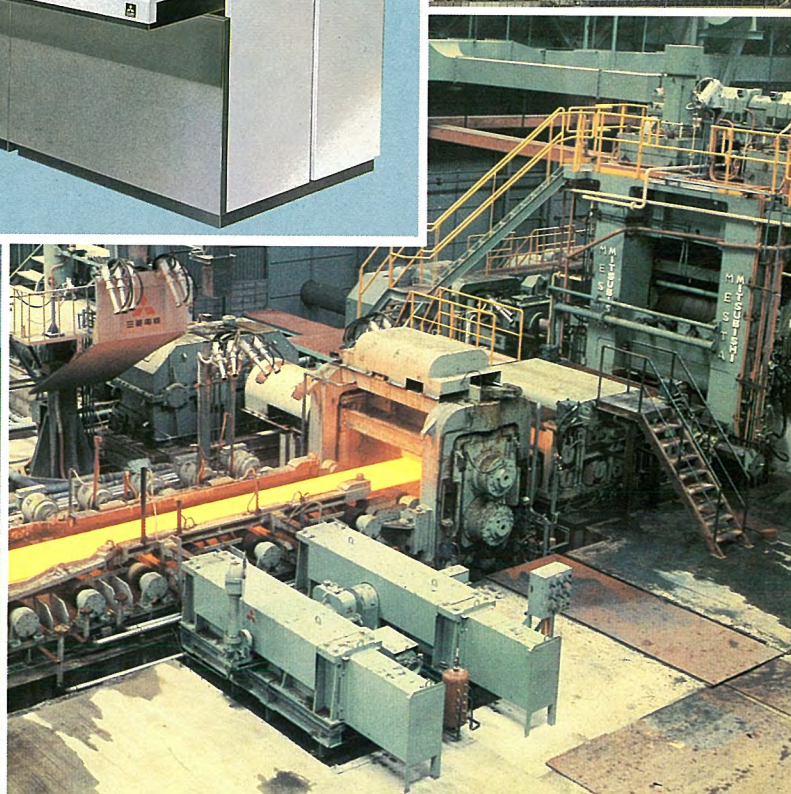
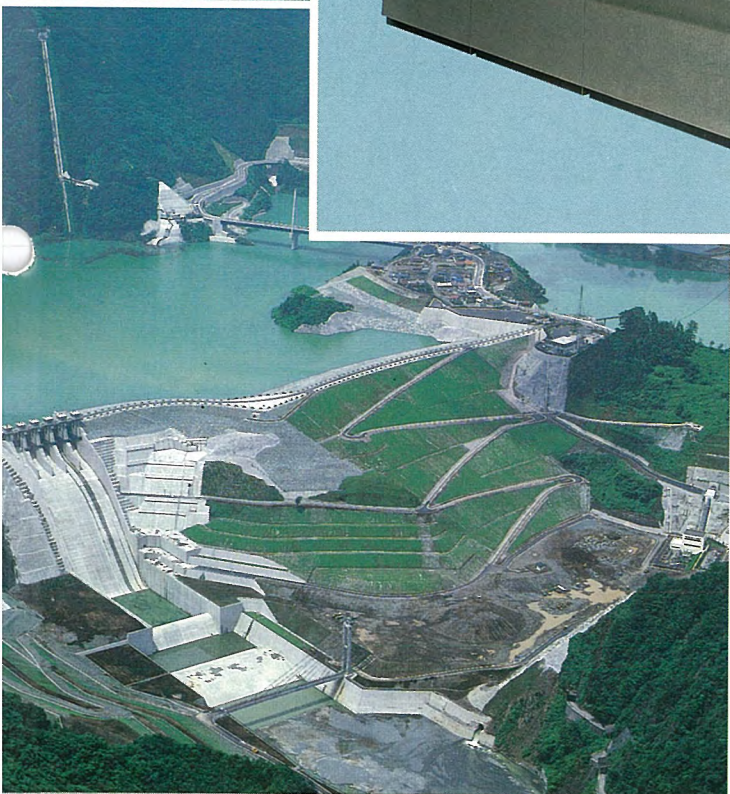
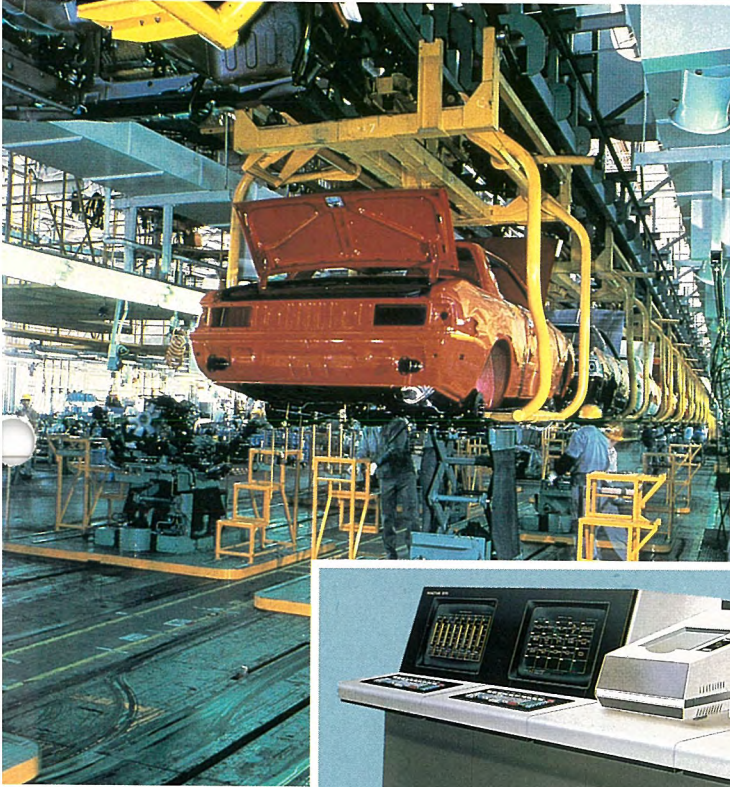



