの内容を、プロセス運転中にモニタする機能である。

ソースモニタは、指定されたソース内容をプロセス運転中にモニタする機能で、プログラムモニタと併せ、プロセスの時々刻々の状態変化をオンラインモニタできる。プログラムモニタ及びソースモニタは、それぞれ、指定されたプログラムアドレス及びソースアドレスをインクリメントしたりデクリメントすることができる。

4. 4. 2 カセット磁気テープ・プリンタ装置 (MTPR)

MTPRは、プログラムの外部記憶とハードコピーの機能をもち、プログラムの保存、交換、修正、照合及び、プログラム作成時の操作記録、プログラム内容の記録保存に用いられる。MTPRは、CPU、PPと接続してCPUのプログラム転送に用いられる外、PPのみと接続してオフラインでプログラムの作成・記録ができる。カセット磁気テープに記録されたプログラムは、ホストコンピュータで逆アSEMBルし、リストニングやコンコードリストを作成したり、計算機でアSEMBルされたプログラムテープをMTPRを介してCPUのメモリにロードする機能を持つ。図8.にMTPRを示す。

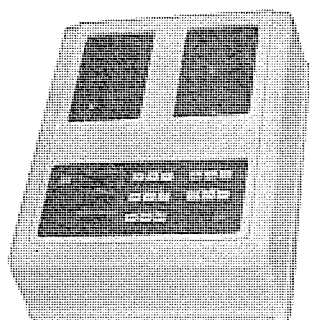


図 8. カセット磁気テープ・プリンタ装置 (MTPR)

5. R A S 機 能

《MELPLAC》50は、その使用目的からRAS (Reliability, Availability, Serviceability) 機能には十分配慮され、保守・操作性の向上を図っている。例えば

- (1) 機能別に独立した大形カードを採用し、故障同定が容易

- (2) LSIの採用により、高度な機能にもかかわらず部品点数が少ない
 - (3) 豊富な異常検知機能
 - (4) プログラムメモリとデータメモリの分離により、プログラムの自己破壊増殖の防止
 - (5) メモリのパーシャルROM機構による誤書込み防止
 - (6) PPのセルフチェック機構
 - (7) PPの対CPUオンライン着脱機構
 - (8) 並列接続装置による複合システムの構成
- 等、種々の対策が施されている。

《MELPLAC》50では、並列接続装置を用いることにより、

ロードシェアシステム

バックアップシステム

を構成することができる。

ロードシェアシステムは、2台以上のCPUに、それぞれ異なったプログラムを実行させながら、共通の入出力装置(プロセス入出力又は周辺機器)をタイムシェアでアクセスできるシステムで、最大4台のCPUを接続することができる。

バックアップシステムは、2台以上のCPUを1台のCPUでバックアップするシステムで、バックアップ用CPUは、スタンバイ状態のとき診断プログラムにより自己診断を行いスタンバイCPUの正常状態の維持を保証することができる。

ロードシェアシステム及びバックアップシステムのシステム構成モデルを図9.に示す。

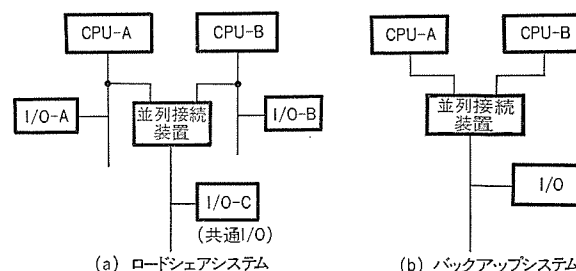


図 9. 《MELPLAC》50 複合システム

6. む す び

以上、ソフトウェア生産性の向上を指向し、機能単位の分散化システムに適したはん(汎)用コントローラとして開発された《MELPLAC》50のハードウェアシステムの概略を述べた。“専用機能形”の目的は、要求される制御機能ごとに制御装置を割付け、各機能に最も適合した言語を用意するとともに、各現場でのセルフプログラミングの機能とオンラインデバッグ機能を備えてソフトウェアの生産と保守を簡単化することにある。これらの目的で開発された装置としては、用途は異なるが各種シーケンスコントローラ、電卓、ビルダマシン等が挙げられる。

DDC用の“電卓”を目指して、当社の総合技術を結集して開発されたプラントコントローラ《MELPLAC》50が、各種プラントに適用され、広く普及して所期の目的を達成するために、ユーザ、システム設計者、OEMメーカー等関連分野諸氏のご批判、ご指導を仰げれば幸いである。

最後に、《MELPLAC》50を開発するにあたり、有益なご意見、ご討論をいただいた関係諸氏に厚く感謝する。

(昭和51-12-10受付)

プラントコントローラ《MELPLAC》50の方式とソフトウェア

真鍋舜治*・山下弘雄**・山本 修**・松村雅司***・片岡猪三郎+

1. ま え が き

近年の各産業界における制御に関する分野での変遷を見ると、その進展は著しいものがある。すなわち

(1) いわゆる自動制御の言葉で代表される、理論及び装置の適用される制御対象を包含する各種プラントが急速に増加している。これにより、最適な制御システム及びシステムを構成するハードウェアシステムの多様性は著しく増している。

(2) 制御対象である各種機械を駆動するための、電動機、油圧機器、空圧機器、各種リレー類に制御信号を与えるDDCレベルのコントローラ、あるいはシーケンス制御用のコントローラは、制御の複雑さに伴い、プログラマブルコントローラの採用が一般化している。

(3) プラントの規模が大きくなると、上記プログラマブルコントローラの上に電子計算機が配置される例が多いが、この場合、上位電子計算機と、プログラマブルコントローラの果たす仕事の配分をどのようにするか。あるいは制御システムの経済性、信頼性、制御性能、の点からの検討が重要である。

(4) ユーザにおいて、電子計算機、あるいはプログラマブルコントローラを扱う技術者についていえば、過去にどのような技術分野の経験があり、現在どのような役割を担っているセクションの技術者が扱うかが重要である。

このようなことは、プログラマブルコントローラの言語体系(ソフトウェア体系)に大いに関係がある。

(5) 半導体製造技術の発達はめざましく、これに伴いマイクロプロセッサが出現し実用化されている。

当社は以上に述べた制御の分野における変化の一端を担ってきたが、上記五つの問題をふまえて、ここに新しくプラントコントローラ《MELPLAC》の商品名を有するプログラムコントローラを開発した。

《MELPLAC》は、電子計算機を含む、プラントコントロールシステムにおいて、上位計算機の下位に属するDDCレベルのコントローラであり、複雑な機械のシーケンス動作を制御するシーケンスコントローラである。

《MELPLAC》は、最近のシステムに必要な経済性、信頼性、保守性、取扱い性(ソフトウェア言語体系)につき十分な検討を加えてあるが、特にソフトウェアの取扱いに大きな特長を持っているので、本稿でその概要を説明する。

2. 《MELPLAC》の言語体系の考え方

《MELPLAC》言語体系の開発の基本的発端は、拡大するプラント制御システムにおいて、プログラマブルコントローラ、又はコンピュータをプロセスと直結する制御システムに適用する場合、①計算機を取扱ったことのない技術者にも容易に理解できるソフトウェア体系の確立、②ソフトウェア生産性の高い制御システムの確立に対し何らかの解決をはかることにある。以下《MELPLAC》言語体系を決めるに当たって幾つかのトレードオフの項目を挙げ検討を加える。

2.1 ハードウェアとソフトウェア

プラント制御システムは、ある制御機能の実行を主目的とするのであり、それを実現する機構を主眼とするのではない。一つの機能を実現するのに、H/WとS/Wをどのように割付けかが制御システム設計の出発点となる。初期の計算機DDCではソフトウェアのもつ融通性が過大評価され、ソフトウェアへの負荷が大きくなっていたが、ソフトウェアの特質ともいえる可視性(Visibility)の低さ、情報伝達効率の低さが認識されソフトウェアへの重荷を負わせることの不利が叫ばれるようになっていく。特に、最近LSIなど半導体技術の進歩によってハードウェアコストが著しく低下してくると、従来のようなソフトウェア偏重の考えを修正する必要性が生じてきた。

《MELPLAC》ではこのような観点からハードウェアよりもソフトウェアコストの低減を重視してシステムコストの低減を目標とした。

2.2 機能中心と機構中心

計算機が制御するシステムは、一般に難しいといわれているがなぜ難しいのだろうか。果して制御機能がそれだけ難しいのか、又は単にインプレメンテーションのやり方が不適切なため見かけ上難しいのか。従来、ハードワイヤードロジックで制御システムを構成していたときは調整(デバッグ)、故障診断に多大な時間を要することはなかった。すなわち、ワイヤードロジックでは制御機能とそれを実現する機構は大体1対1に対応する制御ユニットで構成されており、これらユニットの積上げによるシステムアップがなされ、かつ相互間が疎な結合でよいので各機能が明確で非常に理解しやすかった。これに反し、計算機システムではプロセス入出力、計算機ハードウェア、ベースックソフトウェア、アプリケーションソフトウェアなどに分化された専門機能が密接な関連を有している。すなわち、計算機の難しさは、機能と機構が極端に分化したためと考えられる。もし与えられた制御機能を機能中心の考えで階層分割し、そのままインプレメントさせる道があれば今よりはるかに分かりやすくなるのではないと思われる。このことから、プラントを制御する《MELPLAC》は機能中心にシステム分割を行い分かりやすいソフトウェアシステムを指向した。

2.3 集中と分散

当初、分散した小さなものから初まり、スケールメリット追及の過程で集中/巨大化し、それが行きづまって分散化に移行するという傾向はすべてのシステムに見られることであり、コントローラ、計算機においても例外ではない。ところがプラント制御システムにおいてプロセスに直結する制御を実行する場合、集中化には二つの欠点を伴う。第1に制御応答が遅くなる。すなわち、集中化すれば情報の伝送に遅れが伴うことは当然ながら、その上、中央処理装置の数が限られるためどうしても処理が遅れる。第2に集中化によって1か所の故障により全系の故障へと波及するが、分散化すれば故障は局所化されフェイルソフトとなる傾向が強い。一方、分散化した場合の問題点には次のようなことが挙げられる。第1に情報が分散化することによるシステム故障診断が難しくなること、第2に言語プロセッサなどの適用が難しいこと、第3に信号伝送系の負担が大きくなることである。し

たがって効果的な分散化を実現するためには、まず単体が故障しにくく、かつ故障があっても他へ波及しないものであること、更に、言語プロセッサのサービスを不要とするような自立性の高い言語体系をもつこと、そして、疎な信号伝送の結合で十分機能を果たす制御機能の局所化を考慮することが必要である。この考えに基づいて《MEL-PLAC》は自立性の高いソフトウェアシステムを目標にし分散化システム構成を実現することができる。

2.4 汎用と専用

一般に計算機は専用機から汎用機への道をたどってきているが、一方、最近の電卓やキャッシュレジスタのように端末に近い計算機応用の分野では専用機が広く使用されるようになった。現在は汎用と専用の両極への分化の時代と言える。プラント DDC システムでは、汎用機とソフトウェアの組合せでプラント制御用汎用コントローラの領域をカバーすることは、ハイレスポンスの必要性の面で問題が残るのでプラントコントローラ《MELPLAC》では専用機を選択した。

2.5 高位言語と機械語

汎用計算機では一般に、高位言語と機械語とは概念的に明確に分かれている。前者は人間の使用する言語あるいは数式に近い表現形式をとっており、人間とのインタフェースは優れているが、計算機で実行するためにはコンパイラなどの言語プロセッサにより機械語へ変換しなければならない。機械語はそのまま実行できるが人間にとって理解しにくい。このことから、高位言語にありながら機械語のように直接実行できる言語体系であれば、プログラミングが容易であるだけでなくデバッグ、分散形システム構成など強力な言語プロセッサのサービスが得られない場合でも有効なプログラミング、デバッグが可能である。言語が汎用の高位言語の場合には直接実行が不可能になってしまう。このことから《MELPLAC》では、適用範囲のある程度限定し専用の高位言語を規定し直接実行を可能としている。

2.6 データ中心と処理中心

普通プログラムの機能を理解するのに二つの方法がある。一つはプログラム処理の順序を中心として考える伝統的な方法、他は情報あるいはデータが変化していく流れを中心に考える方法である。この差はわずかなように見えるが処理中心の考え方では分岐の多い複雑なコントロールフローになる傾向が強く、データ中心の考え方では単純なフローで構造的なプログラムを作成しやすい。また、プログラム障害を考えれば、データベースの破壊、処理機能の全面停止などソフトウェアの信頼性に重大な影響を与える障害は一般的に処理中心の考え方を押し進

表 1. 《MELPLAC》言語体系の考え方

	基 本 方 針
1	工業プロセスの計算機制御に焦点を合わせた汎用コントローラとする。したがって専用計算機的な性格をもつ
2	機能単位の分散化システムを指向する。これによりシステムを分かりやすく単純にする
3	ハードウェアよりもソフトウェアの効率化に力点を置き、システム価格の低減を指向する
4	制御向き高位言語を用いることによりプログラム作成を効率化する
5	高位言語を機械語として直接実行する。これにより現場でのプログラム修正が容易になる
6	プロセスとの結合を直接的にすることにより、システムを単純化する
7	オンラインでのデバッグや文書化が容易になるよう配慮する。この目的のため、現場のプログラム修正のためのプログラミングパネルを準備する
8	マイクロプロセッサを用いるが、マイクロプログラム方式を用いることにより、ソフトウェアの永続性を保つ
9	複合システムを形成する場合は、データの授受を中心とした疎な結合を指向する

めた結果といわれている。

このことから、ソフトウェア生産性向上及び信頼性向上の手段としてデータ中心の考え方を《MELPLAC》の命令やハードウェアアーキテクチャに埋込み、かつ、プログラムを入出力間のデータの流れとして捕えるような言語アーキテクチャになるよう留意している。

以上のような考察から、三菱プラントコントローラ《MELPLAC》の言語体系の基本的考え方を表 1. にまとめた。

3. 《MELPLAC》50 ソフトウェアの特徴

前節で述べたプログラマブルコントローラのソフトウェアシステムの基本的考察に基づいた《MELPLAC》50 の言語体系とそれを実現するためのアーキテクチャの特長を表 2. にまとめた。以下、主な項目について説明を加える。

3.1 制御向き高位言語

プラントコントローラ《MELPLAC》が要求される制御機能はシーケンス制御、一般に DDC と呼ばれているフィードフォワード/フィードバック制御、この両者の混合形制御及び多変数制御などが挙げられる。これらの制御機能を実行処理するためには算術演算、論理演算及びこれらの混合演算を有効にかつ容易にプログラムできる必要がある。

3.1.1 命令体系

プラントコントローラ《MELPLAC》50 の命令一覧表及びオペランド部を構成するソース一覧表をそれぞれ表 3., 表 4. に示す。

汎用計算機は普通算術演算を主体に作られていて、論理演算と混合演算はプログラムの分岐で処理しているためシーケンス制御にそのまま使用するとプログラムのコントロールフローが複雑になり、かつデバッグが困難である。したがって計算機では高位言語を導入してこの問題を回避しているが、実行時間やメモリ容量を犠牲にし、かつ言語プロセッサを抱えるという問題があった。

《MELPLAC》はこのような問題を解決するため表 3. に示したよ

表 2. 《MELPLAC》アーキテクチャの特徴

項 目	特 徴
言語を制御向き高位言語とする。制御はシーケンス制御、フィードバック/フィードフォワード制御多変数制御を含む	(1) ビット演算とワード演算の独立処理 (2) Conditional Load と Compare 命令 (3) ビット変数ワード変数のメモリの共用 (4) ソースの区別により見かけ上の命令数を減らしている (5) データ転送効率化のための MV, ## 命令
高位言語を機械語として直接実行する	(6) 直接アドレッシングを原則とする (7) 間接ブランチと相対ブランチのみとしてプログラムのリロケーションを容易にする (8) ラベルを命令として残し、逆アセンブルを容易にする (9) INC Index 命令の工夫
プロセスとの結合を直接的にする	(10) 入出力命令をメモリの Load Store と同格とする (11) タイマ/カウンタの要素をもつ (12) 割込処理
デバッグと文書化を容易にする	(13) プログラムメモリとデータメモリの完全分離 (14) データ転送形のアーキテクチャ (15) 構造的プログラミングへの配慮 (16) プログラミングパネルによる現地デバッグ (17) 各種オンラインデバッグ機能 (18) オフライン処理によるアセンブラ、逆アセンブラのサポート
ハードウェア	(19) マイクロプロセッサを利用する (20) マイクロプログラム制御方式を採用する (21) データ語長は 16 ビット (22) プログラム語長は 24 ビット (23) メモリは、コア/ワイヤ選択可能
計算機複合システム	(24) 疎な結合を指向している (25) データの授受により情報交換を行う (26) 非同期的な並行処理、タイムスロット的な通信方式を指向する

表 3. 《MELPLAC》命令一覧

分 類	シンボル	機 能	ワード 処 理	ビット 処 理	制 御
転 送	;	Load	○	○	—
	\$	Invert Load	○	○	—
	,	Conditional Load	○	—	—
	SET	Set	—	○	—
	RST	Reset	○	○	—
	→	Store	—	○	—
	LON	Latch On	—	○	—
算 術 演 算	+	Add	○	—	—
	-	Subtract	○	—	—
	*	Multiply	○	—	—
	/	Divide	○	—	—
論 理 演 算	AND	Logical AND	○	○	—
	ANI	Complement AND	○	○	—
	OR	Logical OR	○	○	—
	ORI	Complement OR	○	○	—
	EOR	Exclusive OR	○	○	—
分岐・比較	— B —	Unconditional Branch	—	—	○
	BY	Branch if YES	—	—	○
	BN	Branch if NO	—	—	○
	CAL	Subroutine Call	—	—	○
	RTN	Subroutine Return	—	—	○
	>	Compare Greater Than	○	—	—
	=	Compare Equal	○	—	—
特 殊 命 令	<	Compare Less Than	○	—	—
	CI	Common Interlock	—	○	—
	CIR	Common Interlock Reset	—	○	—
	SL	Arithmetic Shift Left Double	○	—	—
	SR	Arithmetic Shift Right Double	○	—	—
	PLS	Positive Differential	—	○	—
	INC	Increase Index	—	—	○
	MV	Transfer to Pointer	○	○	—
	#	Move	○	○	—
	TM	Interrupt Terminate	—	—	○
	NOP	No Operation	—	—	○

表 4. 《MELPLAC》ソース一覧

分 類	ワ ー ド 処 理 用			ビ ッ ト 処 理 用		
	シン ボ ル	レ ン ジ (語)	指 定	シン ボ ル	レ ン ジ (点)	指 定
I/O	プロセス入力	IW	128	IW 0~IW 127	I	1,024
	プロセス出力	OW	128	OW 0~OW 127	O	1,024
A/I	アナログ入力	OW	208	OW 700/KO~K207		
A/O	アナログ出力	OW	256	OW 400~OW 655		
I/O	周辺機器	DW	64	DW 0~DW 63		
	カウンタ	CW	64	CW 0~CW 63	C	64
	開込マスク				IT	32
メ モ リ	一時記憶	MW	1,024	MW 0~MW 1023	M	1,024
	タイマ	TW	128	TW 0~TW 127	T	128
	トランスファ ベクトル	P	512	P 0~P 551		
	インデックス レジスタ	X, Y	2	X, Y		
命 令	定 数	K, H	—	K 0~K±32767 H 0000~HFFFF		

うな命令を有し、1ビットの論理演算機能と16ビットの算術演算機能の両者を備えていて全く独立に処理できる。更に、混合演算に有効に対処するため数値の大小によって論理信号をセット、リセットする比較命令、論理信号によって数値情報を選択する条件ロード命令を設けることにより上記制御機能を容易にプログラムできる。

論理演算には更にシーケンス制御特有の機能、共通インタロック回路、信号のパルス化（微分）回路などを命令として有して、プログラマブルシーケンスコントローラ《MELSEC》シリーズと同等の扱いでプログラムできる。命令に対しオペランド部は表4.に示したようなソースで表現する。《MELPLAC》はプラントの自動制御を主たる目的にしているか

ら、その御制対象を直接的に判断できる入出力情報が容易にプログラムでき、更に理解しやすいものでなければならない。この観点から表4.に示すようなプロセス入力、出力、カウンタ、タイマ、一時記憶（データメモリ）、直接数値など、一目りょう然に判断できるシンボルとそれらのナンバによってソースを構成し、更にシンボルの変化によって1ビットデータと16ビットデータが区別できる。このように《MELPLAC》の命令語は命令を直接的なソースで構成しているため、取扱うデータの種類の明確かつ直接的に認識でき、プログラムの作成、表現、理解が飛躍的に向上している。図1.、図2.、図3.に算術、論理、混合演算機能の例を示す。ここでMWはデータメモリのワード（16ビットデータ）をMは1ビットデータ情報を示す。図3.の混合演算機能を例に説明すると、データメモリ101番目（MW101）と102番目（MW102）の内容を比較してMW101>MW102ならビットアキュムレータA₂に“1”が入りこれとデータメモリ10番目のワード情報のうちビット0の情報（M100）とをAND演算し結果をM101にストアする。次に、MW110の内容をワードアキュムレータA₁にロードし、M101をA₂にロードする。ここでA₂が“1”ならばMW111の内容をA₁にロード、更にM100のNOTをA₂にロードし、ここでA₂が“1”ならばMW112をA₁にロードする。最後にA₁の結果をMW100に転送する。以上の演算の結果、MW100にはM100が“0”ならばM112が、M101が“1”ならばMW111がいずれでもなければMW110が転送される。

3. 1. 2 情報の形態と命令実行

《MELPLAC》における16ビットのワード情報と1ビット情報はメモリを共有化している。したがって、同一内容をワード情報として16ビットを取り出して演算することも、またその内の1ビットをビット情報として取り出すこともできる。図4.に例を示す。ここでIW20

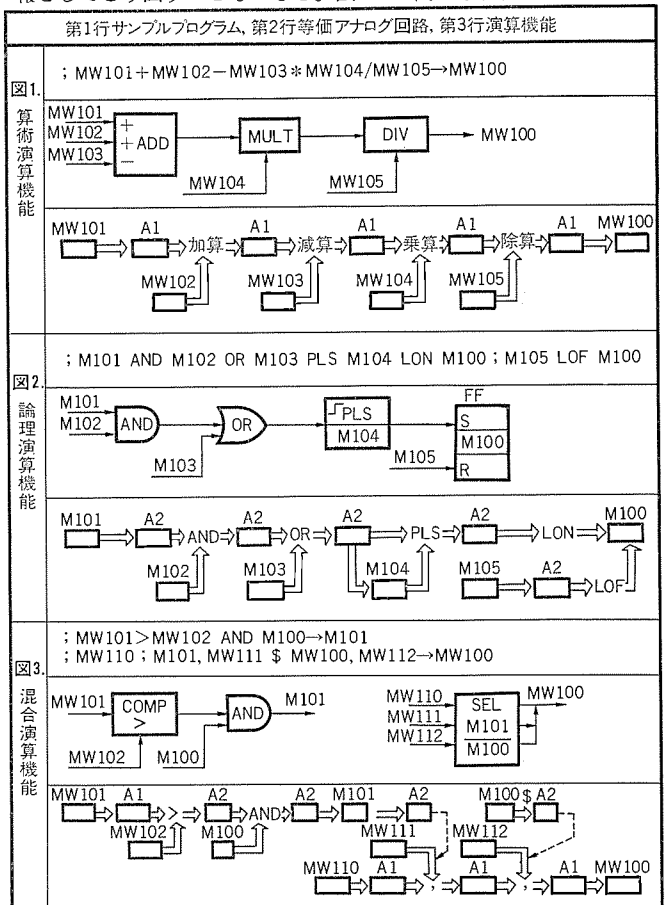


図 1. 算術演算機能 図 2. 論理演算機能 図 3. 混合演算機能

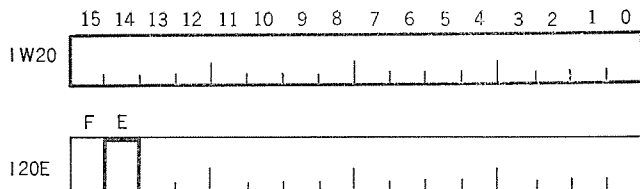


図 4. ワード情報とビット情報の共有化

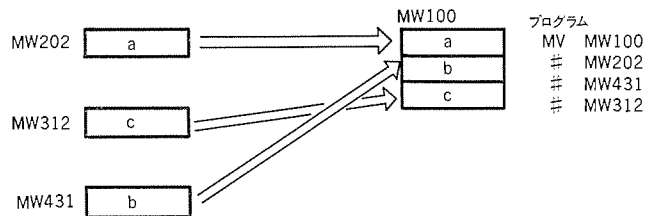


図 5. MV, # 命令動作

はプロセス入力データ 20 番のワードデータを示し、I20E は同一データ内の 14 ビット目の 1 ビット情報を示している。一般的な問題として、1 ビット演算と 16 ビット演算の両機能をもたせれば命令の種類が増える。例えば AND 命令でもワードアキュムレータに対する AND か、ビットアキュムレータに対する AND かを区別する必要がある。《MELPLAC》ではこの解決をオペランドの種類すなわち、前述のソースの種類によって区別して命令は同じ AND で実行できる。また直接数値命令 (Immediate Instruction) も従来、各機能命令 (ロード、加減算命令など) と直接数値命令は別命令として設けられるのが一般的であったが《MELPLAC》では数値にソースシンボルを与えることによりオペランドで区別している。10 進数に K, 16 進数に H のソースシンボルを与え、各命令と組合せることにより任意の数値を直接命令として実行できる。以上のことにより、《MELPLAC》のプログラムはシーケンス制御 (1 ビット演算)、DDC (16 ビット演算中心) のいずれにも制御情報を適確には (把) 握しながら容易に実行できる。

3. 1. 3 多変数制御命令

多変数制御を効果的に実行するためにはベクトル変数の演算が容易なことと、個別の変数を並べかえて、新しいベクトル変数を作る作業が能率よく処理されることが必要である。《MELPLAC》では前者は直接アドレッシング、インデックス修飾 (後述) で対処し、後者はデータ転送命令 MV, # の命令 (表 3. 参照) で処理する。すなわち、分散して存在するパラメータを図 5. に示す例題のように、MV 命令で指定された場所に # 命令で示すデータを順次埋込んでいる。このことは一見してベクトル MW100 の内容の一つの表現法になっていることが分かる。

3. 2 高位言語の直接実行

プラント DDC やシーケンス制御を受けもつ《MELPLAC》は現場で制御システムの運転、調整を行いつつプログラムのデバッグ、チューニングを行う必要がある。このために高位言語を直接機械語として実行できるアーキテクチャを採っている。

3. 2. 1 ソースアドレッシング

高位言語を直接実行するためには、アーキテクチャが高位言語とマッチしている必要がある。そのため《MELPLAC》のソースアドレッシングは直接指定を原則として、直接指定に対してインデックス修飾を行っている。一般に実施されているようなインデックスレジスタをベースレジスタのように使用してアドレッシング範囲の不足をカバーするような使用法はしていない。すなわち、FORTRAN で MW110(I) と記述されるベクトル変数の表現を《MELPLAC》では MW110 X (X: インデックスレジスタ) と記述される。このように、《MELPLAC》のアドレッシン

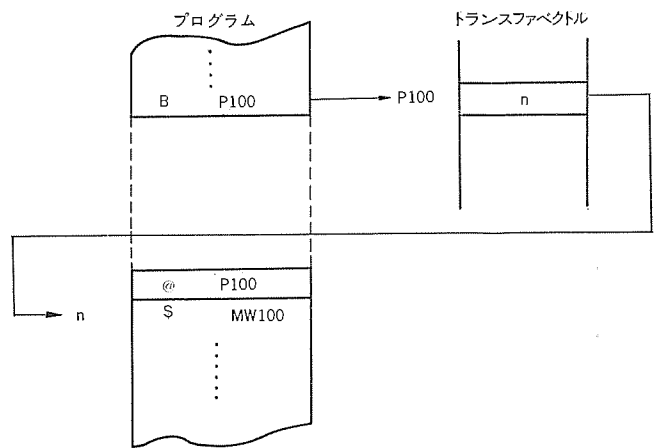


図 6. トランスファベクトル

グが直接指定中心となっているので高位言語とのつながりがよい。

3. 2. 2 プログラム分岐

プログラム分岐に関しては高位言語にはプログラムのロケーション情報はないから、それを直接実行することを考慮して相対分岐と間接分岐とを用いることにした。《MELPLAC》では 1 語命令ですべて固定されているので近くの分岐は相対でも困難でない。また離れた分岐に対してはベクトル (トランスファベクトルと呼ぶ) の考えを導入して間接的に分岐する。これを図 6. を例に述べると NOP P100 という命令があるとプログラムロード時に NOP 命令の次のロケーションアドレス n が 100 番のトランスファベクトルに自動的に書込まれる。NOP P100 という命令は実行時は No Operation として実行される。いまプログラム実行が BP100 を実行するときは、トランスファベクトル P100 の内容が参照される。このとき P100 の内容は n が記録されているため NOP P100 の次の番地へ分岐する。このようにすれば分岐先の番地を意識することなくトランスファベクトルのアドレスを順番に指定し、かつ、分岐先情報を示す NOP 命令を分岐先の前のアドレスに入れておけばよい。トランスファベクトルを示すテーブルを判然と独立させておくことはプログラミングだけでなくプログラムデバッグ時に分岐情報が整然と全体的に把握できるメリットを持っている。例えば、調整時にあるプログラムを別のプログラムで代行させて制御効果を確認したいような場合、トランスファベクトルの内容を仮に書換えるだけで実行可能である。分岐先ラベル情報を NOP 命令の形で残しておくことは言語プロセッサ適用時の逆アセンブラ機能に非常に有効である。

3. 3 プロセスとの結合

3. 3. 1 プロセス入出力

コントローラはプロセスの情報を検知し、必要な演算処理を実行した後操作信号をプロセスに出力する。したがって、コントローラ内部の情報といえども何らかの形でプロセスの物理量に直接的に結合している。この直接的な関係をできるだけ保存したプログラムが分かりやすいものとなる。この目的で《MELPLAC》の入出力命令特にプロセス入出力命令はメモリのロード、ストアと全く同一の命令で実行できるようにした。後述プログラム例の図 8. で示したように《MELPLAC》のプロセス入出力のプログラミングはプロセス I/O の知識と応用シーケンス (プログラム) の知識だけあればよい。

計算機の場合これらの知識に加えて、入出力プログラムやモニタなどのベーシックソフトウェア、計算機内で扱われるプロセス情報の名称、アドレスなどの知識を必要としている。

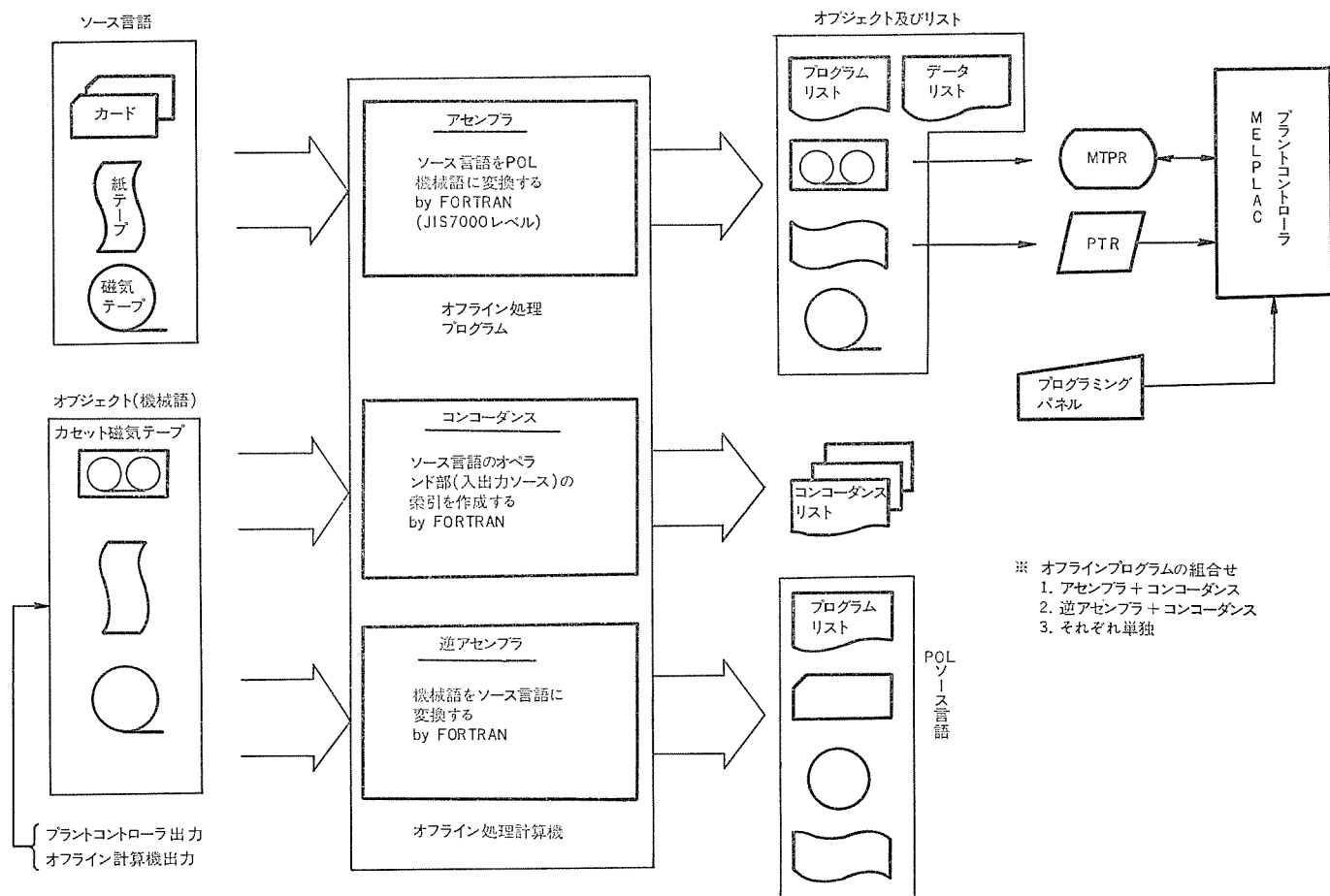


図 7. プラントコントローラ《MELPLAC》自動プログラム処理システム

3. 3. 2 カウンタ、タイマ

プラント DDC システムの制御機能を実行するコントローラではパルスカウンタ、タイマ機能は不可欠である。特にカウンタ機能はプロセスと直結した情報であり効果的なプログラミングが要求される。《MELPLAC》ではカウンタ、タイマ機能が CPU と全くハードウェア的に独立した処理部を有しているが、ソフトウェアの立場からみれば、上記プロセス入出力と全く同等に扱うことができる。

すなわち、カウンタのプリセット、カウンタ始動、比較、計数値ロードなどの機能がすべてロード、ストア命令でプログラムできる。(図 11. 参照)。

4. 自動プログラム処理システム

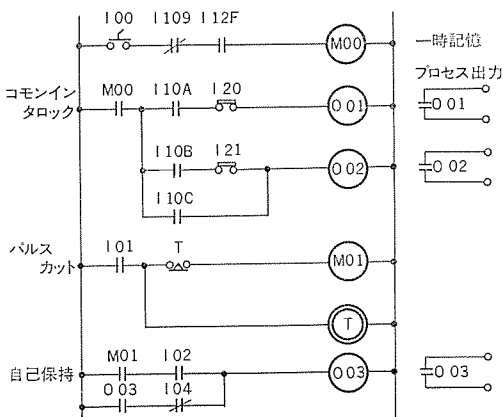
《MELPLAC》の言語体系は高位言語の直接実行を第一の目的としているが、よりソフトウェア生産性向上の要求にこたえてホストプロセッシングによる言語プロセッサを用意している。

このプログラムは FORTRAN-7000 レベルで記述されているためホストコンピュータとして各機種を容易に適用できる。

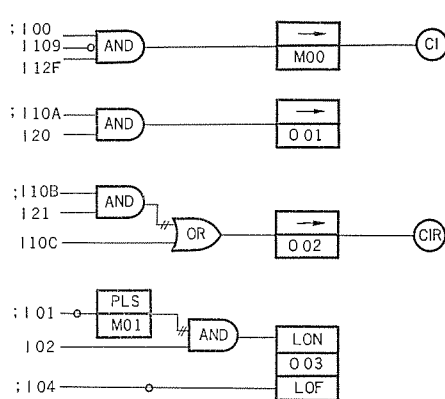
主機能と入出力を図 7. に示す。この機能のうち、逆アセンブラはデバ

ッグ修正されたプログラムをソース化することにより容易にデバッグ結果を文書化できるメリットを有している。また、コンコーダンスリストはソースの索引である。アセンブルは逆アセンブルされたプログラムに使用している各ソースをソース単位にプログラムアドレス、データ値(データメモリのみ)、プログラム命令が一覧表となって作成される。このリストはデバッグに重要な役割を果たしている。

(a) 例題 下図のリレーシーケンスをプログラミングする



(b) プログラミング 1



プログラミング 2

```

: I00 ANI I09 AND I12F → M00 CI M00
: I10A AND I20 → O01
: I10B AND I21 OR I10C → O02 CIR
: I01 PLS M01 AND I02 LON O03
: I04 LOF O03
  
```

図 8. シーケンス制御のプログラミング

5. プログラミング例

以上、《MELPLAC》言語に関し述べたが、下記プログラミング例を示すことにより《MELPLAC》ソフトウェアシステムの特長とその効果的高位言語の使用法のまとめとする。

5.1 シーケンス制御のプログラミング

図 8. に例題とプログラミングを示す。

5.2 算術演算のプログラミング

図 9. に例題とプログラミングを示す。

5.3 条件付き転送のプログラミング

図 10. に例題とプログラミングを示す。

5.4 カウンタのプログラミング

図 11. に例題とプログラミングを示す。

5.5 アナログ入力のプログラミング

図 12. に例題とプログラミングを示す。

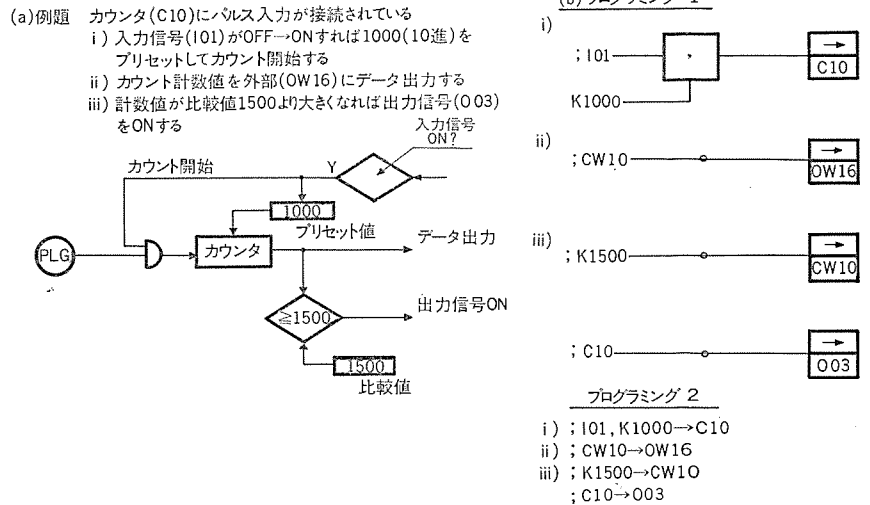
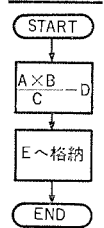


図 11. カウンタのプログラミング

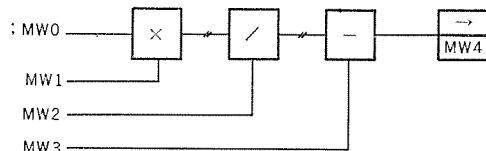
(a)例題 $E = \frac{A \times B}{C} - D$ の計算

ただし、A; MW0, B; MW1, C; MW2, D; MW3, E; MW4

フローチャート



(b)プログラミング1



プログラミング2

; MW0 * MW1 / MW2 - MW3 → MW4

図 9. 算術演算のプログラミング

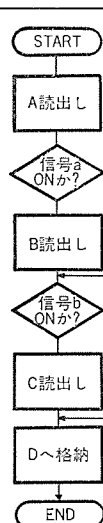
(a)例題 下表に従って入力データを選択し一時記憶Dに格納する

信号a	信号b	選択データ
0	0	A
1	0	B
0	1	C
1	1	C

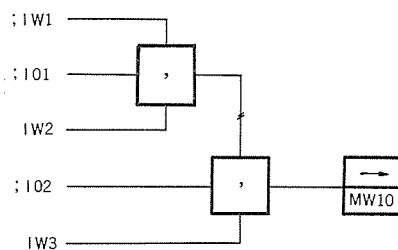
ただし、a; I01, b; I02

A; I01, B; I02, C; I03, D; HW10

フローチャート



(b)プログラミング1

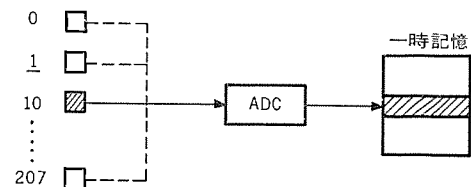


プログラミング2

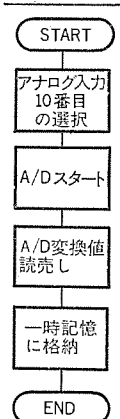
; I01, I02, I02, I03 → MW10

図 10. 条件付転送のプログラミング

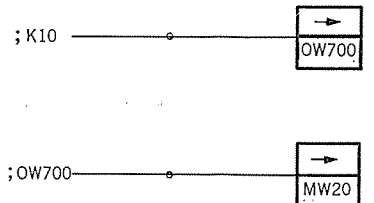
(a)例題 10番目のアナログ入力に対しA/D変換を行い、その値を一時記憶(MW20)に格納する



フローチャート



(b)プログラミング1



プログラミング2

; K10 → OW700 ; OW700 → MW20

図 12. アナログ入力のプログラミング

6. む す び

この論文は、当社が新しく開発したプログラマブルコントローラに関し主に、ソフトウェアシステムの面から基本を紹介したものである。近年のプラントコントロールシステムは上位に電子計算機を有する大規模なシステムが多いが、計算機の下位につながる、DDCレベルのコントローラあるいは、シーケンスコントロール用コントローラとして最適なコントローラが重要である。

このようなコントローラを開発するとき、どのような項目について検討を加え、どのような考え方で解決し、その結果《MELPLAC》が有するに至った特徴を記してある。

最後に、プラントコントローラの開発課程に種々ご検討いただいた、ユーザーの皆様へ感謝の意を表する次第である。(昭和51-12-10 受付)

マイクロプロセッサの計算機及び周辺端末機器への応用

大川 清人*・今村 貞良*・江村 弘*・西田 考一*・三浦 裕史*

1. ま え が き

当社製マイクロプロセッサ、《MELPS》8 (Mitsubishi Electric LSI Processor Series 8) の発表に相前後し、当社におけるマイクロプロセッサ応用製品の開発が急速に立上がり、既に大半の製作所でマイクロプロセッサ応用製品の開発に着手している。

特に、計算機並びに周辺端末機器関連分野においては、早くからマイクロプロセッサの導入を検討し、利用技術の確立を図り、かつ、クロスアセンブラ、クロスコンパイラ (PLI/μ)、更にはデバッグマシンなどのサポートシステムを整備しつつ、各種の応用製品を開発してきた。

これらの応用形態を分類すると、

- (1) 計算機への応用
- (2) 周辺端末機器への応用
- (3) コントローラへの応用

に大別することができる。

計算機への応用としては、《MELCOM》70 モデル 20、25、《MELCOM》80 モデル 8 などがその例であり、従来からあるソフトウェアの財産をそのまま引継ぎとするのが特徴である。

周辺端末機器への応用とは、計算機システムにおける処理の分散化に対応して、周辺端末機器側である種の処理を分担させるためにマイクロプロセッサを導入するものを指し、特に端末機器においては、現状のマイクロプロセッサの能力が、端末機器に適合していることもあり、インテリジェントディスプレイなど、種々の応用製品が開発されている。

コントローラへの応用とは、従来ハードウェアで制御していたロジックをプログラム制御方式に置換するようなものを指し、マイクロプロセッサ外部回路とのむすびつきが密で、ハードウェア設計技術とソフトウェア設計技術の両方が要求される分野である。

ここでは、各応用分野における代表例として、下記4件を取り上げ、マイクロプロセッサの応用に焦点を当て、その内容を紹介したい。

計算機への応用例：

- (1) 《MELCOM》70 モデル 20、25

マイクロプログラム制御方式のバイポーラ LSI プロセッサを採用している。

- (2) 《MELCOM》80 モデル 8

N MOS 8ビットマイクロプロセッサ (M 58710 S) により、デュアルプロセッサシステムを構成している。

周辺端末機器への応用：

- (1) M 2350 インテリジェントディスプレイ

N MOS 8ビットマイクロプロセッサ (M 58710 S) を採用し、簡易なオペレーティングシステムを導入している。

コントローラへの応用：

- (1) A 5488 フレキシブルディスク接続機構

ハードウェア制御向きのマイクロプログラム制御方式バイポーラ LSI プロセッサを採用している。

2. 《MELCOM》70 モデル 20、25 への応用

《MELCOM》70 モデル 20、25 (以下 M 70/20、25 と略称する) は、従来からある《MELCOM》70 (以下 M 70 と略称する) とソフトウェア及び入出力装置の両面において、上位方向の互換性を有する新形ミニコンシリーズである。

M 70/20、25 の中央処理装置は、制御方式をマイクロプログラム制御方式にしており、この点が中央処理装置のアーキテクチャとして M 70 と大きく異なっている。かつ、M 70/20、25 の中央処理装置の演算制御部には、国内では初めてバイポーラタイプのマイクロプログラム制御方式のマイクロプロセッサ (MMI 社、MM 6701) を採用している。

MM 6701 を採用した主な理由は、使用部品点数の削減による実装コストの低減を図ることは当然のことながら、MM 6701 がマイクロプログラム制御方式化に向いており、高速かつアーキテクチャがミニコン向きであることである。

2.1 マイクロプロセッサの使用法

M 70/20、25 の中央処理装置の論理構成を図 1. に示す。図 1. の破線で示した部分にマイクロプロセッサを使用しており、中央処理装置の演算制御部の大部分を占めている。図 1. の左半分はマイクロプログラム制御部であり、マイクロ命令を格納する 1 Kビット P ROM 素子及び ROM 制御のための TTLMSI、SSI ロジックにより構成している。

図 2. は MM 6701 の内部の論理構成を示す。これらの各要素は、M 70/20、25 の中央処理装置の中で、次のように有効に利用されている。

ALU 部：ALU 部 (すなわち、論理演算及び算術演算を実行する回路)

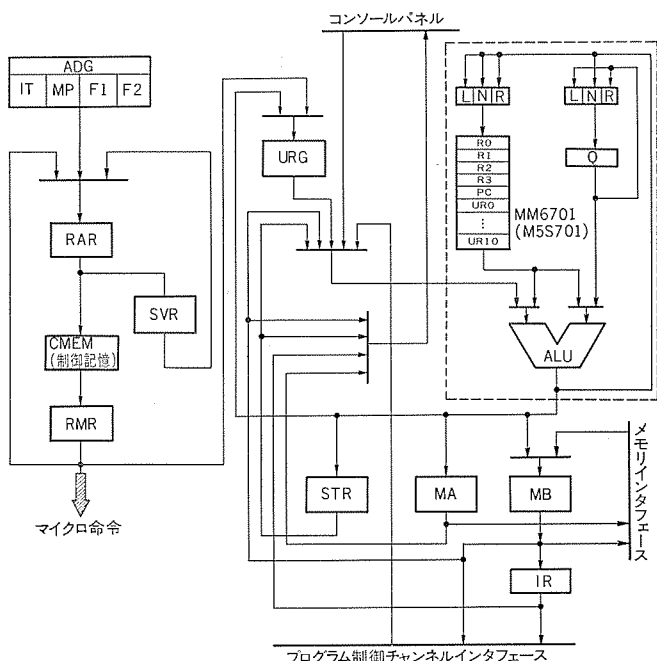


図 1. 《MELCOM》70/20、25 中央処理装置の論理構成図

Qレジスタ	: マイクロプログラムの実行で使用する16ビットのレジスタ
シフタ	: 演算レジスタ、ユニバーサルレジスタなどの右シフト、左シフト制御
マルチポートRAM:	
4語	16ビットの演算レジスタ ($R_0 \sim R_3$)
1語	プログラムカウンタ (PC)
その他	マイクロプログラムの実行で使用する16ビットのユニバーサルレジスタ ($UR_0 \sim UR_{10}$)

また、M 70/20, 25 で使用している MM 6701 の タイミングチャートを図 3. に示す。

2.2 マイクロプロセッサ導入の効果

MM 6701 導入に当たっては、受入検査などに関していくつかの問題はあったが、その効果も大きい。中央処理装置への導入の主な効果として、次のものが挙げられる。

(1) 実装効率の向上

M 70 の中央処理装置よりも、各種の機能追加を行ったが、中央処理装置の論理カードは5枚から2枚に削減することができた。ただしこれは MM 6701 採用による直接的効果よりも、MM 6701 の採用によりマイクロプログラム制御方式化が容易に実現し、ハードウェアが簡素

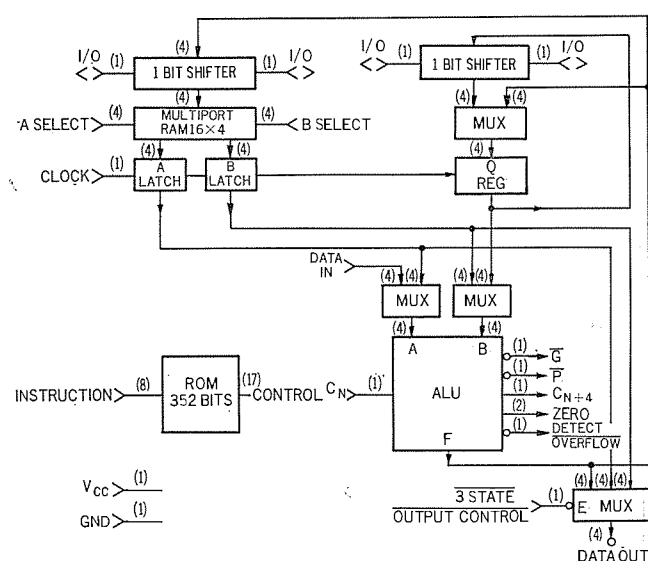


図 2. MM 6701 の論理構成図

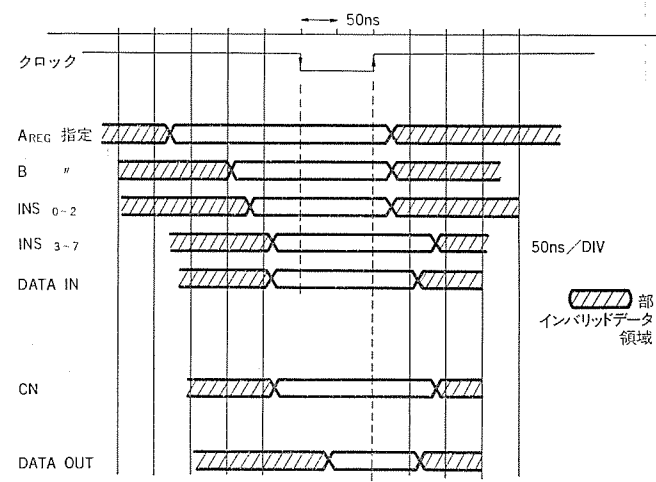


図 3. 《MELCOM》70/20, 25 における MM 6701 の使用タイミング

化されたことと、高密度・大形プリント基板の採用により実装密度が向上した点に負うところが大きい。

(2) コスト低減

現時点では、部品としてのコスト低減のメリットよりも、前述の実装密度の向上による実装コスト低減のメリットのほうが大きくいっている。

(3) 高速性

一般にマイクロプログラム制御方式化は、機能の追加・向上は容易であるが、動作速度は低下する場合が多い。M 70/20, 25 では、MM 6701 の高速性と、マイクロプログラム格納用 ROM 素子の高速性 (アクセスタイム 60 ナノ秒) により、速度の低下を抑えながら、中央処理装置の機能追加・向上を実現した。

(4) マイクロプロセッサに対する意識の高揚

開発段階から量産に至るまで、種々の技術的問題点に遭遇し、これを解決してきたが、検査部門、設計部門、製造部門がそれぞれの立場でマイクロプロセッサの本格的な導入に対処する手掛かりを掴んだこと、これらは今後検査設備、製造設備の投資及び技術開発の進め方などに生かされてくると期待している。

3. 《MELCOM》80 モデル 8 への応用

《MELCOM》80 モデル 8 (以下 M 80/8 と略称する) は、オフィスコンピュータの代表機種である、当社 M 80 シリーズの下位機種として開発された計算機で、M 80 シリーズ共通の高級言語 COOL が使用できる。

M 80/8 は、LSI の時代に生まれた計算機としてふさわしく、中央処理装置に2個のマイクロプロセッサを採用したデュアルシステムで、小形化、低廉化、低消費電力化はもとより、信頼性向上をねらっている。

中央処理装置以外に、オプションとして接続できるオンラインアダプタにもマイクロプロセッサを採用し、回線接続への適合性を強化している。これらのプロセッサはすべて、当社製 N MOS 8ビット LSI プロセッサ《MELPS》8を採用している。

ここでは、デュアルプロセッサとして特長のある、中央処理装置への応用についてその内容を紹介する。

図 4. に M 80/8 の外観を、図 5. にシステム構成図を示す。

3.1 マイクロプロセッサの使用法

中央処理装置は、システムメモリ (ファームウェア) によって制御されるが、その主な機能に次のものがある。

(1) プログラムの自動読込み

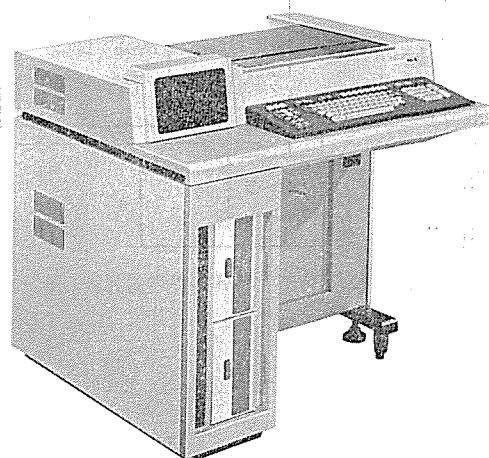


図 4. 《MELCOM》80 モデル 8 の外観

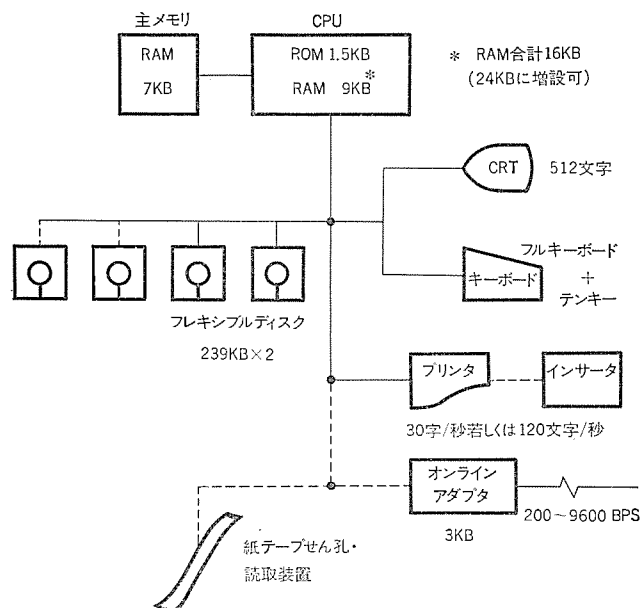


図 5. 《MELCOM》80 モデル 8 システム 構成図

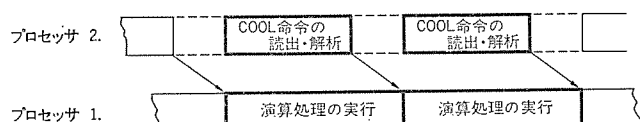


図 6. デュアルプロセッサの平行動作

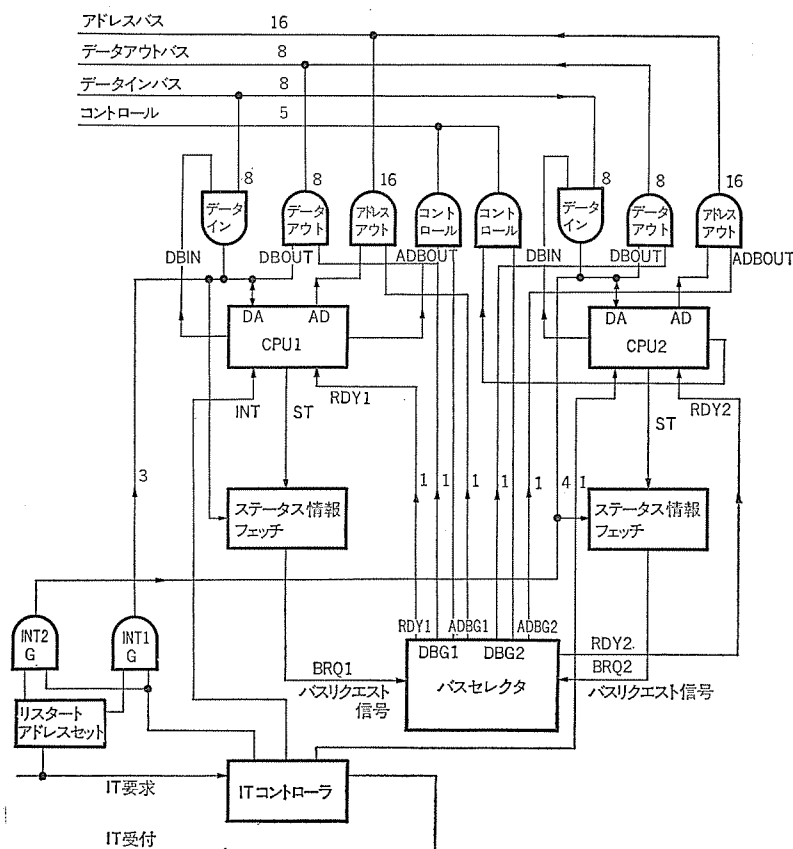


図 7. 《MELCOM》80/8 中央処理装置の論理構成図

- (2) キーボードの操作監視
- (3) COOL 命令の読出し、解析
- (4) COOL 命令の実行
- (5) タイプライタ、フレキシブルディスク、ディスプレイなどの入出力装置の制御

通常これらの機能は、2個のマイクロプロセッサにそれぞれ次のように分担させて動作するが、いずれかのプロセッサが故障したときは、正常プロセッサ1個で、全動作を行うことができる。

プロセッサ 1: プログラムの自動読込み

COOL 命令の実行

入出力装置の制御

プロセッサ 2: キーボードの操作監視

COOL 命令の読出し、解析

特に、演算処理部分の動作は、図 6. に示すように命令の読出し、解析と演算処理の実行とを平行動作させることにより、プロセッサ 1 個使用の場合より 1.3 倍から 1.7 倍の性能向上を実現している。このようなデュアルシステムを実現している中央処理装置の論理構成図を図 7. に示す。

3.2 マイクロプロセッサ導入の効果

M 80/8 へのマイクロプロセッサ導入の効果として、次のようなものが挙げられる。

(1) コストパフォーマンスの向上

M 80/8 は、M 80 シリーズの下位機種とは言え、512 文字の表示が可能なキャラクタディスプレイを内蔵し、マンマシンインタフェースの向上を図っている。マイクロプロセッサの導入によりこれらが安価に実現できたと言える。

(2) 信頼性の向上

信頼性向上の第一の要素は、マイクロプロセッサによる中央処理装置のデュアルシステム化が挙げられる。M 80/8 においては、マイクロプロセッサによる制御範囲が、キャラクタディスプレイ、プリンタ、フレキシブルディスク等の制御装置にまで及んでいるため、信頼性向上の効果は大きい。

また、マイクロプロセッサ採用により、下位機種にもかかわらず自己診断機能を豊富に持たせることが可能になったので、従来のものに比べ、RAS 機能が大幅に強化されたと言える。

(3) 小形化

LSI マイクロプロセッサの採用と、徹底したプログラム制御方式の採用により、大幅にハードウェアを削減できたこと、及び電源の小形化により、1 段上の M 80/11 に比べ、箱体の大きさが一挙に半分にになり、1 箱体にすべての機能を実装することができた。その結果、事務機より 1 回り小さいスペースに設置することができ、スペースコストの低減が図れた。

4. M 2350 インテリジェントディスプレイへの応用

M 2350 インテリジェントディスプレイ装置（以下 M 2350 と略称する）は、当社の M 345 キャラクタディスプレイ装置の上位機種として開発された CRT ディスプレー中心のインテリジェント端末である。

インテリジェント端末の主な機能は、従来ホスト計算機で行われていた情報処理機能の一部を分担し、かつオペレータインタフェースの向上を図って、計算機システム全体の能力を上げることにあるが、その実現手段として、端末処理装置へのマイクロプロセッサによるプログラム制御方式を導入する手法を採用した。

ここでは、その内容を紹介する。図 8. に M 2350 の外観と、図 9. にシステム構成図を示す。

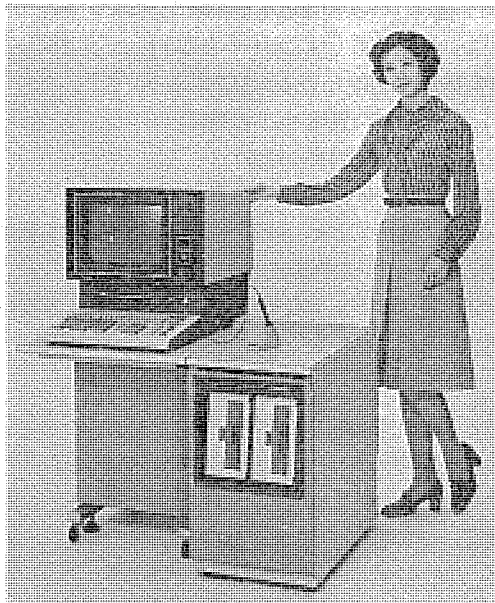


図 8. M 2350 インテリジェントディスプレイ 装置

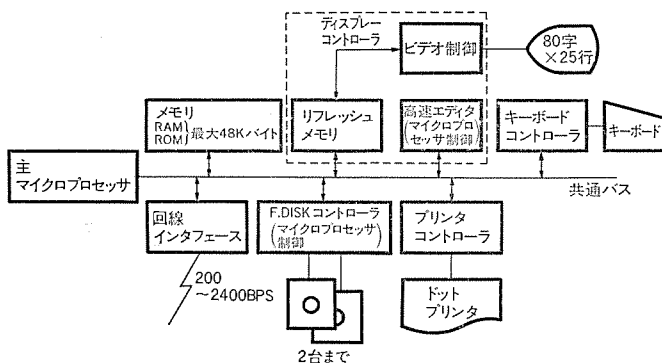


図 9. M 2350 インテリジェントディスプレイ 装置 システム 構成図

4. 1 マイクロプロセッサの使用法

端末処理装置の主な機能に次のものがある。

(1) 各種入出力装置の制御

入出力装置としては図 9. に示すように、CRT ディスプレー、フレキシブルディスク、回線制御装置、キーボード、ライトペン、プリンタなどがある。

(2) FCP (Format Control Program) のアセンブル、FCP はいったん中間言語におとされ、中間言語がそのまま直接実行される。

(3) 中間言語の直接実行

これらはすべて、一つのマイクロプロセッサにより制御され、かつ個々の動作は同時動作が必要であるため、簡単なリアルタイム・モニタを導入している。M 2350 のプログラム構造を図 10. に示す。

ここで採用したモニタは、端末装置の特殊性を配慮し、オーバヘッドを可能な限り小さくし、かつ8個までのタスクの管理を可能にしている。タスクの状態遷移図を図 11. に示す。

4. 2 マイクロプロセッサ導入の効果

端末装置に対する要求は、さまざまなものがあるが、主なものを挙げると次のようなものがある。

(1) インテリジェント化

(2) 小形化

(3) アプリケーションに対する適合性

(4) 社会環境に対する適合性 (低騒音など)

インテリジェントディスプレイ装置はこれらの要求を満たすことができる有

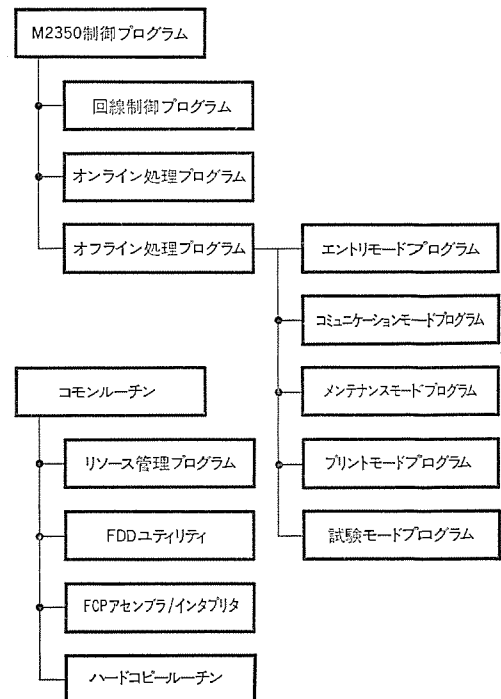


図 10. M 2350 インテリジェントディスプレイ 装置の プログラム 構造

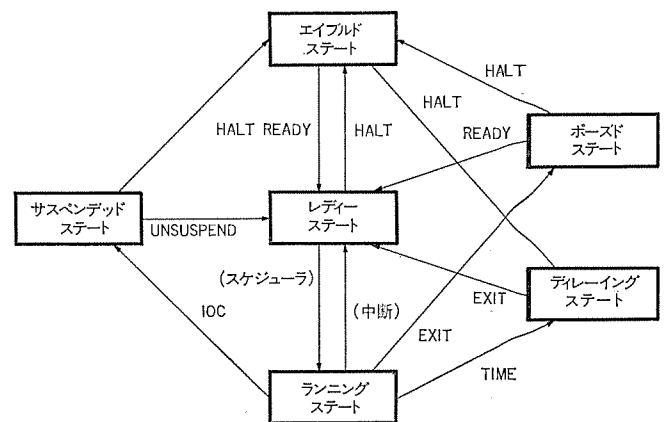


図 11. M 2350 のタスクの状態遷移図

望な端末装置であるが、特にマイクロプロセッサの導入の効果が著しいものとして次のものがある。

(1) 安価で、小形のインテリジェント端末の実現

従来、プログラム制御方式を実現する手段としてはミニコンピュータの導入が一般的であったが、スタンダードタイプの端末にミニコンピュータを導入することは価格的に無理であった。マイクロプロセッサの導入により、この問題を解決し、安価かつ小形のインテリジェント端末を実現した。

(2) ハード、ソフト共にフレキシブルな端末の実現

端末装置に対するアプリケーションからの要求は多種多様であるが、これらの要求に適合した端末を提供することが、端末に課せられた課題である。

その一解決法として、フレキシブルな端末を提供することが考えられるが、端末装置にマイクロプロセッサによるプログラム制御方式を導入することができたために、このことが可能になった。

5. A 5488 フレキシブルディスク接続機構への応用

フレキシブルディスクは小形・軽量のわりに記憶容量が大きく、低価格、再使用可能、操作音が静かである、など種々の利点をもっているた

め、紙カードや紙テープに代わる媒体として近年注目を集めている。

A 5488 フレキシブルディスク 接続機構は、《MELCOM-COSMO》500 の入出力装置の一つである M 2871 フレキシブルディスク 装置の制御装置として開発されたもので、入出力多重制御装置 (PMX) を通して多重入出力処理装置 (マルチプレクサ・チャンネル) に接続され、M 2871 フレキシブルディスク 制御装置に内蔵されている 2 台のディスクドライブを制御する。

ディスクフォーマットは IBM 3740 システムと互換性を持ち、データエントリシステムにおけるオンライン入出力装置、あるいはプログラムローダとして用いのに適している。また、マイクロプロセッサを採用してフォーマット制御やシーク制御などの複雑な制御をマイクロプログラム制御しているため、部品点数の減少による小形化、低価格化を実現したばかりでなく、エラーチェック機能の充実によって高い信頼性を得ている。

5.1 マイクロプロセッサの使用法

フレキシブルディスク 接続機構は、図 12. に示すように三つの部分から構成されている。

PMX インタフェース部、及びデバイスインタフェース部は、マイクロプロセッサ部により制御される。マイクロプログラムは 1 語 32 ビットから成り、ROM から読出されて ALU、プログラムアドレスコントローラ及び外部フラグコントローラに加えられる。

ALU はビットスライスのショットキーパイプー・マイクロプロセッサで、8 ビットである。

A 5488 フレキシブルディスク 接続機構の機能のうち、主なものとして次のものが挙げられる。

- (1) シーク機能 (指定トラックへのヘッドの移動)
- (2) リード機能 (データの読出し)

- (3) ライト機能 (データの書込みと再読出しによるチェック)
- (4) イニシャライズ機能 (フォーマットの書込み)
- (5) IPL 機能 (初期プログラムの自動読込み)
- (6) アテンション機能 (媒体セットの報告)
- (7) センス機能 (状態情報の報告)

5.2 マイクロプロセッサ導入の効果

マイクロプロセッサの採用により、小形・低価格ながら豊富な機能を備えた、ユーザの使いやすい制御装置が実現できた。

《MELCOM-COSMO》500 では外にもマイクロプロセッサ採用の入出力制御装置を開発中であり、マイクロプロセッサ部と PMX インタフェース部の回路はこの接続機構と共通化されている。

このように、マイクロプログラムとデバイスインタフェース部の変更だけで他の制御装置と共通化できるという柔軟性も、マイクロプロセッサ方式の大きな利点といえる。

6. む す び

以上に述べたように、計算機並びに周辺端末機器関連分野においても、さまざまな形態で、広範囲にマイクロプロセッサが利用されつつある。

しかし、マイクロプロセッサは、一見従来の MSI、SSI と同様の部品としての形態をなし、本来部品として取扱われるべきものではあるが、機能が大きいだけに人的資源若しくは設備の面で恵まれた環境にある計算機関連分野においても、その利用技術を確立するまでにはマイクロプロセッサの評価からはじまり、デバッグ方式の確立、ファームウェア人口の確保、検査体制の確立など、さまざまな問題を解決しなければならなかった。

今後、マイクロプロセッサは、従来計算機とは直接的な関連のなかった分野にまで浸透して行くであろうが、これらの分野での利用規模が拡大するに従い、上記の問題が表面化してくることを心しておく必要がある。

更に、計算機関連分野においても一応の利用技術の確立ができていたとは言え、より一層の利用範囲、並びに規模の拡大に伴い、より効率のよい開発・製造体制の確立が必要となる。その中でも特に重要なものは、マイクロプロセッサ応用におけるソフトウェアの生産性向上であると言える。

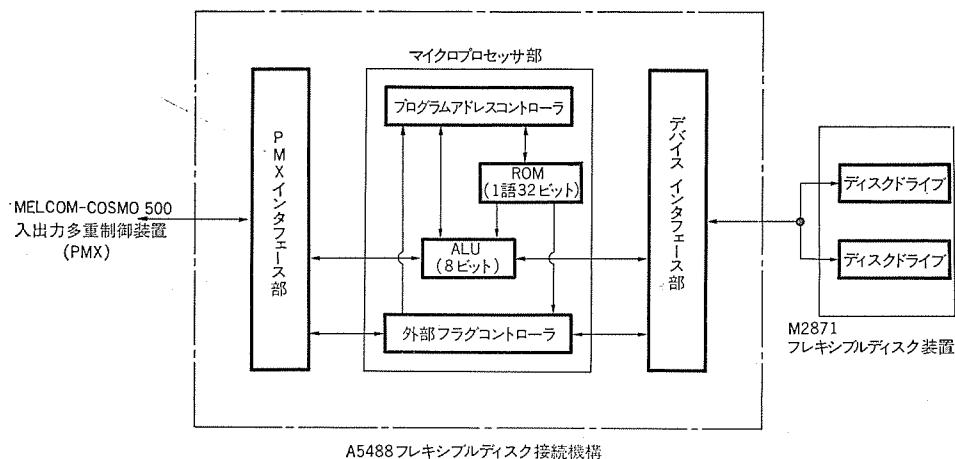


図 12. A 5488 フレキシブルディスク 接続機構 ブロック図

マイクロプロセッサ応用製品

—MUS-10三菱万能計算表示装置の監視・制御への応用—

岩永俊之*・伊藤堅一*・西山幸和*・石橋彰彦*・野村大也*

1. ま え が き

1974年、第2世代のマイクロプロセッサが開発され、産業用電気品の分野においても、その性能、コスト及び信頼性の点から、そのニーズによくマッチしていることが、認められるようになり、急速にこの分野での応用範囲が拡大されるようになった。

今回マイクロプロセッサを主要構成要素とし、表示用としてCRTディスプレイ（カラー又は白黒）を使用したMUS-10はん（汎）用計算表示装置は、複雑、高度な計算処理を伴うプラントの制御や監視用としても最適である。ここにその基本システムの概要と具体的な応用例について述べる。

2. システムの概要

2.1 特 長

MUS-10は次のような特長をもつ。

(1) 耐環境性機器である。

最初、船用として開発されたために、厳しい設置環境条件にも耐えることができる。特に振動、衝撃、電源変動、周囲温度、湿度などの悪条件について、世界の主要な船級規則に適合する。

(2) CRT表示が可能である。

CRTに表示することにより、1画面に多量のデータを表示することができ、更に棒グラフなどのグラフィック表示も可能であるので、その相関関係を知ることが容易である。また、文字やグラフの背景に、磁気ビデオディスク（MVD）にビデオカメラを使って録画された映像が再生され、文字と画とを重ね合わせることができる。複雑な線や写真なども、簡単に録画、再生することができ、画を作るソフトウェアの作業時間が低減される。

(3) 高精度の高速演算が可能である。

マイクロプロセッサは、ミニコンに比べ処理速度が遅いため、高精度の高速算術演算には、一般に不向きであるが、別に高速算術演算処理装置（HSA）を有するので、32ビットのフローティング演算が、約1,400回/秒の高速で処理可能である。（ミニコン並み）。

(4) 遠方データ伝送ができるので、信号線を削減できる。

遠方にある接点信号、並びに测温抵抗体、熱電対、圧電変換器及び電力変換器などのアナログ信号をマイクロプロセッサに、入力データとして伝送するもので、数百点の外部信号に対し、ツイステッドペアを2本布設するだけで、信号の伝送が可能であり、信号ごとに電線を布設する必要はない。遠方（現場）ですべての信号はパルスに変換され、マイクロプロセッサ内部のプログラムによってシーケンシャルに制御され、遠方のデータが順次サイクリックにメモリへ書込まれ、更新される。これらのデータ伝送には専用のLSIを使用したため最大2kmまで伝送可能であり、2kmを越える場合は2kmごとに増幅ユニットを追加すればよい。

(5) ハードコピーができる。

CRTディスプレイに表示されたデータを、ノンインパクトタイプの電子プリン

タによって、記録に残すことができる。このプリンタは印字音が静かで、高速（1行40文字を0.5秒）である。

電子プリンタの代わりに、従来のタイプライタも使用できるので、データロギングのための作表も容易である。

(6) 非破壊読出し形のワイヤメモリのために信頼性が高い。

メモリのRAM/ROM切替えが、スイッチ操作だけでよく、システムディバグが容易である上に、ROMとして使用した場合、非破壊読出し形であるために、記憶内容が変わることなく、高信頼性である。

(7) プログラムのロードは高速な紙テープリーダー（PTR）で処理される。大形計算機《MELCOM》7700を用いたクロスアセンブラにより、オブジェクトテープを作り、このPTRでメモリへ自動的に、高速に書込むことができる。

2.2 構成機器の説明

標準的なハードウェアの構成を図1.に示し、これらの概要について説明する。

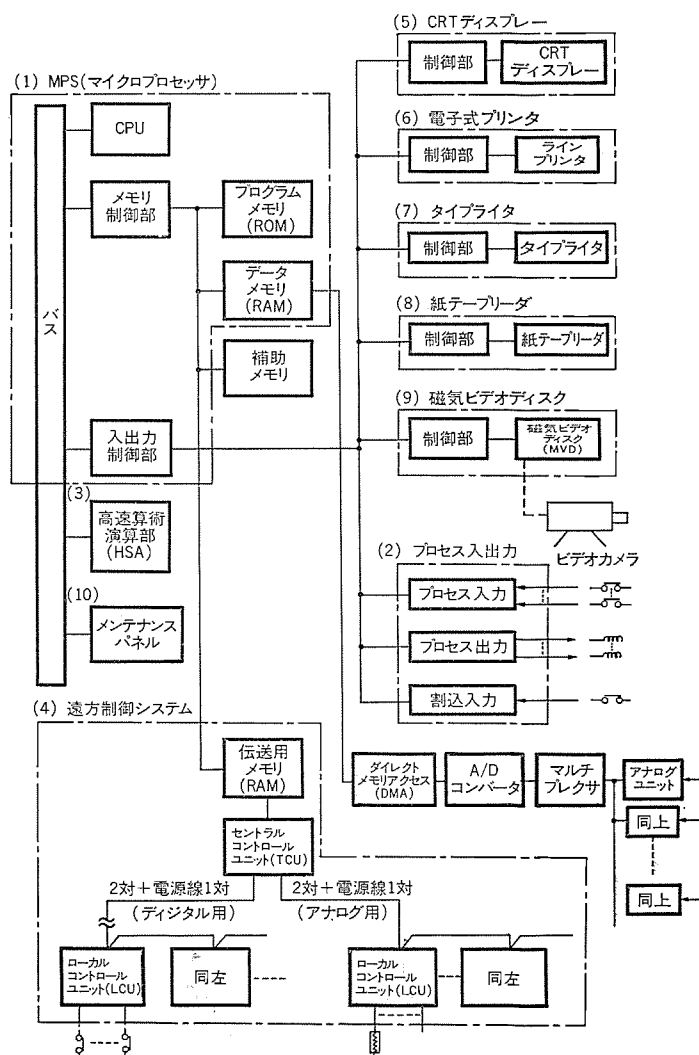


図1. システム構成図

(1) MPS (マイクロプロセッサ)

この装置の中核をなすもので、CPU、メモリとその制御部、入出力制御部より構成され、各種周辺機器と自由に組合せることができる。

(a) CPU……三菱 M 58710 S, 8ビット並列処理1チップ LSI インテル社 8080 と互換性有

(b) プログラムメモリ (ROM)……非破壊読出し式ワイヤメモリ (標準 16 K バイト, 最大 64 K バイト)

(c) データメモリ (RAM)……IC メモリ (4 K バイト単位), ワイヤメモリ (4 K バイト単位), 又は コアメモリ (4 K バイト)

(注) (b) + (c) で最大 64 K バイト

(d) 補助メモリ……フレキシブルディスク (250 K バイト)

(2) プロセス入出力

プロセス機器 (電磁弁, リレー, コンタクト, リミットスイッチなど) との接続を行うもので, 外部からのノイズをしゃ断するために, 入力, 出力共にフォトアイソレーションを行っている。

(a) プロセス入力……16 点/カード, 最大 2,048 点

(b) プロセス出力……16 点/カード, 最大 2,048 点

(c) 割込入力……8 点

(3) 高速算術演算処理装置 (HSA)

一般に MOS 形のマイクロプロセッサは, その処理速度が遅いため, 高精度の演算を高速に処理することができない。これを解決するために, バイポーラ形 IC を採用した高速算術演算装置を並用する。

(a) 32ビットフローティング演算で, 10進数で表現すれば, $2.6 \times 10^{-20} \leq |M| \leq 9.2 \times 10^{18}$

(b) 処理速度……700 μ s / 1 回の計算 (ただしソフトウェアの処理も含む)

(4) 遠方制御システム

デジタル入出力

(a) 方式 サイクリックパルス同期式

(b) チェック方法 伝送線路はフィードバック照合, 入出力信号は 2 連送照合

(c) 伝送速度 20 ms / 30 点

(d) 点数 480 点/セントラルステーション, 2 対ケーブル + 2 心電源ケーブル

アナログ入力

(a) 入力信号 標準 0 ~ 5 V

下記の検出端は, 直接入力できるように, トランスデューサユニットをもっている。

Pt 100 Ω 測温抵抗体, CA 熱電対, 4 ~ 20 mA 電流源, その他, 電力, 周波数, 流量, 積算回転数など

(b) チェック方式, 基準入力照合方式

(c) 伝送速度 2.5 s / 256 点

(d) 点数 256 点/セントラルステーション, 2 対ケーブル + 2 心電源ケーブル

(5) CRT ディスプレー

(a) 白黒テレビ, 14 インチ, 32 字 $\times$ 16 行, 英数字, 特殊記号, グラフ用記号, カタカナはオプション

(b) カラーテレビ, 14 インチ又は 20 インチ, 32 字 $\times$ 26 行, 記号は (a) と同じ

磁気ビデオディスクと組合せ, 文字と画を重ね合わせ可能

(6) 電子式プリンタ

(a) 方式 放電破壊によるノンインパクト方式

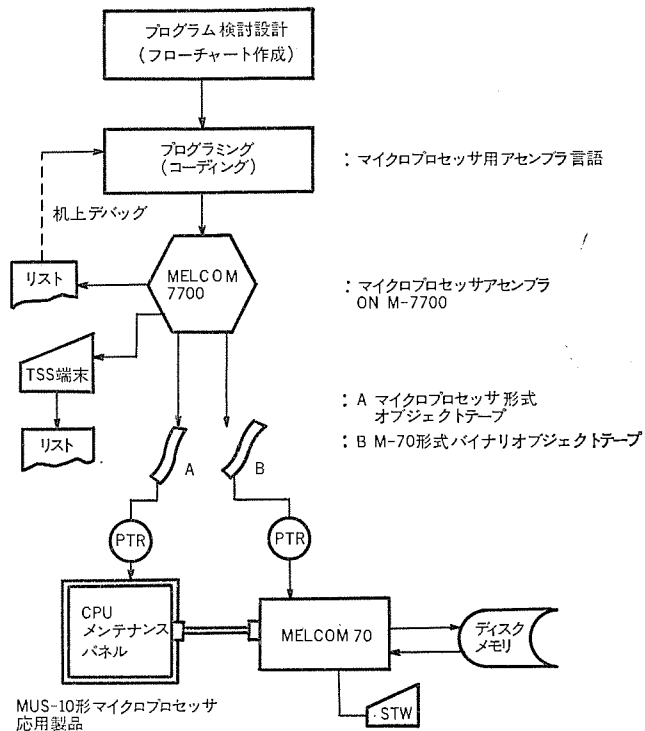


図 2. ソフトウェア作業の流れ

(b) 速度 2 行/秒, 40 字/行

(7) タイプライタ

(a) 方式 固定キャリッジ形

(b) 速度 930 字/分, 130 又は 156 字/行

(8) 紙テープリーダー (PTR)

(a) 方式 光電式

(b) 速度 240 バイト/秒

(9) 磁気ビデオディスク (MVD)

ビデオカメラで撮影した映像を録画し, 再生する。(5) 項 カラー CRT と組合せて文字と画を重ね合わせることができる。

静止画像 最大 230 画面 (白黒), 40 画面 (カラー)

(10) メンテナンスパネル

プログラムのデバッグ, 保守などに使用し次の特長がある。

(a) メモリの RAM/ROM 切換え

(b) データの読出し/書き込みのとき, アドレスのインクリメント, デクリメント

(c) プログラムの実行を任意の番地で停止させるサーチ機能

(d) 他システムのメモリとのデータ授受

2.3 サポートソフト

CPU に使用されるソフトウェアとして, 体系化された《MELPS》8 があるが, これを発展させ《MELCOM》7700 を用いたクロスアセンブラにより, ソフトウェア作業を効率化している。(図 2.)

3. 具体的な応用例

3.1 船用積付け計算機

船舶の安全運航のためには, 船体に過大な応力が発生しないように正確な計算に基づいた貨物, バラスト, 燃料油など適切な積付け計画が必要である。ところが最近では, 貨物の多様化, 船舶の大形化に伴って, 計算作業が複雑化し, 多くの労力と時間を費している。この計算機は, これらを解決するもので最新の船体構造設計法に見合った高度な計算処理を行っており, 計算の結果を CRT に文字とグ

ラフ表示を行い、プリンタによってハードコピーを行う。(図 3.)

3.2 船用主機エンジン遠隔操縦装置

この装置は、船橋(ブリッジ)のコントロールバーの操作により、機関室にある推進用ディーゼルエンジンの始動、停止、逆転及び回転数の制御を行うもので、次の特長をもつ。

- (1) コントロールバーの位置を時刻とともに記録するテレグラフローガー機能がある。
- (2) 各種の設定が、デジタルであるために調整しやすく、経年変化、温度ドリフトがない。
- (3) シミュレーションテスト用のミミックボードがあり、各種のファンクションテストが可能で、更にシーケンスの動作状態を表示灯で確認できる。
- (4) 適切なオペレーションガイドが行える。(図 4.)

3.3 船用エンジンモニタ装置

この装置は船舶の中央機関室に設置され、プラントの運転状態を集中監視するものである。被監視機器に取付けられたセンサからの情報(温度、圧力、リミットスイッチの信号など)は機側のローカルステーションで多重信号に変換され、2対の信号線でセントラルステーションへ伝送されるので、従来装置に比べて、信号線が大幅に削減され、工事費が低減されると同時に保守が容易になり、信頼性が向上している。従来のラッパ・メータを並べた大形の監視盤に代わり、CRT 表示によるコンパクト化を図り、プラントの関連する情報が、CRT に、高密度に表示されるため、状態監視が容易になり、安全かつ経済的運転となった。(図 5., 図 6.)

3.4 冷凍コンテナ監視装置

この装置は冷凍コンテナ船の冷凍コンテナの温度、デフロスト、コンプレッサの運転、コンプレッサ用電源の入切、及びコンテナの接続状態信号を時分割サイクリック方式で多重伝送し、中央監視盤上の CRT ディスプレーによって、これらの状態表示、警報を行い、プリンタにより記録を行う。

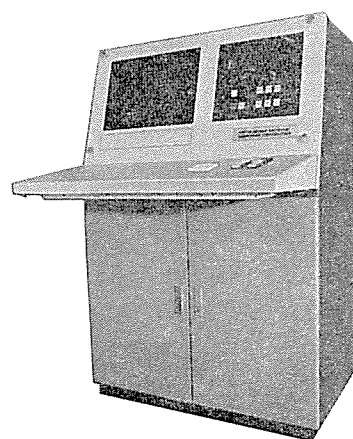


図 3. 船用積付け計算機

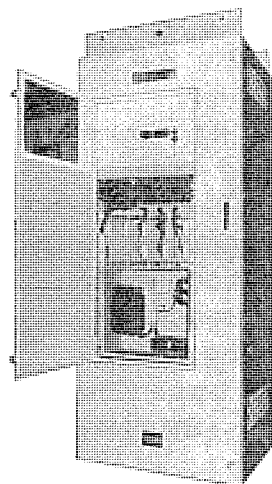


図 4. 船用主機エンジン遠隔操縦装置

更に、運転中のコンプレッサ台数を数え、必要電力を算出して発電機の台数制御も可能である。

従来方式では、1,000 本以上の外線を布設し、中央監視室には数百個以上の表示灯を並べ、多くのタイマ、リレーにより構成されていた。この装置の採用により、外線は 7 心ケーブルを 1 本布設するだけでよく、監視室にはマイクロプロセッサと CRT ディスプレーを含んだ小さなユニットを設置するだけでよい。

3.5 街路環境監視装置

この装置は市街地に設置され、その環境を監視するも

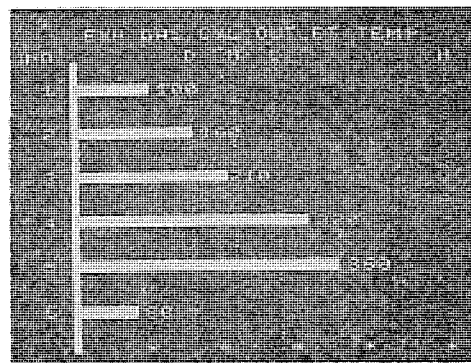


図 5. 船用エンジンモニター排ガス温度監視の CRT 表示

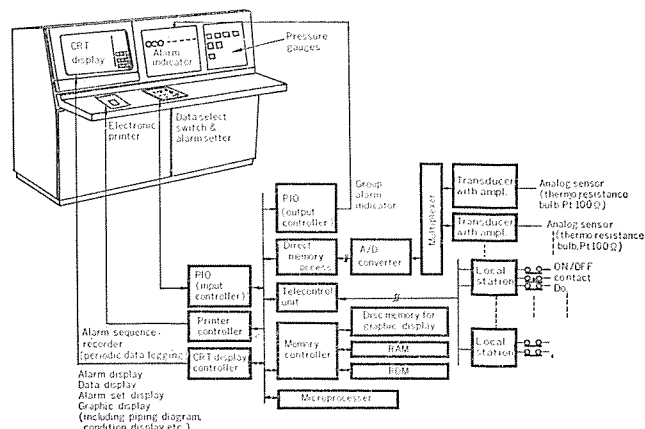


図 6. 船用エンジンモニターブロック図

ので、騒音や大気中の一酸化炭素を自動的に計測し、その平均値を算出し、大形のデジタル表示を行うと同時に、その公害の程度を分かりやすくするためのマンガをカラーテレビに映しだすものである。更に日付け、時刻とともにすべてのデータを自動記録する電子式プリンタをもっている。下記がその特長である。

- (1) デジタル表示器は、表裏 2 色に塗りわけられた球を電磁力によって表示するもので、球切れのある電球式でないで、寿命は半永久的であり、夜昼に関係なく見やすい。
- (2) MVD によりカラーテレビへのイラスト(マンガ)の再生が容易である。
- (3) 自動的に複雑な統計計算処理と記録が行われるので、省力化される。
- (4) 電話回線の利用により、数多くのステーションのデータを、中央監視することができる。
- (5) 風雨にさらされ、直射日光の当たる悪環境下に設置万能である耐環境性機器である。(図 7.)

3.6 工業プラントにおける集中監視

プラント制御で、数多くの機器の集中監視には、従来、各機器に対応した表示灯をもつグラフィックパネルが使用されてきたが、監視項目が多すぎると、パネル寸法が過大になり、監視が困難であった。更に各機器から数百本におよぶ遠距離の電線を必要とした。これらを解決するために、MUS-10 を応用した例を述べる。

3.6.1 排煙脱硫プラントの集中監視

数十台のポンプの運転状態及び数百個の電動弁の開閉状態、シーケンスの進行状態を白黒の CRT ディスプレーに集中表示した。また、多重伝送機能の応用により、信号線数を大幅に削減することができた。(図 8.)

3. 6. 2 製粉工場用大形サイロ制御の集中監視

電動機、電動弁など、500～600個の状態監視用として、20インチカラーCRTディスプレイ3台を採用した。制御フローを磁気ビデオディスク(MVD)に録画しておき、選択信号により所定の画面がCRTに再生され、これに重ね合わせて、機器の運転状態をカラーの文字、記号で表示した。今回は36枚の画面を必要に応じて、操作盤のキースイッチによる選択、運転時に必要な画面の自動選択が行われる。特にプラントの異常時には、最優先に該当画面が自動的に選択され、故障機器のフリッカ表示と故障内容のキャラクタ表示が行われる。(図9～図11.)

3. 7 データロガー

CRTディスプレイ、タイプライタ、電子式プリンタの機能を駆使したデータロガーとしての応用例を述べる。従来のデータロガーと比べ、CRT表示であるため、1度に多量のデータ表示ができ、更にグラフィック表示ができるので、運転員の労力が軽減される。

3. 7. 1 受電設備用データロガー及び制御

この装置は、受電設備において、電力量、電圧、電流、力率などの状態監視、デマンド監視をCRTに表示するとともに、定時、又は任意リクエストによりタイプライタでロギングを行う。

受電設備で重要なデマンド監視は、予測デマンドが上限値を越えると警報を発する。最大デマンド、デマンド残り時間を数字で表示し、デマンドの現在値と最大デマンドとの比はグラフでCRTに表示する。

更に、この装置は進相コンデンサの接続量を自動的に制御し、力率の自動制御も行っている。(図12.)



図 7. 街路環境監視装置

3. 7. 2 浄水場設備用データロガー

受電電圧、電流及び原水流量、配水池水位などのアナログ量をCRTディスプレイにデジタル表示する。また受電線の地絡、過電流事故などの監視、及び配水池水位の異常状態の監視を行い、警報を出すと同時に警報記録用プリンタに時刻と事故内容を記録し、更にCRTにも表示する。

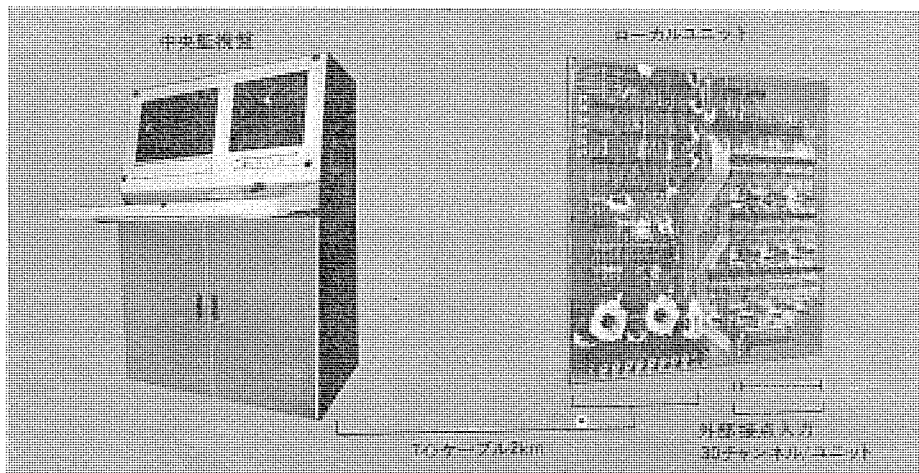


図 8. 排煙脱硫プラントにおける集中監視—中央監視盤とローカルユニット

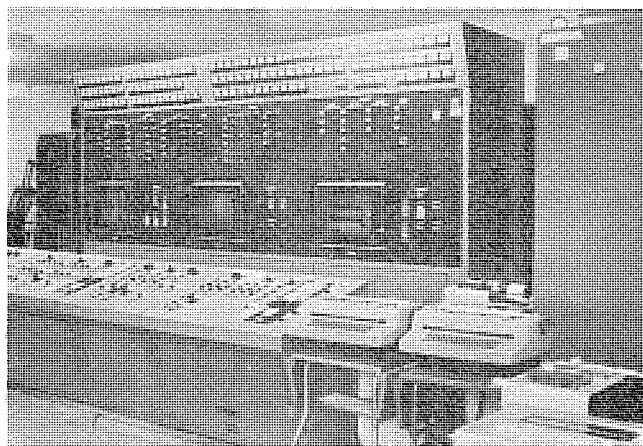


図 9. 製粉工場用大形サイロの集中監視と制御

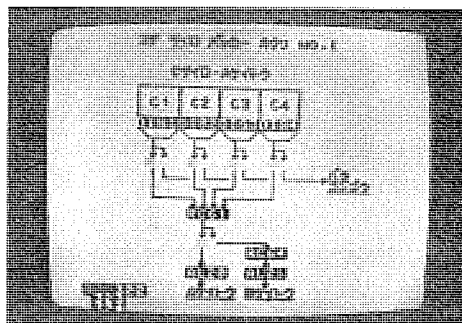


図 10. 製粉工場用大形サイロの集中監視と制御のブロック図

しゃ断器、コンタクタ、ブレーカなどの開閉状態をCRT上に、スケルトンで表示する。(図13.)

3. 8 デバイスコントローラ

マイクロプロセッサをデバイスのコントローラとして使用すると、従来、デバイスごとに異なったコントローラを標準のハードウェアで実現できる。その応用例を次に述べる。

3. 8. 1 カセット磁気テープ、プリンタ用コントローラ

これらの装置は汎用シーケンサ《MELSEC》のプログラム入出力装置であり、《MELSEC》のプログラムを讀出してカセットMTへ記録するDUMP機能、《MELSEC》メモリへカセットMTの内容を転送するLOAD機能、《MELSEC》メモリの内容とカセットMTの内容とを照合するVERIFY機能、プログラムを他の番地へ移すRELOCAT機能などをもっている。プリンタは、《MELSEC》のメモリの内容や、カセットMTの内容のハードコピーに使われる。

3. 8. 2 CRT付きシーケンサ用プログラミングパネル

この装置はシーケンサ《MELSEC》710のプログラミングパネルの機能にCRTの機能を付加したもので、次の特長がある。

- (1) CRTに同時に15行のシーケンスを表示することができる。
- (2) シーケンスを図案化して表示しているために、シーケンスの流れを容易には(把握)することができる。
- (3) オンラインモニタ機能によって、シーケンス

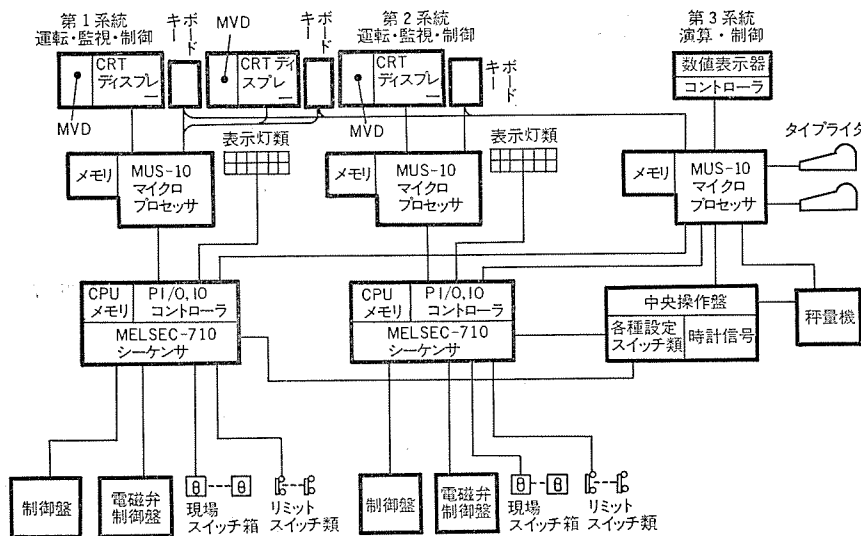


図 11. 製粉工場用大形サイロの集中監視・制御のブロック図

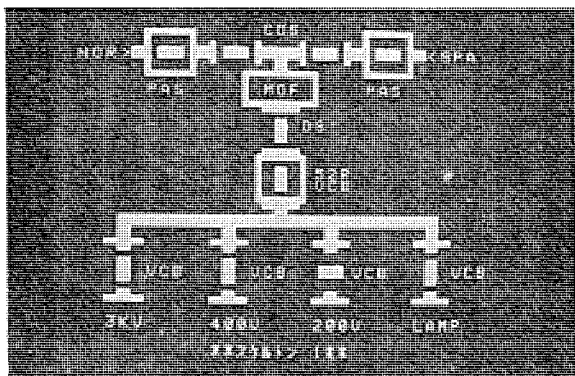


図 12. 受電設備用データログースケルトンの CRT 表示

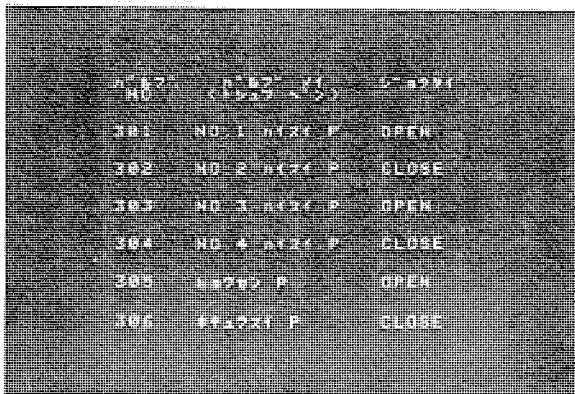


図 13. 浄水場設備用データローガー機器運転状態の CRT 表示

の入出力条件をモニタすることができ、故障の発見が容易となる。(図 14.)