MITSUBISHI DENKI GIHO

三菱電機技報



Vol.55 No.11

工業用計算機と応用特集

 未来を開発する
三菱電機

11
1981

工業用計算機と応用特集

目次

特集論文

工業用計算機システムの動向—分散制御システム—	1
成田誠之助	
《MELCOM 350-50》工業用計算機における分散システムの構成技術	2
村木克己・松本正弘・岩佐 寛	
火力・原子力発電における工業用計算機システムの動向	6
加藤彰朗・近藤章比呂・山上進太郎・明石秀人	
電力系統分野における分散処理システム	10
浅野勝弘・宮西洋太郎・得能 泰・中井幸夫・上口雅典	
鉄鋼における分散処理	13
今道周雄・荒牧 勲・大湊幸二	
水処理分野における分散制御システム	17
盛口全太・長束晴弘・北村英久・坂口正孝	
鉄道における分散処理システム	20
菅 茂・村木一巳・石田隆朗・高橋啓一	
ビル管理用分散形プロセス入出力システム	24
湯川健二・中尾好宏・伊藤隆夫	
分散化されたソフトウェア生産システム	28
大井房武・仲摩 寿・白井澄夫・芥川哲雄	
分散処理システムにおけるCRTマンマシンインタフェース	32
香取和之・西出政司・渡部明洋	
工業用計算機システムにおけるモダニゼーション	36
今道周雄・稲本 惇・芥川哲雄・黒田健児・高木正博	

普通論文

最近の移動用変電所の動向	43
—三菱スーパーモーター変電所—	
池田達朗・俵谷武男・川村福蔵・朝倉正勝・吉岡重明	
新形500kV直列コンデンサ保護装置の開発	48
春木容正・川越英二・田辺俊雄・今滝満政・小西直行	
河川・道路管理用機能分散形テレメータ	53
松村征三・吉崎 守・内藤明彦	
船舶の主機換装用電機品における省エネルギーと省力	57
田崎昭憲・山崎 寛	
圧延用直流多相式サイリスタモータ1,950kW	62
矢野昌雄・朝枝健明・富永善治・永石勝之・菊田 広	
水封式水中電動機の絶縁特性	67
平林庄司・美藤 亘・和田義彦・稲垣禎彦・藤田宏一郎	
特許と新案	41
シュミット回路	
限流素子を用いた重要負荷の自動切替回路	
力率自動調整装置	