3.9 工業プラントにおける DDC

工業プラント分野における DDC の例として次に示す。これらはいずれも、シーケンサ《MELSEC》710 とロジックレベルで有機的に結合され、MUS-10 は数値演算制御を、シーケンサはシーケンス制御を分担している。

3.9.1 製粉工場用大形サイロ制御

大形サイロを有する製粉工場において、原料や製品の在庫管理、歩留り管理を行いながら、自動運転を行うもので、操作盤のキーボードにより、原料の取出し番号、投入先番号、投入量、銘柄、歩留り値、

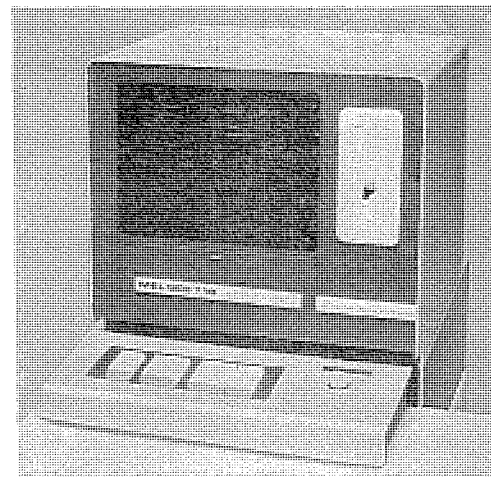


図 14. CRT 付シーケンサ《MELSEC》710用プログラミングパネル

予約番号などを設定し、その内容をデジタル表示器に表示する。取出し投入サイロ番号に従ってシステムが成立し、原料、粉の輸送が行われ、秤量信号が、MUS にフィードバックされ、自動運転される。また、これらの状態はタイプライタ 2 台に定時あるいは任意に打出することができる。(図 9.~図 11.)

3.9.2 焼結鉱の自動サンプリング設備の制御(鉄鋼プラント)

この装置は、高炉へ投入する人工鉱石である焼結鉱の品質を管理するもので、試料の自動採取、各種試験装置への試料供給、最終的に分析センタに試料を送付し、併せて途中の分析データは中央の計算センタに刻々と伝送するものである。《MELSEC》710 と MUS-10 を使用した大規模な DDC システムである。(図 15.)

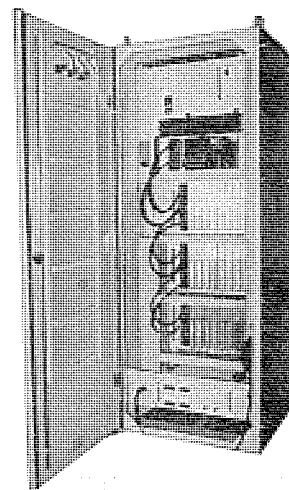


図 15. 焼結鉱の自動サンプリング設備の制御用パネル

4. む す び

従来、コンピュータ化を望みながらも、その経済性、信頼性の面から断念していた分野にも、安価で、危険の分散化が容易に行えるマイクロプロセッサがますます適用されるようになる。特に重電の分野においてこの傾向が強く、今回この分野への適用例について述べた。今後、高度なソフトウェア技術を知らなくても、簡単にプログラムが可能になるキーボードプログラムローダを加えることにより、更に広範囲な分野への応用が期待される。

最後に、これら装置の、製作調整、プラント運転に際して、種々ご指導、ご協力をいただいた関係各位に感謝の意を表する。

参 考 文 献

- (1) 山地, 原口, 萱嶋, 福島, 井村: マイクロプロセッサ応用システム—MUS-10 三菱船用万能計算表示装置—, 三菱電機技報, 50, No. 3, 147 (昭 51)
- (2) 山地, 原口: 汎用計算装置への応用, 情報処理, 17, No. 4, 346 (昭 51)

マイクロプロセッサシリーズの最近の実績

水野忠剛*・井手口哲夫*・大槻貞二郎**・山田 圀裕**・浜野尚徳**

1. ま え が き

半導体技術の進歩によって LSI 化が急速に進み、ワイヤードロジック 部はマイクロプロセッサシリーズにより置き換えられつつある。この傾向はマイクロプロセッサ化によるシステム開発期間の短縮、標準化のしやすさ、信頼性の向上、コストの低減、小形化の実現などによりますます促進されるものと思われる。マイクロプロセッサ化においては、システム設計がシステムフローチャートに基づくプログラム開発に負うところが大きくなり、プログラム作成の効率向上が重要な要素となる。当社では 8 ビット並列処理マイクロプロセッサシリーズ《MELPS》8 (Mitsubishi Electric LSI Processor Series 8) を開発するに当たり、コストパフォーマンスの優れたシステム構成が可能となるように、使いやすき品種の充実とともに、各種の言語プロセッサをはじめ体系化されたツールとしてのソフトウェアをも開発したので、その最近の成果について概要を紹介する。

2. 《MELPS》8 ハードウェア

《MELPS》8 ハードウェアは並列処理 8 ビット CPU を中心にして、LSI メモリ、周辺回路用 IC より構成されている。表 1. に示したように LSI メモリ、周辺回路用 IC に開発品種を追加し、シリーズ製品の充実を図った。図 1. に《MELPS》8 システムブロック図を示す。

2.1 《MELPS》8 CPU

《MELPS》8 CPU (M58710 S) は 8 ビット並列処理の 1 チップ LSI CPU であり、N チャンネルシリコンゲート MOS プロセスにて開発されたものである。この CPU はインテル社 8080 A と互換性をもち、高速処理、多重割込み、直接メモリアクセス (DMA) 等の特長をもっている。

表 1. 《MELPS》8 関連 LSI

形 名	機 能	構 造	特 長
1. マイクロプロセッサ			
M58710 S	8 ビット並列処理 CPU	N, Si	インテル社 8080 A 互換性
2. RAM (Random Access Memory)			
M58721 P ★	256×4 ビット スタティック RAM	N, Si	I/O 端子独立 CS 端子 2 コ
M58722 P ★	"	"	I/O 端子共通 CS 端子 2 コ
M58723 P ★	"	"	I/O 端子共通 CS 端子 1 コ
M58751 P	1024×1 ビット スタティック RAM	"	低電力消費
M58755 S	4096×1 ビット ダイナミック RAM	"	低電力消費
M58756 S ★	"	"	小形パッケージ (16 ピン)
3. フィールドプログラマブル ROM (Read Only Memory)			
M58563 S	256×8 ビット FAMOS ROM	P, Si	小容量低速アクセス
M58651 S ★	1024×4 ビット EAROM	P, Al	電氣的書込み、消去可能
M58732 S ★	1024×8 ビット FAMOS ROM	N, Si	高速アクセス
4. マスクプログラム ROM (Read Only Memory)			
M58730- ×××S	1024×8 ビット ROM	N, Si	BNPF 形式, 16 進形式可 (オブジェクト形式)
M58731- ×××S ★	2048×8 ビット ROM	N, Si	BNPF 形式, 16 進形式可 (オブジェクト形式)
5. 周辺回路用 IC			
M54550 P ★	クロックゼネレータ/ドライバ	B	CPU 専用クロックゼネレータ
M54551 K ★	システムコントローラ/バスドライバ	B	メモリ、I/O 回路制御に適する。
M54552 P ★	8 ビット I/O ポート	B	ラッチ付ドライバ
M58740 S ★	プログラマブルペリフェラルインタフェース	N, Si	種々の I/O 装置制御に適する。
N: N チャンネル P: P チャンネル B: バイポーラ形			
Si: Si ゲート構造 Al: Al ゲート構造 ★: 新製品			

基本構成は図 2. に示すように、四則演算、論理演算を行う“演算論理ユニット”，演算の結果発生したサイン，キャリー，パリティなどを保持する“フラグ F/F”，データを保持するデータレジスタ，CPU に与えられた命令を解説する“命令デコーダ”，命令の読出し番地を指定する“プログラムカウンタ”，CPU の動作を制御する“制御回路”などから構成されている。CPU 外部とのデータの授受はすべて 8 ビットの双方向性データバスを介して行われ、そのアドレス及び I/O ポートの指定はアドレスバスを介して行われる。

次にこの CPU の基本動作を図 3. に従って説明する。まず CPU の初期設定のため RESET を“1”にすると、プログラムカウンタは“0”になり、プログラムの実行は 0 番地から始まる。プログラムの実行中は制御入力信号をモニタし、割込要求 (LNT=1) があれば、その要因に応じた割込処理ルーチンに飛ぶ。またホールド要求 (HOLD=1) があれば、データバスとアドレスバスをフローティング状態にし、CPU は停止する。この状態ではデータバスとアドレスバスは CPU から開放されるため DMA 転送などが可能になる。更にプログラム実行中に外部メモリや I/O 装置などの外部装置とのデータ授受の必要が生じた場合には、外部装置が READY 状態 (READY=1) にあるかをモニタ

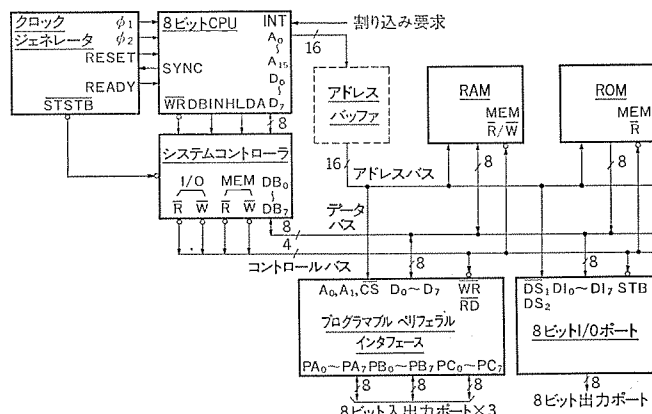


図 1. 《MELPS》8 システムブロック図

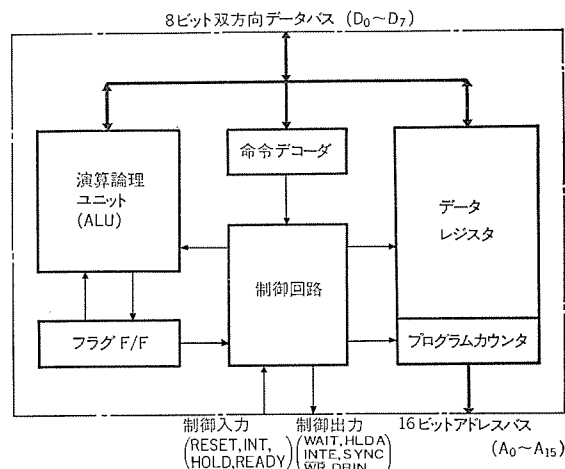
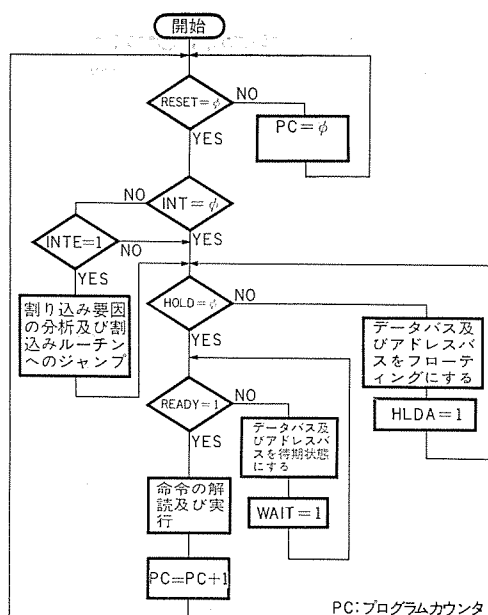


図 2. 《MELPS》8 CPU のブロック図



し、READY 状態になれば CPU は データバス、 アドレスバス 出力を動作状態にして待機 (WAIT=1) し、 外部装置が READY 状態になるのを待つ。この機能は非同期に外部装置とのデータ授受を可能にするため、種々のスピードのメモリや I/O 装置と直結が可能になる。

2.2 LSIメモリ

CPU (M 58710 S) とともに使う LSI メモリとしてデータ記憶用の RAM と制御プログラム用の ROM がある。RAM としては小容量メモリに適したスタティック形 1,024 (256×4) ビット RAM 3 品種 (M 58721 P, M 58722 P, M 58723 P) を追加した。この RAM は入出力、電源端子とも TTL レベルで駆動可能であるとともに、非動作時のパワーダウン機能 (標準値 22.5 mW)、高速アクセスタイム (450~250ns) のものを選別可能のように設計されている。また比較的大容量のデータメモリ用として小形パッケージ (16 ピン) のダイナミック形 4,096 ビット RAM (M 58756 S) の開発を完了した。

制御プログラム用メモリとしてユーザが自由に書込みのできる NMOS 形 4,096 (1,024×4) ビット EAROM (M58651S), FAMOS 形 8,192 (1,024×8) ビット PROM (M58732S), 及び LSI 製造時に書込みを行う 16,384 (2,048×8) ビットマスクプログラム ROM (M58731-×××S) を《MELPS》8 シリーズ 製品として追加した。EAROM (M58651S) は電氣的に消去、書込みが可能なこと、消去、書込み電圧が 28 V と比較的低電圧であること、書換え回数が 10^6 回と ROM としては無制限に近いこと、読出し回数が 2×10^{11} 回であることなどより、小量多機種の入出力装置の制御用、不揮発性のデータファイルメモリ等への使用が適している。

2.3 周边回路用 IC

《MELPS》8 の周辺回路用 IC として 4 品種の開発を完了した。クロックジェネレータ (M 54550 P), システムコントローラ (M 54551 K), 8 ビット I/O ポート (M 54552 P) のパイプライン形 3 品種と プログラマブル ペリフェラル インタフェース (M 58740 S) の MOS 形 1 品種である。

クロックジェネレータ(M 54550 P) は CPU のクロック信号 ϕ_1 , ϕ_2 , ϕ_2 同期の RESET 信号, READY 信号などを発生する。システムコントローラ(M 54551 K) は《MELPS》8 システムを構成する RAM, ROM, I/O 回路に R/W 信号を与えると

ともに、駆動能力の大きい 8 本の I/O バスドライバは CPU のデータバスを実際に RAM, ROM, I/O 回路が接続されるデータバスから分離し、システムの駆動能力、ノイズ余裕度を高める。また制御信号の最適化を図りおそい I/O 装置、メモリを使うことを可能にしている。8 ビット I/O ポート (M 54552 P) は 3 ステートの出力バッファ回路を備えた 8 ビットのラッチで構成され、出力シンク電流は 15 mA の規格をもち周辺装置の駆動用に適している。

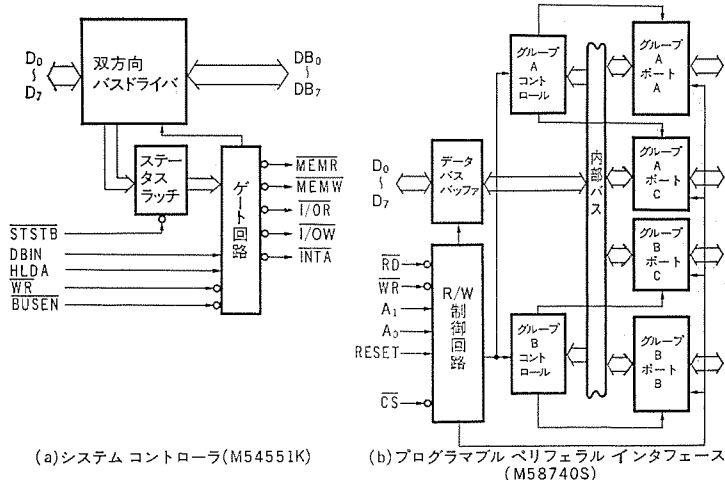
プログラムマブル パリフェラル インタフェース (M 58740 S) は システムソフトウェアにより プログラム 可能な入出力 インタフェース 回路で入出力ポートとして 応用範囲の広い MOS LSI である。24 ビットの 入出力端子をもち基本的には 8 ビット 入出力ポート 3 個に相当する。24 ビットの 入出力端子は 12 ビットの A と B の二つの グループに分けられ、CPU からのモード 制御命令により、それぞれ独立に プログラム できる。モードは 大別して 3 種 (モード 0、1 及び 2) ある。モード 0 では 8 ビット 入出力ポート 2 個、4 ビット 入出力ポート 2 個がそれぞれ入力あるいは出力ポートとして 使用できるよう プログラム できる。モード 1 では 24 個の入出力端子は プログラム で グループ A と グループ B に分けられる。各グループとも 8 ビットが 入力あるいは出力の データポートとして、残り 4 ビットがデータ 又は制御用として 割込制御信号などに用いられる。モード 2 はグループ A のみに用いられ、8 ビットの 双方向性バス と 5 ビットの 制御信号として 使われる。CPU からの 命令により 8 ビットのうち 任意のビットが セット又はリセット できる。このように 種々の 入出力信号の組合せ信号を システムソフトウェア により プログラム できることを 特長としている。

図 4. に、システムコントローラ及び、プログラマブルペリフェラルインタフェースのブロック図を示す。

2.4 LSI の信頼性評価技術

半導体集積回路の品質・信頼性保証の体制等については、既に紹介されている⁽¹⁾ので、LSI 開発における信頼性評価活動を概説し、《MELPS》8 の信頼性物理を説明する。

巨大な回路システムが、小さなシリコンチップに集積される LSI では、ディスクリート半導体や SSI クラスの IC の信頼性評価のように、完成製品の評価だけでは、製品の信頼性向上に必要な信頼性物理の解明は困難である。MOS の LSI 化が急速に進められた昭和 47 年ごろから、筆者らが描いてきた構想は、LSI を構成する単体素子や基本回路を REC (Reliability Evaluation Chips) として、そのプロセスや回路の基本的信頼性と故障に対するメカニズムを追求するというものであった。昭和 49・50 年にその方法をマイクロプロセッサ用 MOS LSI、



及びバイポーラ・ヒューズ式 PROM の開発に適用し、その手法の有効性が証明された⁽²⁾⁽³⁾。

現在、筆者らは、LSI 開発においては REC 評価で信頼性物理が徹底的に究明され、適確な改善が行われて、LSI 完成品の総合的信頼性が評価されるという手法をとっている。

REC による基本的信頼性評価においては、①信頼性上の留意点に対する原因分類、モード分類が可能な REC を開発し、②REC の信頼性加速試験方法を開発し、③その評価により信頼性への影響の有無の研究と、④信頼性に影響する新しい(複合)パラメータ等の因子の発見……等が必要であり、評価技術と解析技術、及びそのための高度な観察・分析ツールを要求される。故障メカニズムを追求し、信頼性物理に対する幅広い洞察力を持たねばならない。表 2. に開発頭初の故障モードとメカニズムを、マイクロプロセッサ RAM, FAMOS, EAROM の例で示す。これらは表 2. に述べた対策により完全に解決している。

完成品の信頼性評価においては、LSI のテスト技術の問題と、LSI

表 2. 開発頭初における故障モードとメカニズム

品 種 (プロセス)	故障モード	故障メカニズム	対 策
CPU (n-MOS (Si ゲート))	・高温ストレスによる接合リーク (n ⁺ 拡散層から p 基板へのリーク電流の発生) ・基板リーク (高温保存・高温高湿保存により発生) ・ゲート破壊 ・サージ破壊	・Al-Si 反応が結晶欠陥などの一部分で起こり、そのため Al が Si 中に入り込み、p-n 接合近くまで達したもののリンを含んだ上積み酸化膜のわずかな導体化により、その下のフィールド酸化膜を介して Si 表面が n 反転する ・ゲート poly-Si 下のゲート酸化膜がオーバーエッチされ空洞ができるため ・LSI テストから発生	・Al-Si 反応防止のためのプロセス変更 ・Si 表面の n 反転防止のためのプロセス変更 ・空洞発生防止のためのプロセス変更
RAM (n-MOS (Si ゲート))	・アクセスタイム不良 ・シングルビット不良 ・リフレッシュ不良	・V _{TH} が高いためアクセスタイムのマージンがなくなる ・メモリセル部のゲート破壊や基板リーク ・同上	・テストプログラム変更 ・プロセスパラメータの変更 ・設計上の変更 ・ゲート耐圧向上 ・基板リークの防止 ・スクリーニング方法の導入
FAMOS (p-MOS (Si ゲート))	・高温保存による記憶“1”の揮発 ・ガラス封止パッケージの耐湿性故障 ・書き込み時の素子破壊	・ゲート酸化膜を通してフローティングゲートの蓄積電荷が逃げる。 ・石英ガラスと封止樹脂の結合が弱く、湿気が浸入する ・書き込み時の高電圧あるは大電流の印加でゲート破壊や p-n 接合破壊が生じる。	・プロセスパラメータの変更 ・スクリーニング方法の導入 ・封止樹脂の改良
EAROM (p-MNOS (Al ゲート))	・読出し動作による記憶“0”の揮発 ・書き込み特性不良 ・アクセスタイム不良	・読出し動作により誤書き込みが起る ・ V _{TH} が高いため、メモリセルにかかる書き込み電圧が低下する ・ V _{TH} が高いため、アクセスタイムのマージンがなくなる	・設計上の改良 ・プロセスパラメータの変更 ・スクリーニング方法の導入 ・プロセスパラメータの変更 ・設計上の改良

表 3. 完成 LSI の信頼性試験結果 (例)

品 種 (形 名)	試験項目	試験条件	試料数	コンポーネント アワー (h・個)	故障数
CPU (M 58710S)	高温動作寿命試験 高温保存試験	T _a =125°C T _a =150°C	25 26	1.25×10 ⁵ 1.3×10 ⁵	0 0
RAM (M 58755S)	高温動作寿命試験 高温 DC バイアス 印加試験	T _a =125°C T _a =125°C	149 66	2.71×10 ⁵ 1.37×10 ⁵	1* 0
FAMOS (M 58563S)	高温動作寿命試験 高温保存試験 紫外線照射試験	T _a =125°C T _a =125°C 4.5mW/cm ²	40 30 10	8×10 ⁴ 6×10 ⁴ 1.5×10 ²	0 0 0
EAROM (M 58651S)	高温動作寿命試験 高温保存試験 書換え動作試験	(1) 記憶保持特性 T _a =125°C (2) 読出し、書込み、消 去特性 T _a =125°C (1) 記憶保持特性 T _a =150°C (2) 読出し、書込み、消 去特性 T _a =150°C T _a =25°C, 10 ⁶ 回/個	20 40 20 20 10	2.2×10 ⁴ 6×10 ⁴ 2.2×10 ⁴ 2×10 ⁴ —	0 0 0 0 0

* ファンクション不良 (240 h)

システムとしての問題とが中心になるが、①巨大なパターンに電氣的ストレスを印加する方法、②チップの回路上の異常箇所を解析する技術等が必要である。表 3. は、表 2. に対応する完成 LSI の総合的信頼性試験結果⁽⁴⁾の中の一例である。いずれも 55°C 換算後の故障率は 100 FIT 前後が推定された。これらは REC 評価を徹底し、プロセスの基本的信頼性を確認、改善した結果である。

3. 《MELPS》8 ソフトウェア

《MELPS》8 を使用したマイクロコンピュータ及びマイクロプロセッサ応用機器のプログラム作成のツールとして本章で述べる各種のサポートソフトウェアがある。

このサポートソフトウェアは、マイクロプロセッサ《MELPS》8 CPU の開発と時を同じくして開発が進められ、現在図 5. に示すソフトウェアの体系化がなされている。これらのソフトウェアの開発に際して、次の二つの基本的な設計方針をとっている。

- (1) 異種計算機システムに対する互換性の保持
はん(汎)用計算機システムで実行されるホストプログラムは、仮想計算機システムへの入力とし、その記述言語は FORTRAN IV で統一化する。
- (2) 各言語プロセッサのオブジェクト言語の一元化
各種言語プロセッサ(例えば、コンパイラ、アセンブラ)の出力であるオブジェクトプログラムを《MELPS》8 オブジェクト言語で統一し、それらの結合を可能とする。

この基本方針に従って開発された各プログラムについて紹介する。

3.1 コンパイラ PL/I μ

3.1.1. PL/I μ 言語機能

PL/I μ 言語は、汎用記述言語 PL/I を母体にし、マイクロプロセッサの機能を十分に表現可能とする言語仕様⁽⁵⁾となっている。PL/I μ 言語機能において有効かつ特徴のある機能について述べ、PL/I μ 言語のもつすべての文形式を表 4. に示す。

(1) データの属性と構造

データの属性を規定するものとして、次の3種類がある。

(a) BINARY, BIT

処理データのタイプを規定する属性であり、BINARY はサインビットを含み、BIT は含まない。

(b) EXTERNAL, INTERNAL

変数の有効範囲を規定する属性であり、EXTERNAL は外部手続きにその有効範囲が及び、INTERNAL は指定された手続き内のみその有効範囲が限られる。

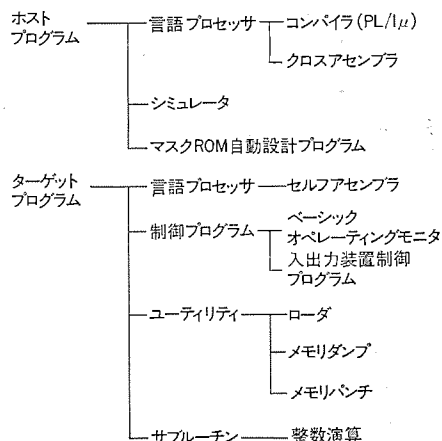


図 5. 《MELPS》8 ソフトウェアの構成

表 4. PL/I μ 文一覽

代入文	[ラベル:] 変数[変数]……=式;
CALL 文	[ラベル:] CALL 手続き名 [(実引数 [, 実引数]……)];
DECLARE 文 (1)	[ラベル:] DECLARE {変数名 [BASED 基底変数] } {BINARY(i) } {ALIGNED 配列名 [BASED 基底変数] (数値) } {BIT(j) } {UNALIGNED {INTERNAL } {INITIAL (定数 [, 定数]……)} ;
(2)	[ラベル:] DECLARE {変数名 [BASED 基底変数] } {変数名 [BASED 基底変数] 配列名 } { (数値) } {BINARY(i) } {ALIGNED BIT(j) } {UNALIGNED } {INTERNAL EXTERNAL } {INITIAL (定数 [, 定数]……)} ;
(3)	[ラベル:] DECLARE ! 主構造名 [BASED 基底変数] [(数値)] {INTERNAL EXTERNAL } { 2 従構造名, { 2 } 基本要素名 {BINARY(i) } {ALIGNED } {INITIAL (定数 [, 定数]……)} , … ; { 3 } {BIT(j) } {UNALIGNED } }
(4)	DECLARE ラベル LABEL [, ラベル LABEL]……;
(5)	DECLARE 文字列定数名 DATA (定数 [, 定数]……), [文字列定数名 DATA (定数 [, 定数]……)];
DISABLE 文	[ラベル:] DISABLE ;
DO (1)	[ラベル:] DO ;
(2)	[ラベル:] DO [制御変数=式 TO 式 [BY 式]] ;
(3)	[ラベル:] DO WHILE 式 ;
(4)	[ラベル:] DO CASE 式 ;
ENABLE 文	[ラベル:] ENABLE ;
END 文	[ラベル:] END [手続き名] ;
ENTRY 文	手続き名: ENTRY [(仮引数 [, 仮引数]……)] {RETURNS {BINARY(i) } } {BIT(j) }
GENERATE 文	[ラベル:] GENERATE (j, {定数 }…… ; {変数 }
GOTO 文	[ラベル:] {GOTO } ラベル ; {GO TO }
HALT 文	[ラベル:] HALT ;
IF 文	[ラベル:] IF 式 THEN 文 [ELSE 文]
ON 文	ON k CALL 手続き名 ;
PROCEDURE 文	[ラベル:] 手続き名: PROCEDURE [OPTIONS (MAIN)] [(仮引数 [, 仮引数]……)] {RETURNS {BINARY(i) } } ; {BIT(j) }
RELOCATE 文	RELOCATE ;
RETURN 文	[ラベル:] RETURN [(式)] ;
空 文	[ラベル:] ;
入出力文	[ラベル:] {変数=INPUT(I) } ; {OUTPUT(I)=式 }
マクロ引用文	[ラベル:] マクロ名 [実引数] [, 実引数]…… ;
%代入文	%(ラベル:) プリプロセッサ変数=式 ;
%ACTIVATE 文	%(ラベル:) ACTIVATE プリプロセッサ変数 [, プリプロセッサ変数]…… ;
%DEACTIVATE 文	%(ラベル:) DEACTIVATE プリプロセッサ変数 [, プリプロセッサ変数]…… ;
%END 文	% END ;
%EXCLUDE 文	%(ラベル:) EXCLUDE ファイル名 ;
%GOTO 文	%(ラベル:) {GOTO } ラベル ; {GO TO }
%IF 文	%(ラベル:) IF 式 %THEN プリプロセッサ文
%INCLUDE 文	%(ラベル:) INCLUDE ファイル名 ;
%MACRO 文	%(ラベル:) MACRO マクロ名 [仮引数 [仮引数]……] ;
%空文	%(ラベル:) ;

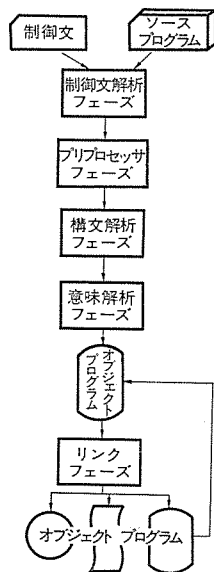
$$1 \leq j \leq 15, 1 \leq j \leq 16, 0 \leq k \leq 7, 0 \leq l \leq 255$$


図 6. PL/I μ 言語プロセッサの構成

(c) **ALIGNED, UNALIGNED**
記憶域の構成を規定する属性であり、**ALIGNED** はバイト単位で、**UNALIGNED** はビット単位に記憶域を割付け
る。

データの構造は、3階層の構造体でかつ1次元配列をとることが可能であり、構造体間の演算として構造式をもつ。

(2) ラベルによる絶対値番地の割付け
PL/ム言語によるプログラムのデータ及び
プロセジヤに対して，ラベルに数値を指定
することにより任意の番地に変数及びプ
ログラムロジック部を割付ける。

(3) 割込処理
外部割込処理手続きに対して、8種類の
入口点をON文により指定できる。

(4) インライン アセンブラ

アセンブリ言語の機械語命令 78 種類のニーモニックをマクロとして定義しており、これを参照 (マクロ展開) することによりインラインアセンブラが PL/μ 文と同等に記述できる⁽⁷⁾。

(5) コンパイル時の操作

コンパイル 実行段階において、10 種類の プリ
プロセッサ文により テキスト の 変更、修正及び
追加、マクロ 定義等が可能である。

3. 1. 2 PL/ μ 言語プロセッサの構成

PL/I μ 言語 プロセッサは、図 6. に示すよう
に五つの フェーズ から構成⁽³⁾されている。

(1) 制御文解析 フェーズ

このフェーズは、コンパイラに与えられた制御情報を解析し、制御情報ファイルを作成する。このファイルは、他のフェーズで参照される。

(2) プリプロセッサフェーズ

テキスト内のプリプロセッサ文の翻訳及び解析、マクロの展開等を行い、ソースプログラムの編集を行う。

(3) 構文解析 フェーズ

このフェーズは、単語解析部と構文解析部から構成される。

単語解析部では、PL/I μ 言語によるソースプログラムを区切記号によって単語に分割し、個々の単語を内部表現形に置き換える。

構文解析部では、単語解析部で生成された内部表現形列を PL/μ の生成規則に従い、左から右への上向構文解析法により構文解析し、逆ポーランド形式の中間言語を生成する。

(4) 意味解析 フェーズ

このフェーズは、意味解析部、最適化処理部及びコード生成部から構成される。

意味解析部では、前フェーズで生成されて意味を解析し、疑似メモリにコードを生成す

最適化処理部では、生成されたコード²に対してオブジェクトの高エネルギー化を図る。

コード生成部では、最適化されたオブジェクトコードを《MELPS》8 オブジェクト言語として出力する。

(5) リンク フェーズ

このフェーズは、テキストリンク部とコード生成部から構成される。

テキストリンク部では、入力された複数の《MELPS》8 オブジェクト言語を表 5. (a) に示す 4 種類のシンボルタイプを表 5. (b) に示すリンク規則に従って一つのテキストにする。

コード生成部では、前フェーズと同様《MELPS》8 オブジェクト言語として出力する。

3.2 アセンブラ

《MELPS》8のアセンブラは、二つのタイプがあり、一つは上位計算機上で実行されるクロスアセンブラと、マイクロコンピュータ上で実行されるセルフアセンブラがある。

表 5.(a) シンボル タイプの種類

シンボル名	意 味
ENTRY	外部参照されるラベルで領域をもつ。
AUTO	EXTERNAL 属性をもつ変数及びスタックポインタ変数で、領域をもつ。
EXTERNAL	外部参照する未定義のラベル名、組み込み関数及びそれに準ずる内部ラベル名で領域をもたない。
INTERNAL	INTERNAL 属性をもつ変数及びラベルで、領域をもつ。

表 5.(b) シンボルのリンク規則

テキスト (a)	テキスト (b)	アブソリュートオブジェクト出力		リロケートブルオブジェクト出力	
		テキスト (a)	テキスト (b)	テキスト (a)	テキスト (b)
ENTRY	ENTRY	注 2	注 2	注 2	注 2
ENTRY	AUTO	ENTRY	INTERNAL	ENTRY	AUTO
ENTRY	EXTERNAL	ENTRY	INTERNAL	ENTRY	EXTERNAL
ENTRY	(INTERNAL) ^{注1}	ENTRY	(INTERNAL)	ENTRY	(INTERNAL)
AUTO	AUTO	INTERNAL	INTERNAL	AUTO	AUTO
AUTO	EXTERNAL	INTERNAL	INTERNAL	AUTO	EXTERNAL
AUTO	(INTERNAL)	INTERNAL	(INTERNAL)	AUTO	(INTERNAL)
EXTERNAL	EXTERNAL	注 3	注 3	EXTERNAL	EXTERNAL
EXTERNAL	(INTERNAL)	注 3	(INTERNAL)	EXTERNAL	(INTERNAL)
INTERNAL	(INTERNAL)	INTERNAL	(INTERNAL)	INTERNAL	(INTERNAL)

注 1 INTERNAL 又は無シンボルを表す
 2 2 重定義エラー
 3 未定義エラー

表 6. アセンブラ 疑似命令一覧

分類	項目	命 令	名 称
アセンブラ 制御 命令		NAM	プログラム名宣言命令
		ORG	プログラムカウンタ設定命令
		ROM	ROM 領域宣言命令
		RAM	RAM 領域宣言命令
		BLK	ブロック宣言命令
リンク記号 指定 命令		END	プログラム終了宣言命令
		ENT	入口名宣言命令
数値記号・メモリ内容定義命令		EXT	外部参照記号宣言命令
		EQU	数値記号設定命令
		DEF	データ設定命令
領域 確保 命令		DADR	アドレス設定命令
		BSS	領域確保命令
リスト 制御 命令		EJE	改ページ宣言命令

基本的なアセンブリ機能を指向したセルフアセンブラに、次の機能を付加したものがクロスアセンブラの機能⁽⁸⁾であり、クロスアセンブラは完全なセルフアセンブラのスーパーセットである。

- (1) マルチアセンブリ機能
- (2) 条件付きアセンブリ機能
- (3) リロケートブルオブジェクト作成
- (4) リンケージ機能

クロスアセンブラのアセンブリ言語は《MELPS》8 CPUの機械語命令に対応する78種類の基本命令と表 6. に示す13種類の疑似命令とから構成される。

3.3 シミュレータ

《MELPS》8 シミュレータは、言語プロセッサである PL/I^μ コンパイラ及びアセンブラが生成した《MELPS》8 オブジェクト言語を入力して、プログラムのデバッグを上位計算機において行う。シミュレータに対する制御命令を表 7. に示す。

3.4 モニタ

表 8. (a) に示す4種類のモニタが開発されている。モニタは、ハード

表 7. シミュレータ制御命令一覧

項目	機能分類	制 御 コ マ ン ド		機 能 説 明
		内 容	命 令 (注 1)	
シミュレータ制御命令	スタート条件設定	シミュレーションスタート 再初期化	START REINIT	使用計算機、コマンド入力機器、スタート番地を指定する。(注 2) START コマンド実行直後の状態にする。
	終了	シミュレーション終了	END	実行を終了し、モニタにもどる。
	プログラムの設定および退避	対象プログラムのロード	LOAD	アブソリュートなオブジェクト又はセーブされていた中間結果をロードする。
		中間結果の退避	SAVE	実行内容及びレジスタ、フリップフロップなど全情報を外部記憶装置に保存する。
実行制御命令	コマンド入力機器の変更	カードリーダーに変更 システムタイプライタに変更	BATCH TYPE	コマンドの入力装置をカードリーダーに変更する。 コマンドの入力装置をシステムタイプライタに変更する。
		対象プログラムの実行開始 対象プログラムの実行開始	GO RUN	停止点を番地と命令数と両方で指定が可能。 HLT まで実行し停止する。
	停止	ブレークポイント指定 ブレークポイント指定解除 ステップ	BREAK NOBREAK STEP	停止点を番地又は、範囲で指定する。 ブレークポイント指定を解除する。 機械語命令の数で、ブレークポイントを指定する。
		ROM 領域指定 ROM 領域指定解除 メモリ保護領域指定 メモリ保護領域指定解除	ROM NOROM PROT NOPROT	この命令で指定した領域が ROM 領域であることを宣言する。 ROM 領域を解除する。 保護する (アクセス不可能) メモリ領域を指定する。 メモリ保護領域指定を解除する。
命令	メモリ領域指定	基数指定 プリントアウトの対象指定	BASE DISPLAY	数値をプリントアウトするときの基数を指定する。 レジスタ、スタックポインタ、プログラムカウンタ、フリップフロップ、I/O ポート、メモリ内容を指定に応じてプリントする。逆アセンブル機能を持つ。
		数値変換 トレース領域指定 トレース領域指定解除	CONV TRACE NOTRACE	現プログラムカウンタ、又は指定した数値を 2, 8, 10, 16進で表示する。 レジスタ、プログラムカウンタ、フリップフロップ及び、実行した命令をプリントアウトしながら、プログラム実行を行う。 トレース領域を解除する。
	データ設定		SET	レジスタ、スタックポインタ、プログラムカウンタ、フリップフロップ、I/O ポート、メモリ内容の値をセットする。
	割込み		INTER	割込み可能な場合、この命令で指定したバイトの命令を実行する。
命令	ステータス計算		TIME	この命令までに実行した機械語命令のステータスの和を求める。

注 1 命令は、それぞれアンダラインの部分だけに省略することができる。
 2 この制御命令は、最初に使用し、必ずカードリーダーから入力しなければならない。

ウェアとユーザプログラムの中に介在して、ハードウェアの利用効率の拡大を図るもので、プログラムデバッグを主な機能とする開発用モニタと、個々のシステムで要求される実行形態を実現する実行用モニタに大別される。開発用モニタとして充実した機能を持つ BOM-PTS の機能一覧を表 8. (b) に示す。

BOM-PTS のプログラムデバッグに有効なトレース、スナッチショット、アドレスホルトの実行結果を、プログラムとともに図 7. に例示する。図 7. (b) の①～⑤は、BOM-PTS のモニタコマンドで、トレース、スナッチショット、アドレスホルト及びプログラムの実行開始を指示している。それらは、図 7. (a) のプログラムに対して、100₁₆～11E₁₆ 番地のトレースと、シンボル表示を《MELPS》8 とする 12A₁₆ 番地のスナッチショットと、106₁₆ 番地のアドレスホルトを行うことを示す。⑥～⑨はモニタコマンドによる出力である。⑥はトレース実行の印字で、各レジスタにデータが正しく設定されていくことが分かる。⑦はスナッチショット実行の印字で、メモリの内容を確かめることにより、正常にプログラムが働いていることが分かる。⑧はアドレスホルト実行の印字で、106₁₆ 番地

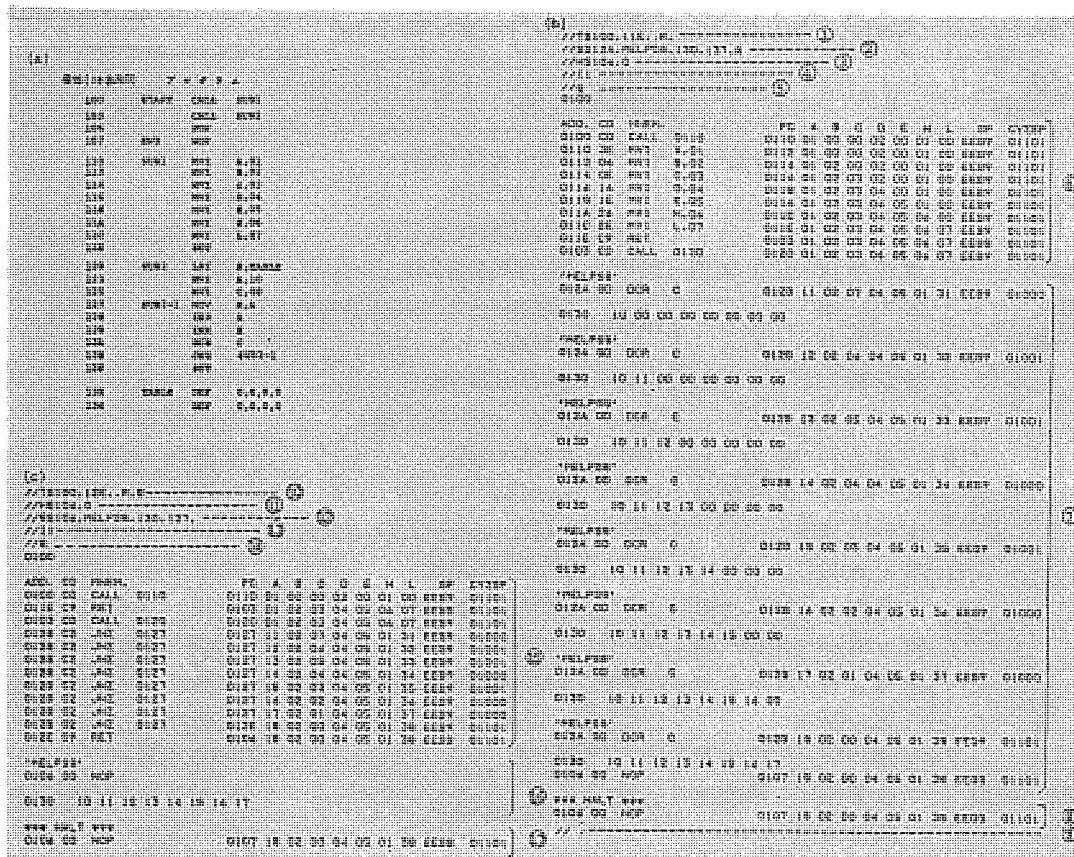


図 7. トレース、スナップショット、アドレスホルトの実行情例

表 8.(a) モニタ一覧

モニタ名	説 明
BOM-S	プログラム開発用の汎用的なモニタで、3コのマクロ命令と14コのモニタコマンドを持つ。これは、プログラム処理により実現したアドレスホルト機能を有する。(プログラム容量: 4K バイト)
BOM-B	プログラム開発用の汎用的なモニタで、3コのマクロ命令と9コのモニタコマンドと三つの汎用サブルーチンを持つ。マスク ROM 化されたモニタであるが、モニタコマンドの拡張がユーザサイドで可能である。2K バイトのマスク ROM M 58731-001 S として製品化されている。(プログラム容量: 2K バイト)
BOM-PTS	デバッグマシン (MELCS 8-1) に適応するモニタで、3コのマクロ命令と、22コのモニタコマンドを持ち、特にデバッグ機能が充実し、PROM 書き込み機能、疑似 I/O 機能を有する。(プログラム容量: 7.5 K バイト)
TTS-M	多重タスク処理を特別なハードウェアを用いずにプログラム処理により実現する。汎用の実行用モニタである。(プログラム容量: 100 バイト)

表 8.(b) BOM-PTS 機能一覧

分 類	モニタコマンド・マクロ命令名	機 能
プログラム実行制御	G コマンド	プログラム実行開始
	PAUSE マクロ命令	プログラム実行再開
	EXIT マクロ命令	実行一時中断 実行終了
入 出 力 制 御	U コマンド EXIO マクロ命令	疑似入出力処理 入出力処理
プログラムのロード 及びパンチ	LM コマンド DM コマンド	MELPS 8 バイナリロード MELPS 8 バイナリパンチ
デ ー タ 表 示	PR コマンド	レジスタデータ表示
	PM コマンド	メモリデータ表示
	PA コマンド	メモリデータ逆アセンブル表示
デ ー タ 変 更	MR コマンド	レジスタデータ変更
	MM コマンド	メモリデータ変更
	MC コマンド	メモリデータ補数変更
	MS コマンド	定数データメモリ設定
	MT コマンド	メモリ間データ転送
プログラムデバッグ	H コマンド	アドレスホルト
	S コマンド	スナップショット
	T コマンド	トレース
	PT コマンド	デバッガテーブル表示
	C コマンド	デバッガテーブル消去
PROM 作 成	I コマンド	機械語命令逐次可指定
	FP コマンド	PROM 書き込み
	FT コマンド	PROM データ、メモリ転送
	FC コマンド	PROM データ、メモリデータ比較

で図 7. (a) のプログラムの実行を中断し、BOM-PTS のオペレータモードに移行したことを示す。⑩はモニタコマンドの入力可を示す。

プログラムの流れを追うのにランチトレースが有効で、その実行例を図 7. (c)に示す。⑩～⑬はモニタコマンドの入力であり、⑭は全プログラム領域のランチトレース、⑮はスナップショット、⑯はアドレスホルトの各実行の印字で、⑮により SUB 1、⑯により SUB 2 のプログラムを確かめることができる。また、トレース、スナップショットは、レジスタ及びメモリのデータ表示の有無を、モニタコマンドにより指定することができる。

3. 5 整数演算サブルーチン

整数演算サブルーチンは、1 K バイトマスク ROM・M 58730-001 S に格納されている。整数演算、論理演算、シフト操作の機能を持ち、16 ビット及び 32 ビットのデータを取扱うことができる。

4. む す び

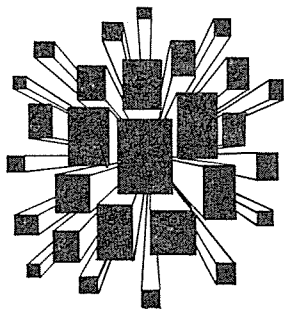
マイクロプロセッサは、既にミニコンピュータの下位の分野として、またハードウェアとソフトウェアの中間分野として機能付けられ、情報処理システムの重要な位置を築きつつある。

ここで述べた《MELPS》8 のハードウェア及びソフトウェアは、マイクロプロセッサが各種の分野に応用されて行く中で、一大武器になっていくことを確信する。

参 考 文 献

- (1) 多田ほか：三菱電機技報，49，No. 2，p. 102 (昭 50)
- (2) 大槻，松本，岩崎：信学会，トランジスタ研究会，SSD 76-23 (昭 51)
- (3) 岩森，大槻，元吉：第 6 回日科技連信頼性・保全性シンポジウム，p. 379 (昭 51)
- (4) 大槻，松本：電子材料，11 月号 (昭 51)
- (5) 水野ほか：情報処理全国大会，No. 169 (昭 50)
- (6) 井手口ほか：情報処理全国大会，No. 170 (昭 50)
- (7) 水野，井手口：電子科学，No. 4 (昭 51)
- (8) 水野ほか：情報処理全国大会，No. 214 (昭 49)
- (9) 山田，水野：情報処理全国大会 (昭 51)
- (10) 山田，水野ほか：情報処理，No. 279 (昭 50)
- (11) 山田，水野ほか：信学会全国大会，No. 1,265 (昭 51)

登録番号	名 称	発 明 者	登録番号	名 称	発 明 者
785183	歪測定素子	高 橋 康 英・小鯛正二郎	788881	位相比較継電装置	鈴木健治・北浦孝一
785184	多気筒内燃機関用燃料噴射制御装置	佐々木武夫	788882	固体撮像装置	伊藤昭子・石井 孝
785185	工作機械の心出し方法	渡 辺 孝 次・引 田 孝 則	788883	搬送保護継電装置	鈴木健治・中村勝己
785186	野菜、果物等の貯蔵庫	安 生 三 雄	788884	棒材自動供給装置	喜多村弘明
785187	全密閉形圧縮 ガス シャ断器	松 田 節 之	788885	回転展望台等における透視ガラス清掃装置	本谷昇一
785188	流量監視制御方式	藤 原 謙 一	788886	エンジン 制御方式	今井吉郎
785189	連結装置	車 戸 秀 男	788887	高電圧 インピーダンス 装置	田 辺 俊 雄
785190	異常電流検出装置	{ 近 藤 芳 行・菅 沼 惇 佐々木勝男・松谷勝己	788888	空気浄化装置	田 畑 則 一・森 貢
785191	信号発生器	淡 野 光 章	788889	トランジスタ	加藤忠雄
785192	連結装置	車 戸 秀 男	788890	分岐点または交叉点の接続装置	岸 本 健・小倉新三
785193	液体処理装置	田 畑 則 一・森 貢	788891	表示線継電装置	高田信治
785194	液晶組成物	柴 山 恭 一・小 野 博	788892	信号転送保護装置	寺 田 真・高田信治
785195	真空吸着装置	{ 藤 原 智・田中睦務 沢 永 寧	788893	溶接機用ワイヤリール	鶴 飼 順・杉山尚男
785196	限流シャ断器	渡 辺 睦 夫・石田秀樹	788894	保護継電装置の点検回路	鈴木健治
785197	半導体装置の製造方法	坂 根 英 生・吉田美義	788895	レーダ方式における自動周波数追尾方式	{ 近 藤 輝 夫・岩 部 昭 津 藤 正 信
785198	高速銀 メッキ 液	南 郷 重 行	788896	通信制御方式	{ 前 田 良 雄・松 永 宏 平 沢 茂 一
785199	燃料供給制御装置	安 川 武	788897	映像情報再生装置	{ 倉橋浩一郎・中田正矩 阿 部 正 昭・西村晃一
785200	位相判別回路	鈴木健治	788898	通信制御装置	前 田 良 雄・松 永 宏
785201	重金属錯体の製造方法	草 川 英 昭・野村健次	788899	レーダ方式	{ 渡 部 優・近 藤 輝 夫 玉 真 哲 雄・岩 部 昭 江 口 紀 英
785202	機関点火時期調整装置	大 西 正 義	788900	映像情報再生装置	{ 倉橋浩一郎・中田正矩 阿 部 正 昭・西村晃一
785203	電気かみそりの網刃	松 岡 宏 昌・熊田泰治	788901	半導体装置の製造方法	加藤忠雄・山根健治
785204	位相差検出器	須 本 一 雄	788902	映像情報記録媒体	{ 倉橋浩一郎・中田正矩 阿 部 正 昭・西村晃一
785205	機関点火用進角装置のシミュレータ	朝 日 美 之	788903	トンネルダイオード 増幅器	武 富 大 児・白 幡 潔
785206	シーケンス 制御装置	岩 永 俊 之・酒井亜男	788904	発電制動装置	横 田 浩・合田啓治
785207	内燃機関点火装置	山 本 一 智	788905	ゴムモールド 形変流器の製造方法	野 口 肇・村上貞利
785208	イミド基含有グリコール 類の製造	西崎俊一郎・江 藤 昌 平	788906	艦船の電気推進装置	尾 畑 喜 行
785209	エポキシ 樹脂の硬化方法	{ 西崎俊一郎・福島二郎 安 田 和 男	788907	油圧制御による等速送り装置及び電解加工装置	荒井伸治
785279	環状体の継目溶接装置	東 川 利 男・赤枝潤二郎	788908	半導体装置	山本利雄・近 藤 隆
786477	機関点火装置	才 田 敏 和・佐藤吉正	788909	電磁推進装置	尾 畑 喜 行
786482	機関点火用進角装置のシミュレータ	朝 日 美 之	788910	誘導電動機の プレーキ 装置	柳 内 芳 彦
787264	交流電力測定装置	小 川 裕 三	788911	限流シャ断器	渡 辺 睦 夫
787265	映像変換素子及び装置	稲 荷 隆 彦	788912	ベリリウム 銅薄板の製造方法	{ 亀 田 義 房・高橋兼二郎 石 田 一 成
787266	クラッチモートルの制御装置	小 林 孝 生	788913	絶縁継ぎ手	{ 土 方 明 躬・井上武男 白 沢 宗
788873	流体シャ断器	稲 村 彰 一	788914	船用補機の制御装置	富永隆弘
788874	負荷時タップ切換器の切換開閉器	松 本 進	788915	半導体制御整流素子	中田仗祐・伝田隆治
788875	電気動力装置	平 尾 新 三	788916	避雷器	但 田 昭 司・宇治田克
788876	掛け金装置	{ 服 部 信 道・岩田尚之 杉 田 信	788917	発振器装置	細 野 勇
788877	プラズマ 電子銃	上 山 善 司・安永政司			
788878	電気機器	藤 井 勲・林 幸 平			
788879	温度制御装置	中 村 富 家・中野嘉博			
788880	位相比較継電装置	鈴木健治			



特許と新案

冷凍装置 (実用新案第 1066768 号)

考案者 貝瀬俊朗

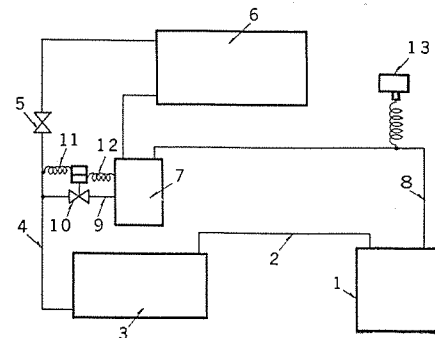
この考案は冷凍装置を運転する際、始動から定常運転に入るのを容易かつ円滑にするためのものである。

冬期などの低温時には、冷凍装置内の大部分の冷媒は温度の低い室外側の凝縮器の中で液化し、たまってしまふ。このような状態で運転すると吸入管内の圧力が急激に減少し、始動時に異常ではないにもかかわらず、低圧保護スイッチが作動して運転ができないことがある。

この考案は図に示すように、冷凍装置において、凝縮器(3)を出た高圧側の液管(4)より低圧側へ、膨張弁(5)を通さずに結ぶバイパス管(9)を設け、このバイパス管(9)に停止時および始動時に開き、定常運転に入ると閉じるようなバイパス弁(10)を設けたものである。

このように構成することによって、冬期などの低温時においても

低圧保護スイッチの誤動作をまねかず容易かつ円滑に始動できる。また、高低圧力のバランスが早く再運転するときに、圧縮モータに大きな負荷がかからず、早く再運転ができるなどの効果がある。



故障原因検出装置 (特許第 783075 号)

発明者 山地正城

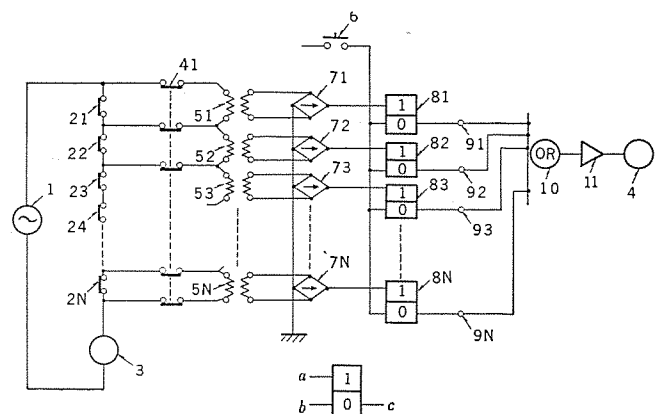
この発明はタービンあるいはボイラーなどの危急停止などに使用されるトリップ用電磁弁装置などが動作した場合に、その動作原因を検出し得る故障原因検出装置を提供するものである。

図において、故障検出接点(21), (22)……(2N)がすべて閉で電磁コイル(3)は励磁され機械は動作しているものとする。次に故障検出接点のうちどれか一つ開になると電磁コイル(3)は無励磁となり諸機械は停止する。しかしこの故障検出接点が瞬間的に開となった場合とか、一つの接点が開になったあとそれが原因して次々に他の接点が開になった場合、あとからその最初の故障原因を発見することは難しい。

いま図で接点(21)が瞬間的に離れたとすると、トランス(51)が瞬間励磁され整流器(71)を介して記憶要素(81)に信号が与えられ端子(91)にその信号が記憶される。この信号はOR回路(10)、増幅器(11)を通してリレー(4)を働かせる。リレー(4)が働くとその接点(41)が開となりリレー(4)作動後のいかなる故障信号も検出できない。そして端子(91)に記憶された信号はリセットボタン(6)を押すまでは記憶されるので、故障後端子(91)に例えばテスターを当てる事などにより電磁コイル(3)が瞬时无励磁になった原因を知ることができる。

この発明によれば、電磁コイルに直列接続された接点の動きをリレーなどを介することなく直接検出するものであり、故障検出接点自身のチャタリングなどによる瞬時動作も検出することができる。

又、初めの故障原因でリレーが働くとあとはすべての検出装置の出力が出ないようにするのでその原因が元にもどろうと、次に続いて他の故障原因が出ようと最初の故障原因しか記憶しないので極めて簡単な構成で最初の故障原因を確実に発見できる特徴を有する。



空 気 調 和 機 (実用新案第 1099912 号)

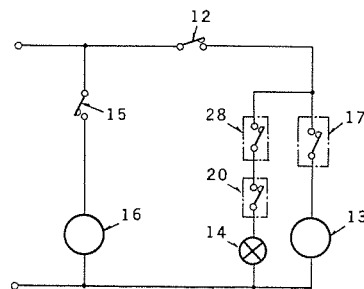
考 案 者 上 妻 親 司

この考案は冷房機としての他に除湿機としての機能を兼ね備えた空気調和機に関するものである。

室内側熱交換器を二つ以上に分離するとともに、室外側熱交換器と上記二つ以上の室内側熱交換器との間に介在させた切換弁の働きにより、冷房運転と除湿運転を行う空気調和機においては、冷房、除湿の切換スイッチとして双極双投形のスイッチを使用している。

この考案は図に示すように、切換弁の操作用電磁コイル(14)と圧縮機モータ(13)を並列に接続し、かつ圧縮機モータ(13)に温度調節器(17)を、電磁コイル(14)にはマイクロスイッチ(28)をそれぞれ直列に接続し、冷房から除湿運転へ切換えるとき、温度調節器(17)のダイヤルを回動操作することにより、その接点を短絡するとともに、マイクロスイッチ(28)の接点を閉じるようにしたものである。

したがって、単極単投形のマイクロスイッチを使用でき、冷房機の外部から操作しうる位置に新規に取付ける必要がなく、従来のような煩雑さもなくなるなどの効果がある。



冷 却 器 (実用新案第 1078360 号)

考 案 者 永 野 幸 信

この考案は冷却器の除霜排水装置の改良に関するものである。

従来、図 1. のように冷却器(7)をフィン(12)の延長方向に沿って後下がり傾斜させ、除霜水をフィン(12)の最下端部より排水とい(樋) (10)で滴下捕集するようにした場合、冷却管のU字状曲げ部の除霜水は、適当な傾斜が得られないため庫内(3)に直接滴下するので図 3. のようにこれを受ける補助排水樋(16)を別に設ける必要があった。

この考案はフィン(12)の一端が低くなるよう傾斜させて取り付けられる冷却器において、その傾斜方向と直交状にフィン(12)の最末端部より突出する冷却管(7)のU字状曲げ部(13)を、図 2. のように上向きに傾斜させたものである。

このように構成すると、U字状曲げ部(13)の除霜水(15)もフィン(12)に達するように流れることになり、したがって、補助排水樋を必要としないので、庫内の有効容積が増大し、空気対流を良好にして冷却性能を向上させ、かつ冷蔵庫の構造の簡略化にも役立つなどの効果がある。

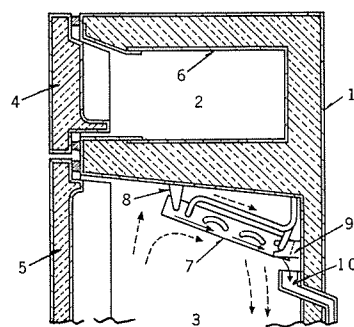


図 1

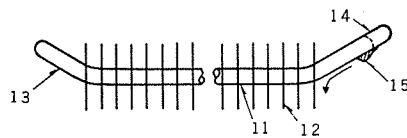


図 2

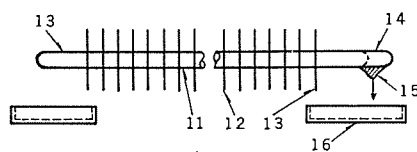


図 3

永久ヒューズの理論考察とその応用製品

宮本紀男^{*}・和田勇一^{**}・井上武男^{***}・実森俊夫⁺・堀田滋矩⁺⁺

1. ま え が き

この論文では短絡保護の理想が、「限流」と「選択」各しゃ断を両立させることによって達成できることを指摘し、それに必要な限流しゃ断条件を明らかにし、この条件に合致する回路素子が自復性限流素子（永久ヒューズ）であることを明らかにする。更に、永久ヒューズによって「限流」と「選択」の両立が可能になる理由とその設計法を、永久ヒューズ内で発生するナトリウムプラズマの高温時の特性と、それが急速に冷却されて自己復旧する特性を紹介して説明し、永久ヒューズのかかる性質を応用した永久ヒューズ応用製品について言及する。永久ヒューズ応用製品は既に多数が実システムにおいてか（稼）動中であり、理想的な短絡保護システムとして、その実用実績は世界的に注目を集めている。

2. 短絡保護の理想条件

短絡保護における理想は、系統直列機器や線路を無損傷で保護し、停電範囲と時間を極小にすることである。前者は「限流しゃ断」により、後者は「選択しゃ断」により達成されるが、それぞれのしゃ断が満たすべき条件を以下に求める。

2.1 限流しゃ断条件

被保護機器としては、半導体や電磁接触器、小電流定格のしゃ断器が対象となる。これら後備限流保護⁽¹⁾できるための条件を求める。被保護機器の通過許容電流半波実効値を I_c 、定格電流を I_N として各種被保護機器を調査した結果、半導体までを含めると、

$$I_c/I_N < 10 \sim 20 \quad \dots\dots\dots (1)$$

の範囲に限流する必要がある。限流された電流が I_c であるためには、回路電圧が E のとき、

$$R_{cl} \approx E/I_c \quad \dots\dots\dots (2)$$

なる抵抗が限流抵抗として回路にそう（挿）入されねばならないことが判明した。

一方、常時 R_0 なる抵抗で I_N の定格通電能力をもち、限流動作時のみ R_{cl} に変化しうる限流素子を仮想すると、

$$R_0 = \Delta T_m / I_N^2 \cdot R_{TH} \quad \dots\dots\dots (3)$$

で与えられる。ここに ΔT_m は I_N 通電時の限流素子の許容温度上昇であり、 R_{TH} は限流素子熱抵抗である。式(1)～(3)から、

$$R_{cl}/R_0 \geq \frac{E \cdot I_N \times R_{TH}}{10 \cdot \Delta T_m} \quad \dots\dots\dots (4)$$

で与えられる。 $\Delta T_m = 90^\circ\text{C}$ 、 R_{TH} として 1°C/W 程度の素子が具現できるものとして、 $E = 500\text{ V}$ 、 $I_N = 800\text{ A}$ の低圧用限流素子の場合、

$$R_{cl}/R_0 \geq 440 \quad \dots\dots\dots (5)$$

を得る。以下 R_{cl}/R_0 を「限流比」と定義し、被保護機器の無損傷を達成するために必要とされる限流の程度、つまり、限流条件を与える指標として導入する。

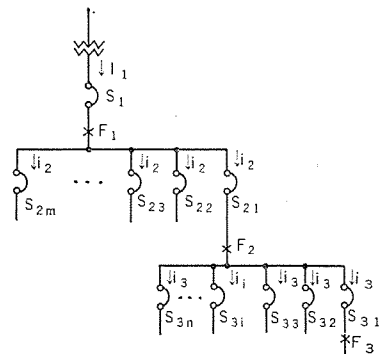


図 1. 配電系統例

2.2 短絡除去の際の停電範囲の局所化条件

図 1. のモデル系統図は、しゃ断器を記号 S であらわし、 S_1 が最上位しゃ断器で S_2 位のしゃ断器が m 分岐、 S_3 位のしゃ断器が n 分岐であるような放射状系統例である。事故が F_3 で発生したとき、 S_{31} のみが動作して S_{31} 分岐の選択的切離しが行われる場合と、 F_3 での事故除去の際 S_{21} のしゃ断器が S_{31} を後備保護する必要から S_{21} が動作し、 $S_{31} \sim S_{3n}$ が停電する場合を対比し、両者の「停電範囲」×「停電時間」をそれぞれ ΔS 、 ΔC とすると、

$$\Delta C / \Delta S \propto n \cdot t_2 / t_3 \quad \dots\dots\dots (6)$$

で与えられる。 n は分岐数、 t_2 、 t_3 は S_{21} 、 S_{31} 各しゃ断器の短絡保護動作後、再通電までの時間を示し、被保護機器や線路に損傷のあった場合の保修時間や下位分岐数が多いときの各分岐の点検時間が含まれる。停電範囲と停電時間の積は、給電の連続性が阻害される程度を示し、阻害があれば一般に金額で表現される損害を伴い、近年これを Failure Cost としては（把）握しようとする試みが見られる⁽²⁾。式(6)は Failure Cost と比例関係にある。一般に、 $n \approx 10$ のオーダーであり、 t_2/t_3 も 10 のオーダーであるから選択しゃ断と後備保護しゃ断の Failure Cost からみた比は 10^2 のオーダーとなる。

以上述べたとおり、限流比が 440 程度の限流しゃ断と選択しゃ断の両立が理想的な短絡保護を実現する上で不可欠である。

2.3 限流・選択の両立を可能にする方式

限流・選択の両立のためには、図 1. の S_{3i} のしゃ断器として上位しゃ断器による後備保護を必要としないしゃ断器を用いるか、 S_{21} が分岐しゃ断器を限流後備保護ののち、無停電で S_{31} 以外の健全分岐へ給電できるように再通電機能を回復するかのいずれかが必要である。前者では大しゃ断容量のしゃ断器 n 個を必要とするが、後者では後備保護可能限度内の小しゃ断容量品を S_{3i} に用いることができる点で更に理想的である。後者において再通電機能回復までの時間は、数 ms 以下でなければ健全分岐へ無停電で給電することはできない。有接点機器では、かかる短時間では再投入不可能である。したがって、高速度で自己復旧する限流素子と短限時動作の S_{21}' を直列にして図 1. の S_{21} の箇所に挿入した図 2. の構成により後者方式の限流・選択の両立が可能になる。図 2. の N が限流素子である。

^{*} 中央研究所(工博) ^{**} 中央研究所 ^{***} 生産技術研究所
⁺ 福山製作所 ⁺⁺ 名古屋製作所

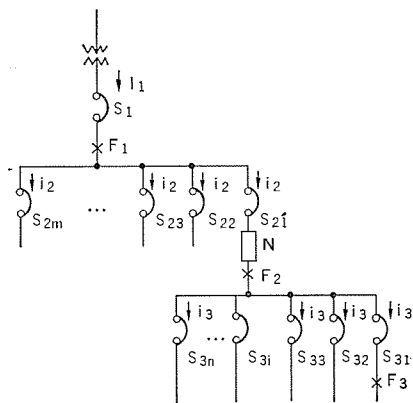


図 2. 限流・選択保護の両立を可能にする配電系統例 (Nは自己復旧性限流素子(永久ヒューズ)を示す)

3. 永久ヒューズの動作原理と主要特性の設計法

本章では、限流・選択の両立(以下、限流選択保護と記す)を果たす際、限流素子Nとして必要十分な特性を永久ヒューズ^{(3)~(6)}が備えていることを示し、その特性の設計法について述べる。

3.1 永久ヒューズの動作原理

永久ヒューズは、図 3. に断面図を示すように、相互に絶縁された 2 端子間をナトリウム電路で接合し、電路の相変化時の発生圧力の緩衝作用と電路に高速度の自己復元性を与えるために高圧ガスを用いピストンを介して常時、電路に外圧を加える構成になっている。ナトリウム(以下 Na と記す)電路の周囲を熱伝導率が金属アルミニウムと同程度のベリリア磁器で同軸状に包囲し、Na 電路に I_N が通電中に発生する熱を効果的に端子に伝導し、Na 電路と端子間の熱抵抗 R_{TH} を下げる役割を果たす。Na は I_N 通電時には低抵抗 R_0 であるが、過電流通電時には急激にジュール加熱されて気化し、抵抗値が R_{cl} なる高温 Na プラズマが形成される。限流素子の抵抗が R_0 から R_{cl} へ急増することによって事故電流は I_c に限流される。このとき、ピストンは Na 電路の反対方向へ移動して気化圧力上昇を緩和する。

限流された電流が直列しゃ断器でしゃ断されたのち、ピストンの復元力により Na 電路は高速度で旧形状に復旧し、抵抗 R_0 を回復する。永久ヒューズの自己復旧機能は、(1) R_{cl} から R_0 へ復元する機能と、(2) 通電能力回復機能の二つであって、これらは並行して進行する。図 2. の N として永久ヒューズを用いて限流選択保護が実現できるか否かは(2)の回復速度によって左右され、(1)の回復が完了していなくとも(2)は先行して完了する必要がある。後述するとおり、永久ヒューズの(2)の機能回復は 5 ms 以内であって十分な自復能力を持っている。

3.2 永久ヒューズの限流特性、限流動作時圧力上昇

永久ヒューズの実用品では I_c , I_N , R_0 , R_{cl} がおおよその所要値になるよう設計されねばならないが、これらの設計式は、係数補正を実験

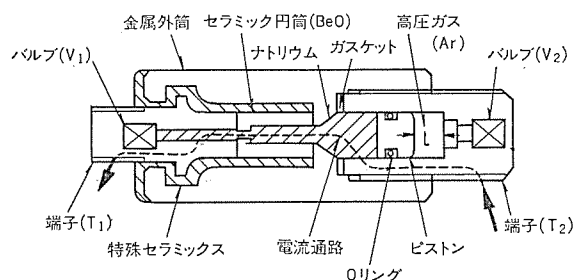


図 3. 永久ヒューズ断面図

的に行うものを含めて大部分解析的に与えられる⁽⁴⁾⁽⁷⁾⁽⁸⁾。また、過電流通時に永久ヒューズが、動作を開始するまでの時間特性(以下 $I-t$ 特性と記す)も保護協調の設計上重要なものであるが、差分法による熱伝導解析プログラム(HEAT)を用いて CAD ができるようになっている⁽⁹⁾。

永久ヒューズの限流動作中に瞬時的(5 ms のオーダー)ではあるが発生するプラズマの圧力や温度なども解明されていて⁽⁹⁾⁽¹⁰⁾、圧力上昇値 P_e を与える式も導かれている⁽¹¹⁾。 P_e は、

$$P_e \propto \eta \cdot d_1 \cdot E \cdot l_1/l_2 \dots\dots\dots (7)$$

で与えられる。ここに、 E は永久ヒューズが適用される回路の電圧、 d_1 , l_1 , l_2 は Na 電路の寸法であって、永久ヒューズの Na 電路には一端に直径 d_1 で長さ l_1 の断面縮小部が設けられ、ここから Na の気化がスタートするように、かつ、安定に I_c で限流が開始するように設計されている。 l_2 は Na 電路の残りの部分の長さで、 l_2 部分の直径は d_2 ($d_2 > d_1$) である。また、 η は Na 電路に並列に接続される並列抵抗値によって変化する係数 ($\eta < 1$) である。並列抵抗は、永久ヒューズの限流動作時の過電圧や P_e を適正值以下に抑制するために用いられる⁽⁴⁾。 d_1 , l_1 , l_2 の異なる永久ヒューズのおおのについて、 E が与えられると η を調節することにより P_e を 3,000~4,000 kg/cm² のほぼ一定範囲内に設計可能であり、所要の耐内圧として P_e を有する永久ヒューズ構造も軸対称応力解析プログラム「CYLAN」により CAD が可能になっている⁽¹²⁾⁽¹³⁾。

3.3 永久ヒューズ限流動作回数と限流特性の関係

次に、永久ヒューズの限流動作回数と限流特性の関係について述べる。限流動作回数と限流性能との間に相関関係があるのは、限流動作の際に形成される Na プラズマが、壁面を構成しているベリリア磁器に触れ壁面が限流動作回数 N の増加とともに徐々に溶損し、Na 電路の寸法 d_1 が徐々に増加する現象に起因する。 d_1 が増加すると、限流開始電流 I_c と Na 電路常温抵抗 R_0 はおおよそ、

$$I_c \propto d_1^{4/3}, R_0 \propto d_1^{-2} \dots\dots\dots (8)$$

の関係に沿って変化する。ただし、 d_1 の増加は限流動作中の Na プラズマのエネルギー密度が一定値以上になったときに検知され、短絡事故の程度で表現すると、図 1. の S_{31} に定格しゃ断電流相当の $I^2 \times t$ が通過するような短絡事故、つまり、事故のあとで S_{31} の点検や部品取替えが必要になる程度の事故 1 回を $N=1$ と考えればよい。過去の短絡事故発生統計を分析した結果、上記程度の事故は 20 年間に数回を覚悟しておけばよく、 $N=15$ に設計しておけば実質的に永久と呼べる限流動作回数が保証される。Na プラズマのエネルギー密度の大きさを端的に表現できる指数として次式の Z ,

$$Z = E_1 \cdot d_1^{2/5} \cdot T_f^{-1/5} \dots\dots\dots (9)$$

が導かれている⁽¹⁴⁾。ここに、 E_1 は d_1 部分のプラズマ電位傾度、 T_f は限流動作 1 回ごとのいわゆるアーク時間である。 E_1 を V/mm、 d_1 を mm で表して、 $Z=16 \sim 29$ に設計するとき、 $N=15$ が保証される。 $Z=18$ のときの I_c , R_0 の動作回数 N に対する変化の様子を図 4. に示す。同図の理論計算値とは、プラズマのエネルギー密度と d_1 の増加率を関係づける式を導き、

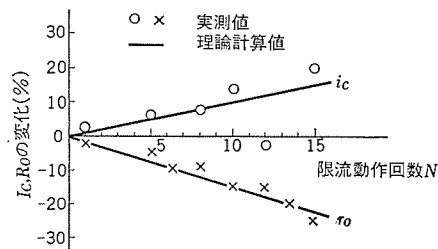


図 4. 永久ヒューズの限流動作回数 N に対する I_c , R_0 の変化特性

これを式(8)に代入して求められたものである⁽¹⁴⁾。

3. 4 永久ヒューズの自己復旧特性

最後に、図 2. の N のところに永久ヒューズを用いて、限流・選択保護の両立を果たす際、N に要求される自己復旧特性について述べる。N の抵抗は F₃ 点の事故発生後、直ちに R₀ から R_{cl} へ増加し、S₃₁ のしゃ断能力範囲内の I_c まで事故電流を限流する。限流は S₃₁ が I_c のしゃ断を完了するまでの約 5～8 ms の間持続される。S₃₁ の後備限流保護はかくして達成されるが、S₃₁ 分岐のしゃ断が選択的であるためには S₃₂～S_{3n} への給電の連続性が維持されねばならない。つまり N は S₃₂～S_{3n} の健全負荷群への給電能力を S₃₁ のしゃ断完了直後に回復していなければならない。S₃₁ のしゃ断時間は 5～8 ms であるが、この間負荷群の電源電圧(図 2. の F₂ 点)が変動し、S₃₁ のしゃ断完了後の F₂ 点の電圧回復時に負荷群へ流入する電流は、突流性過電流成分を含む。N は S₃₁ のしゃ断直後、R_{cl} から R₀ への回復をしながら、この突流性過電流の流通能力を回復しなければ選択保護は達成されない。突流性過電流の値は「SCAP-M」というプログラム⁽¹⁵⁾により電動機を含む系の電圧変動に伴う電流変動を解析できるようになっている。これによって電動機容量別に過電流が求められ、負荷群の容量に対応して N に要求される過電流流通能力の所要値が求められている⁽¹⁶⁾⁽¹⁷⁾。一例を記すと、460 V 90 kW の電動機で 1,800 A peak, 130 kW で 2,400 A peak であり、これら過電流は 80 ms 以内に定常負荷電流にまで減衰する。N として定格電流 800 A の永久ヒューズを対象に、限流しゃ断直後どれだけの突流性過電流を流しながらも、N の抵抗復旧性が保証されるかを実験的に求めたものが図 5. である。実験では約 7,000 A rms までの過電流を限流動作直後からこの電流が減衰してしまうまでの 80 ms 以上の期間、永久ヒューズを通じて給電可能であることが確認された。図 5. には 5,340 A rms までの電流について永久ヒューズの給電持続特性を示す。同図の特性 1～4 はおのの付記された電流を流しながら、永久ヒューズ内 Na の固有抵抗 ρ が低下していく様子を常温の固有抵抗 ρ_0 に対する比で表現して示したものである。抵抗値の復旧特性は 2 重時定数で表され、 $d\rho/\rho_0$ が 10⁴ から 35 まで減少するのに 1 ms 以内という高速の復旧過程と 50 ms 程度の時定数で引き続き減少する過程とに分かれている。復旧過程の大部分は初めの 1 ms 以内に完了するため永久ヒューズは、限流動作直後 1 ms 以内に数千 A rms の電流流通能力を回復できる。この高速回復過程が限流動作直後における高温 Na から壁面であるベリリア磁器への半径方向熱伝導に基づくとし

て数値計算すると、図 5. の P₁-C₁, P₂-C₂ の計算例のとおり実験とよく一致し、復旧特性も設計にのることが確認された。

図 6. は、限流動作直後から、過電流が減衰してしまうまでの間、電流値を変えて永久ヒューズの給電機能の維持が続くかどうか実験した結果を示している。図 6. の斜線部分は実験範囲であり、全領域で給電機能は維持されている。水平な点線は過電流が減衰してしまう時間を示している。図 6. から分かるとおり、給電機能は永久ヒューズのコールドスタート時の I-t 特性で制限される直前まで維持されている。

以上述べた設計手法により用途別に必要十分な性能をもつ永久ヒューズがシリーズ化され⁽⁹⁾⁽¹⁸⁾、低圧(460 V)用として 6 種類の永久ヒューズが実用化され、自冷 100～1,000 A までの用途をカバーしている。

4. 永久ヒューズ応用製品^{(19)～(22)}

低圧 460 V 用の応用製品が昭和 45 年以来実系統で稼働している。応用製品の形態は二つに大別される。一つは永久ヒューズの冷却状態をできる限り良くして永久ヒューズがもつ I_N/I_c 比の優れた面を最大限に活用するようにした CLN 形限流装置であり、他の一つは永久ヒューズをモールドケースに収納し、ノーヒューズしゃ断器と同様、手軽に適用できるように意図された永久ヒューズ付ノーヒューズしゃ断器のシリーズである。

4. 1 CLN 形限流装置

この応用は上記第 1 の形態の応用製品で、図 2. の S₂₁ のレベルあるいは S₁ のレベルにノーヒューズしゃ断器(S₁や S₂₁)と永久ヒューズ N を直列に接続して適用したものである。この限流装置の適用分野は、S₁ 以下あるいは S₂₁ 以下をそれぞれ一つのまとまりとして構成されたコントロールセンタやロードセンタであって、一つの限流装置は 20～30 の分岐回路へ給電する。多数の分岐回路群に一括して限流機能を提供するものに限流リアクトル方式があるが、これら従来技術と CLN 形限流装置の優劣を比較すると表 1. のようになり、永久ヒューズ応用の方式が非常に優れていることが示されている。

表 2. は、現在市販中の CLN 形限流装置の仕様を示す。1,000 A 定格の CLN-1000 も近く実用化の見込みである。

CLN 用永久ヒューズ、主 NFB、分岐 NFB 等の特性とその協調を図 7. に示す。永久ヒューズ(PPF)の特性は気化特性で示し、その特性は図のように立った特性である。定常状態では電動機始動電流

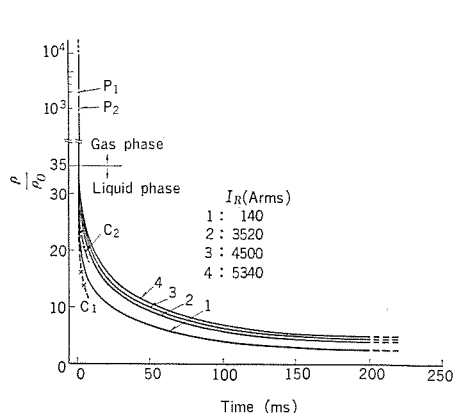


図 5. 永久ヒューズの自己復旧特性

通電機能 I_R を維持しながら Na の固有抵抗 ρ が復旧していく特性
 ρ_0 は常温 Na の固有抵抗

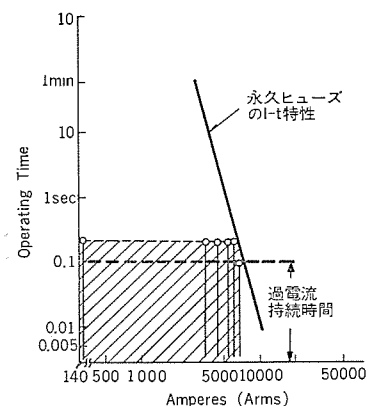


図 6. 永久ヒューズの給電機能維持が必要とされる範囲(点線)、給電機能維持が確認された範囲(斜線)と I-t 特性との相対関係

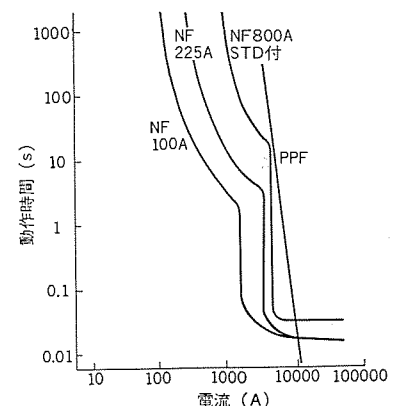


図 7. CLN 及び分岐 NFB の特性と協調

表 1. 各種低圧配電システムの比較

比較項目	選択しゃ断システム			カスケードしゃ断システム	全容量しゃ断システム
	CLN方式	限流リアクトル方式	主にACBを用いる方式		
1 選択性	◎	◎	◎	×	×
2 分岐回路の事故時、健全回路への電力供給の連続性	◎	○	◎	×	×
3 電動機始動時の電圧降下	◎	×	◎	◎	◎
4 電力損失	◎	×	◎	◎	◎
5 分岐回路 NFB 選定の経済性	◎	○	×	◎	×
6 母線支持、ケーブル選定の経済性	◎	○	×	×	×
7 スペースの節約	○	×	○	◎	○
8 システムの設計、計画のやりやすさ	◎	×	×	×	×

注) ◎: 優れている ○: 良い ×: 悪い

表 2. CLN 形限流装置の仕様

形名	定格電流	定格電圧	冷却方式	付属 NFB	永久ヒューズ素子			分岐 NFB に対するバックアップ能力 しゃ断容量, O-CO	
					抵抗	並列抵抗	気化 I^2t		
CLN-600	600A	660V	フィン付自然冷却	600A, STD付	0.1 mΩ	55 mΩ	1×10 ⁶ A ² s	100 E 200 kA	225 G 200 kA
CLN-800	800A	"	"	800A, STD付	"	"	"	"	"

などのピーク電流の最大値は、永久ヒューズの気化特性まで許容される。

実際の低圧配電システムに CLN 限流装置を応用したときの利点は次のようになる。

(1) コントロールセンタの限流装置として使用する場合

- (a) 200 kA の高しゃ断容量システムを低価額で経済的な NFB により実現できる。定格通電時の電力ロスは限流リアクトル方式の 1/2、コンパクトさでは同じく 1/3 の省資源方式である。
- (b) CLN 限流装置を主しゃ断装置として使用すれば、その分岐 NFB との間に完全な選択しゃ断特性を実現できる。
- (c) 母線設計を経済的にできる。すなわち CLN の限流特性により熱的機械的な条件が緩くなる。外部ケーブルの選定についても同様のことがいえる。特に NFB の通過 $\int i^2 dt$ によって決まる、ケーブルの最小断面積が小さくなり、この点で特に有効である。
- (d) システムの設計、計画が容易である。複雑な短絡電流の計算をする手間が省ける。

(2) ロードセンタとしての応用の場合

CLN 形限流装置の応用は、コントロールセンタの電源側に装備するばかりでなく、CLN 形限流装置だけをまとめて 1 組の盤すなわちロードセンタの形態にまとめて使用することができる。この場合には、高しゃ断容量、選択しゃ断、経済性、負荷機器の保護等、優れた性能をもったロードセンタとすることができる。図 8. は CLN 形限流装置を装備したコントロールセンタであり、図 9. は CLN 形限流装置を応用したロードセンタである。

CLN 形限流装置と限流機能をもたない標準の NFB シリーズおののケーブル保護性能を比較して図 10. に示す。A 点は 800 A 定格の CLN 形限流装置の気化 $\int i^2 dt$ をとった点であり $\int i^2 dt = 10^6$ A²sec の点で、電流値として半サイクルで気化する点 $i = 11$ kA をとっている。B 点は 100 AF の NFB、C 点は 225 AF、D 点は 400 AF の場合である。B から D の各点はそれぞれの NFB のしゃ断容量に等しい電流が流れたときの $\int i^2 dt$ に相当する点である。点 E はし

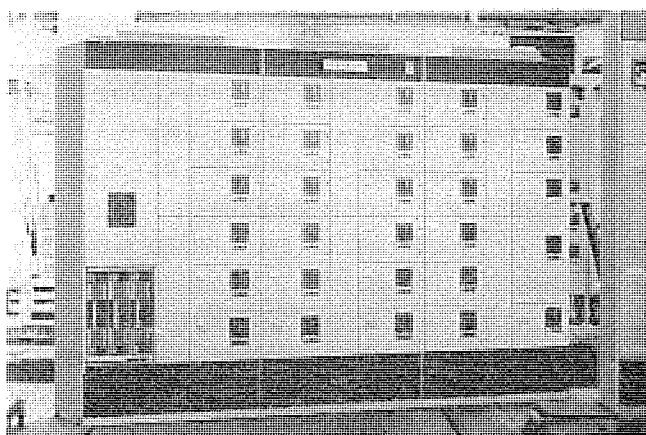


図 8. CLN 形限流装置を装備したコントロールセンタ

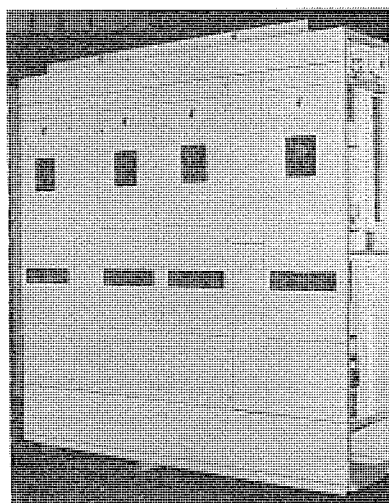


図 9. CLN 形限流装置を応用したロードセンタ

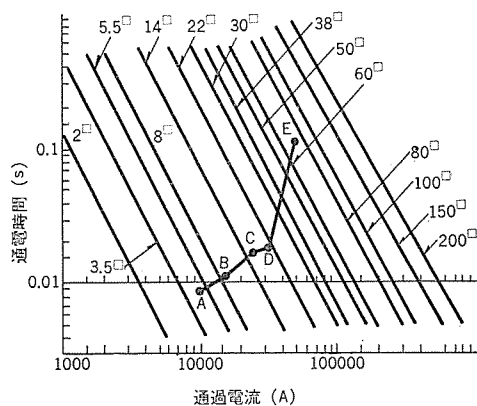


図 10. CLN 及び NFB のケーブル保護

ゃ断容量 50 kA、動作時間 6 サイクルの ACB の場合である。このように CLN 形限流装置はケーブルの保護についても大変有効であることが分かる。図 11. に CLN 形限流装置の限流特性を示す。

CLN 形永久ヒューズ応用限流装置は、数多くの利点と有用性を内外の顧客より認められ、低圧配電システムへの応用の実用化を始めて 5 年の間に約 600 セットが使用されている。

4.2 永久ヒューズつきノーヒューズしゃ断器

この応用は、前記第 2 の形態に属し、しゃ断容量が 15~30 kA までのはん(汎)用ノーヒューズブレーカと永久ヒューズを結合して、しゃ断容量 200 kA まで格上げしたもので、モールドケースに収納された永久ヒューズと汎用ブレーカが電氣的に直列に接続されている。この形態の

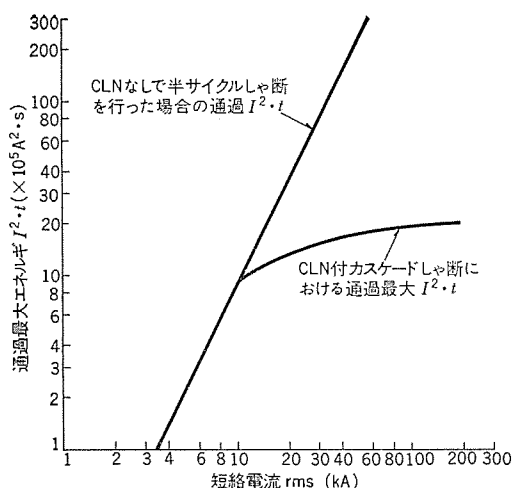


図 11. CLN 形限流装置の限流特性

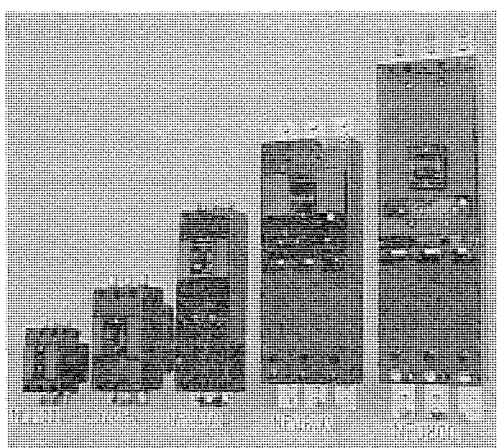


図 12. NFU 形ウルトラブレーカの外観

表 3. NFU 形ウルトラブレーカの仕様

形 名	NFU 100	NFU 225-B	NFU 400	NFU 600	NFU 800
フレーム (A)	100	225	400	600	800
定格電流 (A) 基準局周温度 一般用 40°C 船用 45°C	15 30 50 75 100	125 150 (175) 200 225	(250) 300 (350) 400	500 600 (700) 800	
極 数	3	3	3	3	3
定格電圧 (V)	AC	550	460	460	460
定格しゃ断容量 (kA)	JIS AC	550V 200	—	—	—
		460V 200	200	200	200
		220V 200	200	200	200
	NK AC (s.m)	500V 150	150	150	150
船級協会認定 (☆は認定済を示す)	NK	4,190	4,235	4,236	4,237
	LR	☆	☆	☆	☆
	AB	☆	☆	☆	☆
	BV	申請中	申請中	申請中	申請中
電磁引外し方式	固定	固定	固定	可調整	可調整
標準引外し方式	熱動—電磁—永久ヒューズ	熱動—電磁—永久ヒューズ	熱動—電磁—永久ヒューズ	熱動—可調整電磁—永久ヒューズ	熱動—可調整電磁—永久ヒューズ

応用製品は機能別に下記の 2 系列に分けてシリーズ化されている。

4. 2. 1 NFU 形ウルトラブレーカ

100 A フレームから 800 A フレームまであり、その外観を図 12. に、その仕様を表 3. に示す。NFU 形の構成は NFU 100 及び NFU 225-B は、永久ヒューズと並列抵抗体よりなる永久ヒューズユニット部をしゃ断器本体の背面に装備しており、NFU 400、NFU 600 及び NFU 800 は、しゃ断器本体の負荷側に永久ヒューズユニット部をドッキングさせて

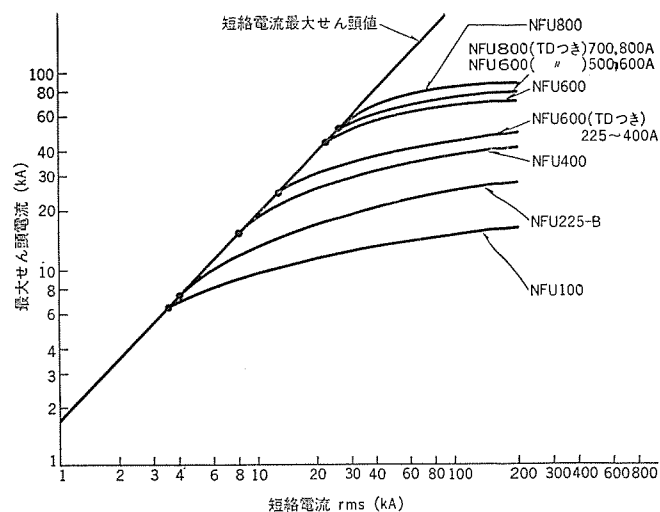


図 13. NFU 形、NFU 形 (TD つき) の限流特性

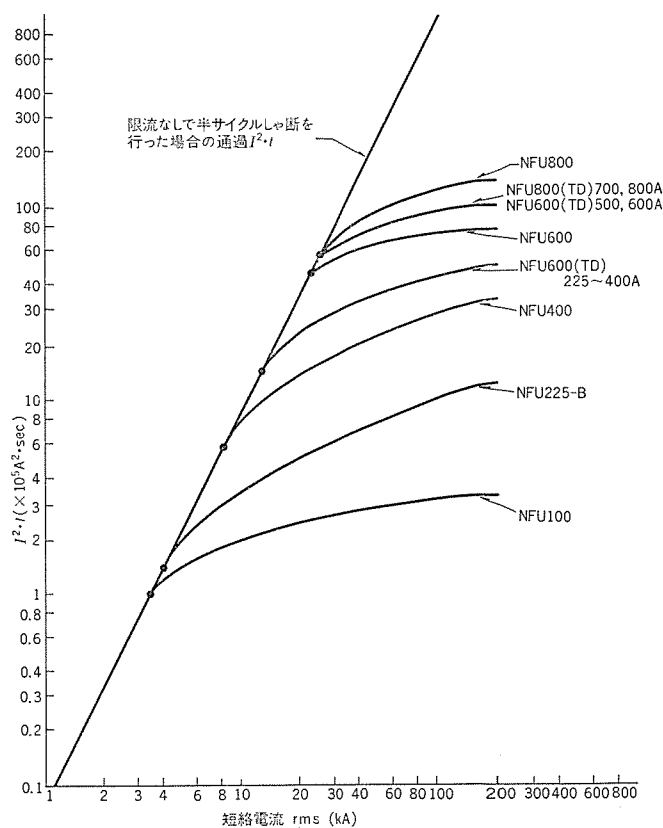


図 14. NFU 形、NFU 形 (TD つき) の通過最大エネルギー $I^2 \cdot t$ 特性

いる。次に動作特性及びしゃ断性能について示す。ノーヒューズしゃ断器の動作特性と永久ヒューズの気化特性がクロスするクロスオーバーポイントまでの比較的小さな過電流に対しては、実績あるノーヒューズしゃ断器自身が動作し、クロスオーバーポイント以上の大きな過電流(短絡電流)に対しては、永久ヒューズが気化し限流作用を行いノーヒューズしゃ断器でしゃ断させる。このように限流しゃ断させているため、大しゃ断容量を有し、永久ヒューズの自己復旧性により、くり返ししゃ断ができる。NFU 形のしゃ断時の限流特性及び通過最大エネルギー $I^2 \cdot t$ 特性を図 13. 及び図 14. に示す。これらの図は、NFU 形ブレーカの優れた限流性能を示すもので、NFU 形が、下位の NFB を後備保護するいわゆる「カスケード保護」に威力を発揮するゆえんである。そ

表 4. NFU 形 (TD つき) 限流選択ブレーカの仕様

形 名			NFU 600 (TD つき)	NFU 800 (TD つき)
フ レ ー ム (A)			600	800
定 格 電 流 (A)			(225) (250) 500	(700)
基 準 周 囲 温 度			(300) (350) 600	800
一般用 40°C, 船用 45°C			(400)	
極 数			3	3
定 格 電 圧 AC (V)			460	460
定 量 格 断 し 容 (kA)	JIS	AC 460 V	200	200
	JEM			
船級協会認定 ☆は認定済を示す	NK	AC 500 V	150	150
	(svm)			
船級協会認定 ☆は認定済を示す	NK		4,256	4,257
	LR		☆	☆
	AB		☆	☆
	BV		—	—
復 帰 可 能 時 間 (s)			0.020 以上	0.020 以上
選択しゃ断可能な下位 NFB			600 A フレーム 以下の全機種	600 A フレーム 以下の全機種
電 磁 引 外 し 方 式			固 定	固 定
標 準 引 外 し 方 式			熱動—電磁—永久ヒューズ	熱動—電磁—永久ヒューズ

のカスケード保護能力は、2 フレームあるいは3 フレーム下の NF 形の汎用品 S シリーズを AC 460 V 200 kA まで後備保護することができる。従来、NFU 形は、3 極が主であったが、最近では 4 極が三相 4 線式電路に使用されるケースもある。

4. 2. 2 NFU 形 (TD つき) 限流選択ブレーカ

この応用は、さきに述べた CLN 形限流装置が持つ、限流と選択保護の両立機能をノーヒューズしゃ断器の形態で実用化したものである。限流性能は CLN 形限流装置のほうが優れているが、ノーヒューズしゃ断器の形態にまとめることにより、限流・選択の両立機能を広く任意の場所で生かせるよう汎用性を重んじた応用形態である。この製品には 600 A フレームと 800 A フレームがあり、定格電流は 225 A から 800 A までとりそろえている。その仕様を表 4. に示す。この NFU 形 (TD つき) は既に述べたとおり限流・選択しゃ断の機能を備えたしゃ断器で、短絡事故時に永久ヒューズにより限流し、その後ひき続いて限流状態を持続してある時間遅れの後、しゃ断を完了するものである。したがって分岐回路に短絡事故が発生した場合、分岐回路の NFB が主回路の NFU 形 (TD つき) により限流された電流を瞬時にしゃ断するので、NFU 形 (TD つき) と NFB との間の選択性が得られると同時に永久ヒューズの限流によって NFB がカスケード保護される。このため従来不可能であった選択性とカスケード保護を同時に満足する大容量の低圧電路保護システムを構成することが可能になった。そのカスケード保護能力は、NFU 形と同じであり、選択しゃ断可能な下位 NFB は、600 A フレーム以下の全機種である。