当社の登録特許一覧	74
-----------	----

スポットライト

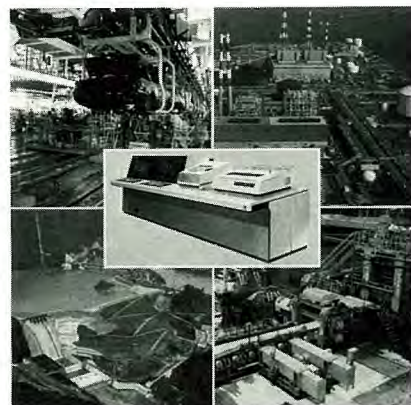
三菱サーキットプロテクタCP-B形, CP-S形	72
三菱掃除機TC-800形	73
三菱ルームエアコン《霧ヶ峰》MSH-2514R形	(表3)

表紙

工業用計算機応用システムとセントラルオペレータステーション

三菱工業用計算機システム《MELCOM 350/50シリーズ》は、大規模制御システムからDDC、シーケンス制御システムに至る各レベルに応じた機種（モデルA2500, A2350, A2100, A2010）を用意し、火力・原子力発電、鉄鋼、水処理などの系統制御や自動車工業における生産管理システムなど、幅広い応用分野に適用されている。

写真は、これらの適用分野の中の代表的なプラントと《MELCOM350/50シリーズ》を用いたCRTベースのセントラルオペレータステーションを表したものである。



アブストラクト

《MELCOM 350-50》工業用計算機における分散システムの構成技術

村木克己・松本正弘・岩佐 寛

三菱電機技報 Vol.55・No.11・P2~5

多様化する応用システムのニーズにこたえて、近年工業用計算機システムには分散形の構成がよく用いられるようになった。本文ではこの分散システム構成の考え方とそれをサポートするハードウェア及びソフトウェアへの要求、そして《MELCOM 350-50》計算機システムで実現されている技術について機能面と性能面から紹介する。

水処理分野における分散制御システム

盛口全太・長束晴弘・北村英久・坂口正孝

三菱電機技報 Vol.55・No.11・P17~19

水処理分野における分散形システムはここ数年来急速に増加し続けている。これら分散形システムが水処理分野において持つ意味とその背景について述べるとともに、分散形システムの構成概要及び制御対象とその内容について、マンマシンインタフェースを通じて、最近の下水処理場向けシステムの一部実施例を交えて紹介するものである。

火力・原子力発電における工業用計算機システムの動向

加藤彰朗・近藤章比呂・山上進太郎・明石秀人

三菱電機技報 Vol.55・No.11・P6~9

近年、火力及び原子力発電所の工業用計算機システムの利用に対する要求が操作性の改善、処理量の増加、高速応答性、機能の多様化など質、量とも急速に変化している。また、原子力発電でDDCの導入が計画されるなど信頼性、安全性の面でも厳しいものが要求されている。これらの要求に対しデータウェイ、分散形共有メモリによる分散形システムの計画、CRTの大幅採用による操作性の改善など要求を満足する計算機システムを開発中である。

鉄道における分散処理システム

菅 茂・村木一巳・石田隆朗・高橋啓一

三菱電機技報 Vol.55・No.11・P20~23

鉄道分野における分散処理システムの動向について述べる。鉄道の業務を総合管理システムとしてとらえ、いかなるサブシステムに機能分割され、いかに有機的に結合されているかについて述べる。そして、代表的分散処理システムの例として、分散形通行管理システムにつき、システムの構成、伝送システム及びマンマシン装置としての高密度CRTの応用に関し述べ、分散処理システムの今後の動向を知る上での一助とする。

電力系統分野における分散処理システム

浅野勝弘・宮西洋太郎・得能 泰・中井幸夫・上口雅典

三菱電機技報 Vol.55・No.11・P10~12

最近の電力系統自動化システムは系統監視、記録統計、操作指令、系統計算、設備データ保守など機能の多様化、高度化が著しい。更に従来システムごとに単独に自動化されてきた諸機能を集約し系統全体としての統一化、システム化の方向もうかがえる。これらの実現のため、大形工業用計算機の導入と共にシステムの階層化、分散化が図られている。最近の系統自動化システム例を含めて、電力系統における分散処理の方式、動向などを紹介する。