5. む す び

本文では、短絡保護の理想を実現するために、限流・選択保護の両立が必要であること、これを合理的、経済的に達成するためには高速度の自己復旧性を持った限流素子が必要であることを指摘し、かかる限流素子の持つべき特性を示し、これが永久ヒューズとして実用

化され得たことを述べた。更に、永久ヒューズ特性の設計技術の概要を紹介し、永久ヒューズ応用製品の特長、特性について述べた。永久ヒューズは 45 年に発売開始以来、3 万相分が稼動中であり、多数の輸出実績をもっている。特に永久ヒューズ応用製品は配電系統の主回路に採用される例が多いため、短絡保護の選択性や限流効果が提供される範囲は広く、限流効果面では、ケーブルサイズの低減選定を可能にするなど分岐系統の末端にまで及ぶことは特記すべき効用であって、実質的に 100 万相が、永久ヒューズの限流・選択保護下にあると考えられる。これらの利点は、国内、外に広く認識されつつあり、今後更に広く永久ヒューズ応用製品が活用されていく見込みである。最後に永久ヒューズの基礎開発から実用化まで種々ご協力いただいた社内外の関係者各位に深謝する。(昭和 51-10-14 受付)

参 考 文 献

- (1) 電気設備技術基準, 第 38 条
- (2) IEEE Committee Report : IEEE Trans. IA-10, No. 2, P. 213~252 (1974)
- (3) T. Itoh, et al. : IEEE Summer Power Meeting, Paper No. 70-CP-601-PWR (1970)
- (4) T. Itoh, et al. : IEEE Winter Power Meeting, Paper No. C-72-103-5 (1972)
- (5) 伊藤ほか : 三菱電機技報, 45, No. 6, P. 779~784 (昭 46)
- (6) 和田ほか : 昭 51 年電気学会全国大会, 519
- (7) 伊藤ほか : 昭 46 年 同 上 697
- (8) 浜野ほか : 昭 50 年 同 上 1,310
- (9) H. Sasao, et al. : Optical Observations of Ultra High Pressure Sodium Arc in the Permanent Power Fuse, Int. Fuse Conf. at Liverpool (1976)
- (10) 笹尾ほか : 電気学会, 開閉保護装置研究会資料, SPD-76-3 (昭 51)
- (11) 和田ほか : 昭 49 年電気関係学会関西支部連大, G 3-40
- (12) 土方ほか : 昭 46 年電気学会全国大会, 696
- (13) 浜野ほか : 昭 49 年電気関係学会関西支部連大, G 3-38
- (14) T. Itoh, et al. : IEEE Trans. PAS-92, No. 4, P. 1,292~1,297 (1973)
- (15) 熊野ほか : 昭 49 年電気関係学会関西支部連大, G 3-47
- (16) Y. Wada, et al. : Self-rehealing Performance of the P. F. for A Control Center, Int. Fuse Conf. at Liverpool (1976)
- (17) 和田ほか : 電気学会, 開閉保護装置研究会資料, SPD-76-4 (昭 51)
- (18) 落合ほか : 三菱電機技報, 45, No. 6, P. 785~789 (昭 46)
- (19) 堀田ほか : 同 上 47, No. 6, P. 574~578 (昭 48)
- (20) 山本ほか : 同 上 47, No. 6, P. 567~573 (昭 48)
- (21) 山本ほか : 同 上 45, No. 6, P. 774~778 (昭 46)
- (22) 岡戸ほか : 同 上 47, No. 6, P. 622~628 (昭 48)

東京電力(株)鹿島変電所納め超高压系統自動操作装置

落合友義*・安立秀男*・金田 明**・矢野恒雄**・横田敦信**

1. ま え が き

電力需要の増大に伴い、500 kV 系統、275 kV 系統等の基幹電力系統が拡充され、大形化、複雑化するとともに、電力安定供給が一層重要な課題となってきた。これにより超高压変電所の操作も高度化、複雑化し、事故時操作を初めとして緊急を要する操作の信頼性と即応性の同時向上の必要性が生じてきた。

この装置は、変電所における事故時及び平常時の自主操作を自動化し操作の高信頼度化、高速化を計って効率的系統運用を行うもので、昭和 42 年製作以来多くの同機種を製作してきたが、その製作経験技術を生かし、昭和 50 年 4 月、275 kV 超高压変電所として初めて、東京電力(株)鹿島変電所に設置し良好な実績を納めている。

本文は、この装置の概要とその実用化に当たって計画、設計、製作上特に考慮した諸事項について紹介する。

2. 装 置 機 能

275 kV 変電所の機器操作は重要電力系統の操作であり、この信頼性を一層向上し、電力供給の安定化をはかる必要がある。したがってまず操作の信頼度向上を第一に考え、装置内部信頼度向上はもちろん、手動操作介入による確認操作方式を用いるようにした。一方、将来の電力需要増加による系統運用変更に対処するためプログラマブルメモリを用いて、機能変更を簡単にし融通性、拡張性を持たせるようにしている。

2. 1 操作対象

今回設置した東京電力(株)鹿島変電所の系統図を図 1. に、その操作対象設備を表 1. に示す。

2. 2 操作内容

この装置の行う操作には事故時操作と平常時操作の 2 種類がある。それぞれの主な操作内容を次に示す。

(1) 事故時操作

事故時操作は、変電所に接続された送電線及び変電所構内に発生した事故が保護リレーによって事故箇所が除去された後、事故種別に対応した復旧操作を正確、かつ迅速に行い停電時間の短縮を図るた

表 1. 操作対象設備

対 象 区 分	1 号ユニット		2 号ユニット		対 象 機 器
	現在分	将来分	現在分	将来分	
275 kV 線 路	6	0	4	0	CB, 甲 LS, 乙 LS, LLS
275 kV 母 連	1	0	1	0	CB, 甲 LS, 乙 LS
275 kV 母 区	2	0	0	0	C3, 1 LS, 2 LS
275kV/66kV 主変圧器	0	2	2	0	(CB, 甲 LS, 乙 LS)×2
所 内 用 変 圧 器	0	2	2	0	LS×2.5
NGR	0	2	2	0	LS×2.5
66 kV 線 路	0	8	12	0	CB, 甲 LS, 乙 LS, LLS
66 kV 母 連	0	1	1	0	CB, 甲 LS, 乙 LS
66 kV 母 区	0	2	0	0	CB, 1 LS, 2 LS

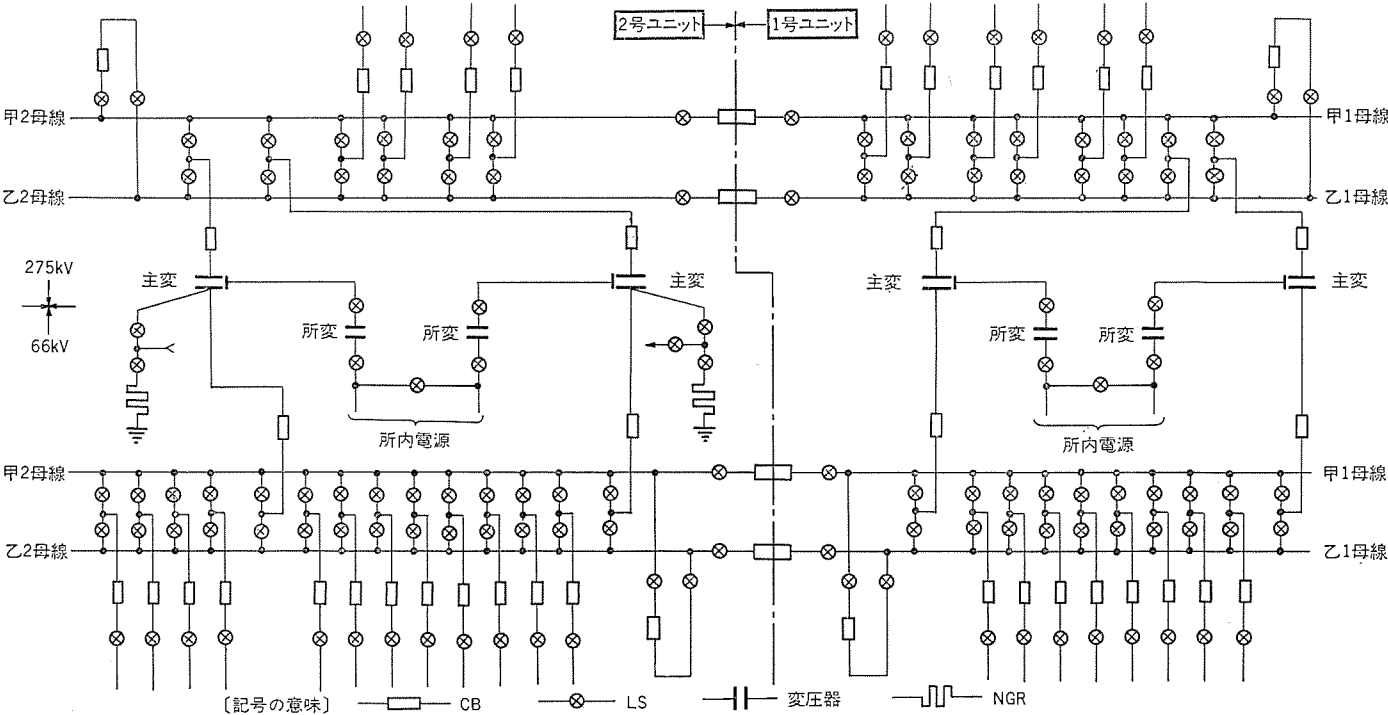


図 1. 系統図 (東京電力(株)鹿島変電所)

* 東京電力(株) ** 三菱電機(株)制御製作所

表 2. 事故時操作内容

優先順位	操作名	操作条件	操作内容
1	275 kV 母線事故	母線保護リレー動作とインタフェースパネルからの始動条件	・所内変圧器の切換え ・リレーシャ断した回線の健全母線側への切換え
2	66 kV 母線事故	同上	同上
3	変圧器事故	変圧器保護リレー動作	・事故変圧器に接続される側の 66 kV 母線のフィードのシャ断 ・66 kV 母連の投入 ・シャ断したフィードの投入 (過負荷限度まで)

表 3. 平常時操作内容

No.	操作名	操作条件	操作内容
1	線路停止	インタフェースパネルからの始動条件	使用中の線路を自動的に停止
2	線路使用	同上	停止中の線路を自動的に始動
3	母線停止	同上	使用中の母線を自動的に停止
4	母線使用	同上	停止中の母線を自動的に始動
5	変圧器停止	同上	使用中の変圧器を自動的に停止
6	変圧器使用	同上	停止中の変圧器を自動的に始動

めの復旧操作である。復旧操作は、事故原因の確認及び給電確認を行った後、手動始動にて行うようにしている。表 2. にその内容を示す。

事故操作中、多重事故が発生した場合は、優先順位の高い事故操作を、優先処置し、事故波及範囲の拡大を防止するようにしている。

(2) 平常時操作

変電所設備の保守点検及び系統運用変更を行う場合のシャ断器及び断路器の一連の操作を定形パターンに従って操作するもので、操作の確実化と操作時間の短縮を図るものである。表 3. に平常時操作の主な内容を示す。平常時操作は系統状態に対応して融通性のある操作ができるように、回線ごとと操作ロック、母線復旧パターン等の設定ができるようになっている。操作開始は、インタフェースパネル上の「操作対象選択」、「操作内容選択」、「操作開始指令」の3段階操作により行われる。

3. システム構成

3.1 総合システム構成

図 2. は、この装置と変電所既設設備との関係を示す総合システム構成図である。図に示すように変電所のシステム構成の基本的考えは完全な2ユニット分割構成で、重大事故が発生したときの停電範囲を限定するものである。したがって、変電所の実機器（母線、変圧器、CB、LS等）はもちろん、保護リレー、集中監視制御盤、テレコン、制御電源等は完全に、二つの独立したユニットに分割され、それぞれユニットごとにまとめて設置されている。この自動操作装置の設置に際して、これらのユニット構成をくずさないために、この装置と既設変電所設備との信号授受を行うこの装置の入出力部は、完全に独立した二つのユニットに分割し、それぞれのユニット専用の盤に収納するとともに、入出力信号の電源をも分割している。また、上記入出力部によって、絶縁及び論理レベルに変換された信号は、入出力部と

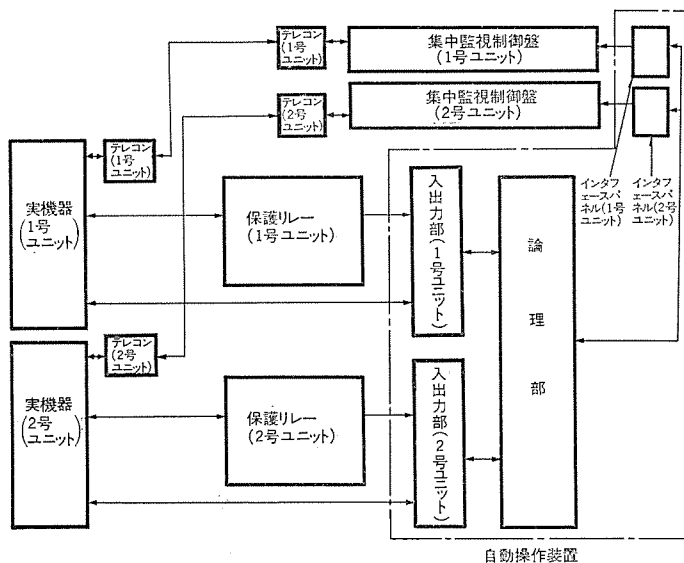


図 2. システム構成図

は別置の共通の論理部で処理するようにして、変電所の総括的な操作を行うとともに、装置の小形化をはかった。

以下、機器操作、監視、装置間インタフェースについて、この装置を中心にその概要を述べる。

(1) 機器操作方式

機器操作には、保護リレーによる直接機器操作、構内テレコン経由の手動個別機器操作、この装置による直接機器操作の3ルートがある。

この装置は、保護リレーからのリレーシャ断信号及びインタフェースパネルの手動操作によって始動され、操作に必要な系統条件（機器状態と系統状態）を判断して、機器の操作を／瞬時／操作（CB≒5秒、LS≒10秒）で行う。この装置操作中はテレコンによる手動操作をロックし多重操作を防止しているが、緊急の定形外操作などの場合で手動操作を優先させたい場合はこの装置をロックすることができるようになっている。

(2) 監視方式

変電所の総合的な監視（実機器の開閉状態及び実系統の状態の表示）は、それぞれのユニットごとに設けられた集中監視制御盤で行われるが、この集中監視制御盤と結合する自動操作装置による操作の監視は、次の方法で行われる。

(a) 運転員によるインタフェースパネルの操作の確認

この装置のマシンインタフェースであるインタフェースパネルの操作（操作対象、操作内容の選択）に対応して、上記集中監視制御盤上のランプをフリッカさせて、運転員の操作を確認することができる。

(b) 自動操作装置による機器操作の確認

この装置の動作監視、点検を行うために設置している系統表示パネル上のランプをフリッカ及び反転させ、機器個別の選択及び操作を確認することができる。

(c) 操作内容の記録による確認

この装置による操作は、操作時刻とその内容をプリンタに記録し、操作確認と記録の省力化を図るようになっている。

3.2 装置構成

図 3. に装置構成のブロック図を示す。各構成要素は、機能ブロックごとに標準ユニットに実装し、システム規模、機能による入出力点数、プログラムステップ数等の増減に対して機能カードで対応できるビルディングブ

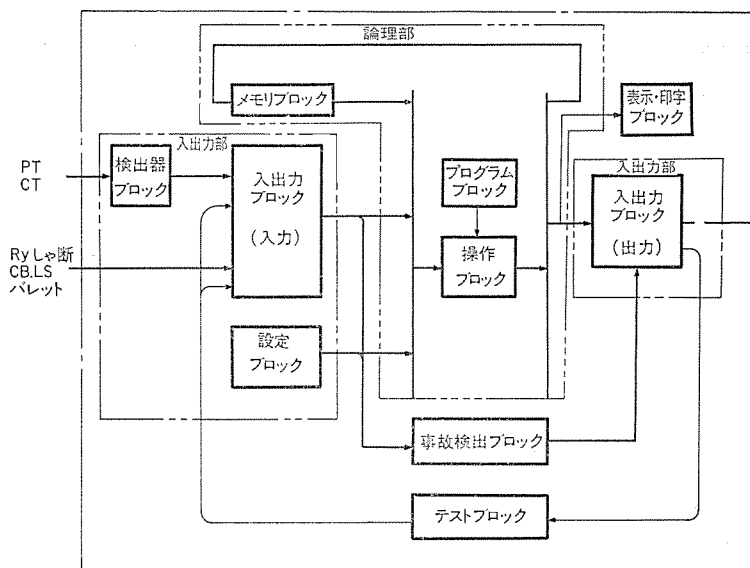


図 3. 装置構成ブロック図

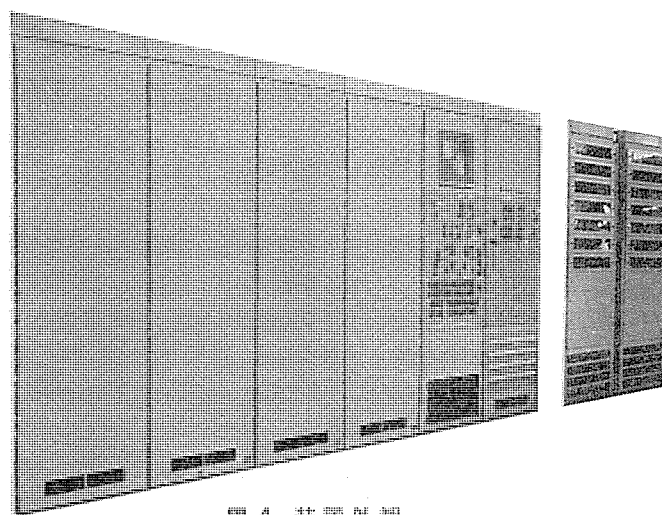


図 4. 装置外観

ロック構成となっている。

盤構成は、これらのユニットを機能ごとに 700 W×600 D×2,300 H の垂直自立形盤に実装し、次の盤より構成されている。図 4. にこの装置の外観を示す。

- (1) 中央処理盤 1 面
- (2) プログラム盤 3 面
- (3) 検出器盤 2 面
- (4) 入出力盤 2 面

4. 信頼度向上対策

275 kV 変電所における操作は、基幹系統の操作であるため、誤操作は重大事故につながる危険性があり、この装置の信頼度が特に要求される。この装置の計画、製作に当たり、考慮した主な信頼度向上策について次に示す。

4.1 操作基本方式

装置による事故時操作の自動化は、事故原因を正確には(把握)するための情報量及びその分析処理量と経済性との相互間に限界があり、事故原因別に完全に正確な操作条件の検出をプログラム化することが困難である。このため事故時操作は、事故時に必要な最小限の操作を行った後、事故原因(現場確認)把握及び給電指令確認後手動始動により自動操作を行う手動操作介在方式を採用して、事故時操作

の信頼度を向上している。

4.2 装置内部構成

この装置の装置内信頼度向上のために実施した監視、点検のブロック図を図 5. に示す。以下このブロック図に従って、監視及び点検による信頼度向上策について述べる。

4.2.1 監視方式

この装置の機器操作概略フローと各操作ステップに対する監視方式を図 6. に示す。

装置は、装置始動条件成立、個別機器操作条件成立後、操作完了までの一連の動作を各機器を対象にシーケンシャルに繰り返し行う。このシーケンシャル動作は、装置共通の専用シーケンス制御ユニット(操作ブロック)により行い、機器操作制御の共通化と動作監視の一元化を図って、小形化、高信頼度化を実現している。

(1) 総合監視

事故時及び平常時操作種別ごとの装置始動条件を、装置本体とは別の信頼度の高い目的別専用ハードウェアで検出し、装置を入力ブロックから出力ブロックまで統括的に監視している。この総合監視の出力は機器操作指令出力(出力ブロック)の活殺を行い装置誤出力を防止すると同時に、装置始動条件が成立しないにもかかわらず、機器操作のシーケンスが動作した場合、直ちに装置をロックし誤操作を防止している。

(2) 常時監視

図 3. に示す操作ブロックは、機器操作始動条件成立後、図 6. に示すフローに従って、操作をシーケンシャルに実行するが、操作の各ステップに対応して図 6. に示す常時監視を行い、もし異常があれば、装置出力をロックして誤出力を防止するようにしている。

4.2.2 点検方式

(1) 自動点検

自動点検は装置を構成しているハードウェア及び操作プログラム等の異常を周期的に自己診断するものである。この自動点検による点検範囲は、ハードウェア部は入出力用補助リレーを除く全回路、操作プログラム部は操作種別ごとに全種行い、点検周期は 1 日～10 日まで任意の周期を設定することができる。1 回の点検範囲は、点検時間の関係上、操作種別 1 種に限定している。自動点検の模擬入力設定可能なダイオード ROM で行い、操作出力は内蔵の模擬しゃ断器を操作するようにしている。

点検の結果は、プリンタに操作内容を記録するとともに自己診断を

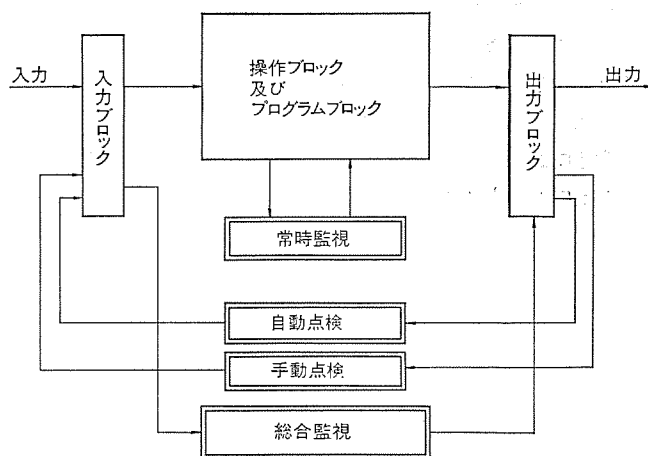


図 5. 装置内監視、点検ブロック図

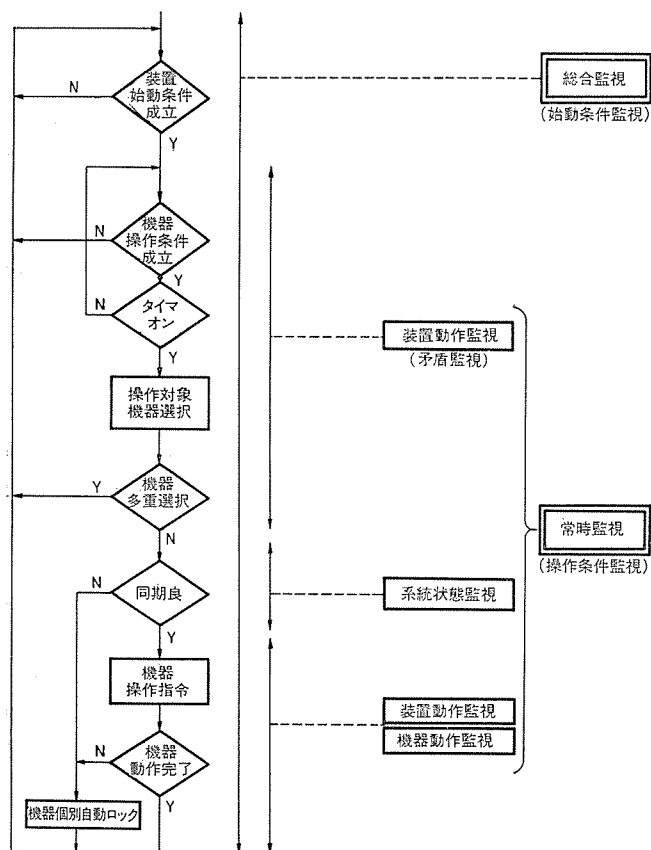


図 6. 機器操作概略フローと監視方式

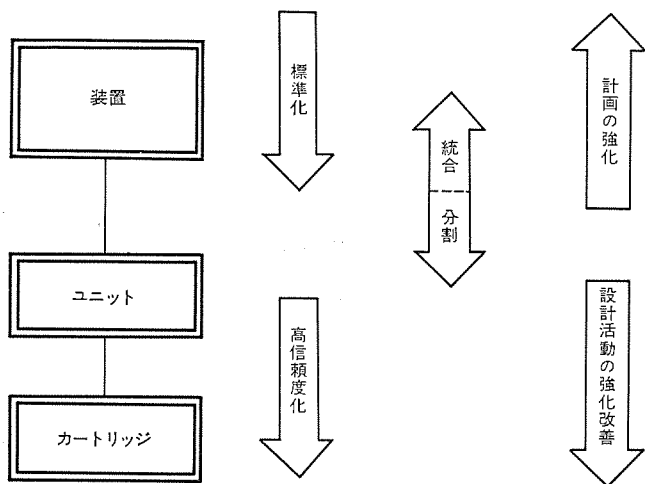


図 7. 製品階層モデルと改善の方向

行い、異常時は装置をロックし警報を発するようになっている。

(2) 手動点検

手動点検は、定形外の手動操作、多重事故操作等の確認を行うもので、入力、出力は、入出力盤の正面に設けている系統表示設定パネル上のスイッチ設定により与え、また、操作出力は内蔵の模擬シャ断器を操作することにより確認するようにしている。

点検範囲は、ハードウェア部は入出力補助リレーを除く全回路、操作プログラム部はスイッチ設定により任意のプログラムの点検ができる。点検の結果は、系統表示設定パネルのランプフリッカ、又は、プリンタによる操作内容の記録によって確認ができる。

4.3 装置内部製作

これからの電力系統制御装置の電力系統運営における使命は、まことに重大であり、高性能でしかも高信頼度の装置が必要となることは前述のとおりである。

この装置を構成面からみると、その構成は部品レベルからプラント(システム)レベルに至るまで非常に多階層であり、ここに高性能、高信頼度の要求をいかにうまく盛り込んでゆくかという基本的な問題に対して、装置製作に当たり図 7. に示すような製品階層モデルと改善の方向を検討し、製品に盛り込んでいる。

この階層モデルの下位にある「カートリッジ」や「ユニット」においては、設計活動の強化改善、高信頼度設計の強化を、また、上位の「装置」においては標準化、分割と総合、計画活動の強化を行っている。また、カートリッジを構成する部品については、次の点に留意して選択している。

- (a) この装置と同機種で使用実績上信頼度確認している部品を使用する。
- (b) 部品の種類を削減し信頼度管理を容易にする。
- (c) 社内品質管理を行った部品を使用する。

また、この装置は、既設の集中監視制御盤、保護リレー盤等によって構成される変電所のシステムに容易に結合できるような構成にしたが、更に、半導体を主体とするこの装置に対する耐雑音性能について、次の諸点を特に配慮して製作した。

- (a) 入出力部の補助リレー及び絶縁トランスによる絶縁強化。
- (b) 装置内結線の分離及びシールド化。
- (c) 必要以上の高速化を避けることによる耐サージ性能の向上。
- (d) 装置内各部の自動監視及びインタロックの完備。

5. むすび

以上、信頼度向上策を中心に、275 kV 超高压変電所用として、この装置の実用化に当たって考慮した諸事項について紹介したが、今後、基幹系統の拡充に伴って超高压変電所における操作の自動化が普及されることと思われるが、その一助となれば幸いである。

最後に、この装置実用化に当たり種々のご指導、ご援助を賜った東京電力(株)及び三菱電機(株)の多数の方々に感謝する。

参考文献

- (1) 長町, 山田ほか: 三菱電機技報, 41, No. 3, p. 503 (昭 42)
- (2) 落合, 中里ほか: 275 kV 変電所適用の自動操作装置について, 昭 51 年電気連大, 812
- (3) 森, 山田: 三菱電機技報, 49, No. 10, p. 649 (昭 50)

1. ま え が き

製品開発は従来の販売志向や技術志向の送り手の論理だけでなく、受取り側、すなわち顧客側の論理を十分に製品に反映させてこそ、真に受入れられる製品となる。

一方、市場は国内だけでなく海外にも広がり、製品は国際性と創造性を持つものでなければならず、更にメーカーは製品の機能や構造だけでなく、経済性のメリットを、市場に提供するため生産性の向上も重要な課題である。

G形コントロールセンタの開発は、このような基本的な考え方を基にして進め、機能や構造面に新しさを生みだしたばかりでなく、設計技術や生産管理システムの合理化なども含めた総合的な開発であり、調査、基礎開発、総合展開、量産化の段階に分けて行われた。調査の段階では、広範囲にわたって設定した調査体系をもとにして調査を実施し、基本方針を作り、基礎開発の段階では顧客の種々の部門からの情報を集め、クレームや品質管理情報の活用、新しい技術情報の使用など、有効適切に広い範囲の情報を製品に反映させた。また、その間基礎開発における個々の開発テーマに対してのウエイトづけをし、量産化までの各段階のマイルストーンにおける評価では、具体的評価基準の設定やウエイト付けのやり方などについて新しい手法が生まれている。

以上のような開発の思想と手順によって開発されたG形コントロールセンタは、顧客の要求を十分採り入れているだけでなく、更にもう一つの重要な旧形に対する補用品対策をとり、部品の互換性を通して顧客が納得できる製品を実現している。

2. G形コントロールセンタの基本構成

G形コントロールセンタは、JEM-1195に準拠した600V級低圧補機モータ用のコントロールセンタである。外形寸法は、幅630・奥行550・高さ2,300mmで、箱体上部中央に配置された水平母線と分岐用の垂直母線からなる母線室、負荷への分電と制御を行う単位装置収納のユニット室、ケーブル配線用の縦配線ダクト室、及びJEM-C配線用の総括端子室から構成された、片面・両面共用の1面単位箱になっている。図1.は、G形コントロールセンタを3面列盤にした全景写真であり、図2.は断面を示す。

G形コントロールセンタは、下記の構造上の特長をもっている。

(1) 幅は630mmで1面単位である。

(2) 縦配線ダクト室は常に

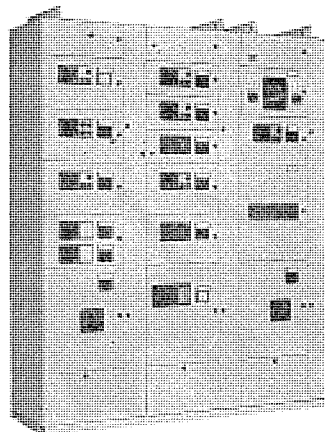


図 1. G形コントロールセンタの外観

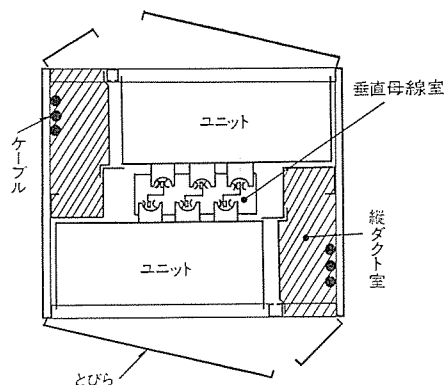


図 2. 箱断面図(両面形)

ユニット室の右側に位置する。

これらの特長は、計画性・配線作業性・保全性などを、従来形より一層向上させたものであり、かつオリジナルなコントロールセンタを追求した結果である。なお特長の詳細は、3章以降に述べる。

3. 信頼性の向上と事故の局限化

信頼性の向上と事故の局限化は、プラントで要求される負荷の連続性を確保するために、特に必要である。

3.1 短絡強度を向上させたZ形垂直母線と安全性への配慮

Z形垂直母線は、G形コントロールセンタに初めて導入した、図3.に示す断面をもつ母線であり、銅フープ材をロール成型したものである。その特性は、単位長当たりの放熱表面積が増加したことによる電流密度の増大であり、短絡事故時に際しての機械的強度が、従来形のく(矩)形母線よりも格段に向上したことである。更に母線室と他区間とのしゃへいを容易にし、安全性の面で優れた特長を持っている。

(1) 短絡強度の向上

母線の短絡強度は、短絡時の電磁力による影響、すなわち母線自身の許容曲げ応力やユニットに付く電源引込用グリップのフローティング範囲を考慮した許容たわみ量以内になることを条件に、材質・断面形状・配列方法・母線支持間隔などの要素で決まる。図4.は750A定格のZ形母線と600A定格の矩形母線の短絡強度を比較したグラ

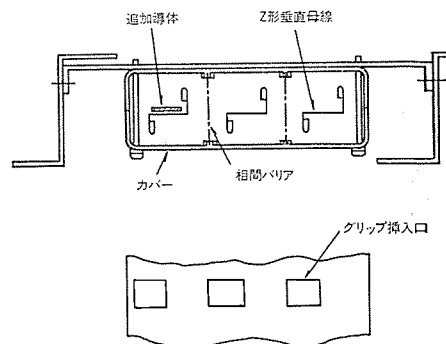


図 3. Z形垂直母線と母線室

であるが、同一母線支持間隔において、たわみ量・曲げ応力共に Z 形母線が優れていることが分かる。ちなみに、30 kA・RMS の短絡回路で、長さ約 1,800 mm の母線支持本数は、矩形母線では 7 本、Z 形母線では 3 本である。

なお、一般的に、短絡電流による母線間に働く電磁力 F_s (kg) は、

$$F_s = M \cdot K \cdot 2.04 \cdot 10^{-2} \cdot I_s^2 \cdot \frac{l}{D}$$

I_s : 非対称短絡電流ピーク値 (kA)

D : 母線間隔 (cm)

l : 母線支持間隔 (cm)

M : 電流位相による減衰乗数

K : 形状係数

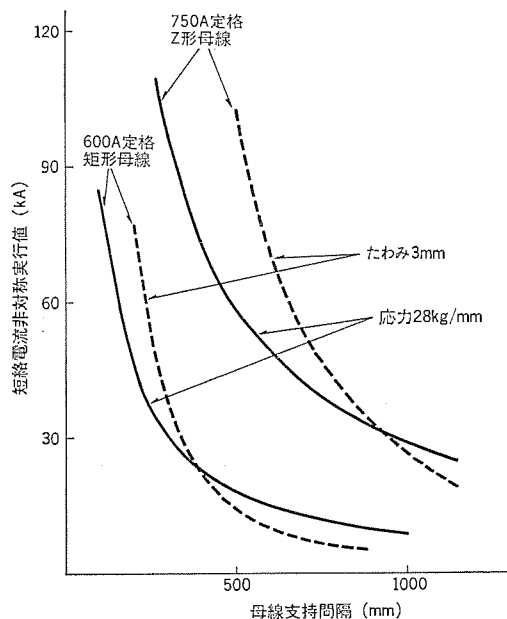


図 4. Z 形母線と矩形母線の短絡強度

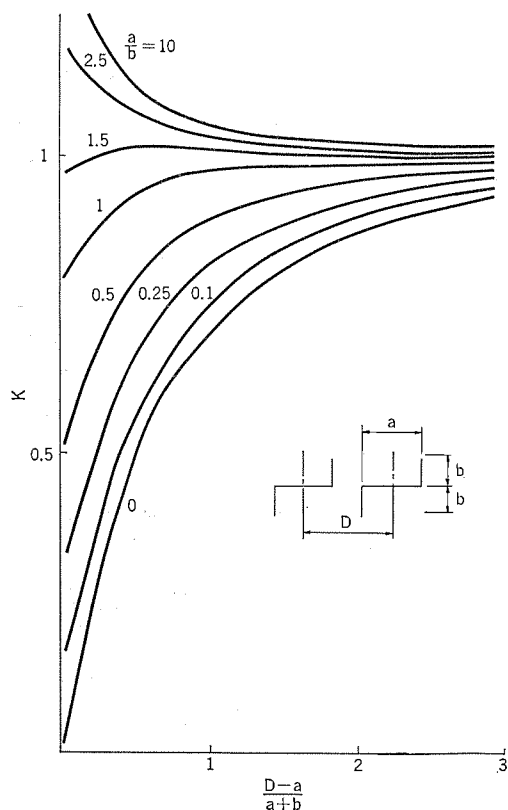


図 5. Z 形母線の形状係数

で表される。Z 形母線の形状係数 K は、HIGGINS の理論を発展させ、母線間の磁気エネルギーを機械的エネルギーに変換して求めた。図 5. は Z 形母線の形状係数を求めるグラフである。

(2) 安全性への配慮

垂直母線室は、図 3. で示すように耐熱性半透明樹脂の絶縁カバーで覆われ、グリップそう(挿)入口以外はユニット室としゃへいされている。更に、母線相間の絶縁をもできる構造にし、従来形以上に、母線室の安全性に考慮を払っている。

(3) 接続部の信頼性向上

母線同志のボルト締めは、ヒートサイクルや母線の振動によって、ボルトが緩みがちになりやすく、接続不良による過熱からアーク短絡に移行する危険をはらんでいる。G 形コントロールセンタでは、垂直母線と水平母線との接続には、図 6. に示すように、接続導体 (CB) に圧入されたプレスナット、締付力の低下を防止するベルビルワッシャ、及び六角穴付きの高張力ボルトを採用してボルトの緩みを防止し、接続部の信頼性を一段と向上させている。

3. 2 接触信頼性と耐溶着性の増した電源グリップ

モータスタータ用ユニットや NFB ユニットの電源引込部をグリップ機構にし、ユニットの着脱を容易にすることは、重要ユニットのメンテナンス性を保持し、負荷の連続性を確保するうえで必要である。

今回開発したグリップは、50 A・100 A・150 A 定格の低容量グリップと 600 A 定格の高容量グリップである。

(1) 低容量グリップ

50 A・100 A・150 A 定格のグリップは、材料自身の応力を利用した自力接触形であり、図 7. に示すようにガラスポリエステル樹脂でモールドされた 3 相一体形構造になっている。垂直母線とは線状接触し、1 点接触方式のグリップと比べて、接触部の耐溶着性を飛躍的に向上させている。

また、グリップ自身の自己整合性も優れ、左右・前後のずればかりでなく、ねじれに対しても追従できる 3 次元フローティング機構になっている。

(2) 大電流グリップ

600 A 定格のグリップは、主に電源ユニット用として新しく開発したグリップで、低容量グリップと同様、ガラスポリエステル樹脂でモールドされた 3 相一体形のグリップであるが、その機構は、図 8. の原理図で示すように、コイルばねで接触圧を出す他力接触形である。フィンガース

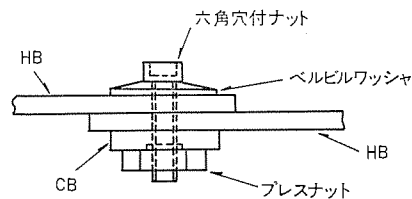


図 6. 母線接続機構

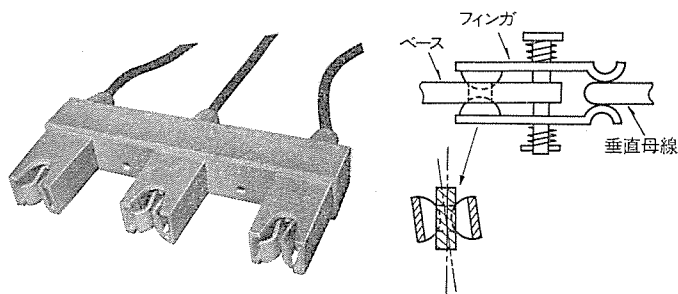


図 7. 低容量グリップ

図 8. 600 A グリップ機構原理図

(口出し導体)とフィンガの接触部を円状接触にし、垂直母線とフィンガを線状接触にした3次元フローティング機構により、接触信頼性や耐溶着性を低容量グリップ同様優れたものとしている。図9.は大電流グリップを取付けた600A定格の電源ユニットである。

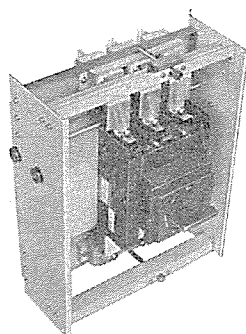


図 9. 600 A 定格電源ユニット

4. 優れた計画性と豊富な標準仕様

コントロールセンタは、石油化学・鉄鋼・電力・ガス・繊維・上下水道などのプラント設備から一般工業用設備まで広範囲に進出し、その要求される仕様は多種多様である。

この仕様の多様化に対して、G形コントロールセンタが、いかに柔軟に、システムチックに対処できるよう配慮されているか、その主だった特長を述べる。

4.1 計画に対してフレキシブルな箱体

G形コントロールセンタの外箱は、高さ方向全長にわたって100mmの整数倍に区分し、水平母線室・ユニット室・総括端子室の高さを自由に変えられる。そのため、基本形を含めて6種類の変化をもたせることができ、計画に対してフレキシブルに対応できる。

具体的な適用例としては(表1.参照)

- (1) 3,000A級の水平母線では、母線室の高さを300mmにすればよい。
- (2) B配線工事の場合総括端子室をユニットスペースとして、片面10段、両面20段積みが可能である。

4.2 制約条件のなくなった両面形コントロールセンタ

Z形垂直母線により、垂直母線容量に関係なく両面形が可能になった。

4.3 ユニットのシステム化

G形コントロールセンタの基本ユニットは、電源側はグリップ方式、負荷側主回路は圧着端子、制御回路は1ピンごとのファストン端子であり、従来形と同一である。

ユニット仕様の多様化に対処するために、応用形ユニット(例えば自動連結ユニットなど)は、基本ユニット+αの形で製作できる構造にし、ユニットのシステム化を図った。

また、計画性を考慮し、基本ユニットと同一寸法で対処でき、かつ、経済性・安全性を考慮して、B配線を行えるように配慮している。

表 1. フレキシブルな箱体計画表

	1 (基本形)	2	3	4	5	6
母線室	A	200	200	200	300	300
ユニット室	B	1800	1900	2000	1700	1800
端子室	C	300	200	100	300	200
水平母線容量		1000A	1000A	1000A	3000A	3000A

表 2. G形, E形ユニット収納リレー比較 (一例を示す)

	寸法 (mm)	ユニット形名	電磁開閉器	リレー 個数	制 約 条 件
E 形	200	E 2-10 ES 01 N	MS 0-18	2	SRT タイマ、瞬停は付かない
	300	E 3-10 ES 03 N	MS 0-35	3	SRT タイマ取付けの場合リレー2コ分のスペースとなり、リレーは1コとなる
		E 3-10 ES 08 N	MS 0-80	2	—
	600	E 6-22 GS 15 N	MS 0-150	3	瞬停をつける場合、リレー2コ分のスペースとなり、リレーは1コとなる
G 形	200	G 2-10 SA 02 N	MS 0-A 21	2	制限なし
	300	G 3-10 SA 03 N	MS 0-A 35	3+α	同 上
		G 3-10 SA 08 N	MS 0-A 80	3+α	同 上
	600	G 6-22 SA 15 N	MS 0-A 150	3+α	同 上

注) αはトグルSW, 6Pコネクタ, 切換スイッチなどの器具を追加取付け可能であることを示す。

4.4 スペースファクタが改善されたユニット単位装置

G形コントロールセンタのユニットは、主に

- (1) ケーブル引込方向の規則性、すなわち配線用ダクト室が常にユニットの右側に位置している。
- (2) 効果的な器具配置、すなわちNFBは左側、電磁開閉器は右側に配置されている。

の二つの効果により、収納器具のスペースファクタが改善され、従来形のユニットに存在していた収納器具の取付け制約をなくし、規則性をもたせられるようになった。表2.はG形ユニットとE形ユニットとの収納リレーの比較表である。

4.5 取付け制限のない操作パネル

表示灯・押ボタン・切換スイッチは、図1.で示すようにNF操作ハンドルと一体になった操作パネルに取付けられる。その取付け個数は、組合せに関係なく4個まで可能になり、設計上の自由度が増大している。

4.6 機能の拡大を図った名板パネル

名板パネルは、G形コントロールセンタで初めて採用したものであり、パネルには、カードホルダ式のユニット用途名板と電流計又はオポジションとして、表示灯・押ボタン・切換スイッチを2個取付けられる。そのため、仕様決定の遅れや仕様変更に対し、とびら加工することなく容易に追従できるようになっている。

4.7 MCP-150 HA の適用

MCPは、Motor Circuit Protectorの略称で、NEC規格に準拠したモータ回路短絡保護専用のしゃ断器であり、最近当社において開発された。

MCP-150 HAの機構は、瞬時動作のみであり、引外し電流値を定格電流の4~10倍に調整できるマグ可調整タイプになっている。またモータの過渡突入電流で動作しないようアンラッチングタイムがとってある。このMCPがG形コントロールセンタでは適用が可能であり、次のような利点がある。

- (1) 小容量モータの保護協調が完全になる。
- (2) しゃ断器定格電流の選定が経済的になる。すなわちモータ全負荷電流をMCP定格電流に等しく選定できる。また一つの定格値のブレーカが、幾つかのモータ容量への適用範囲が広がっている。
- (3) MCPの150A定格は、400V級90kWのモータに適用できる。

(4) モータ容量の変更に対して適応性が大きい。

ただし、MCPの使用は、現状では400Aフレーム以上のNFBと同様、通産局長への特認申請が必要である。

5. 据付け、列盤、配線工事の作業性

アンケート調査、クレーム分析などの調査結果では、据付け、列盤、配線工事の、しにくさの指摘や工事への不徹底が原因となっており、思わぬクレームを引き起こす場合があった。

したがって、G形コントロールセンタの開発では、工事上の問題点を究明し、その結果を新製品に反映させた。

5.1 B配線システムの完成

B配線方式のメリットは

- (a) プラント建設後においても、ユニットの追加、変更工事が、比較的容易である。
- (b) 仕様変更に応じられやすい。
- (c) 事故の発生率を少なくする。
- (d) ケーブル配線工事が、比較的やりやすくなる。

などの特長があり、この特長を生かすため、構造上次のような配慮をしている。

(1) ステップ端子台によりすべてのケーブルサイズにB配線を可能にした。電磁開閉器MSO-A50以上が取付くユニットには、サマルリレーにステップ端子台を付け、外部ケーブル30mm²以上の場合、従来は、B配線工事ができずC配線方式としていたが、B配線を可能にした。

(2) 1ユニット当たりの縦ダクト室の断面積を、従来形に比して40%増やし余裕をもたせた。

(3) 高さ2,300mmの縦ダクトとびらは、単独に取外しができ、また、ダクト内は、しきりわく(枠)などケーブル処理の障害になるようなものを、皆無にした。

(4) 1面構成の外箱で縦ダクト室は常に、ユニットの右側にあり、ダクト内を立上るケーブルは、十分大きな曲げ半径をもって、ユニットに接続することができる。(図10. 参照)

(5) ダクト室内の右側には、ケーブルサポートを用意し、このケーブルサポートは、フックアーム付きでバンドを容易にし、かつポリエステル樹脂塗装され、ケーブルの保護をしている。

5.2 据付け、列盤工事に対する配慮

据付け、列盤作業の能率向上を図った主な点について紹介する。

(1) 集積誤差を吸収するチャンネルベース

列盤面数が多くなるに従って、基礎施工方法によっては寸法誤差の

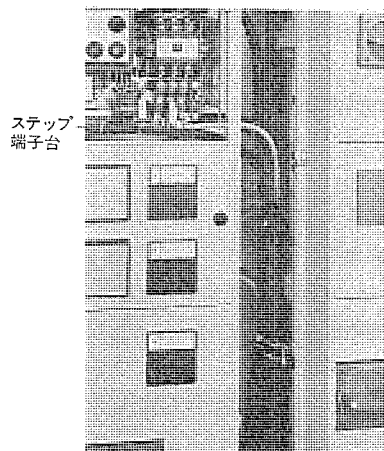


図10. ステップ端子台とケーブルの接続

表3. コントロールセンタ据付施工方法例

No.	基礎施工方法(例)	コントロールセンタとの集積誤差に対する配慮
1	チャンネルベース先送り A: コントロールセンタ B: 下付 とびら 5V さし筋 FL	A: コントロールセンタの集積誤差に対し施工時間問題なし B: チャンネルベースに長穴が必要。工場手配でない場合、工事側にて考慮
2	A: 溶接, モルタル etc. B: 基礎ボルト モルタル 調整金 基礎ボルト チャンネルベース 調整金	チャンネルベースの固定を A: 溶接, モルタル etc. B: 基礎ボルト で行う場合、チャンネルベースと 一体で送付する調整金で吸収 する
3	FL 5V 埋設チャンネルベース	チャンネルベースを基礎ベースに 溶接する方法で施工時間問題なし
4	基礎クランプ	チャンネルベースを基礎ボルトに て固定する方法で、集積誤差は 基礎クランプにて吸収する

集積により、チャンネルベースとコントロールセンタ、又は、基礎ボルトとチャンネルベースと合わない場合があった。

上記の問題に対し、チャンネルベースに長穴を設け、調整金、又は、基礎クランプとの結合により、集積誤差に対処した。表3. は、コントロールセンタや据付方法の一例を示し、それぞれの場合の集積誤差に対しての配慮を示す。

(2) 横棒連結による容易な列盤作業

ダクト内の一方向から箱体相互の横棒を、ボルトで締付けける単純で堅固な方法とした。

(3) 母線連結作業の簡便化

天板を外せない場合の母線連結作業は、従来、非常に作業性が悪く、非効率であったがG形コントロールセンタでは、他に影響を与えることなく、母線室正面から無理のない姿勢で行えるように考慮した。

また、水平母線支えは、縦ダクト部分に設け、容易に取付けができる構造にしている。

6. 操作性と保守性

6.1 増締めとチェックを容易にした母線構造

Z形垂直母線と水平母線を箱体の中央に配置することにより、垂直母線と水平母線の接続を容易な構造とすることができ、定修時における母線接続部の増締めとチェックを、天板を外すことなく、母線室の扉を開き、正面から専用工具により容易に行える。(図11. 参照)