ビル管理用分散形プロセス入出力システム

湯川健二・中尾好宏・伊藤隆夫

三菱電機技報 Vol.55・No.11・P24~27

近年ビルのトータル監視制御のニーズに応じ中央監視システムへの計算機導入が広く行われている。

ビル管理システムの1つの特長として、監視制御対象となる設備との入出力信号が各階ごとに少数点ずつであるが、ビル内の広い面積に分散していることがあげられる。

この特長を満足させるべく既存のシステムと比較し、廉価で分散設置が容易な「分散形プロセス入出力システム」を開発した。

鉄鋼における分散処理

今道周雄・荒牧 勲・大湊幸二

三菱電機技報 Vol.55・No.11・P13~16

鉄鋼製造技術の目覚ましい進歩に伴い、計算機制御機能も複雑で大規模となってきた。このため、複数台の計算機を用いるマルチCPUシステムが一般的となってきたが、機能分担の方法が設計、調整、保守などの面に多大な影響を与える。機能分担の設計方式について分析し、ホットストリップミルを具体例として機能の縦制方式が横縦方式よりも適していることを示すと同時に、今後の複合システム技術の方向について論じる。

分散化されたソフトウェア生産システム

大井房武・仲摩 寿・臼井澄夫・芥川哲雄

三菱電機技報 Vol.55・No.11・P28~31

工業用計算機の有用性に対する評価が高まるにつれ、特に工業用計算機のソフトウェアの品質・生産性に対する市場からの要求は厳しさを増している。この論文では、分散処理及びTSS処理を特長とし、工業用計算機ソフトウェアの生産を一貫して支援するシステムについて設計に際しての考え方、その実現に用いた技術及び機能を紹介する。

Abstracts

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 55, No. 11, pp. 17~19 (1981)

Distributed Digital Control Systems for Water-Treatment Plants

by Zenta Moriguchi, Haruhiro Nagatsuka, Hidehisa Kitamura & Masataka Sakaguchi

Demand for distributed digital control systems for water-treatment plants has strengthened in recent years. The article describes how such systems have been adopted to water-treatment plants, giving the general background and the particular significance of this application. Furthermore it introduces system-configuration specifications, the parameters to be controlled and how they are controlled, and some practical examples of a system designed for a modern sewage-treatment plant using man-machine interfaces.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 55, No. 11, pp. 2~5 (1981)

The Technology of the MELCOM 350-50 Distributed Industrial Computer System

by Katsumi Muraki, Masahiro Matsumoto & Hiroshi Iwasa

Industrial computer systems with distributed configurations have recently been adopted to respond to the diversified needs of the application systems. The article discusses the MELCOM 350-50 distributed industrial computer system, introducing the software and hardware configurations based on the concept of the distributed system, at the same time outlining the functions performed and the performance achieved.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 55, No. 11, pp. 20~23 (1981)

Distributed Processing Systems for Railways

by Shigeru Suge, Kazumi Muraki, Takaharu Ishida & Kei'ichi Takahashi

The article details trends in distributed processing systems for railways, going on to describe how the various subsystems are functionally distributed and organically integrated. The system configuration and transmission subsystem of a distributed programmed traffic-control system are described as a typical example of a distributed processing system. Application examples of high-resolution CRTs as man-machine interfaces are cited to provide insights into trends in such distributed systems.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 55, No. 11, pp. 6~9 (1981)

The Future of Industrial Computer Systems for Thermal- and Nuclear-Power Plants

by Akio Kato, Akihiko Kondo, Shintaro Yamagami & Hideto Akashi

The industrial computer systems recently adopted for thermal- and nuclear-power plants have achieved rapid qualitative and quantitative advances in operability, throughput, high-speed response, and functional diversity. The move toward the introduction of direct digital computer control (DDCC) into nuclear-power plants reflects the strong demand for high reliability and safety. Mitsubishi Electric has responded to this need by developing distributed industrial computer systems that use a DATAWAY and a distributed common memory, and achieve greatly improved operability by the widespread use of CRT displays.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 55, No. 11, pp. 24~27 (1981)

A Remote Process-Input/Output System for Building-Automation Systems

by Kenji Yukawa, Yoshihiro Nakao & Takao Ito

Computers have been widely used in building-automation systems to meet the ever-growing need for comprehensive supervision and control of buildings. One feature of building-automation systems is that the equipment to be monitored and controlled, with its input/output signals, is distributed throughout the entire building, with few installations on any particular floor. Mitsubishi Electric has developed a distributed process-input/output system with advantages over existing systems in terms of lower costs and easier distribution of equipment.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 55, No. 11, pp. 10~12 (1981)

Distributed Systems in Electric-Power Systems

by Katsuhiko Asano, Yotaro Miyanishi, Hiroshi Tokuno, Yukio Nakai & Masanori Kamiguchi

The latest automatic supervisory and control systems for electric-power systems embody significant improvements in the diversity and sophistication of their functions, which now include supervision, data logging, operational commands, network analysis, and maintenance of the power-system, database. One requirement stemming from this development is the integration and systemization of power systems to enable the integration of functions that are automated independently in conventional systems. To meet this requirement, high-performance industrial computers in hierarchical or distributed systems have been introduced. The article discusses distributed systems with particular reference to automatic supervisory and control systems in electric-power systems, and identifies current trends.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 55, No. 11, pp. 28~31 (1981)

A Distributed System for Software Production

by Fusatake Ooi, Hisashi Nakama, Sumio Usui & Tetsuo Akutagawa

The growing recognition of the usefulness of industrial computers has stimulated a strong and rapidly growing demand for high productivity in developing high-quality software. The article discusses a system designed to support the development of industrial-computer software for time-sharing systems featuring distributed processing, and details the design philosophy, introducing the techniques employed and the functions implemented.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 55, No. 11, pp. 13~16 (1981)

Distributed Systems for Iron and Steel Applications

by Chikao Imamichi, Isao Aramaki & Koji Ominato

Astonishing advances in iron- and steel-making technology have been accompanied by increasing complexity and scale of computer control functions. This trend has been reflected in the widespread adoption of multi-CPU systems using more than one computer. Functional distribution of the system has exerted a strong influence on its configuration, adjustment, and maintenance. The article analyzes the system configuration in terms of functional distribution, and suggests that—with reference to a hot-strip mill chosen as a typical application example—a “vertical” distribution is more suitable than a “horizontal” one. It also discusses the technological direction likely to be taken in future hybrid systems.

アブストラクト

分散処理システムにおけるCRTマンマシンインタフェース

香取和之・西出政司・渡部明洋

三菱電機技報 Vol.55・No.11・P32～35

機能別分散処理システム構成をとることにより、各機能の処理能力は向上し、またそのマンマシンインタフェースもより専用化され、その機能に適したものになりつつある。本稿ではこの分散処理システムにおけるCRTマンマシンインタフェースの諸要求及びそれを解決する最新の技術についてオペレータインタフェース、エンジニアインタフェースの観点より述べる。

河川・道路管理用機能分散形テレメータ

松村征三・吉崎 守・内藤明彦

三菱電機技報 Vol.55・No.11・P53～56

テレメータ装置を複数台のマイクロCPUで構成することにより、簡易的なデータ処理機能、多様化する周辺機器の接続に柔軟に対応できるテレメータ装置《MELFLEX 380》を開発したので紹介する。特に機能単位ごとにCPUを割付けることによりソフトウェアを簡潔なものとし、ソフトウェアコストの軽減に重点をおいたシステム構成となっている。

工業用計算機システムにおけるモダンゼーション

今道周雄・稲本 惇・芥川哲雄・黒田健児・高木正博

三菱電機技報 Vol.55・No.11・P36～40

1960年代後半に工業用計算機が本格的に導入され始めて以来、この分野での技術革新は目覚ましいものである。この技術革新に呼応して、システムの近代化（モダンゼーション）をいかに考えるかということが、重要な課題となってきている。この論文では、このシステムの近代化に焦点を合わせ、システムとしての近代化の要求・拡大の要求を分析し、《MELCOM 350シリーズ》における近代化の流れ、システム近代化の実施のパターンなどについて論ずる。