6.2 脱着と保守を容易にしたユニットケース

ユニットケースは、平面的に見てH形形状であり、裏側カバーを取外せる構造となっているため、裏面に取付くCTやTRなどの取替え、追加、保守点検を一層容易にした。

また、ユニット脱着ガイドに摩擦の少ないステンレス製レールを使用し、脱着がスムーズにいくようにしている。(図12. 参照)

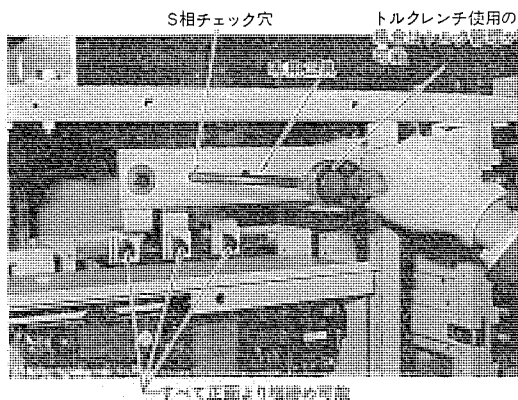


図 11. 水平母線増縮め作業

6. 3 堅固で操作の明確なとびら止め装置

構造堅固で操作、動作の明確なカムロック方式を採用し、かつ、枠体に直接ロックする構造としているので、衝撃や振動に対しての保護を、より強固にしている。

6. 4 テスト位置停止機能をつけたユニットラッチ装置

テスト位置自動停止のできるコントロールラッチ装置を設け、点検時の操作を容易にした。ロック、テスト位置自動停止、アンロックの状態は、ラッチ装置のつまみを90°回転することにより設定できる。

6. 5 NFBの保守点検を容易にしたNF操作ハンドル

NFBをとびら表面から操作するNF操作ハンドルは、ON・OFF状態での施錠機構、とびら表面からのとびら角穴との整合機能などの基本仕様は、従来形と同一であるが、新しく次の特長をつけ加えた。
(1) NFB 100 A 以下は、操作ハンドル、コントロールパネルが一体で前方に回転し、また 225 A 以上は、コントロールパネル部分だけが前方に回転する機構になっている。そのため、NFBの取替え、保守点検が容易にできるようになった。

(2) NFB 600 A 以上には、補助ハンドルを一体で付け、操作を容易にした。

6. 6 表示灯、押ボタン、切換スイッチ

表示灯、押ボタン、切換スイッチは、コントロールセンタ専用開発し性能、操作性の面で一段と向上している。特に、表示灯には長寿命のネオン管を使用し、直列抵抗、誤点灯防止抵抗は、1枚の磁器ベースにプリントした金属皮膜抵抗を採用しグローブ内に収容している。

7. モデルチェンジと補用品対策

従来ややもすると、モデルチェンジ後の新製品のPR・販売・サービスに力を入れ、既納品の補用品対策は副次的に扱ってきた感が強い。しかし、経済の低成長時代には新製品に向ける熱意以上に補用品対策に取組む姿勢が必要である。

すなわち増設・追加ユニット工事が多く、コントロールセンタのような寿命の長い機種は、内蔵される器具を含めて、顧客が安心して長期にわたって使用できるよう補用品対策を強力に押し進めることが必要である。

また、新製品に関しても、新・旧製品の互換性について顧客が納得できる論理が必要であり、製品に反映させねばならない。

7. 1 G形コントロールセンタに対する配慮

図 13. は、郵送法によるアンケート調査や顧客に直接面接して得た新旧機種互換性に関するデータを整理した結果である。この調査に基づき、G形コントロールセンタの高さと奥行きはE形と同一にして電源

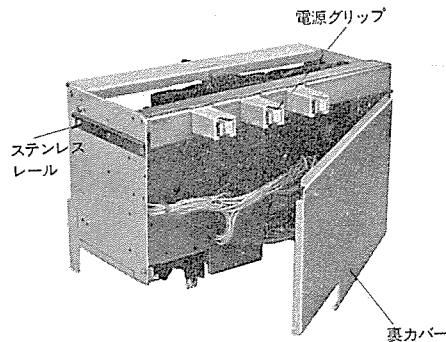


図 12. G 形 ユニット

を含めて列盤を可能にしている。ユニットについてはケースの互換性は特に必要ないとの結論であり、器具は努めて同一のものを使用する。

7. 2 従来機種への補用品対策

コントロールセンタはプラントが稼働する限り使われ、寿命は長くその間の補用品対策は極めて重要である。

この事実をふまえ、メカの社会的責任として、従来機種に対する補用品対策を次のように考えた。
(1) NC形・E形の各コントロールセンタの箱体とユニットは、客先の要求により製造する。部材はできるだけG形コントロールセンタ用を使用するか、又は専用の補用品として最適な形態で対処する。

(2) 器具の取替えは、次のように対処する。

(a) G形コントロールセンタで使用する器具

(b) 市販されている器具

ただし、取付け上の互換性がない場合は、アダプメントなどのアクセサリをつけて提供する。

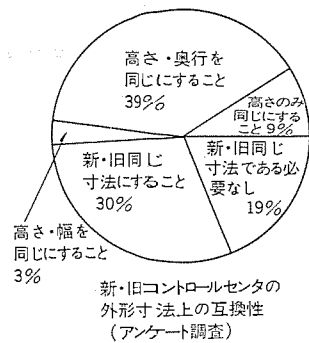
(i) 器具を取付ける際、顧客側に穴加工、部材製作等の必要のないようにする。

(ii) コントロールセンタに既についている部品や部材は極力使用できるようにする。

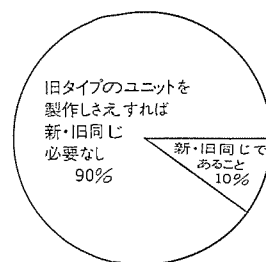
(iii) 要求される機能、性能は満足させる。

8. む す び

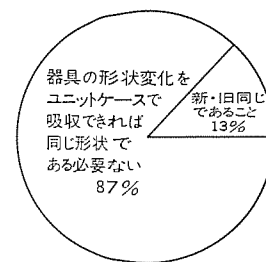
G形コントロールセンタについて製品の紹介とともに、開発の基本思想と手順についても簡単に紹介した。製品の機能は、社会的、技術的環境条件を判断したうえで決められるメカの方針によってつくられ、またその評価は、その選択と実行のいかんによって、顧客から受けることになる。この機能の内容は、(1)基本機能(電力の供給、供給の連続性、制御、構造的な要求等)、(2)顧客のための機能(対物機能、対人機能)、(3)製造のための機能、(4)社会のための機能、等がある。いずれにしても、顧客の立場にたった機能と環境の変化に柔軟に対応できる姿がもっとも理想的なものといえ、G形コントロールセンタはこの姿を追求したものである。



新・旧コントロールセンタの外形状上の互換性 (アンケート調査)



新・旧ユニットの形状に対する互換性 (アンケート調査・面接調査)



新・旧器具の互換性 (アンケート調査)

図 13. コントロールセンタの互換性

扇形開口オフセットカセグレンアンテナ

水沢 丕雄*・高松 泰男**・倉島 徳幸**

1. ま え が き

15 GHz 帯のマイクロ波通信においては、その回線の高密度化による干渉、建築物による干渉などの条件が厳しくなっている。したがって、回線の新設又は分岐回線の増設を行う場合には、アンテナの指向性の良否が回線設計上で大きな問題となっている。このことから近軸及び広角の放射特性の優れたアンテナが要求されている。また直交2偏波を共用する場合には、交差偏波放射レベルの低いものが要求される。

このような観点から、昭和48年に1次試作としてフロントフィードタイプの扇形開口オフセットパラボラアンテナを試作し、その基本特性を調査した⁽¹⁾。その結果、水平面内の放射特性において、広角度放射レベルが低く、第1サイドローレベルも-32 dB程度の良好なものが得られた。しかし直交2偏波を共用する場合に問題となる交差偏波放射特性については、正面方向で-40 dB程度得られるものの、水平面内のピークレベルが-18 dB程度と高く、このレベルを低減することが課題となっていた。

この課題を解決するためには、1次試作の鏡面系で発生していた交差偏波成分を打消す必要があり、更に1次放射器として交差偏波放射レベルの低いものが必要となり、検討を重ねた。

この結果、主反射鏡の交差偏波成分を打消すために、オフセットカセグレン形⁽²⁾の鏡面系を構成し、1次放射器として、交差偏波放射レベルの低いフレア角度変形複モードホーンを採用することにより改善を図った。

この論文では、前記の問題点を解決するため試作した扇形開口オフセットカセグレンアンテナの設計及び性能について述べている。

2. 基本的考察

15 GHz 帯のマイクロ波通信用のアンテナには、次のようなことが必要である。

表 1. 扇形開口 オフセット カセグレンアンテナ の主要性能			
	項 目	性 能	備 考
電 気 的 性 能	周 波 数 帯 域	14.4~15.25 (GHz)	
	利 得	45.0 (dB)	周波数 14.8GHz レドーム付き
	レドーム損失	0.6 (dB)	
	ビーム幅	0.8 (度)	
	第1サイドローレベル	-32 (dB)	
	交差偏波識別度	40 (dB) 以上	
	入 力 VSWR	1.04 以下	
機 械 的 性 能	開 口 面 積	2.14 (m ²)	
	耐 風 速	60 (m/s)	
	方向調整角度範囲	±3 (度) 以上	
	気 密 性	200 (g/cm ³)	
	重 量	約 180 (kg)	方向調整部を含む

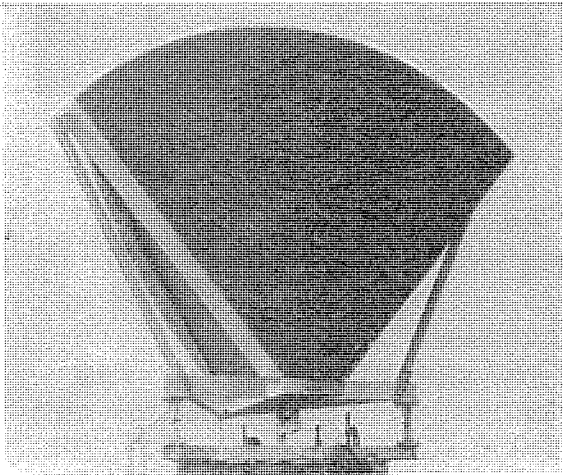


図 1. 扇形開口 オフセット カセグレンアンテナ

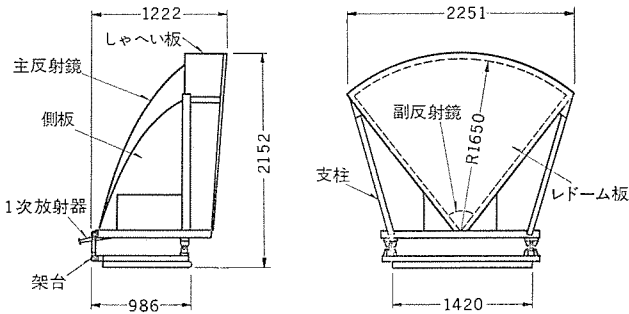


図 2. 扇形開口 オフセット カセグレンアンテナ の構造

- (1) 周波数帯域が 14.4~15.25 GHz であること。
- (2) 偏波共用であるため、交差偏波識別度が良好なこと。
- (3) 入力 VSWR の小さいこと。
- (4) 近軸及び広角の放射レベルが低いこと。
- (5) 運搬、及び据付・調整工事が容易であること。
- (6) 鉄塔の上あるいは高層ビル屋上等への設置に適した構造であること。
- (7) 雨雪、じんあい(塵埃)の付着に対して考慮されていること。

以上の観点から 15 GHz 帯のマイクロ波通信用アンテナとして、扇形開口オフセットカセグレンアンテナを試作した。このアンテナの主要性能を表 1. に示す。また外観を図 1. に、構造を図 2. に示す。

3. 設 計

3.1 鏡面系の設計

鏡面系は、図 3. に示すように、主反射鏡と副反射鏡の2枚の反射鏡を組合せたオフセットカセグレン形⁽²⁾とした。主反射鏡は直径 3.3 m、焦点距離 825 mm、開口角 180°の回転対称形パラボラ反射鏡の一部を用い、副反射鏡は2葉双曲面の一部を用いた。また、その配置は図3. に示すように2葉双曲面の焦点である O、F の位置に主反射鏡の焦点、1次放射器の位相中心がそれぞれ設定される。

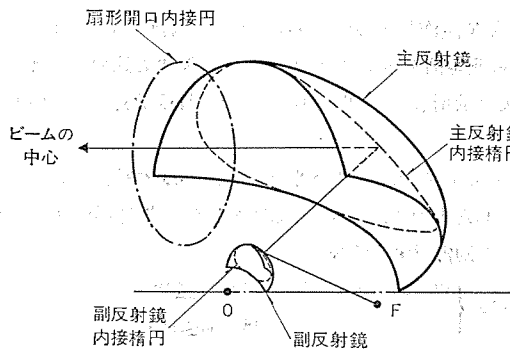


図 3. 鏡面系の構成

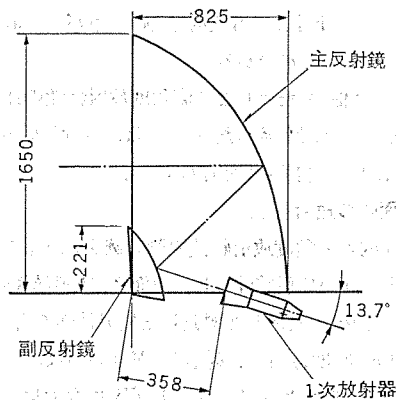


図 4. 主要寸法

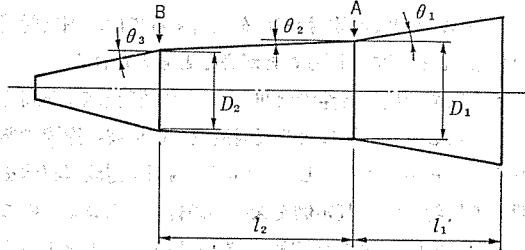


図 5. フレア角度変化形複モードホーン

副反射鏡の形状を決定するには、図 3. の破線で示した主反射鏡及び副反射鏡の内接円(楕円)内の部分に着目し、図中の 1 点鎖線で示した扇形開口の内接円内の開口分布が幾何光学的に回転対称になるようにした⁽²⁾。この結果得られた主要寸法を図 4. に示す。

3.2 1 次放射器の設計

1 次放射器には、コルゲートホーン⁽³⁾⁽⁴⁾、誘電体装荷ホーン⁽⁵⁾等、EH 両面の放射パターンの一緻度が良く、交差偏波放射レベルの低いものがあるが、今回は、これらの 1 次放射器と同程度の性能が得られ、しかも製作の容易なフレア角度変化形複モードホーン⁽⁶⁾⁽⁷⁾を用いた。

このフレア角度変化形複モードホーンの概略を図 5. に示す。この複モードホーンは、A 及び B で示される不連続部分で、フレア角度を θ_1 から θ_2 及び θ_2 から θ_3 に変化させることにより、円形導波管の基本モードの一つである TE_{11} モードを励振波として高次モードの一つである TM_{11} モードを発生させて、放射特性の改善を図るものである。また高次モード発生部の長さ l_1 , l_2 はホーン開口で TE_{11} モードと TM_{11} モードの位相差が所望の値になるように決定されるものである。

今回設計した複モードホーンでは、帯域内中心周波数において長さ l_1 , l_2 をホーン開口で TE_{11} モードと TM_{11} モードが同相となるようにし、 TM_{11} モード発生量を円形導波管の中心軸方向において TE_{11} モードに対する電界比で 0.43 とした。

またモード発生量に関しては、文献(8)の考え方に従って新たに算出したものを用いた。

3.3 シャーペイ板及びレドームの設計

このアンテナは 1 次放射器及び副反射鏡からのスピロオーバーが水平面にあらわれないようにするために、図 2. に示す側板及びシャーペイ板で鏡面系と 1 次放射器を包み構造になっている。またレドームは、透過損失を小さくするために厚さ半波長のガラス繊維強化ポリエステル板を採用している。製作したレドーム板は

比誘電率	4.2±0.2
誘電損失 ($\tan \delta$)	0.02 以下
引張り強さ	18 kg/mm ² 以上
縦弾性係数	1,700 kg/mm ² 以上

であり、その通過損失はこの帯域で 0.6 dB 以下となっている。

次に 1 次放射器の気密は、その開口にテフロン製の円錐形半波長板を取付けることにより保てるようになっている。

4. 実測性能

4.1 フレア角度変化形複モードホーンの放射特性

フレア角度変化形複モードホーンの放射特性の測定例を図 6., 図 7. に示した。測定は副反射鏡に吹付ける距離が 358 mm であるので、ホーン開口から 358 mm の位置での放射パターンを測定した。

この結果、正偏波の放射特性では吹付け角度 14 度以内で E, H 両面のビームの一緻度は 0.2 dB 以下となり、交差偏波放射レベルでは偏波面に対し 45 度方向のピーク値で -31 dB 程度得られることが分かった。また図中に計算値として示したものは、 TM_{11} モードの発生量を 0.43 とし、更に高次モード発生部で TM_{11} モードと同時に発生する

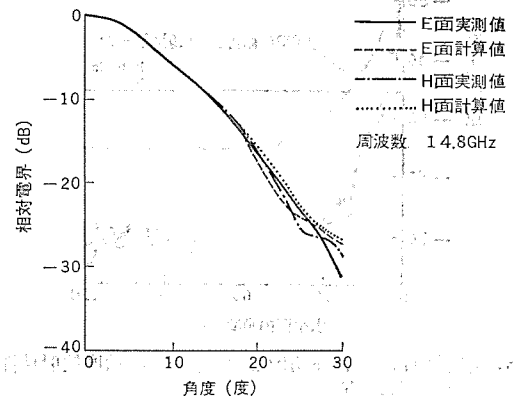


図 6. 複モードホーンの近軸放射パターン

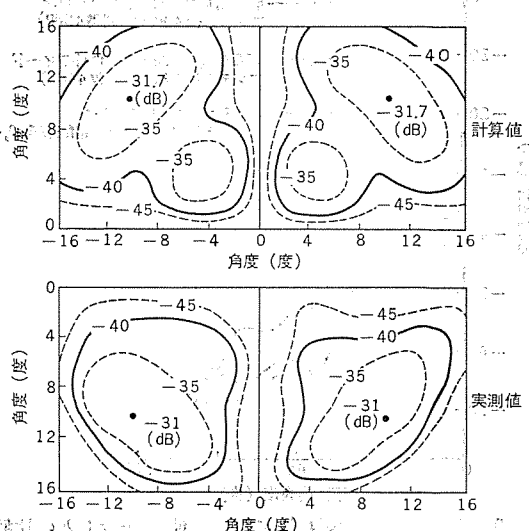


図 7. 複モードホーンの交差偏波等電界図

TE₁₂ モードをも考慮して計算を行った。このことから計算値と実測値は比較的良好一致が見られた。

4.2 アンテナ総合の放射特性

4.2.1 水平面内の放射特性

図 8. に水平面内近軸放射特性の E, H 両面の測定例を示す。このことから正偏波放射特性では、第 1 サイドローレベルが -32 dB 程度得られることが分かる。また交差偏波放射レベルでは水平面内のピーク値で -32 dB 以上になっている。また図中の 1 点鎖線で示した

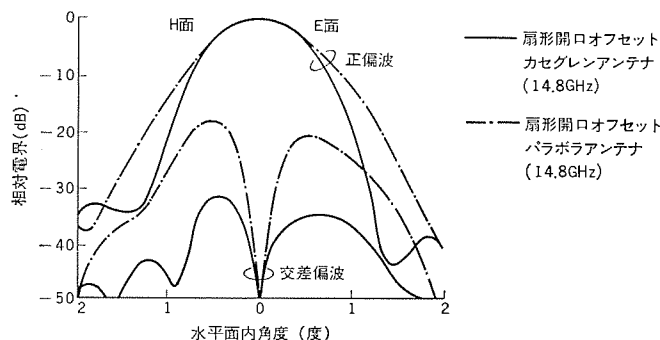


図 8. 扇形開口 オフセット カセグレンアンテナの近軸放射パターン

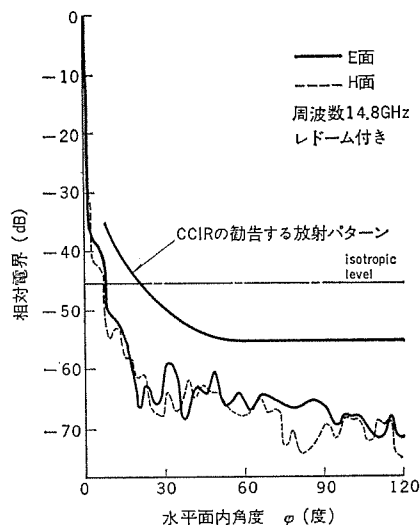


図 9. 扇形開口 オフセット カセグレンアンテナの広角度放射特性 (せん頭包絡値)

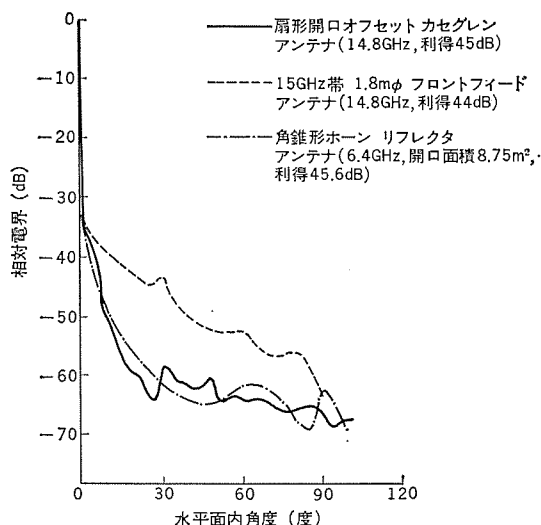


図 10. 水平面内の放射特性における他のアンテナとの比較 (せん頭包絡値)

ものは、先に試作したフロントフィードタイプの扇形開口 オフセット パラボラアンテナ⁽¹⁾の測定例を示したもので、この結果と比較すると水平面内の交差偏波放射レベルのピーク値が 14 dB 程度改善されていることが分かる。

図 9. にはこのアンテナの水平面内の広角度放射パターンのせん頭包絡値を示したもので、ここでは参考のため地球局用アンテナに対して CCIR の勧告⁽⁹⁾する曲線

$$G = \begin{cases} 32 - 25 \log \phi \text{ (dB)} & 1.8^\circ < \phi \leq 48^\circ \\ -10 \text{ (dB)} & 48^\circ < \phi \leq 180^\circ \end{cases}$$

ただし G は isotropic アンテナに対する利得である。

と比較すると、この曲線よりも放射レベルが下がっており良好な放射特性を有していることが分かる。

また図 10. には他のアンテナとの広角度放射特性の比較が示してある。このことから今回開発したアンテナは、角錐ホーンリフレクタアンテナ⁽¹⁰⁾に準ずる良好な放射特性を有している。

4.2.2 垂直面内の放射特性

図 11. に垂直面内の広角度放射特性の測定例を示す。このことからこのアンテナの上方向の放射特性では、鏡面系が回転対称な構造を有している通常のカセグレンアンテナと類似した放射特性を有していることが分かる。また 30 度方向で放射レベルが高いのは、1 次放射器の副放射鏡周辺への、吹付けレベルが -10 dB 程度で吹付けているため、1 次放射器のスピルオーバーが大きく現れているものと考えられる。したがって 30 度方向での放射レベルを改善するには、副反射鏡周辺への吹付けレベルを更に下げることが必要と考えられる。

また、下方向での放射特性では 90 度方向で放射レベルが高くなっている。これはしゃへい板による反射波及び回折波の影響であると考えられる。したがってこのしゃへい板の内面に電波吸収体を取付けた状態での放射パターン測定例を図中の破線で示した。このことからしゃへい板の内面に電波吸収体、あるいは補償板⁽¹¹⁾を用いるなどの方法で反射波及び回折波を打消す方法をとれば、下方向の広角度放射特性を更に改善できることが分かった。

4.2.3 交差偏波特性

図 12., 図 13. にこのアンテナの交差偏波特性の測定例を示す。4.1 節の図 7. と比較すると交差偏波放射レベルのピーク値は複モードホーンを使用することにより 10 dB 程度の改善ができたことが分かる。しかし交差偏波放射の形状は、アンテナ開口の開口分布が波動的にも回転対称であれば、1 次放射器による交差偏波成分が支配的になり、偏波面に対し 45 度方向に四つのピーク値が存在する形状となるが、ここでは異なっている。これは 3.1 節で述べたように鏡面系を設

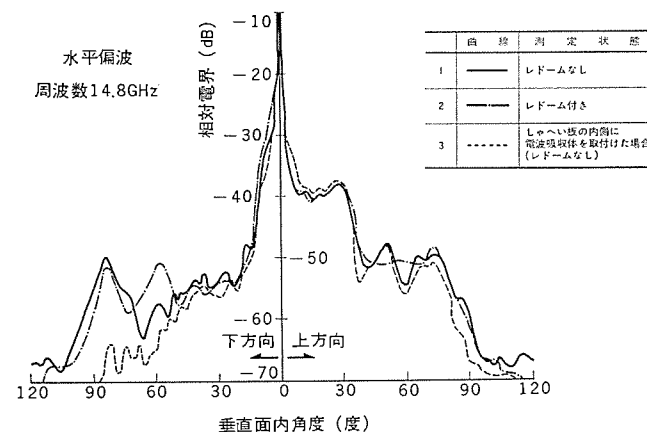


図 11. 垂直面内の広角度放射特性 (せん頭包絡値)

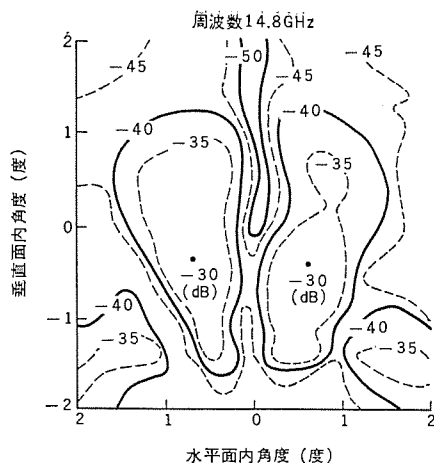


図 12. 交差偏波等電界図 (Vx)

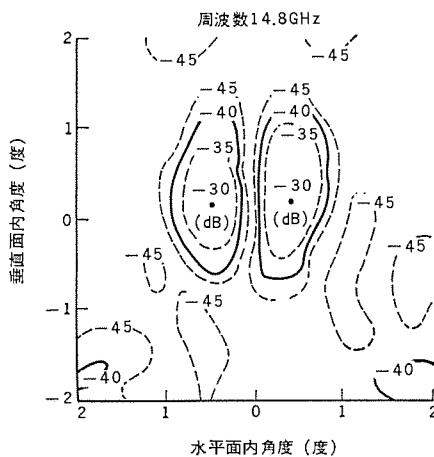


図 13. 交差偏波等電界図 (Hx)

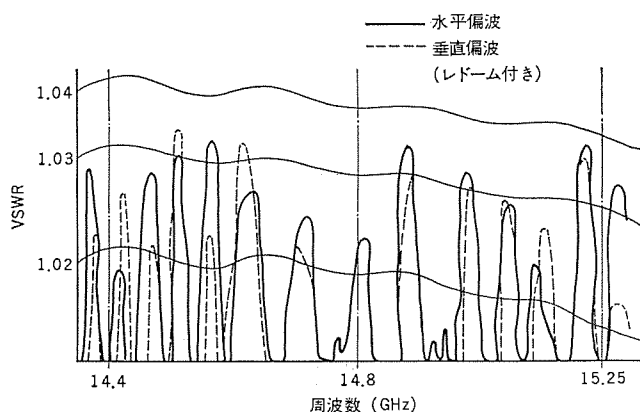


図 14. 入力 VSWR 特性

計する際に、扇形開口の内接円内の開口分布を幾何光学的な意味で回転対称になるように求めたために鏡面系による非対称が表れたものと考えられる。

4.3 利得

利得の測定結果は表 1. に示すとおりで、開口能率としては 54 % 程度のものが得られた。

4.4 入力 VSWR

図 14. に入力 VSWR の測定結果を示す。鏡面系が回転対称な構造をしている通常のカセグレンアンテナでは、副反射鏡から 1 次放射へ向

から反射波の影響が大きいために整合素子⁽¹⁴⁾を副反射鏡上に設けて整合をとっているが、このアンテナではそのような整合素子なしでも入力 VSWR は 1.04 以下のものが得られることが分かった。

また 1 次放射器単体の入力 VSWR は 1.025 以下であった。

5. む す び

15 GHz 帯のマイクロ波通信用アンテナとして試作した扇形開口オフセットカセグレンアンテナの設計及び主要性能について述べた。

設計上の新しい試みとしては

- (1) 主反射鏡面で発生していた電界分布の非対称性をオフセットカセグレンアンテナの考え方を応用して、幾何光学的な意味で回転対称になる鏡面系を構成した。
 - (2) 1 次放射器として交差偏波放射レベルの低いフレア角度変化形複モードホーンを採用することにより、交差偏波放射レベルの低減を図った。
- などである。その結果 1 次試作で課題となっていた交差偏波放射レベルが、水平面内のピークレベルで -30 dB 程度に低減できた。更に広角度放射レベルが低く、第 1 サイドローレベルも -30 dB 程度のものを得ることができ、マイクロ波通信用のアンテナとして優れたものを開発し得た。

終わりにこのアンテナの開発にあたり終始適切にご指導をいただいた日本電信電話公社の関係各位に深謝いたします。

参 考 文 献

- (1) 武市, 片木, 高松, 佐藤: 三角開口オフセットパラボラアンテナ, 信学会アンテナ・伝播研資, AP 73-67 (昭 48)
- (2) 田中, 水沢: オフセット複反射鏡における交差偏波消去, 信学論, 58-B, No. 12, p. 643 (昭 50)
- (3) 水沢, 武田, 別段, 田中: コルゲート円錐ホーンアンテナ, 三菱電機技報, 47, p. 1,136 (昭 48)
- (4) 水沢, 武田, 別段: コルゲート円錐ホーンアンテナの放射特性, 信学論, 56-B, p. 14 (昭 48)
- (5) 高野, 片岡: 誘電体集束形一次放射器の特性, 信学会アンテナ・伝播研資, AP 73-34 (昭 48)
- (6) S. B. Cohn: Flare Angle Changes in a Horn as a Means of Pattern Control, The Microwave J., 13, 10, p. 41 (1970)
- (7) 栗原, 鈴木ほか: 2 段フレア付円錐ホーンの放射特性, 電通学会全大, No. 609 (昭 48)
- (8) K. Tomiyasu: Conversion of TE_{11} Mode by a Large Diameter Conical Junction, IEEE Trans. on A. P., MTT-17, p. 277 (1969)
- (9) CCIR, SG-IV, REC. 465-1 (1974)
- (10) 大橋, 加藤, 沼野: ホーンリフレクタアンテナ, 通研実報, 12, 10, p. 1,251 (昭 38)
- (11) 山田, 高野, 進士: カセグレンアンテナのスピルオーバー抑圧の一方法, 電通学会全大, No. 579 (昭 50)
- (12) 香川, 阿部: カセグレンアンテナの頂点整合板, 電通学会全大, No. 590 (昭 48)

最近の大形変圧器技術開発(II)―短絡強度, 振動, 騒音, 付属品, 材料―

田村良平*・清水英範*・平井正好*・渡邊次男*・石井敏次**

1. ま え が き

最近の大形変圧器の技術開発につき、第〔I〕編では、絶縁、磁界・漂遊損、温度上昇に関する研究開発の概要を述べた⁽¹⁾。本編では、これに続いて短絡強度、振動・騒音、付属品、材料に関する研究開発の現状について述べる。

2. 短 絡 強 度

変圧器の機械強度、特に短絡強度は、変圧器の信頼性向上にとって重要な課題である。外鉄形変圧器では交互配置巻線を採用しているため、コイル群数の増加によって短絡電磁力を低減できること、巻線が鉄心及びタンクによって強固に支持されることなど、短絡強度の面で本質的な利点をもっている。これは、昭和40年に納入された電源開発佐久間周波数変換所用変圧器が、短絡ひん(頻)度の極めて高い過酷な運転条件にもかかわらず、順調に運転を続けていることから実証されているが、近年の系統容量及び変圧器単器容量の増大はめざましく、これに伴って短絡強度の重要性も高まっている。

当社では、早くから実器の短絡試験や理論解析など、短絡強度に関する研究を行ってきたが、特に昭和37～39年には、外鉄形変圧器の短絡強度に関する大規模な研究を行い、電磁力の推定、変圧器巻線構成素材の機械的特性、コイル強度、短絡時のコイル振動等について詳細に検討した⁽²⁾。更に、最近では、数値解析及び測定技術の進歩を採り入れた理論解析及び実験により、短絡強度の向上に関する検討を行うと同時に、大容量変圧器の短絡強度の検証を目的として実規模モデル変圧器の短絡試験を実施した。

2.1 短絡電磁力

系統短絡時に変圧器に発生する電磁力を把握することは、短絡強度検討上の基礎になる。このため、磁界分布より短絡電磁力を求めるプログラムを開発してコイル各部の電磁力分布を求め、強度検討に使用している。また、この電磁力の推定精度を検証するため、実規模モ

デル変圧器の短絡試験において、サーチコイルによる磁界測定、及びロードセルによる機械力測定を行い、計算値とよく一致することを確認した。

2.2 コイル強度

外鉄形交互配置巻線では、コイル群が相互に軸方向に反発する主方向電磁力が主体であり、コイル強度は、カルタ支点間でのコイル導体の曲げ強度によって定まるが、コイルの構成材である銅線及び絶縁物は、機械的特性が非線形で、絶縁構造も複雑であるため、有限要素法による巻線の応力解析などの理論検討のほか、複導体モデルの分布荷重試験や、く(矩)形モデルコイルの強度試験などの部分モデル実験によって強度設計の妥当性を検証している。矩形モデルコイルの強度試験では、ゴム袋に水圧を加えることによってコイルに、電磁力を模擬した分布荷重を加え、コイル導体に取り付けたひずみゲージ・変位計によってコイルの変形状況・強度を検討した。図1.に試験状況を示す。

2.3 短絡試験

変圧器の短絡強度を左右する要因として、前述の電磁力、素材の機械的特性、巻線強度等に関する理論解析及び部分モデル実験と併行し、これらの要因が総合された実器の短絡強度を検証するための実規模短絡試験を実施している。

実器の短絡強度試験としては、500 kV 1,000/3 MVA 単相変圧器、275 kV 660 MVA 三相変圧器の短絡試験を実施した。これらは、いずれも実器と同一設計のコイルを使用し、交互配置巻線の1群を用いて実器と等価な短絡試験を行っており、実器が十分な強度を有することを確認した。また、最近では、理論検討のための詳細な測定と、大容量変圧器の強度検証を目的とした単相モデル変圧器を製作して短絡試験を行い、コイル導体及びタンクに取り付けた多数のひずみゲージ・ロードセル・加速度素子・変位計・高速度カメラなどにより、短絡時の発生ひずみ・電磁力・変位などを詳細に測定した。図2.に

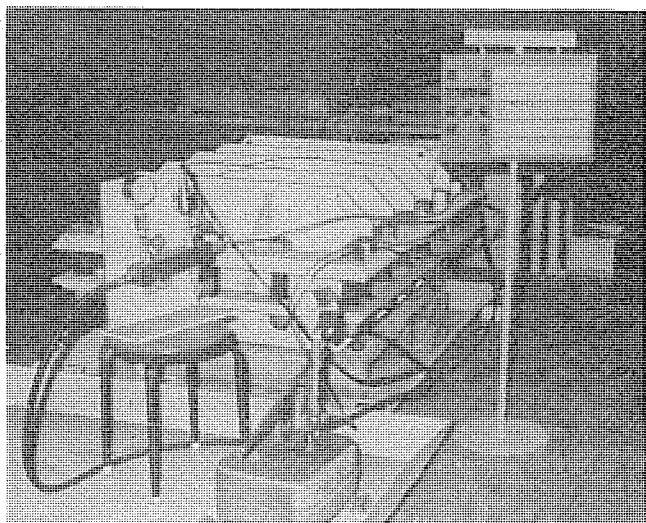


図1. 水圧による外鉄形モデルコイルの強度試験

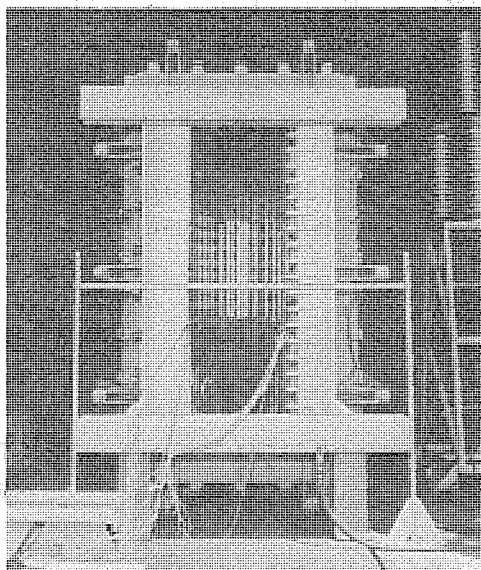


図2. 実規模モデル変圧器の短絡試験

短絡試験に使用したモデル変圧器を示す。

3. 振動及び騒音

変圧器及び分路リアクトルの振動は、騒音の発生源になると同時に、本体及び外部付属品の振動耐久性に影響を与えるので、機器の大形化とともに重要な技術課題となる。

3. 1 振 動

変圧器の振動は、磁気ひずみによる鉄心振動が主な発生原因と考えられており、変圧器振動の低減には、鉄心素材の磁気ひずみ特性に関する検討が必要であることはもちろんであるが、更にこの加振力に対する変圧器各部の応答、特に鉄心の振動応答を(把)握することが重要である。特に、大容量器では、鉄心の大形化に従って磁気ひずみが増大すると同時に、鉄心の固有周波数も低下するので、鉄心の機械的特性の把握が、設計上の重要な問題になる。このため、鉄心の固有周波数・振動応答などに関する理論解析を行い、モデル鉄心の加振実験によってその妥当性を検証している。また、実器についても、500 kV 1,240/3 MVA 実証器及び 500 kV 1,100/3 MVA 実証器などの鉄心振動を測定し、振動波形・振動モードなどの解析を行って鉄心の特性を検討した。

また、分路リアクトルは、磁気ひずみによる振動のほか、磁気吸引力に基づく振動が加わるために大きな振動を生じやすく、鉄心・タンク等の振動特性の検討が、大容量器を製作する上での大きな問題点になっている。このため、前述の理論解析及びモデル実験による、鉄心の振動応答に関する検討のほか、慣性質量形油圧加振機を用いて実器の鉄心及びタンクの加振試験を行い、鉄心・タンクの動剛性・共振周波数・共振モード等を詳細に測定して有害な振動を生じないように検討している。図 3. に 50 MVA 分路リアクトルの加振試験状況を示す。

3. 2 振動耐久試験

コイル・リード・付属品・補助回路配線などの変圧器構成材の振動耐久性については、加振機による長時間加振試験を行い、実使用状態における疲労破壊事故の未然防止を図っている。図 4. に送油風冷式冷却器の振動耐久試験状況を示す。

3. 3 騒 音

変圧器の大容量化、発電所周辺の市街化などにより、低騒音仕様の変圧器が多くなっており、特に変電所用変圧器は、ほとんどすべての変圧器が低騒音仕様になっている。当社では、変圧器の騒音特性・しゃ音・伝ば(播)特性などに関する基礎研究をもとに低騒音変圧器の設計技術を確立し、組立式防音壁・コンクリート防音壁・低騒音

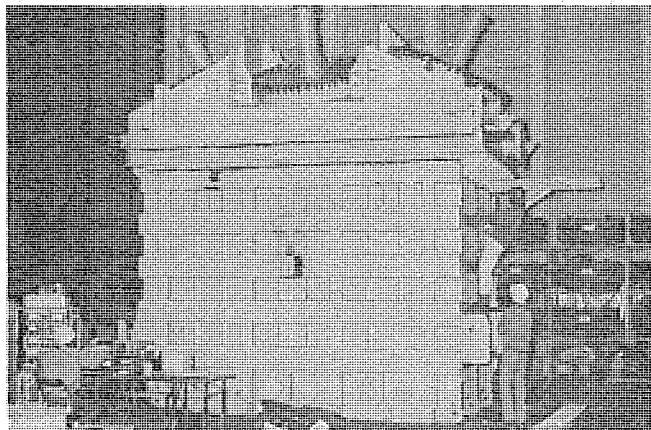


図 3. 慣性質量形油圧加振機によるタンクの加振試験

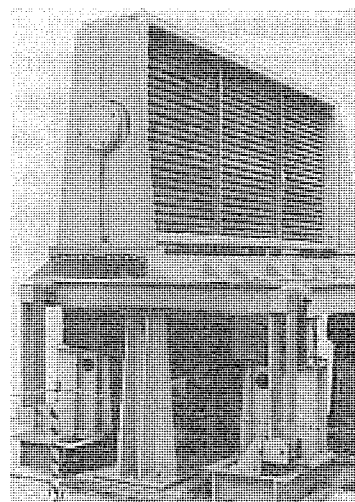


図 4. 送油風冷式冷却器の振動耐久試験

送油風冷式冷却器を開発して既に多数の低騒音変圧器を製作・納入している⁽³⁾。

一方、環境保全問題の進展により、変圧器の低騒音化に対する要求は、今後一層強くなるものと考えられる。このため、本体騒音の低減、しゃ音構造の改良、冷却器の低騒音化等に関して新しい観点から研究に取り組んでいる。本体騒音に関しては、前述の鉄心の振動特性に関する検討のほか、鉄心の磁路構成、及び微視的な磁束分布が鉄心の磁気ひずみ騒音に与える影響について検討を加えている。また、防音壁の特性については、従来、室内音響的な取扱いが一般に行われてきているが、変圧器の防音壁内音場の特殊性を考慮した新しい理論検討により、防音壁のしゃ音特性に影響を与える要因を定量的に把握してしゃ音構造の合理化を図っている。冷却器については、低回転形冷却扇の採用及び防音風どう(洞)の設置によって、後述のとおり既に 50 ホン 級の送油風冷式冷却器を製作・納入しているが、更に冷却扇の空力特性と騒音特性とに関して理論的検討を行い、冷却扇の改良による低騒音化について研究を進めている。

4. 付 属 品

変圧器の運転信頼性に対する冷却器や保護リレーなどの付属品の占める役割は大きく、変圧器の大容量化に伴い、冷却器の低騒音化・高性能化や保護リレーの信頼性向上などの付属品の改善に対する要求が強くなっている。当社では、付属品を含めた変圧器全体の信頼性向上のため、冷却器を初めとして各種付属品類の開発・改良に特に力を入れている。

4. 1 送油風冷式冷却器

4. 1. 1 送油風冷式冷却器の開発・改良

変圧器の大容量化に伴って単器冷却容量の大きい冷却器が必要になり、かつ周囲環境に適合させるために耐食性の優れた冷却器が要求されるようになってきた。当社では、このような要求に応じて溶融亜鉛めっきを施したフィンチューブを採用して耐食性を大幅に向上させるとともに冷却管の配列・構成などを検討して冷却性能の高い EF 形冷却器を開発し、現在標準品として使用している。また、最近、更に冷却容量を大きくした EFP 冷却器の製品化に成功した。この冷却器は、構成部品にすべて鉄を使用した全鉄製プレートフィン形で、冷却エレメント組立後に全面に溶融亜鉛めっきを施したもので、EF 形冷却器と比較して同一体積で冷却容量が約 20 % 大きくなっている。

4. 1. 2 極低騒音送油風冷式冷却器

都市及び都市周辺に設置される大容量変圧器では、送油風冷式冷却器の騒音対策が、重要な課題になっている。従来、55 ホン 級以下の低騒音変圧器では、冷却器騒音の低減のため、送油自冷式が採用されていたが、冷却器設置面積及び油量低減のため、低騒音の送油風冷式冷却器が要求されていた。このため、冷却扇、送油ポンプなど構成機器の騒音特性、及び防音風洞の構造などを検討し、50 ホン 級の送油風冷式冷却器の製品化に成功した。図 5. に 50 ホン 級送油風冷式冷却器群を示す。

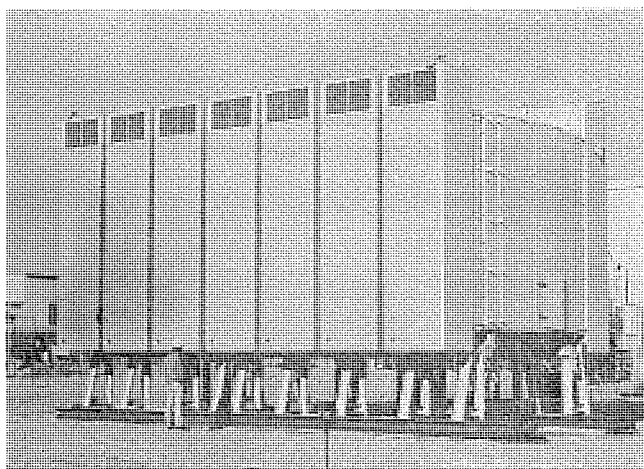


図 5. 極低騒音送油風冷式冷却器

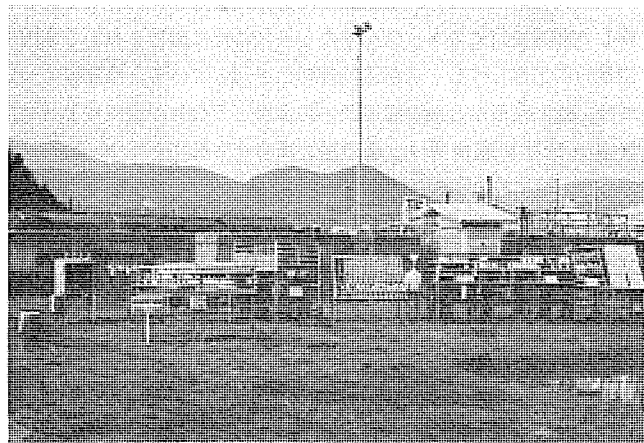


図 6. 冷却器の耐食性試験状況

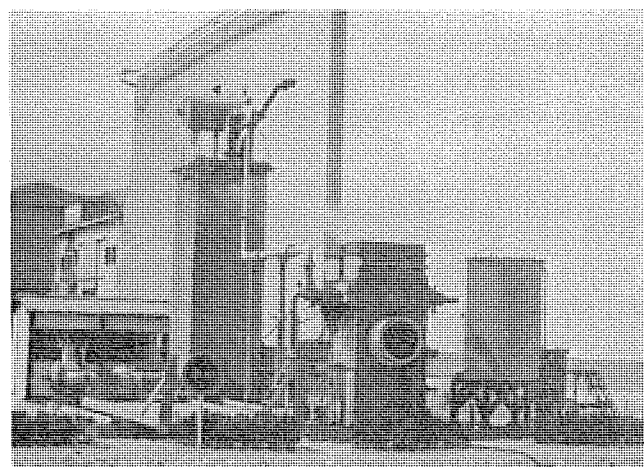


図 7. 性能試験中の蒸発式冷却器

4. 1. 3 冷却器の耐食性

冷却器の耐食性については、各種冷却エレメント材料のテストピース、ウインチューブ及びモデルクーラなどを沿岸地域・重工業地域・軽工業地域などの各環境において長期間の大気暴露試験を行うとともに、運転状況を模擬して冷却エレメント表面を各種の腐食因子で汚損させた状態で、湿度・温度を変化させる繰り返し試験、及び塩水噴霧・亜硫酸ガス噴霧などの加速試験を実施している。図 6. に沿岸地域における大気暴露試験状況を示す。

4. 2 蒸発式冷却器

市街地・住宅地域などの都市部に設置される変圧器の冷却方式には、冷却塔による直接循環の水冷式が多く採用されているが、冷却塔の設置場所・運転保守・騒音などの点で必ずしも満足な方式とは言えず、これの代替方式として蒸発式冷却器を開発した⁽⁴⁾。この冷却方式は、循環水の潜熱を利用して変圧器油を直接冷却するもので、従来の冷却塔を使用する水冷式に比べて冷却効率が大幅に向上する。現在、現地変電所において実用性能検証試験を実施中であるが、これが実用化すれば、機器構成の簡略化及び小形化、補機損の減少、低騒音化などに利点が多いものと思われる。図 7. に蒸発式冷却器の性能試験状況を示す。

4. 3 耐震形衝撃油圧継電器

変圧器用衝撃油圧継電器は、変圧器の内部事故による油圧上昇を検出して動作するリレーであるが、変圧器が地震などの外部要因による振動を受けた場合、比較的小規模な地震でも、内部絶縁油の動揺によって誤動作することがある。このような誤動作を防止するため、モデル変圧器を製作し、これに正弦波・地震波などを印加したときの内部絶縁油の挙動、及び地震の規模と発生圧力の関係とを調査し、地震の規模と誤動作の限界、変圧器内部事故検出能力にかかわる 1 ターン短絡事故に対する感度、及び取付位置などについて検討して耐震形衝撃油圧継電器を製品化した。

5. 材 料

5. 1 絶縁材料

超高圧大容量変圧器に用いられている絶縁材料は、鉱油と、クラフトパルプによる絶縁紙が主体であり、今後ともこの構成に大きな変化はないと考えられているが、絶縁性能の信頼度向上と、UHV 変圧器開発に関連した絶縁耐力の改良など、材料の改革への期待は大きい。その前提になる材料の基礎的物性の究明を行うため、原材料及び製品について化学的・物理的手法によって組成分析・性能解析を行う

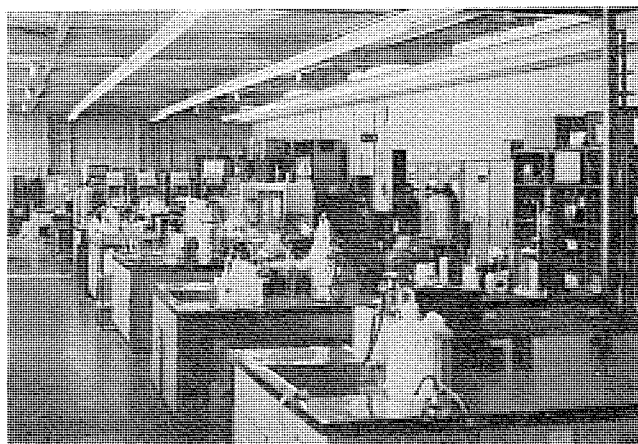


図 8. 材料分析実験室（一部）

とともに、性能の長期安定性に重点を置いた検証を重ねている。図8. は、材料分析実験室の一部を示す。

5. 1. 1 紙の劣化と寿命推定

絶縁紙の寿命推定については、従来、加熱加速劣化による抗張力の残率(例えば50%値)による方法が、よく用いられているが、当社では、ガス発生量・平均重合度などによる方法について検討を加え、原材料の良否、製造工程、特に乾燥処理工程の改善、製品の熱的履歴の解析などに応用している。

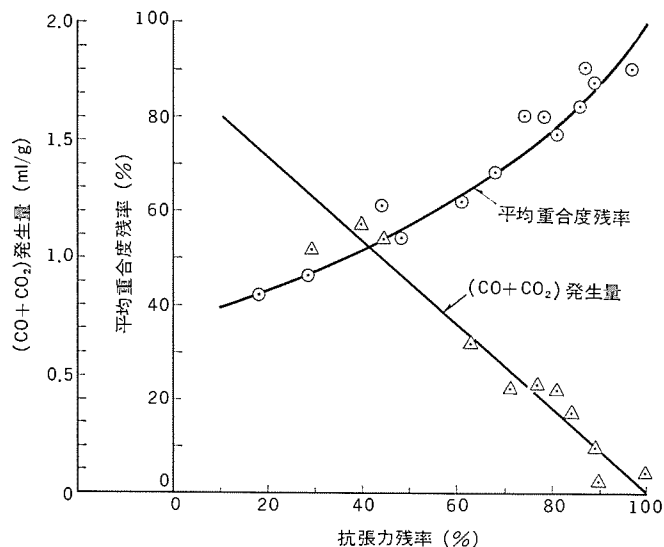


図 9. クラフト紙の抗張力残率と平均重合度及び (CO+CO₂) 発生量との関係

歴の解析などに応用している。

図 9. は、クラフト紙を2号鉱油とともに密封容器に詰め、140～160℃の温度で一定時間加熱した後、抗張力残率と平均重合度残率及び (CO+CO₂) 発生量との関係を調べた結果である⁽⁵⁾⁽⁶⁾。

5. 1. 2 プレスボードの特性

プレスボードは、近年、製法の進歩によって各種密度のものが国産されるようになった。当社では、内外の各種プレスボードについて電気的特性・化学的特性・物理的特性の測定を行うとともに、加工性の検討も行った。表 1. は、試験結果の一例を示す。

プレスボードの特性の多くのものは、密度の変化によって変わるが、必ずしも高密度品が優れているとは言えない。使用箇所によって要求特性が異なるので、使用に際して最も適したものを選択することが必要である。

また、プレスボードは、コイル絶縁紙と比べて使用時における温度が相対的に低い、劣化によるガス発生を無視することはできず、このような面からの検討も行っている。

5. 1. 3 接着剤

プレスボードに使用する接着剤には、耐熱性・長期安定性・耐油性などの基本的特性のほか、最近では含浸性と部分放電とについての性状が重視されている。このため、各種接着剤について部分放電開始電圧・放電電荷量などを比較検討した。図 10. は市販の各種接着剤について部分放電特性を調べた結果の一例を示す。同系列内のもので、原材料・製法によって性能が異なるので、適用に当たり、作

表 1. 各種 プレスボード (クラフトパルプ) の特性比較

特性項目		材料種別 単位	標準密度品				高密度品		
			国産 A 社	国産 B 社	国産 C 社	輸入 A 社	国産 A 社	輸入 A 社	輸入 B 社
製法	—	—	ホットプレス	ホットプレス	スチーム乾燥	ホットプレス	ホットプレス	ホットプレス	ホットプレス
密度	g/cm ³	—	1.17 ₃	1.06 ₉	0.99 ₇	1.05 ₈	1.25 ₃	1.23 ₄	1.25 ₄
引張り強さ	縦	kg/mm ²	9.0	9.9	9.5	8.2	12.3	12.5	11.7
	横		5.5	5.3	3.6	8.1	6.3	8.0	7.7
伸び	縦	%	7.6	5.4	9.4	8.4	5.9	5.2	4.7
	横		5.8	5.3	15.0	8.7	5.0	5.0	5.0
収縮率	厚さ	%	5.36	6.04	4.58	5.59	5.34	5.40	5.03
絶縁破壊電圧	気中	kV/mm	10.8	13.2	9.2	12.4	17.6	14.3	19.1
	油中		38.2	39.5	31.5	39.4	41.5	40.2	40.4
tan δ (油浸, 常温)	—	%	0.607	0.570	0.583	0.603	0.700	0.677	0.733
油浸率	—	%	17.5	21.2	29.1	25.4	8.8	12.6	8.4
圧縮率 (400 kg/cm ² , 1分)	—	%	7.14	6.77	11.58	10.24	4.48	6.78	7.60
残留ひずみ (400 kg/cm ² , 1分)	—	%	2.01	1.24	3.02	2.32	0.60	1.79	2.51
水浸液導電率	—	μΩ/cm	22.9	30.0	25.4	22.0	24.3	44.3	44.9
叩解度	—	CSF ml	430	380	410	420	240	170	200
繊維長	—	mm	1.10	1.24	1.27	1.19	0.97	1.09	0.96
灰分	—	%	0.38	0.40	0.42	0.44	0.34	0.38	0.38
樹脂分	—	%	0.06	0.08	0.06	0.09	0.06	0.08	0.05

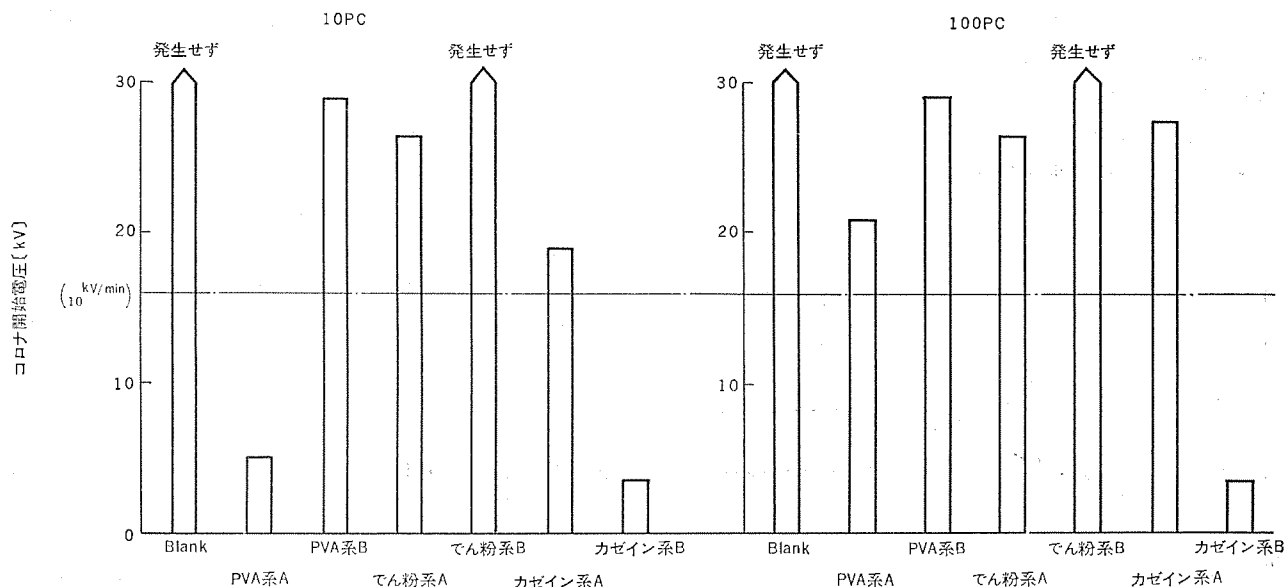


図 10. 各種接着剤の部分放電比較試験結果

業性を考慮して使用箇所に応じた検証を行って採用している。

5. 1. 4 鉱油の各種物性

絶縁油に関する最近の課題の一つは、パラフィン系絶縁油の変圧器への適用である。世界のナフテン系原油の不足が注目され、1980年代にはパラフィン系油が主流を占めるといわれている。パラフィン系油は、在来油と比べて流動点が高いのが特徴で、これを下げるために添加剤を加えることが考えられている。添加剤を加えることによってほとんどJIS 2号油に近いものが得られているが、熱劣化特性については従来油と異なる挙動を示すものがあり、今後、更に検討する必要がある。

鉱油は、分子構造が複雑で、そのうえ単一成分でないために詳細な電気絶縁性の研究はまだ十分でないが、電気伝導の基本的挙動をイオン伝導の面から解析するため、分子量の異なる油について各種物性を測定してその機構を究明するとともに、特殊物質の添加による絶縁破壊強度の向上、固有抵抗の温度依存性の抑制など、将来への改良の可能性を追求している⁽⁷⁾⁽⁸⁾。

また、変圧器油は、使用中の経年変化に関連して熱的安定性・電界下安定性のほかに油中硫黄による腐食性の問題が重視されており、腐食性硫黄の種類、含有量、熱的・電気的効果について検証を行ってきているが、油が同じでも金属の種類によって生成量が異なるので、この効果を配慮して対策を行っている。

5. 2 ガス分析

変圧器内部異常現象を早期に発見して事故を未然に防止するための最も信頼できる手段の一つとして、油中溶解ガスの分析が世界各国で行われている。ガス分析による変圧器の内部診断で重要なことは、診断技術の向上と、自動分析装置の開発である。

診断技術に関しては、油中局部過熱点の温度をガス分析結果から推定する方法としてPEM比率法を開発した。この方法は図11.に示すように、プロピレン(P)、エチレン(E)及びメタン(M)の3成分の濃度百分率を三角図にプロットし、その点の位置から過熱点温度を推定できる。絶縁油の熱分解反応を熱力学的に考察することによって得られたもので、実験結果とよく一致している⁽⁹⁾⁽¹⁰⁾。

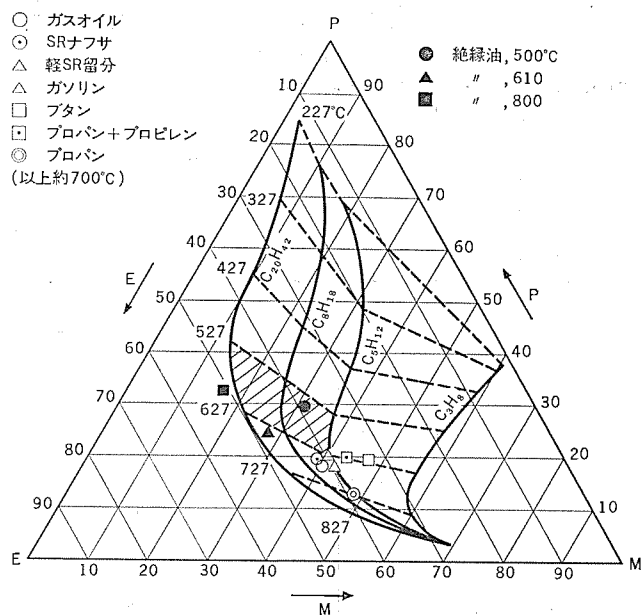


図 11. PEM 比率

ガス分析装置に関しては、変圧器据付場所へ設置できる油中溶解ガス自動分析装置を開発した。この装置の油中溶解ガス抽出には、新たに開発したバブリング式抽出器を採用しており、プロパン、プロピレンのように絶縁油に対する溶解度の大きいガスも、テトラ-ポンプ式抽出器と同程度あるいはそれ以上の抽出率で抽出でき、油中溶解ガス量の少ない場合にも高精度で分析できる点が特長である⁽¹¹⁾。

5. 3 鉄心材料

5. 3. 1 鉄損及び騒音の要因解析

最近の鉄心材料として高透磁率けい素鋼板の出現があり、低鉄損・低磁気ひずみの素材特性が、実器の鉄損及び騒音の改良に与える効果の検証と、素材の特徴（高度の方向性）を考えた接合法・組立法などについて研究を行っている。特に、低磁気ひずみ材料である点に着目して騒音低減効果を多数の実器によって検証し、その程度が3~5 dBであるという結果を得ている。

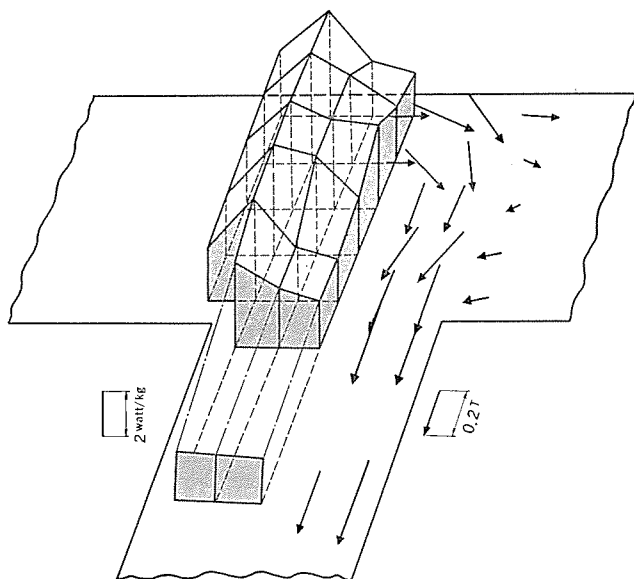


図 12. T 接合部における磁束及び鉄損分布

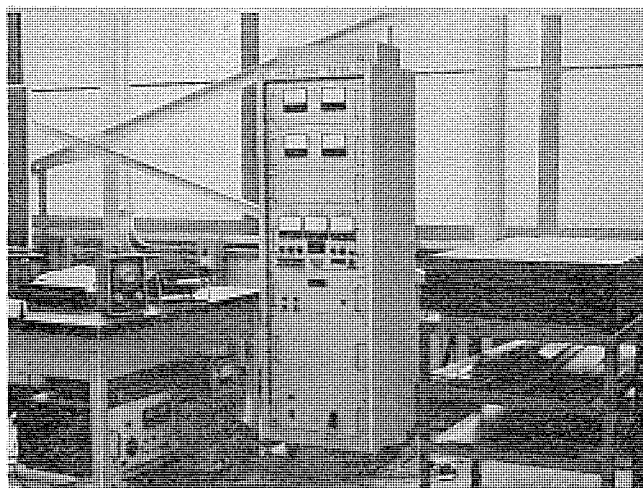


図 13. けい素鋼帯単板試験器

製品における鉄損及び騒音の改良研究の一端を述べると、まず、鉄損については、その変動要因は素材特性・加工組立技術だけでなく、構造面における磁束分布の挙動が大きく関係することに着目して脚部及び接合部の磁束・鉄損分布をミクロに測定することによって鉄損の発生機構を解析するとともに、形状・組立法を変えたモデルの測定結果から、三相器における中央2脚のT接合部の磁路長さの比 (L/W W : 鉄心幅, L : 磁路全長) と鉄損との間に一定の対応関係があることを検証した。図 12. は接合部における磁束鉄損分布を示す。

また、実器の騒音は、素材の磁気ひずみだけでなく、鉄損劣化率との関係が大きく、劣化を抑えることが騒音の低減に効果があること、形状・寸法比の同等の変圧器では、騒音と入力損失との間に良

い対応のあることなどが、モデル及び実器についての調査・解析の結果として検証されている。

5. 3. 2 単板試験器

けい素鋼帯の磁気特性を切板のまま測定する単板試験器は、測定が簡易で、特に外鉄形変圧器のように、鉄心が単一幅の場合の鉄心特性の品質管理に適している。図 13. はけい素鋼帯単板試験器を示す。

当社では、最大幅 500 mm までの任意寸法のを 1 個の試験コイルで測定できる装置を開発した。鉄損精度 3 % 以内、幅依存性 (200~500 mm) 1 % 以内で、磁束密度 2.0 T までを自動測定することができる。

6. む す び

大形変圧器の技術開発について、最近に行われてきた研究開発の概要を 2 編にわたって述べた。電力系統の拡大に伴い、万一、故障が発生すれば、社会に及ぼす影響が深刻であるので、大形変圧器には高度の信頼性が要求される。

当社としては、この要求に答えるために、変圧器の固有技術に関して材料・絶縁・磁界・漂遊損・温度及び機械系の基礎研究から、製品機能を要素別にみたモデル試験、部分試験、実証試験などを積み重ね、実績を尊重しながらも、これらの研究成果を変圧器の設計・製作に反映し、製品の信頼性向上に役立ててきたが、今後、更に一層の研究開発に努力してゆきたい。

なお、技術革新の方向づけには、ご使用者の貴重など意見が緊要であることには論をまたない。電力会社各位を初め、多数の方々から幾多のご忠言をいただいて今日あることを深く感謝申し上げる。

参 考 文 献

- (1) 田村, 清水, 平井, 渡辺: 三菱電機技報, 50, No. 12, p. 675 (昭51)
- (2) 大谷, 渡辺, 坂田: 三菱電機技報, 40, No. 3, p. 904 (昭41)
- (3) 神谷, 山内, 平井, 伊奈: 三菱電機技報, 46, No. 3, p. 366 (昭47)
- (4) 明石, 西山, 山内, 川中: 三菱電機技報, 43, No. 11, p. 1,546 (昭44)
- (5) 柿帯, 石井, 清水: 昭51 電気学会全国大会, 236
- (6) 柿帯, 石井, 清水: 昭50 電気学会全国大会, 364
- (7) 鍾ヶ江, 宮本: 電学誌 A, 95, No. 9, 372 (昭50)
- (8) 宮本, 土江: 放電絶縁材料合同研究会, ED 76-8 (昭50)
- (9) 田村, 石井: 火力原子力発電, 27, No. 3 (昭51)
- (10) 白井, 下地, 石井: 石油学会絶縁油分科会講演会, 要旨集 p. 23 (昭51)
- (11) 石井, 牧野, 清水: 昭51 電気学会全国大会, 580

《MELCOM》70モデル20・25のハードウェア

阪尾正義*・深尾忠一郎**・今村貞良**・松本典明**・田原 豊***

1. ま え が き

ミニコンピュータの適用分野は、比較的小規模構成によるデータ収集、端末制御といった分野から大規模なラボラトリオートメーション、コンピュータネットワークに至るまで、近年ますます多様化・拡大の一途をたどっている。一方、マイクロコンピュータの発展はいよいよミニコンピュータの分野にまで進出しはじめるに至り、ミニコンピュータ本体部は今まで以上に高性能化と低価格化とが要求されるようになった。

このような市場と技術の動向に呼応して、ハードウェアのアーキテクチャ、基本ソフトウェア共に一貫した思想のもとに、《MELCOM》70モデル20、モデル25、モデル35の3機種を新たに開発した。新機種の主な特長は以下のとおりである。

(1) シリーズ化による適用分野の拡大

3機種のシリーズ化により、適用システムの規模に応じた最適のコストパフォーマンスが得られるよう配慮し、適用分野の拡大を図った。

- モデル20——→小規模システム指向（メモリ32K語）
- モデル25——→中規模システム指向（メモリ64K語）
- モデル35——→大規模システム指向（メモリ128K語）

(2) 機能・性能の向上

命令レパートリ拡大、浮動小数点演算の高速化、割込処理能力の強化、入出力チャンネル機能の拡充、主記憶容量の拡大など各種の機能・性能の向上を図った。

(3) 最新のハードウェア技術の採用

コストパフォーマンス及び信頼性の向上を目的として最新のハードウェア技術を採用した。

- ・バイポーラLSI——→CPU主要ロジック
- ・4KビットNチャンネル
ダイナミックMOS——→主記憶装置
- ・ジャンボサイズ高密度
プリント基板——→CPUモジュール

(4) 在来機種との互換性維持

ソフトウェア及び入出力インタフェースの両面において、新モデルは《MELCOM》70との上位方向互換性を維持しており、既に開発・蓄積されてきたソフトウェアと入出力装置はそのまま新モデルにも適用できる。

以下、はん(汎)用性の大きいモデル20及びモデル25を中心に、ハードウェアの概要を紹介する。

2. システム構成

《MELCOM》70/20・25のシステム構成を図1.に、図2.にモデル25のシステム外観例を示す。

システム構成としては、《MELCOM》70のプログラム制御チャンネル及びDMAチャンネルに接続される入出力装置は新シリーズのプログラム制御チャンネル及びDMAチャンネルに、そのまま接続可能である。新シリーズで新たに開発したマルチプレクサチャンネルにはフレキシブルディスク

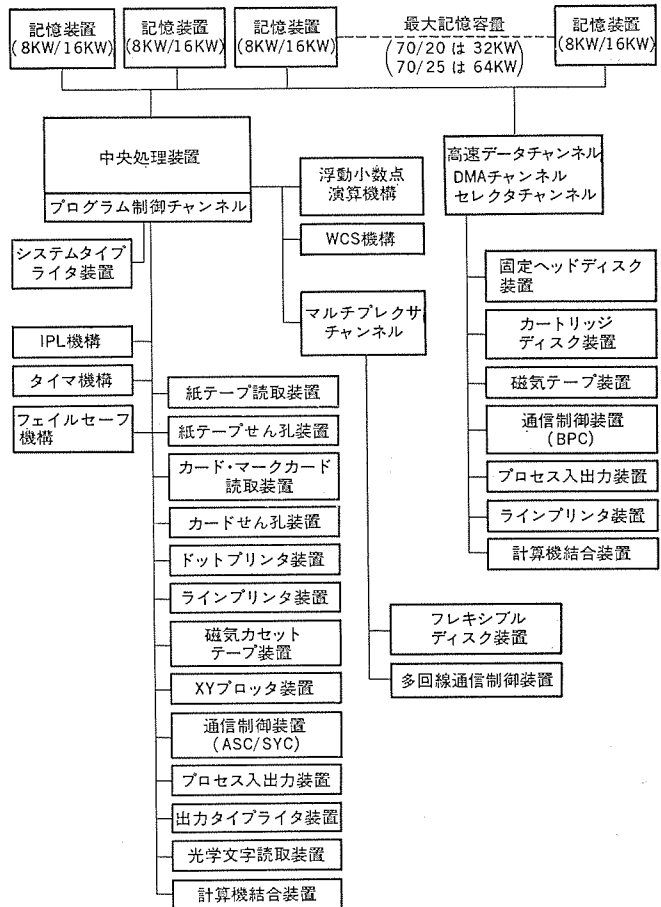


図1. システム構成

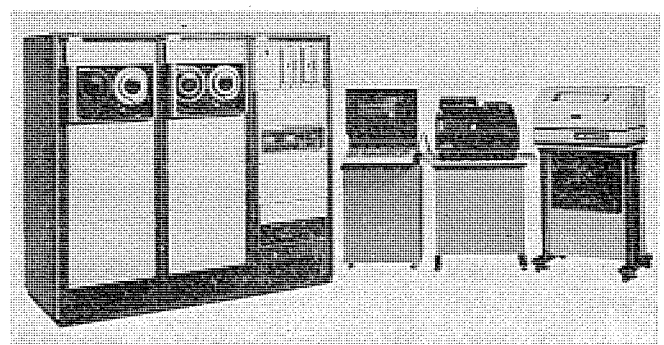


図2. モデル25システム外観例

装置及び多回線通信制御装置が接続される。

3. 中央処理装置

3.1 論理構成

中央処理装置は、主記憶装置のアドレッシング、主記憶装置及び入出力装置からの情報の読出しと書込み、命令シーケンスの制御、論理演算と算術演算の制御及び割込制御などの機能を持っているが、論理構成からみると、図3.に示すようにマイクロプログラム制御部と演算制御部とに大別される。

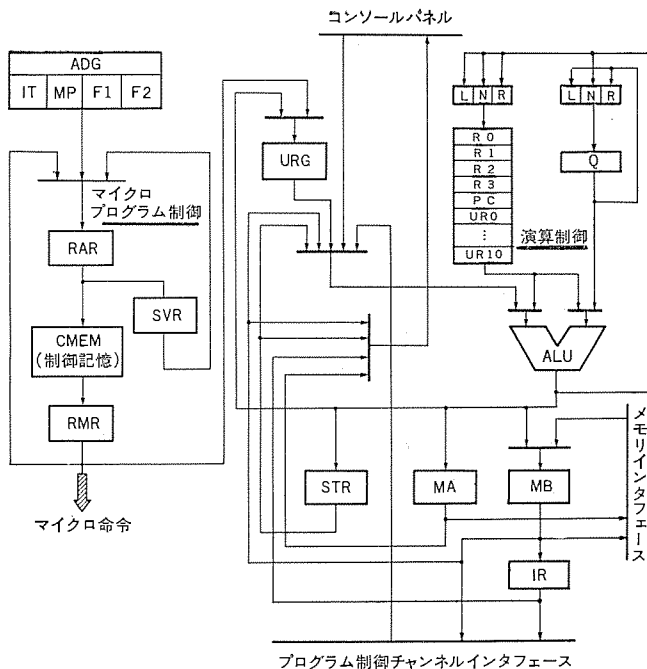


図 3. 中央処理装置の論理構成

(1) マイクロプログラム制御部

マイクロプログラムを格納するためのリードオンリメモリ（以下ROMと略称する）には、1Kビット/チップのバイポーラROM素子を使用している。このROMのアドレスは、命令レジスタの内容、割込み要因、マニュアルオペレーションなどにより決定され、アドレスデコード回路を経てROMアドレスレジスタ（RAR）に保持される。RARは12ビットで構成されるレジスタで、次に実行すべきマイクロ命令のアドレスを指定している。RARで指定されたアドレスのマイクロ命令がアクセスされ、マイクロプログラム命令レジスタ（RMR）に読出される。RMRは24ビットで構成され、今から実行すべきマイクロ命令を示す。アドレスセーブレジスタは12ビットで構成され、マイクロ命令でサブルーチンジャンプを実行した際に、リターン命令でもどるべきアドレスを保持する。

(2) 演算制御部

演算制御部には、4ビットスライスのバイポーラLSIを4石使用している。このLSIにより、プログラムにより制御可能な16ビットの演算レジスタ（R₀～R₃）、プログラムカウンタ（PC）、ユニバーサルレジスタ（UR₀～UR₁₀、Q）、シフト及び演算回路（ALU）を構成している。ユニバーサルレジスタはマイクロプログラムの実行で使用され、プログラムでの制御はできない。

上記の外に、演算制御部はメモリバッファレジスタ（MB）、メモリアドレスレジスタ（MA）、命令レジスタ（IR）を経て、主記憶装置及びプログラム制御チャンネルとのインタフェースに接続されている。

ステータスレジスタ（STR）は、ブランチ命令などでアクセスできるレジスタであり、16ビットで構成されている。

3.2 制御記憶の構成

マイクロプログラム用のROM及びライタブルコントロールストア（以下WCSと略称する）を制御記憶と称している。

(1) 制御記憶のマップ

マイクロプログラムを格納する制御記憶は、1語が24ビットの構成で、総容量は4K語である。図4には4K語のマップを示している。まず《MELCOM》70/20・25の基本命令処理のために1K語、単精度及び倍精度の浮動小数点演算処理のために各512語、マルチプレクサチャンネルのために256語を必要としている。残りの1.75K語は上記以外のマイクロプログラム拡張用の領域であり、この内1K語はユーザへ

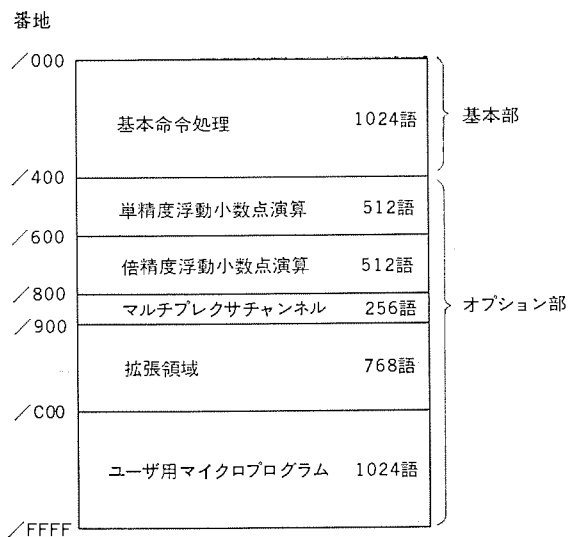


図 4. 制御記憶のマップ

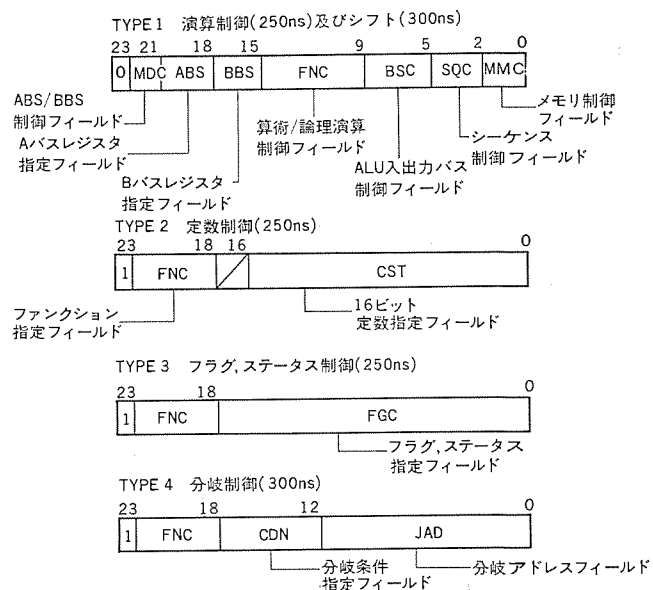


図 5. マイクロ命令の形式

のマイクロプログラム開放領域である。

なお、基本命令処理以外はすべてオプション仕様である。

(2) マイクロ命令の形式

機械語命令（アセンブラ言語レベル）は、複数個のマイクロ命令のつながり、つまりマイクロプログラムで実行される。

マイクロ命令の形式には、下記の4種があり、各マイクロ命令の実行時間は必ずしも同じではない。

(3) 命令の実行

機械語命令が数個のマイクロ命令に分解されて実行される様子を、レジスタメモリ形（RS形）のADD命令を例にとって図6.に示す。

(4) WCS

制御記憶のユーザ用拡張領域（1K語）は、ユーザがアプリケーションに適応したマクロ命令を新たに定義し、ファームウェアオプションとして使用できる。このファームウェアの開発を容易に行うために、WCS機構オプションが用意されている。

WCS機構の記憶素子としては1Kビット/チップの高速のバイポーラメモリを使用しており、容量は24ビット×1K語を有している。

3.3 中央処理装置の機能・仕様

《MELCOM》70/20・25の仕様を表1.に示す。従来の《MELCOM》

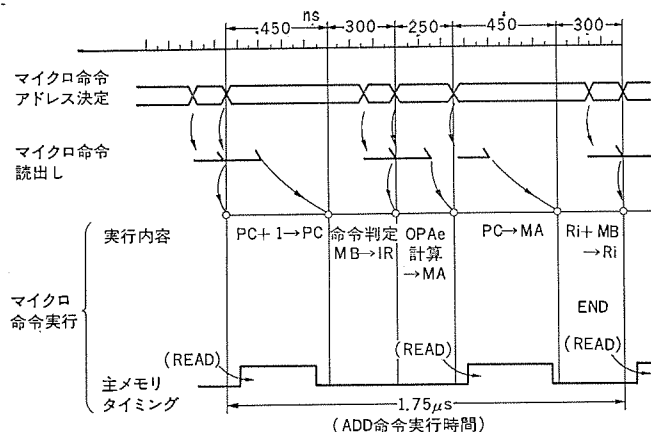


図 6. マイクロ命令実行タイミングの一例 (ADD 命令)

表 1. 中央処理装置関係仕様

		A 1311 MELCOM 70/20	A 1312 MELCOM 70/25	A 1313 MELCOM 70/35
主記憶	素子	n MOS LSI		
	語長	16 ビット + 1 パリティ + 1 スペアビット		
	サイクルタイム	0.5 μs		
	記憶容量	8 K~32 K 語	8 K~64 K 語	16 K~128 K 語
演算	増設単位	8 K/16 K 語		16 K 語
	素子	バイポーラ LSI, ROM 等		
	制御方式	マイクロプログラム制御		
	演算方式	並列 2 進法, 2 の補数表示, 固定/浮動小数点		
命令	命令語長	1 語及び 2 語		
	命令数	70+14(浮動小数点オプション)		90
	乗除算	標準		
	ビット, バイト, 倍長処理	8/16/32 ビット		
データ形式	固定小数点	16/32 ビット		
	浮動小数点	32/64 ビット		
	論理演算	1/8/16 ビット		
	アドレス形式	6 種 (直接, 相対, インデックス, 間接及びこれらの組合) 他にオート・インデックス, イミディエートあり		
制御	アキュムレータ	4 個		
	ブッシュ・ダウン・スタック	最大 16 組		
	割込レベル	内部 9 外部 4		
	演算速度	加減算	R-R R-S	1.30 μs 1.75 μs
諸機能 (標準装備)	乗算	11.25 μs		
	除算	13.85 μs		
	パリティチェック, 不正アドレス検知, スタックオーバーフロー検知, メモリ読出し再試行, メモリ診断, IPL (紙テープベース), プログラム割込等	磁気ディスク, 磁気テープ, カードリーダー, カセット磁気テープ等任意の入力機器からのイニシャル・プログラム・ロードがスイッチ選択可能		
	C 1700 I P L 機構	リアルタイムクロック 100 μs × N (1 ≤ N ≤ 4096) ごとにタイマ割込発生		
中央処理装置オプション関係	C 1705 タイマ機構	ウォッチドッグタイマ プログラム暴走, インループ等を検知し, 異常割込発生		
	A 1329 フェイルセーフ機構	記憶保護機能 3 エリア (プログラムで, 256 語単位に任意設定可) 書込可能領域指定方式 アドレスサーチ機能 ブランチトレース機能 リモートコンソール機能 タイマ機能 デジタル入出力 プログラム制御可能なデジタル I/O 各 2 点内蔵		
	A 1331 浮動小数点演算機構 (単精度)	加減算 33.7/34.5 μs 乗算 74.9 μs 除算 81.0 μs		
	A 1332 浮動小数点演算機構 (倍精度)	加減算 52.9/53.2 μs 乗算 240.0 μs 除算 465.9 μs		
増設シャーシ	A 1339 W C S 機構	〔容量〕 24 ビット × 1 K 語, 垂直マイクロプログラム方式		
	A 1375 内蔵付加電源装置	〔記憶内容保持時間〕 2 時間 (32 K 語), 1 時間 (64 K 語)		
	A 1371 増設シャーシ	入出力制御装置収容スペース 8 スロット (電源含み)		

70 に比して, 機能強化, 性能向上を図った点は以下のとおりである。

(1) 命令数

ビット処理, バイト処理, 2 語長命令等を追加した。

(2) ファームウェア オプション

中央処理装置の制御方式をマイクロプログラム制御方式化し, マルチプレクサチャンネル, 浮動小数点演算機構などのファームウェア オプションを付加した。

(3) 浮動小数点演算速度

ファームウェア 化により約 3 倍の高速化を図った。

(4) 割込処理能力

内部割込みを 9 要因に, 外部割込みを 4 レベルに増強した。

(5) 主記憶の直接 アドレスリング

特別なアドレス変換機構を付加することなく, 0~64K 語の主記憶領域を直接アドレスすることができる。またバイトアドレスについては, インデックス修飾により, 0~128K バイトのアドレス指定が可能である。

4. 主記憶装置

4.1 主記憶の制御方式

《MELCOM》70/20・25 の主記憶装置の記憶素子は 4 K ビット/チップの N チャンネル ダイナミック MOS メモリを採用している。1 語の構成は 16 ビット + 1 パリティビットで, 1 モジュール当たりの記憶容量は 8 K 語のものと 16 K 語のものの 2 種類がある。

主記憶の制御は, 中央処理装置の中のメモリバスコントローラ (MBC) が行っている。図 7. において, CPU 又は DMA/SEL チャンネルから MBC に対して主記憶へのリクエスト信号 (FMRQTL) が出されると, MBC はプライオリティロジックにより優先度の最も高いものを選択する。ダイナミック MOS メモリは, 記憶内容の保持のため一定周期でリフレッシュを行う必要があるが, 主記憶のリクエストが同時に行われた場合の優先順位はリフレッシュ, SEL チャンネル, DMA チャンネル, CPU の順に設定している。いま仮に CPU が選択されたとすると, MBC は CPU に対してセレクト信号 (PSSLH) を送る。これを受けて CPU はアドレスアウト信号 (MAOTL) を MBC に送り, MBC はこの信号と MBC 内部で作られるメモリビジー解放信号 (MBSYL) とによりメモリリクエスト信号 (MRQTL) を出す。この信号より一定時間後に, MBC はメモリビジー信号 (MBSYL) を出し, 主記憶のアクセスが終わるまで次のメモリリクエストを出さないようにする。主記憶装置へのアクセスは READ モードと WRITE モードと READ MODIFY WRITE

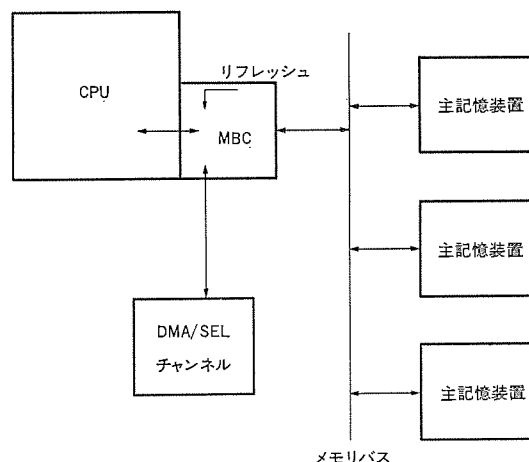


図 7. 主記憶制御のブロック図

の3種類がある。

(1) READモード

MBCはMRQTLをトリガとしてメモリチップイネーブル信号(MCETL)を主記憶装置へ送り、CPUから送られるアドレス信号に従って、主記憶装置は読出しを行う。読出されたリードデータ(MCRDOH)はMBCへ送られ、リードデータラッチ信号(MRDLH)でMBCのレジスタへとり込まれる。MRDLHもMBC内部でMRQTLを基準にして発生するタイミング信号である。

(2) WRITEモード

MBCはMRQTLをトリガとしてMCETL及びライトイネーブル信号(MWETL)、ライトデータアウト信号(MDOTL)を主記憶装置へ送り、CPUから送られるアドレスに従って主記憶がアクセスされ、ライトデータ(MWDOH)が書込まれる。

DMAチャンネル、SELチャンネルが選択された場合も主記憶装置の制御方式は同じである。

リフレッシュが選択された場合は、MBCはリフレッシュカウンタにより、リフレッシュアドレスを発生し、動作終了時にアドレスをカウントアップする。

READ MODIFY WRITEモードは、チャンネルによる転送時に使用される。

5. 実装方式

図9に《MELCOM》70/20・25の基本シャーシの実装を示す。基本シャーシに実装されるものは、中央処理装置の基本部のカード、主記憶装置のカード、ファームウェアオプションのカード、入出力制御装置のカード及び電源などである。

5.1 中央処理装置の実装

中央処理装置は2枚のジャンボカード(408ミリ×430ミリ)と操作パネルで構成している。ジャンボカード1枚に約200石のICを実装しており、

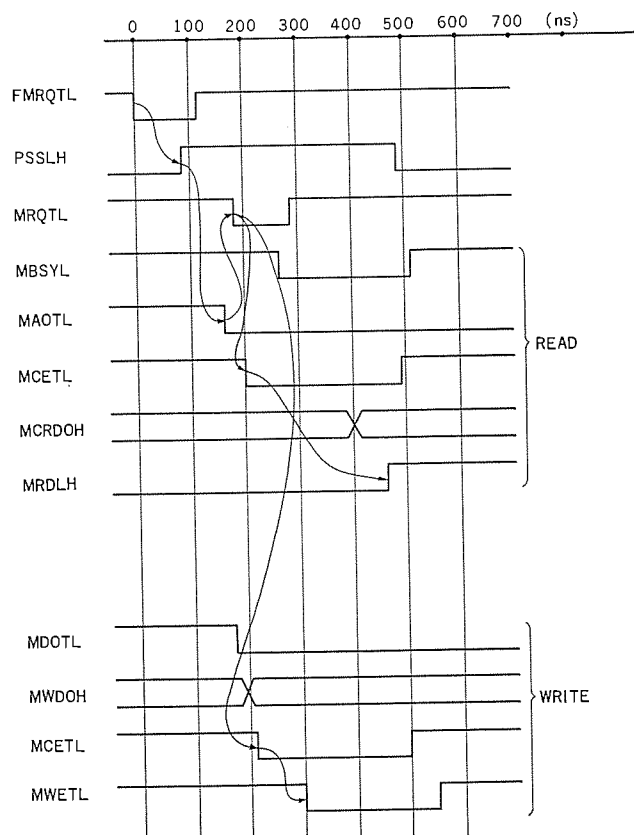


図8. 主記憶の制御タイミング

両面プリント基板としては非常に高い実装密度となっている。プリント導体パターンはICのリード間(2.54ミリ)に2本を通す仕様でできており、導体幅、間隔ともに最小値が0.18ミリという高密度プリント基板を採用している。

5.2 主記憶装置の実装

主記憶装置は8K語のものと16K語のものがあるが、いずれも202ミリ×430ミリの両面プリント基板に実装されている。モデル20の基本シャーシには、これらのカードを3枚(容量は32K語まで)、モデル25の基本シャーシには5枚(容量は64K語まで)を実装するスロットが用意されている。

5.3 電源の実装

基本シャーシの電源は、シャーシの最下部に実装し、カードの実装部と熱的にしゃへいしている。電源シャーシは、基本シャーシから簡単に取外せる構造になっている。

5.4 冷却方式

基本シャーシは図10.に示すように、シャーシの両側面を空気流入口とし、シャーシの背面の冷却ファンによりシャーシ外部へ排気する方式とした。モデル20の基本シャーシでは2個、モデル25の基本シャーシでは3個の冷却ファンを使用している。電源部は内部に更に1個の冷却ファンを使用しており、やはりシャーシの背面に熱気を吐き出す方式としている。

4ビットスライスのバイポーラLSI(1W/個)及び1KビットのROM素子(0.5W/個)などの特に消費電力の大きい素子は、排気口の近傍に配置し、シャーシ内部の温度上昇を極力抑えるようにした。

以上のような方式で、周囲温度40°Cの時、基本シャーシのファンが1個停止した場合でもICのジャンクション温度は85°C以下に抑えている。

5.5 構造及び設置条件

表2.に構造及び設置条件を示す。

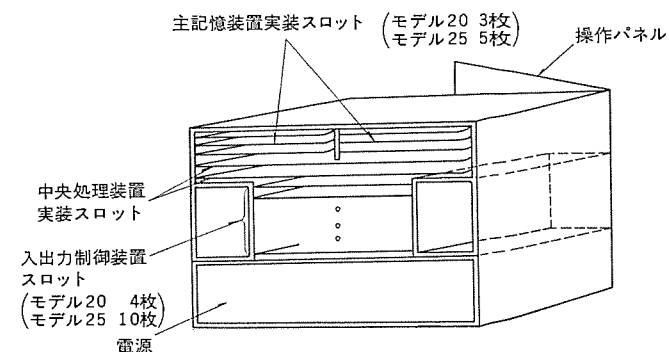
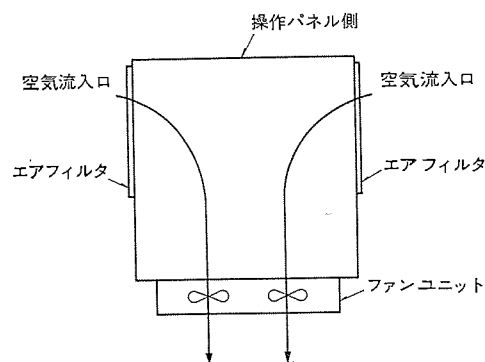


図9. 《MELCOM》70/20・25基本シャーシの外観イメージ



(上面から見た図)

図10. 冷却方式

表 2. 構造仕様及び設置条件

		M 70/20 基本シャーシ	M 70/25 基本シャーシ
構造 (基本シャーシ)	構 造	ラックマウント形/テーブルトップ形	
	外形寸法	幅	480 mm
		高 さ	300 mm
		奥 行	590 mm
		最大重量	50 kg
	入出力制御装置 収容スロット	4	10
設置 条件 (基本シャーシ)	周 囲 温 度	0~40°C	
	周 囲 湿 度	10~90% RH	
	入 力 電 源	AC 100 V $\pm$ 10% 50/60 Hz	
	最大所要電力	470 VA	680 VA

6. 入出力インタフェース

プログラム制御チャンネル(PCCH), DMAチャンネル(DMA)の外に, 新シリーズでは更にマルチプレクサチャンネル(MPX)とセクタチャンネル(SEL)を付加し, 低速から高速に至る多様な入出力装置に対応したチャンネルを用意した。図 11. に各入出力チャンネルの接続関係を, 表 3. に仕様を示す。

以下に新しく付加された MPX と SEL について概略機能を記述する。

(1) マルチプレクサチャンネル (A 1341)

MPX は, PCCH に接続されるような比較的低速の入出力装置と, DMA に接続される高速の入出力装置の中間の速度を有する入出力装置の処理用として付加したもので, 中央処理装置のマイクロプログラムにより制御される。193×89 mm のミニサイズのモジュールに 256 語×24ビットの ROM 素子が実装されており, ここにはフロッピーディスク装置の IPL 機能も実装されている。図 12. に MPX の入出力動作を示す。

MPX はあらかじめ中央処理装置経由で主記憶上に設定されたコントロールワードを参照及び処理しながら入出力装置と主記憶とのデータ転送を, 中央処理装置のプログラムの進行とは独立に, 実行させるチャンネルであり, 同時に複数の入出力装置を制御できる。

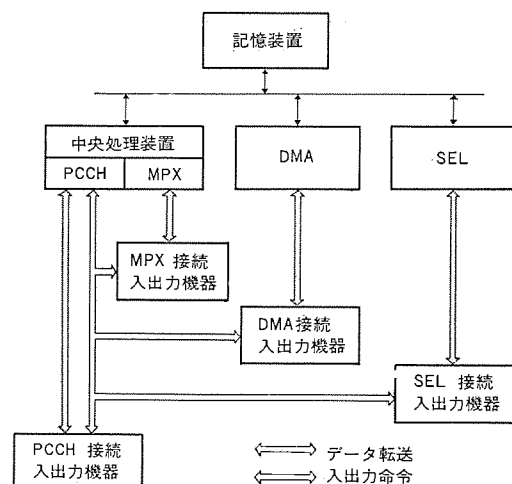


図 11. 入出力チャンネルの接続関係

表 3. 入出力チャンネル仕様

	記憶装置との 転送方式	記憶装置 との転送 優先	転送幅	転送速度	最大 レイテンシ	備 考
PCCH	中央処理装置の プログラム制御	4	16 ビット	4~40 K 語/秒	—	標 準
MPX	注) インストラクシ ョン・スチール	3	8/16 ビット	50 K 語 (又はバイト) /秒	58.1 (62.2) μ s	オブシ ョン
DMA	メモリサイクル・ スチール	2	16 ビット	1.25 M 語/秒	2.9 μ s	オブシ ョン
SEL	メモリサイクル・ スチール	1	16 ビット	1.54 M 語/秒	0.7 μ s	オブシ ョン

注) インストラクシオン・スチール

中央処理装置の命令の終わりに MPX 接続入出力制御装置から転送要求があれば, 次の命令の実行前に MPX が割込記憶装置とのデータ転送を実行する。ただし, 実行時間が 20 μ s より長い命令の場合は, 処理の途中で割込み, MPX 動作終了後命令の処理が継続される。

(2) セクタチャンネル (A 1345)

SEL は超高速の入出力装置と記憶装置とのデータ転送を制御するチャンネルであり, DMA とともに 1 枚の大形モジュールに実装されている。SEL は主記憶経由でチャンネルハードウェアが保持するコントロールワードに従って, データ転送を行うが, 一つの入出力装置の転送が終了するまでその入出力装置と接続され, 他の入出力機器の転送は行わない。図 13. は SEL の入出力動作を示す。