船舶の主機換装用電機品における省エネルギーと省力

田崎昭憲・山崎 寛

三菱電機技報 Vol.55・No.11・P57～61

石油ショック以来、海運界においては、省エネルギーの一環として燃料を節約するために、船舶の主機関をタービンからディーゼルに換装する計画が増加している。換装計画には、排ガスタービン発電機の採用によるトータル省エネルギー発電システムや予備CPU、複数のCRTによる機関部の高信頼性モニタの採用例が多い。今回6隻のコンテナ船用の主機換装電機品を担当し、主機換装の関連技術を確認したので、その概要を紹介する。

最近の移動用変電所の動向

—三菱スーパーモービル変電所—

池田達朗・俵谷武男・川村福蔵・朝倉正勝・吉岡重明

三菱電機技報 Vol.55・No.11・P43～47

移動用変電所とは非常用電源として使用するために、従来は変圧器と断路器及びヒューズなどによってのみ構成された簡易電源であった。しかし、近來の海外における電力需要の急激な増大に対処するためには、完全な変電機能を有する設備を各所に移動させ使用する必要が生じている。三菱スーパーモービル変電所はこの要求に応じるため、世界で初めて変圧器とGISをコンパクトに組合せて1台のトレーラにとう載させ、完全な変電所として実現させたものである。

圧延用直流多相式サイリスタモータ1,950kW

矢野昌雄・朝枝健明・富永善治・永石勝之・菊田 広

三菱電機技報 Vol.55・No.11・P62～66

最近の交流可変速駆動システムは、パワーエレクトロニクス技術を活用し、著しく発展してきた。鉄鋼圧延用の主駆動電動機に従来の直流電動機と同等以上の性能をもつサイリスタモータを適用することが期待されている。当社は新日本製鐵(株)室蘭製鉄所に熱間圧延用として記録的大容量の直流多相式サイリスタモータ1,950kWを納入した。ここにその概要、特長と今後の見通しについて述べる。本機は従来の圧延用直流機を交流化する貴重な布石である。

新形500kV直列コンデンサ保護装置の開発

春本容正・川越英二・田辺俊雄・今滝満政・小西直行

三菱電機技報 Vol.55・No.11・P48～52

今後の電源遠隔地化、大容量化に対応した大容量送電対策、あるいは既存電源地点の増設による既設系統の送電容量増大対策として500kV用直列コンデンサの適用が近い将来必要となると考えられる。今般、関西電力(株)との共同研究で在来形と全く異なった新方式の保護装置を開発した。この方式は酸化亜鉛素子を保護装置に使用するもので、在来形に比べ小形軽量化が可能となり、更に光ファイバを用いた新方式の制御システムを採用しており、高信頼性が期待できる。

水封式水中電動機の絶縁特性

平林庄司・美藤 亘・和田義彦・稲垣禎彦・藤田宏一郎

三菱電機技報 Vol.55・No.11・P67～71

保守・取扱いの簡便な水中電動機は、単に取水・排水にとどまらず新しい分野に用途が展開される気運にある。特に耐水巻線を有する水封式水中電動機は、独特の内部圧力調整機構が付属しているため、種々の環境に適用が拡大されつつある。

本稿では、顧客から好評を博している上記電動機の耐水巻線と新たに開発した高・低圧耐水巻線、高水温用耐水巻線の絶縁特性を紹介し、各位の参考に供したい。

Abstracts

Mitsubishi Denki Giho : Vol. 55, No. 11, pp. 53~56 (1981)

A Flexible Telemetering System for Control of Rivers, Dams, and Roads

by Seizo Matsumura, Mamoru Yoshizaki & Akihiko Naito

The use of multimicroprocessor CPUs in our MELFLEX 380 telemetering equipment gives it elementary data-processing functions and the flexibility to enable interconnection plus the increasing diversity of the available peripheral equipment. The article describes the development of this system. One major priority in developing the system configuration was a reduction of software costs, and this has been achieved by the adoption of separate CPUs for each individual function, greatly simplifying the software requirements.

Mitsubishi Denki Giho : Vol. 55, No. 11, pp. 32~35 (1981)

A CRT Man-Machine Interface for Distributed Processing Systems

by Kazuyuki Katori, Masashi Nishide & Akihiro Watabe

The adoption of a functionally distributed processing-system configuration gives upgraded processing capabilities and enables utilization of more specialized man-machine interfaces better suited to the functions required. The article discusses the various requirements of CRT man-machine interfaces in distributed processing systems and introduces the latest technology used to meet these requirements with respect to operator and engineer interfaces.

Mitsubishi Denki Giho : Vol. 55, No. 11, pp. 57~61 (1981)

Energy- and Labor-Saving Electrical Equipment for Ships with Refitted Engines

by Akinori Tasaki & Hiroshi Yamasaki

Since the oil crises, increased fuel economy has been an important objective of the transportation industry's energy-saving program. Increasingly, ships are being refitted with diesel engines to replace steam turbines. These refits often include the adoption of total-energy-saving electric-power-generation systems featuring exhaust-gas-turbine generators, stand-by CPUs, and highly reliable multiple-CRT engine monitors. The article covers the engine refitting of six container vessels and introduces the associated technology established by Mitsubishi Electric.

Mitsubishi Denki Giho : Vol. 55, No. 11, pp. 36~40 (1981)

The Modernization of Industrial Computer Systems

by Chikao Imamichi, Atsushi Inamoto, Tetsuo Akutagawa, Kenji Kuroda & Masahiro Takagi

Since the widespread adoption of industrial computers began in the late 1960s, the field has seen revolutionary technological developments. How these new technologies are to be utilized in the modernization of existing systems is becoming one of the most important issues facing industry. The article concentrates upon system modernization, analyzing the various requirements for the modernization and expansion of existing systems and examining both the process of modernization for members of the MELCOM 350 industrial computer series and the pattern of implementation.

Mitsubishi Denki Giho : Vol. 55, No. 11, pp. 62~66 (1981)

A Multiphase 1,950kW Thyristor Motor with a DC Link for Metal-Rolling Mills

by Masao Yano, Takeaki Asaeda, Yoshiharu Tominaga, Katsuyuki Nagaishi & Hiroshi Kikuta

AC variable-speed drive systems have achieved remarkable advances recently through the use of power electronics. Great promise is seen in the use of thyristor motors, which have performance characteristics that already exceed conventional DC motors, to replace the latter as the main drive motors for metal-rolling mills. Mitsubishi Electric has supplied a record 1,950kW-capacity multiphase thyristor motor with a DC link to Nippon Steel Corporation. The article introduces the new motor and its special features and future prospects. The replacement of DC motors by the new AC unit in metal-rolling mills marks an important step forward.

Mitsubishi Denki Giho : Vol. 55, No. 11, pp. 43~47 (1981)

Supermobile Substations

by Tatsuo Ikeda, Takeo Tawaradani, Fukuzo Kawamura, Masakatsu Asakura & Shigeaki Yoshioka

Mobile substations for use as emergency-power sources have conventionally been limited to temporary power sources consisting only of power transformers, disconnecting switchgear, and power fuses. However, to cope with the recent great increase in overseas demand for electricity, the need has arisen for complete substation systems that can be moved wherever required. The Mitsubishi supermobile substation is the first such system in the world to respond to this need. It uses a compact, SF₆-gas-insulated system to form a complete substation that can be loaded on a single trailer.

Mitsubishi Denki Giho : Vol. 55, No. 11, pp. 67~71 (1981)

The Insulation Performance of Water-Filled Submersible Motors

by Shoji Hirabayashi, Wataru Bito, Yoshihiko Wada, Yasuhiko Inagaki & Koichiro Fujita

Submersible motors, with their simple handling and reduced maintenance requirements, are seeing a surge in demand for new applications not limited to water supply and drainage. In particular, water-filled types using waterproof windings and featuring our equalized internal and external pressure system are going into widespread use in a number of very different environments. The article provides a useful reference summary of the insulation characteristics of the waterproof windings of our popular and well-received water-filled types, of the newly developed high- and low-voltage waterproof windings, and of the hot-waterproof windings.