7. ソフトウェア

既に《MELCOM》70 により開発・蓄積されてきたアプリケーションソ

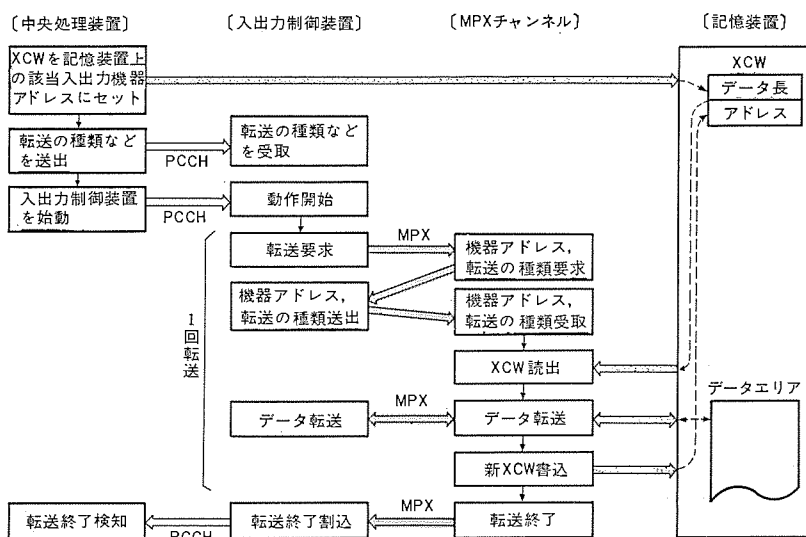


図 12. マルチプレクサチャンネルの入出力動作

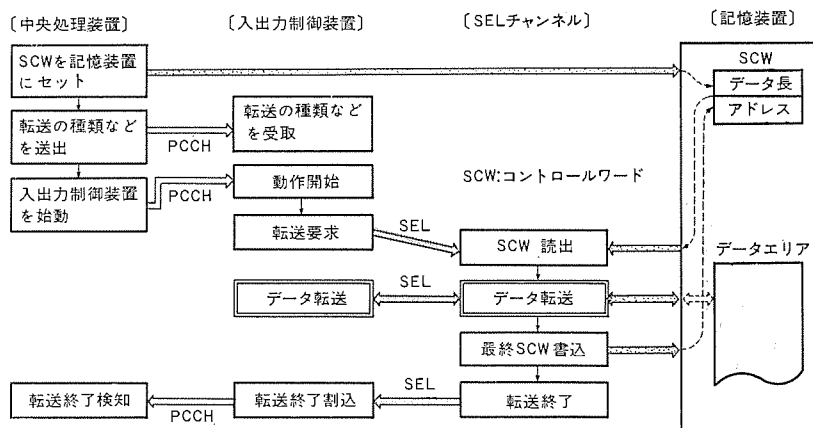


図 13. セクタチャンネルの入出力動作

ソフトウェアは、そのまま新シリーズにも適用できるとともに、新シリーズの登場によりベーシックソフトウェアは一段と強化され、図 14. に示すようなソフトウェア体系 (MARCS 70) が完成した。

MARCS 70 は、オンラインシステムやリアルタイムシステムあるいは科学技術計算等のバッチ処理システムなど高度化・多様化するユーザの要求に応じられるソフトウェア体系である。ディスクファイルをもたない小規模システム用に MARCS 70-C、ディスクファイルをもつ中・大規模システム用に MARCS 70-D が用意されており、更に MARCS 70-C では、

プログラムの作成及びデバッグの段階に効率よく使える BOS と、実稼動時に応答が速く効率のよい RTMS が、MARCS 70-D では、プログラム開発を能率よく行え、ジョブの連続処理が行える BDOS と、高度なリアルタイム処理をサポートする RDOS が用意されている。

8. む す び

新機種の開発における最大のポイントは、最新の技術を採用して機能・性能を向上させながら在来機種との互換性をいかに維持してい

くかという点にある。ソフトウェア及び入出力装置の互換性の維持はややもすれば開発の足かせとなり、種々の技術的な困難を伴う。これらの問題が克服された新機種では開発と同時にシステムがフルに活用されるという大きなメリットが得られている。

日を追って拡大するミニコンの多様なアプリケーションの中にあって、新シリーズの今後の活躍を大いに期待している。

参 考 文 献

- (1) 深尾 :《MELCOM》70 のハードウェア、三菱電機技報, 48, No. 6 (昭 49)
- (2) 田原 :《MELCOM》70 の基本ソフトウェア、三菱電機技報, 48, No. 6 (昭 49)

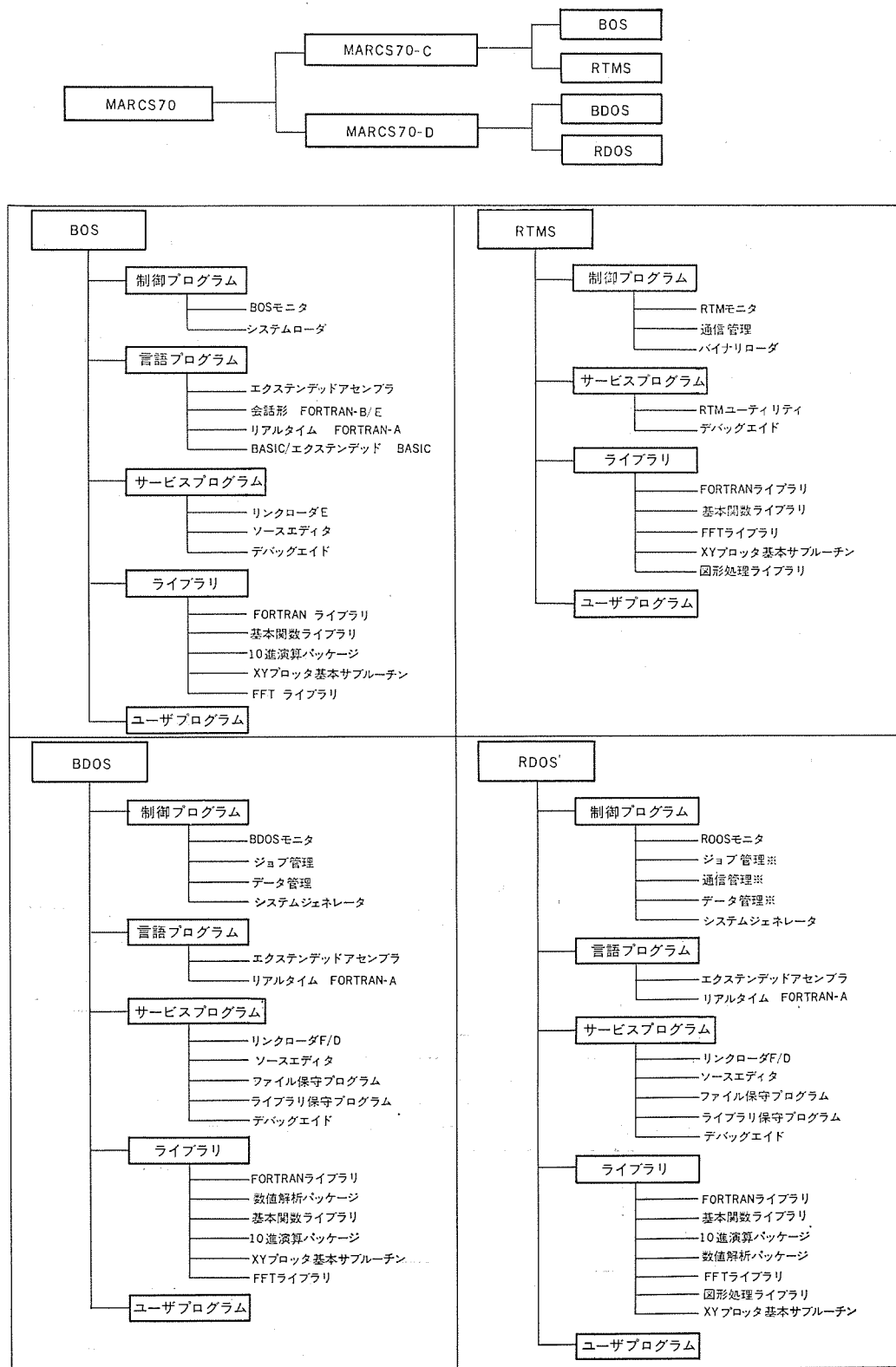


図 14. ソフトウェア体系

紫外線電離形SF₆ガス漏洩検知器

今村長義*・井田芳明*・吉岡武男*・桑原 宏*

1. ま え が き

近年、SF₆ガスは、ガスしゃ断器をはじめとする電力用機器の絶縁媒体として使われており、更に変圧器、電力用ケーブルなどへの適用の研究も、各方面でなされている。SF₆ガス使用機器は、今後とも増加する一方であり、これらの機器のガスの漏れ（リーク）の検出は、製作時や保守点検時の重要な問題で、ガスリークの検査技術の向上が強く望まれている。従来のSF₆ガスリークディテクタは、定量的な測定が困難であり、放射線源を使用しているために法的規制を受け、自由に移動させて現地機器据付時に手軽にリークテストが実施できない、大形で重量が重いので、持運びが困難である、などの欠点があるため、ガスリークの検査が簡便に実施できなかった。このような欠点を克服するため、紫外線で大気中の酸素・SF₆をイオン化し、その移動度の差を利用して大気中に含まれる微量のSF₆ガス濃度を測定する小形軽量で定量測定可能な紫外線電離形SF₆ガスリーク量測定器を開発し、このたび実用化に成功した。ここに、その性能・特長などを紹介する。

2. 開発の意義と特長

SF₆ガスしゃ断器をはじめとするガス絶縁閉保護装置を、当社は、業界に先駆けて開発してきた。このような状況の下で検査技術の充実を図るため、次にあげるような特長を持ったSF₆ガスリーク量測定器を開発した。

- (1) 指示直読形である
濃度が指示計から直読でき、定量測定が可能である。
- (2) 放射線を使わない
放射線を使わないので、科学技術庁への届出の必要はなく、移動が自由である。
- (3) キャリアガスが不要である
キャリアガスの運搬管理が不要である。
- (4) 取扱い操作が簡単である
真空ポンプを使わないので、取扱い操作が簡単である。
- (5) 高安定性である
周囲温度や湿度の影響を受けず、安定した性能が得られる。
- (6) 高感度である
SF₆ガスに対して0.1 ppmの検出感度がある。
- (7) 小形軽量である

3. 原 理

図1. に紫外線電離形SF₆ガスリーク量測定器の系統図を示す。ガス検出器は、一定周波数で点滅して紫外線を出す水銀灯、その紫外線を受けて光電子を放出する光電面、イオンを捕集する一定正電位に保たれた網目状加速電極、外部からのノイズをしゃへいする網目状補助電極から構成されている。

この測定器の原理は、次のとおりである。水銀灯は、2 kHzでパルス状にON・OFFしており、水銀灯がONすると、1,849 Åの紫外線が網目状加速電極を通過して光電面に当たり、光電子が放射される光電面と加速電極との間に被検ガスが流れると、被検ガス中の電子付着確率の大きい分子であるO₂、SF₆にこの光電子が付着し、それぞれ、O₂⁻、SF₆⁻となる。これらのイオンは、光電面-加速電極間に印加されている電界のため、それぞれ等速度で加速電極に向かって移動するが、このときのO₂⁻、SF₆⁻の移動速度が異なる。この移動度の違いを利用してSF₆の量を検出する。光電面-加速電極間でイオンの移動があると、検出抵抗に変位電流が流れる。その変位電流*i*は

$$i = \sum_{k=1}^n \frac{ev_k}{d} \quad \dots\dots\dots (1)$$

で表される。

- ここに *e* : イオンの電荷
v_k : イオンの移動速度
d : 光電面-加速電極間の距離
n : イオンの数

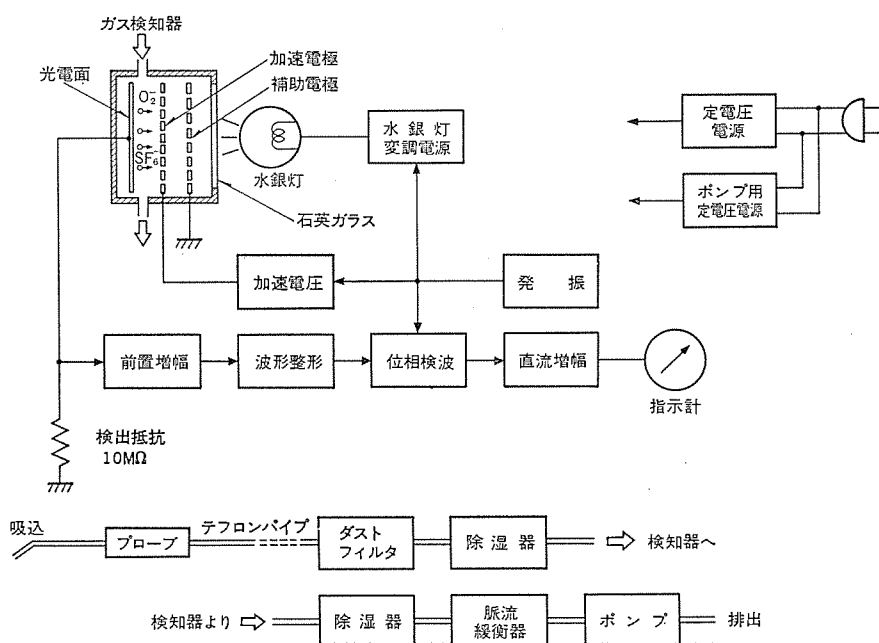


図1. 紫外線電離形SF₆ガスリーク量測定器の系統図

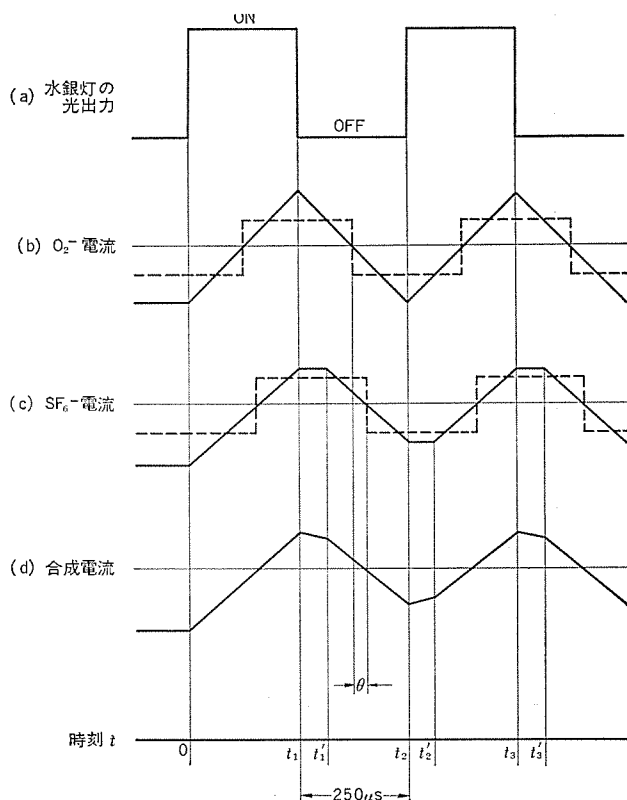


図 2. 光出力とイオン電流波形

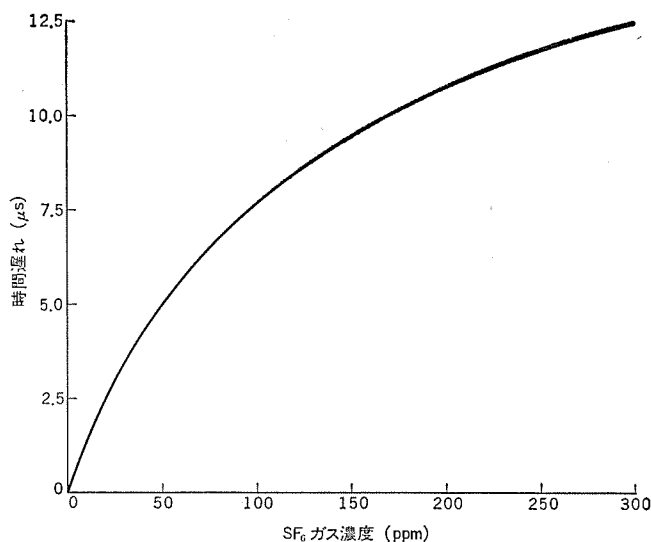


図 3. SF_6 ガス濃度と位相遅れとの関係

e, v_k, d は一定であるので、結局 i はイオンの数に比例することになる。これらの関係を示したのが図 2. である。図において、(a) は水銀灯の光出力波形である。 O_2^- 電流について考えると、時刻 $t=0$ で水銀灯が ON されると、光電面近傍で次々にイオンが発生する。そのイオンが等速度で加速電極に向かって移動するので、その数が時間とともに増加し、変位電流が次第に増える。光電面-加速電極間にイオンが充满すれば、変位電流は一定値となる。時刻 $t=0$ に発生したイオンが、加速電極に達した時刻 $t=t_1$ に水銀灯を OFF すると、変位電流は逆の経過をたどって減少し、時刻 $t=t_2$ で零にもどる。この様子が(b)である。イオンの走行時間を t_1 に一致させるには、光電面-加速電極間距離を適当に選ぶほか、水銀灯の点滅周波数、又は加速電圧の調整による。次に、 SF_6^- の変位電流について考えると、 O_2^- と比べて移動速度が遅い。時刻 $t=t_1$ には、時刻 t

$=0$ で発生したイオンは、まだ加速電極に到着していない。水銀灯は時刻 $t=t_1$ で OFF になり、新しいイオンの発生がなくなるので、時刻 $t=0$ で発生したイオンが加速電極に到着する時刻 $t=t_1'$ までは、イオンの数が一定になり、変位電流も一定になる。後は、この繰り返しである。この様子が(c)である。(b)、(c)の波形を増幅・整形して(矩)形波に直すと、それぞれ点線で示した波形になる。この点線で示した波形の位相は、(b)は(a)より 90° 遅れており、(c)は(b)より更に θ だけ遅れている。これを位相検波する。位相検波回路は、通常、比較電圧と 90° 位相がずれた信号波は零、 $90^\circ \pm \theta$ の信号に対して θ に比例した直流出力が得られるから、 O_2^- を除いて SF_6^- の検出ができることになる。

以上の説明は、 O_2^- 又は SF_6^- だけを考えたが、実際には空気中の SF_6^- の検出であるから、(b)の波形にわずかに(c)の波形が混在しており、これを増幅・整形して矩形波に直すと、(b)と(c)との中間、すなわち $90^\circ + x\theta$ ($0 < x < 1$) だけ遅れたものになる。この様子が(d)である。 SF_6 が微量のときには、 SF_6 量と x とはほぼ比例的であるが、10 ppm を超えるあたりから x が 1 に近づいて飽和してくる。したがって、 SF_6 が支配的になれば位相遅れは一定になる。それゆえ、位相検波回路の出力は、 SF_6 量に対してリニアではなく、図 3. に示すようになる。この直流出力を直流増幅回路で増幅して指示計で表示する。実際の値としては、 $0 \sim t_1$ 、 $t_1 \sim t_2$ は $250 \mu\text{s}$ で、1 ppm の SF_6 ガスが含まれた場合、 $0.2 \mu\text{s}$ の時間遅れが生ずる。

4. 外観と構造

図 4. は、紫外線電離形 SF_6 ガスリーク量測定器の外観を示す。図 5. はガス検知器の外観を、図 6. はガス検知器の構造を示す。



図 4. 紫外線電離形 SF_6 ガスリーク量測定器

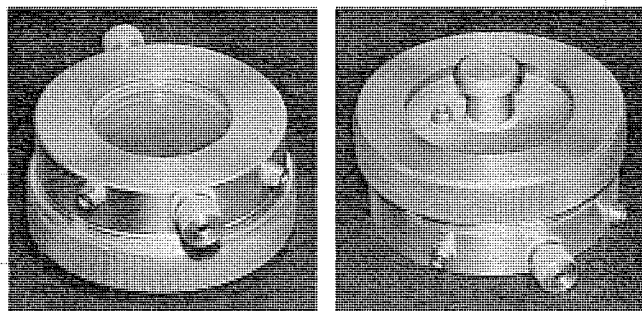


図 5. ガス検知器

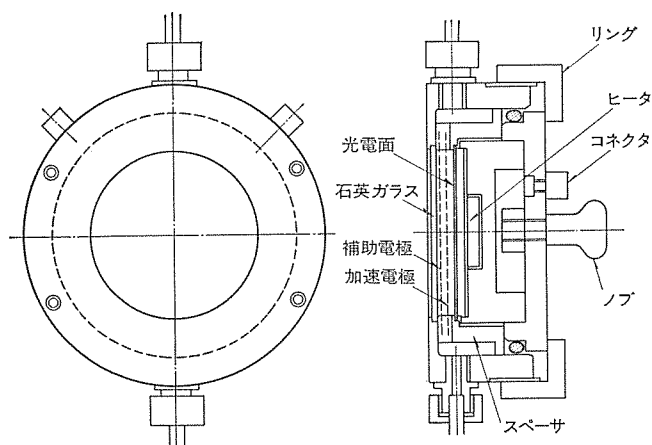


図 6. ガス 検知器の構造

光電面の交換を容易にするため、アルミリングを回して外し、ノブを引くだけで光電面が簡単に取り出せる構造にしてある。

5. 特 性

5.1 光電面特性

ガス検知器に使用する光電面としては、空気中に長時間露出しても高感度を保ち、疲労の少ないこと、また $1,849 \text{ \AA}$ の紫外線が照射されるために酸化が激しいので、極力酸化されにくいこと、更に SF_6 ガスにさらされるために硫化されにくいこと等が要求される。これらの要求を満たすため、光電面材料としてバフ研磨してアセトンで超音波洗浄した Ni 板に薄く金めっきを施したものを採用した。図 7. にその経時感度特性を示す。

5.2 温度特性

温度によって変動するのは、イオンの移動度と水銀灯の紫外線輝度である。イオンの移動度が変化すると、水銀灯の点滅周波数、加速電圧、光電面-加速電極間距離を固定しているため、周囲温度によって感度に変化するし、零点も移動する。水銀灯の紫外線輝度が変化すると、感度は変化しないが、例えば周囲温度が 0°C になったとき、紫外線輝度が著しく低下するため、イオン電流が減少して S/N が悪くなり、零点の変動が生ずる。また、波形整形回路が理想的であれば位相ずれは生じないが、現実の回路では、入力信号のレベルに応じて位相ずれが生ずるため、零点が変動する。以上の諸点を改良するため、検知器内の光電面後面にヒータを内蔵させ、かつ水銀灯周囲をエポキシ樹脂で囲み、その内部にもヒータを配置することで、これらの温度をコントロールして(恒)温化を図った。この結果、図 8. に示すような温度特性が得られ、また 0°C 付近でも零点変動

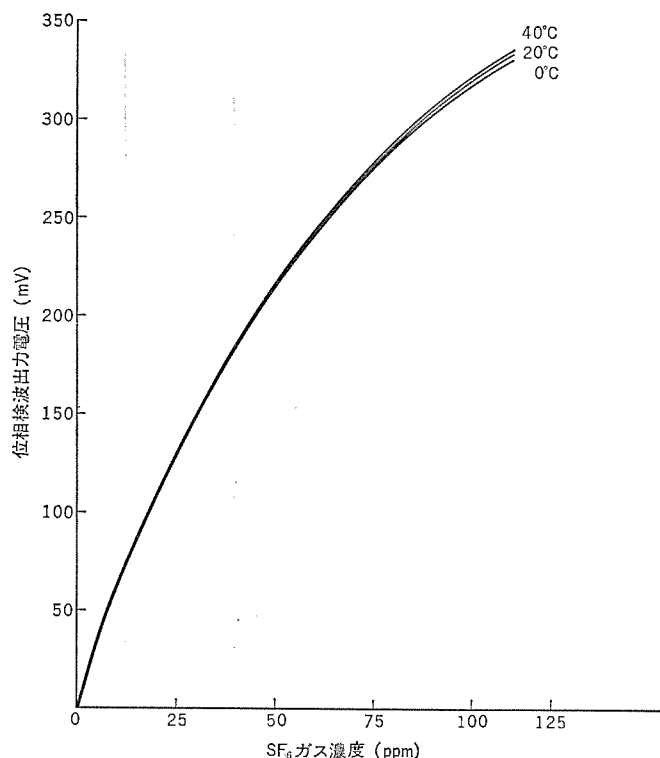


図 8. 温 度 特 性

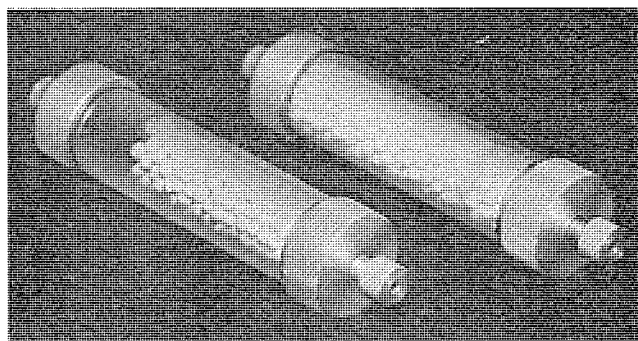


図 9. 除 湿 器

特性が良好になった。

5.3 湿度の影響

大気中に含まれる成分のうち、負イオンになりやすいものは、 O_2 、 H_2O である。本器は、さきに説明したように、大気中に SF_6 ガスが含まれていないときのイオン電流と、 SF_6 ガスが混入したときのイオン電流の位相を比較する方式であるので、 SF_6 ガスが含まれていないときのイオン電流の位相に変動があってはならない。ところが、

大気中に含まれる H_2O の量は、温度・相対湿度によって絶えず変動するために感度に変動を及ぼす。この影響を除くため、 SF_6 分子と相互作用をすることがなく、かつ H_2O を除去できる機能を有する合成ゼオライト系吸着剤であるゼオラム A-4 を検知器の出入口に配置した。

除湿器は、全長 110mm、外径 26mmφ の容器に約 20g のゼオラムを入れたものである。このゼオラムの交換時期を表示するため、塩化コバルト含浸焼結

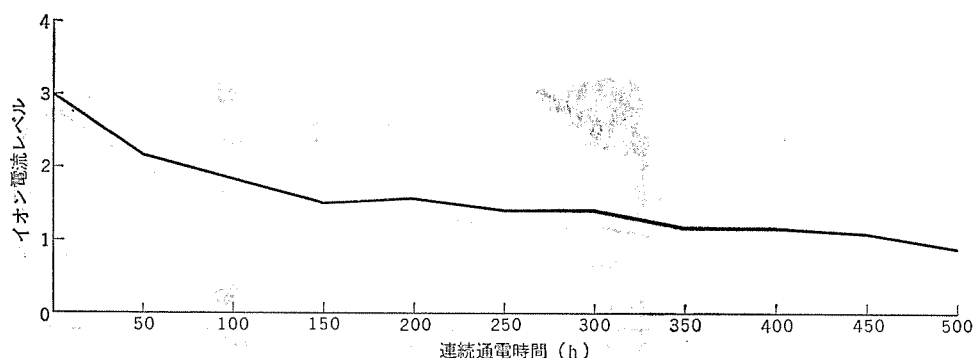


図 7. 光 電 面 特 性

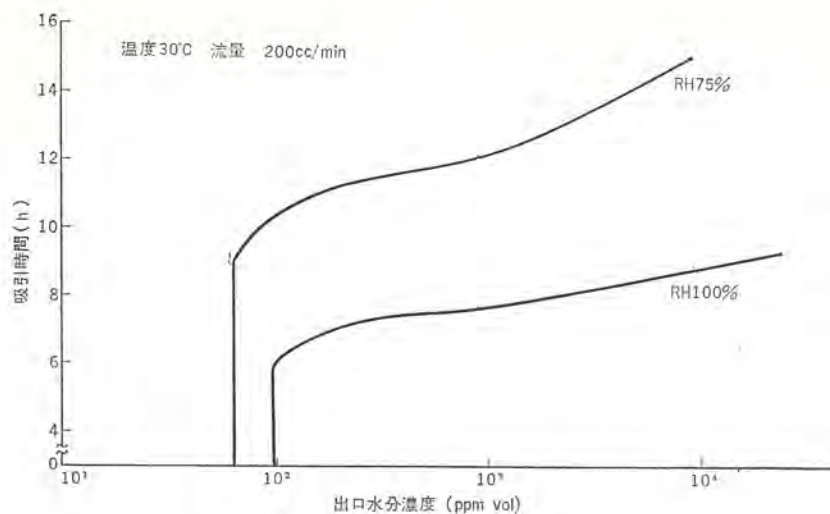


図 10. 除湿器特性 (1)

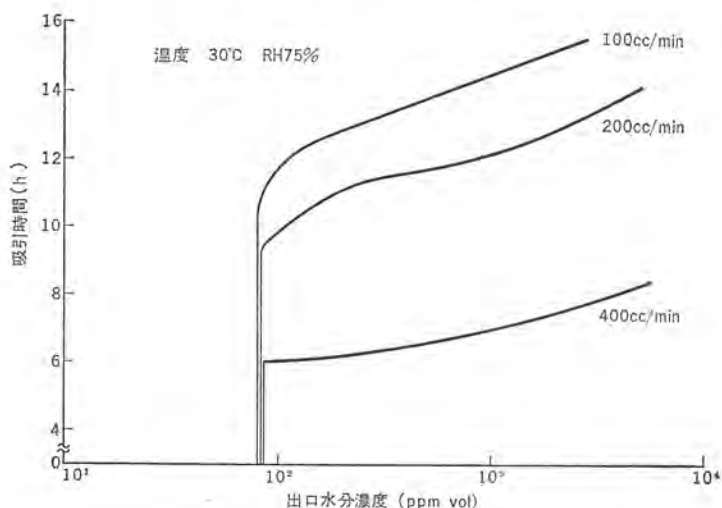


図 11. 除湿器特性 (2)

ガラスの粒子を被検ガス入口から 80 mm の所に配置した。ゼオラムの吸湿能力に相当する量の水分が通過すると、この粒子が青色より赤色に変色するので、ゼオラムを交換する。図 9. はその外観である。図 10. は相対湿度を、図 11. は流量をパラメータにしたときの除湿器の寿命特性である。この特性において、直線が折れる時点で塩化コバルトを含浸した焼結ガラスの粒子が変色する。

6. 仕様

- | | |
|------------|--|
| (1) 検知器 | 紫外線電離形 |
| (2) 測定対象ガス | SF ₆ ガス、フロンガス、ハロゲン系ガス、その他の電子捕獲性ガス |

- | | |
|------------|--|
| (3) 測定レンジ | MC-SF 6 DA 形 :
10, 30, 100 ppm
MC-SF 6 DB 形 :
30, 100, 300 ppm
(SF ₆ ガスで校正) |
| (4) 検出感度 | MC-SF 6 DA 形 : 0.1 ppm
MC-SF 6 DB 形 : 0.5 ppm |
| (5) 繰り返し精度 | 5 % (フルスケールに対して) |
| (6) 応答時間 | 4 秒 (ただし、ガス導管長さ 0.5 m, ガス流量 200 cc/min のとき) |
| (7) 出力 | 指示計及び出力端子
(フルスケールで約 100 mV の出力) |
| (8) 吸込み流量 | 0~300 cc/min |
| (9) 電源 | AC 100 V ±10% 50/60 Hz 40 VA |
| (10) 使用条件 | 周囲温度 : 0°C~40°C
湿度 : 95% RH 以下 |
| (11) 外形寸法 | 26.5 幅×35 奥行×18 高さ (cm) |
| (12) 重量 | 11 kg |

7. むすび

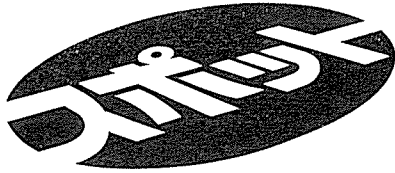
SF₆ガスは、電力用ガス遮断器などの電力機器の絶縁媒体として、その使用量は今後ますます増加すると思われるが SF₆ガスのリークを簡便に直接定量測定できる SF₆ガスリーク量測定器が開発されたことにより、工場ではもちろん、実フィールドでも広く使用され、SF₆ガス使用機器の製造技術、保全技術の向上に役立つことが期待される。

なお、その安全性（無味、無臭、無害）から、半導体パッケージ内への封入ガス、一般の気密容器のリークテストにも使用でき、これらへの利用拡大も期待できる。

終わりに、この SF₆ガスリーク量測定器の開発にあたり、ご指導・ご協力をいただいた関係各位に対して厚くお礼申し上げる。

参考文献

- (1) R. E. Fox, P. R. Malmberg and R. B. Gosser : The Review of Scientific Instrument, 32, No. 8, P. 898~901 (1961)
注釈、原理において基本的な考え方を引用した。



我が国最大級のガスタービン発電機を完成

三菱電機はカタール国政府水電力庁向けに、わが国では最大級である98990kVA 空冷ガスタービン発電機4セットの1号機を完成しました。

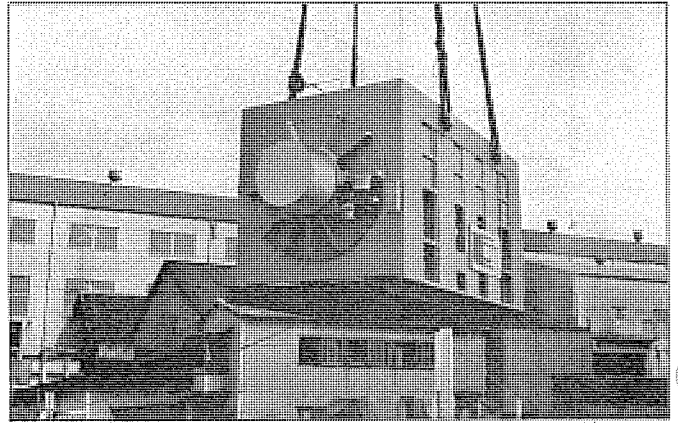
〈特長〉

- ①軸受回りの剛性を高め振動を抑制しました。
- ②騒音を小さくするために吸音材を内ばりした防音カバーを使用しています。

また、据付場所が高温多湿の海岸であるため錆の防止には次のような処置を講じました。

- ①すべての油配管と水配管をステンレス製にしました。
- ②クーラ（縦形）には内面にゴムライニングを施した鋼板製水室を使用しています。
- ③防蝕効果の高い特殊塗装です。

なお、当社は昭和46年、当時世界最大級の2極同期電動機を新日本製鉄（株）大分製作所に納入した実績をもっています。



船積時の発電機

〈仕様〉

形 式：全閉内冷形空気冷却ガスタービン発電機

出 力：98990kVA (79190kW)

電 圧：11000V

回転数：2極、3000rpm

力 率：0.80

励 磁：ブラシレス

台 数：4台

9375kVA 4極CFC形タービン発電機

三菱電機は9375kVA 4極 CFC 形タービン発電機を製作し、中央板紙（株）恵那工場へ納入しました。

当社のCFC形発電機は幅広い用途にお応えするために、自家発電装置から容量10000kWまでそろっています。

なお、CFC とは Cylindrical Field Concentric Winding の略で、積層型の円形回転子コアと同心巻界磁コイルを有する回転界磁形同期発電機です。

〈特長〉

①信頼性が高い

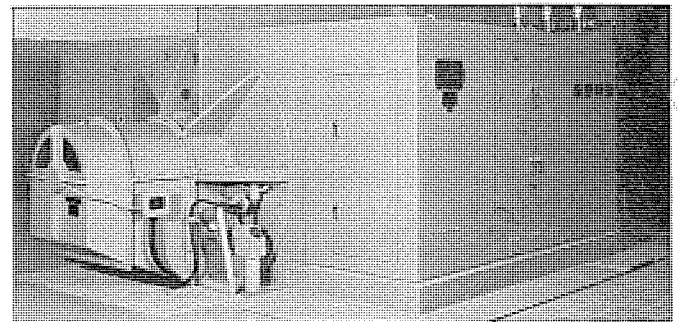
円筒形回転子を採用しましたから、冷却効果が高く軸振動が少なくなりました。

②時定数が小さく不平衡負荷に強い

回転子表面に強力なダンパ巻線を取付けていますから、並列運転時のダンピング効果にすぐれ、整流器負荷、不平衡負荷に強くなりました。

③保守点検が容易

オーバーハング形ブラシレスエキサイタを採用してブラシ、



9375kVA 4極CFC形タービン発電機（現地据付状態）

スリップリング等の摺動部をなくしました。

④低騒音

回転数が通常の2極タービン発電機の $\frac{1}{2}$ であるうえ、全閉内冷形ですから低騒音です。

〈仕様〉

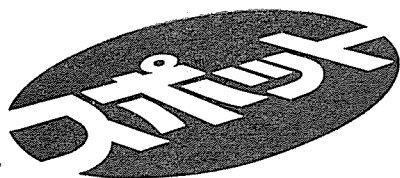
全閉内冷形空気冷却タービン発電機（CFC形）

クーラサイドマウント

9375kVA 7500kW 0.8PF

3300V 3相 4極 60Hz 1800rpm

オーバーハングブラシレス



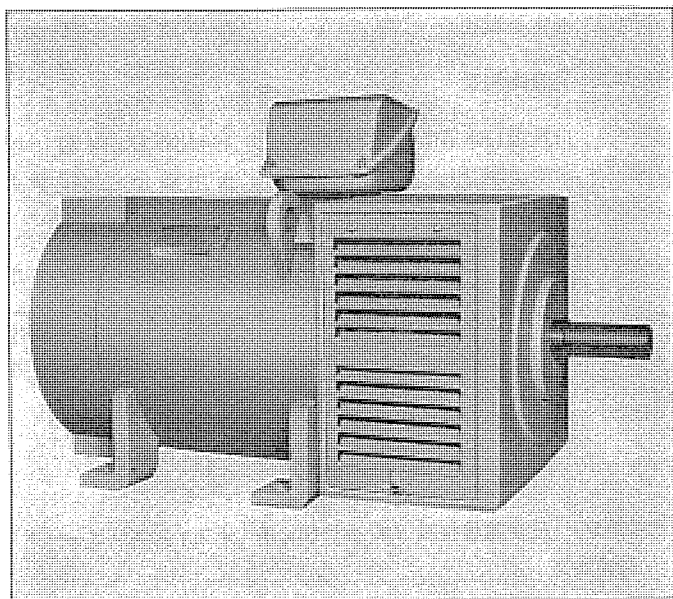
新形三菱直流電動機SD-III形

三菱電機の小形標準直流電動機SD形(出力0.37~110kW、回転速度300~3500rpm)は、制御性能のすぐれた無段変速駆動装置として製鉄、非鉄、紡績、化学、工作機、荷役機械等の各種産業で使用されており、製作実績はすでに1万台を越えています。最近では電動機応用設備の高性能化にともない需要はさらに伸びています。

三菱電機はこの需要に応え、高級機のイメージの強かった直流機を小形軽量化するとともに構成部品の標準化により価格を下げ、誘導電動機並の手軽さで利用できるSD-III形を開発しました。

〈特長〉

- ①小形・軽量化しました。(当社比2~3割)
- ②信頼性の高いF種無溶剤エポキシワニス真空全含浸及びTIG溶接(整流子部)です。
- ③慣性を小さくしましたから、早く確実な速度制御が行えます。
- ④積層構造ヨークを採用していますから、サイリスタ電動駆動に最適です。
- ⑤構成部品を標準化しました。



直流電動機SD-III形

(SD-III形は固定子が従来の凸極構造と異なり、誘導電動機に酷似した円筒形分布巻構造になっています。)

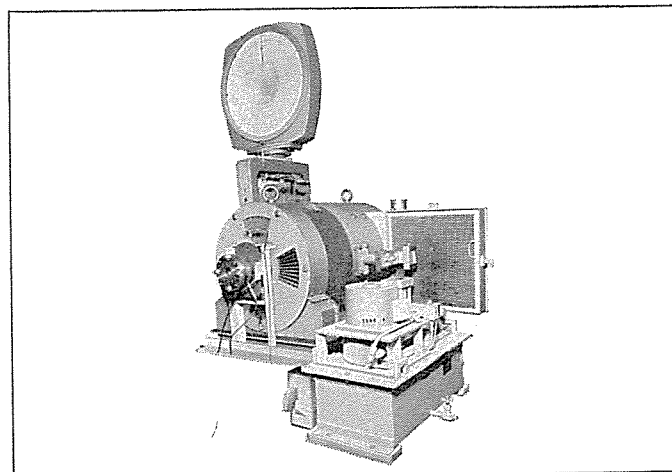
新形直流電気動力計

従来から直流電気動力計はその優れた制御性能と応用範囲の広さにより、最も高性能な電気動力計としてエンジンの試験など多くの分野で使用されてきました。

三菱電機はこのほど高精度、小形化、電気式フライホイール装着の新形直流電気動力計を完成し、三菱直流電気動力計の用途をさらに広げました。

〈特長〉

- ① 設置スペースを従来品の約 $\frac{1}{2}$ にしました
揺動フレームの下部を直接油圧浮揺させる胴体浮揺型静圧軸受方式の採用により小形化しました。
- ② 電気式フライホイールを装着しました
電気トルクを制御するだけで簡単に慣性補償ができます。
- ③ 軸トルクの測定が可能
トルクを電子的に検出できますから、秤トルク(平均トルク)はもちろん、軸トルク(変動トルク)も測定できます。
- ④ 応答性を向上させました
本体の最適設計とすぐれた制御回路により応答性を高めました。また、トルクを電子的に検出できますから、応答時間は秤式の約 $\frac{1}{10}$ の短さです。



直流電気動力計

〈仕様〉

- | | |
|------------|-----------------------------------|
| (1) 容量、回転数 | 150/110kW、5000/8000rpm |
| (2) 定格 | 連続 |
| (3) 計測精度 | F.S. $\pm 0.15\%$ |
| (4) 揺動軸受 | 胴体浮揺型静圧軸受方式 |
| (5) 慣性範囲 | 0.18~0.97kg・m・s ² 連続可変 |

登録番号	名 称	発 明 者	登録番号	名 称	発 明 者
788918	パッケージ形回集積回路装置	浜野 洋一・井村 信義	788931	磁気浮上式輸送装置	岩本雅民・山田 忠利
788919	プラズマ電子ビーム溶接における溶接割れ防止方法及び装置	赤枝潤二郎・斎藤 長男	788932	"	岩本雅民・山田 忠利
788920	交流チョッパ装置のゲート回路	矢野 昌雄・朝枝 健明	788933	曲げ加工装置	森田 豊・北村 守
788921	半導体装置の製造方法	杉岡八十一・西岡 直	788934	画像再生方式	朝日照夫・泉 信行
788922	液体金属刷子	森川鉄也・小林 幸人	788935	コアメモリ装置の記憶内容保護回路	山崎宣典・青木 正夫
788923	半導体装置	{ 山本利雄・近藤 隆 島田 弥	788936	選択液相成長法	三井 茂
788924	自動走行車用操向制御装置	下村節宏・内海 曉	788937	磁気浮上装置	岩本雅民・山田 忠利
788925	液体金属ブラシ	森川鉄也・小林 幸人	788938	スラットコンベア	竹内 弥吉
788926	角度検出装置	金井 宏	788939	変調増幅装置	岡野 晃
788927	無整流子電動機の電動一回生切換回路	宇野克己・大屋 英雄	788940	ディスクメモリ	織田博靖・東山 昇
788928	車両用電気装置の制御方式	上田 敦・石井 光明	788941	液相成長法	三井 茂
788929	電気装置の制御方式	上田 敦・石井 光明	788942	液体燃料焼装置	{ 野間口 有・伊藤 利朗 大畑 晃一・向井 正啓
788930	セレン化亜鉛膜の製造法	{ 大西 勝・戸村 光一 吉沢 達夫	788943	タービン遠隔制装置	山地正城・畑野 征弘
			790018	デジタル速度照査器	{ 石田哲爾・鳥居 健太 渡辺 貞夫

〈次号予定〉 三菱電機技報 Vol. 51 No. 4 オフィスコンピュータ・数値制御特集

特集論文

- オフィスコンピュータ《MELCOM》80シリーズ／モデル8
- オフィスコンピュータの入出力装置
- オフィスコンピュータ《MELCOM》80シリーズ／モデル11, 11M プログレス
- オフィスコンピュータ《MELCOM》80シリーズ／モデル31 オペレーティングシステム
- マイクロプロセッサ《MELDAS》5000/5100 C
- 対話形数値制御方式《MELDAS》820

普通論文

- 最近の電鉄変電所集中管理システム
- ND5804形オンライン硫黄分析計
- オゾン酸化脱臭装置
- 航空路管制用レーダ目標検出装置
- 紫外線エネルギーを利用した木材の塗装乾燥法
- 電子計算機による受変電設備の仕様書・計画図の自動作成システム

定価改正：編集諸費用の高騰により次号 Vol. 51 No. 4 から定価改正いたしますので、ご了承をお願い申し上げます。
定価1部 400 円。

継続して購読ご希望の方は年間 (Vol. 51 No. 4 から1カ年) 予約価 5,200 円 (送料共) を、(株) オーム社販売課へ現金書留又は郵便振替でお申し込みください。

三菱電機技報編集委員

委員長	小原 敬助	常任委員	茶谷 三郎
副委員長	松岡 治	"	平林 庄司
"	後藤 正之	委 員	遠藤 裕男
常任委員	武藤 正	"	村上 卓弥
"	佐々木 二郎	"	熊本 永
"	葛野 信一	"	橋爪 基
"	伊原 総三郎	"	吉田 太郎
"	北川 和人	"	山崎 肇
"	三矢 周夫	"	松村 長延
"	清田 浩	"	小野 勝啓
"	阿部 修	幹 事	本間 吉夫
"	武田 克己	"	三田村 和夫
"	福家 章	3号特集担当	千葉 正

三菱電機技報 51 巻 3 号

昭和52年 3 月 22 日 印刷
昭和52年 3 月 25 日 発行

定価1部 300 円 (送料別) 無断転載を禁ず
編集兼発行人 本間 吉夫
印刷者 高橋 武夫
印刷所 東京都新宿区市谷加賀町1丁目12番地
大日本印刷株式会社
発行所 東京都千代田区大手町2丁目6番2号 (〒100)
菱電エンジニアリング株式会社
「三菱電機技報社」Tel. (03) 243 局 1785
発売元 東京都千代田区神田錦町3丁目1番地 (〒100)
株式会社オーム社書店
Tel. (03) 291 局 0811, 振替口座 東京 20018

名古屋市交通局納め

3000形車両用 三菱AVFチョツパ制御装置と主電動機

三菱電機は、鉄道車両用AVFチョツパ制御装置を製作しています。この度、その一環として名古屋市交通局の新線3号線に導入される3000形車両用のAVF（自動可変界磁）チョツパ制御装置と主電動機を製作し納入しました。この3000形車両には右記のような条件が課せられており、三菱AVFチョツパ制御装置と主電動機は条件達成に効果があります。

- 地下鉄であるため、トンネル内温度上昇の抑制およびトンネル内火災発生防止
- 消費電力の節減
- 保守の簡易化
- 車両重量の軽減および名古屋鉄道との相互乗入れを目的とする高速運転可能性の向上



車両性能・仕様

- 電気方式
DC1500V 架線方式
- 編成
4M(当初)、6M2T(最終)
- 加速度
3.0km/h/s(200%乗車まで一定)
- 減速度
75km/h(地下)、
100km/h(地上)

3000形AVFチョツパ制御電車

AVFチョツパ制御装置

この装置は、高速運転可能性の向上、保守の簡易化、車両の軽量化を目的として製作しました。

〈特長〉

- 回生フルブレーキ可能速度を従来のチョツパ方式に比べ約20～25%(従来方式約52km/h、AVF方式約65km/h)向上しました。
- 界磁制御を自動化しましたから、界磁制御機器(スイッチ・分路抵抗器・誘導分流器)を必要としません。
- 連続制御ですから、弱め制御界磁機器が必要なく、簡素で安定性の高い制御系が使用できます。

〈主回路方式〉

機器の簡素化や電流脈流率低減に効果のある結合リアクトル式二重チョツパ方式です。

〈制御回路方式〉

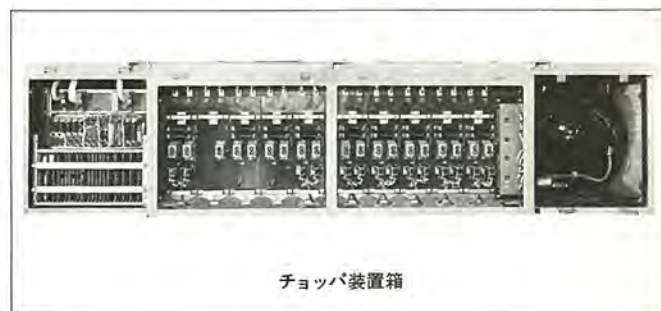
チョツパの合成周波数は、地上信号機器との緩衝を防止するため同じ周波数の486Hzを使用しました。また、電流制御は定周波平均値制御方式で、チョツパゲート制御回路にはICを使用しました。

〈主回路保護方式〉

100km/hからの高速回生制動中に転流失敗が発生した場合でも、速やかに回路をしゃ断して主電動機を保護します。これはデジタルICによる転流失敗検知回路と高速トリップ機構付高速度減速器との組み合わせ、および半導体素子によるAVF界磁短絡で主回路をしゃ断する方式によるものです。

〈チョツパ装置〉

- 2500V、400Aの逆導通サイリスタを使用し、素子数・補助部品の削減を図りました。
- 半導体スタックを軽量化しました。
- リニアICとデジタルICを使用して高信頼化・小形化するとともに調整部分をなくしました。
- チョツパ箱は、点検を要する構成機器を前面に配置し、保守・点検を簡易化しました。



チョツパ装置箱

チョツパ装置仕様

- 定格電圧……………DC1500V
- 定格電流……………1100A(最大制御電流)
- 主電動機……………135KW×8台 一括制御
- サイリスタ素子…FR-600A×(逆導通)、2500V、400A
- ダイオード素子…FD-1000A、2800V、800A
- 素子構成……………MCRF-2S2P×2U、ACRF-2S1P×2U、
FWD-2S1P×2U、AFWD-1S1P×1U、
AFCRF-1S1P×1U、OVCRF-2S1P×1U
- 転流方式……………直列消弧形反発パルス方式

主電動機

耐熱絶縁、密封構造の軸受、長尺ブラシ、ブッシング方式の口出線などを使用して、信頼性の向上、保守の簡易化を図りました。また、整流子点検カバーをFRP製にして軽量化しました。

〈仕様〉

- 形名……………MB-3210-A
- 方式……………直流直巻補極付分割界磁制御方式
- 1時間定格……………135KW、375V、395A、1960rpm(80%F)
- 最弱界磁率……………39%