Mitsubishi Denki Giho : Vol. 55, No. 11, pp. 48~52 (1981)

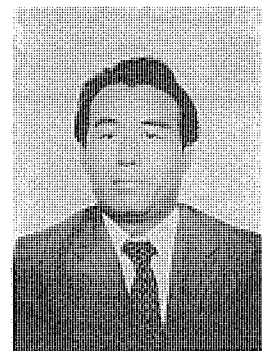
The Development of a New Protection System for 500kV Series Capacitors

by Yoshinobu Harumoto, Eiji Kawagoe, Toshio Tanabe, Mitumasa Imataki & Naoyuki Konishi

Both the intended use of higher-capacity electric-power generators at remote locations and the boosting of generating capacity at existing power stations indicate the need for a major, planned expansion of distribution-system capacities that will soon entail the use of 500kV series capacitors. Joint research between Mitsubishi Electric and the Kansai Electric Power Co. has developed a novel form of protection that represents a complete departure from existing protective systems. It utilizes zinc-oxide elements and offers considerable advantages over conventional systems in terms of size and weight. The use of fiber-optic cable in the control subsystem also promises improved reliability.

工業用計算機システムの動向 —分散制御システム—

早稲田大学理工学部教授 工学博士 成田 誠之助



「地方の時代」という言葉がジャーナリズムを賑わしてから久しいが、コンピュータの世界では、1970年代はデータベースの時代、1980年代は分散処理の時代であると言われている。数々指摘される事であるが、工業技術の分野で、研究論文が学会誌を賑わしたり、ジャーナリズムの話題になっている間は未だ技術は未熟で本物ではなく、むしろブームの風が吹き去った後の土壌にこそ、本物の実用に耐える製品やシステムが芽生え、成長していくのが歴史の示すところである。

ところが、分散処理あるいは分散制御の場合は、大分様子が違っている。確かに通勤電車の吊し広告にも分散処理システム技術を標榜するコンピュータメーカーのイメージ広告が出るほど、「分散」はブームであるが、同時に既に本格的な分散システムが各種システムの制御・管理に導入され、実績を積み重ねてきている。これには、それ相当の理由があるに違いない。

まず最初に考えられるのは、システムの計算機制御、特にプロセス計装などにおいては、制御対象システムは程度の差こそあれ、何らかの分散性を有しており、従ってセンサベースの制御では、個別制御すら可能のようにシステム設計がなされていた事実である。これは集中型DDC以前のアナログ計装を考えれば明白であろう。つまり、制御ループは互いにはほぼ独立であり、その管理・監視を集中化したに過ぎない場合が多い。

しかしながら、制御対象が分散性をもっているからといって、制御システムも即分散システムにすべきであるという結論は、これもまた余りにも短絡的で早急な発想法である。何故ならば、制御システムは設計者の設計思想によって構築されるべきものであり、集中制御とするか分散化するかは、選択の余地が残されている。計算機制御システムにおいて、プロセス機器などに比して周辺装置を含めてコンピュータの価格が相対的に高かった一世代前には、有名なGrosch(グロッシュ)の法則の教えるところにより、処理装置を集中化する集中型DDCが経済性から見ても賢明な選択であったのであろう。

ここで更めて述べるまでもなく、Groschの法則を過去の神話としたのは、LSI、VLSI技術の産物であるマイクロプロセッサの衝撃的ともいえる発展である。これにより制御機能を実行するインテリジェンスはon-siteに分散設置され、リモート・マルチプレキシング技術の併用と相俟って伝送ケーブル費用は大幅に削減されるようになった。また、処理の分散は危険分散をもたらし、分散処理によるシステム信頼性の向上も期待される。

このように眺めてくると、一般に制御対象が固有にもっている分散性にマッチした形でインテリジェンスを分散配置してやれば、それだけで問題は片付くように思われる。事実、多数のシステム制御の機能、タスクをどのようにグループ分けしていくかという定量的な手法が機能間の近接度(proximity)に基づいて理論面からも検討されており、とかく経験則や直観的手法に流れやすい分散システムの設計に一つの指針を与えてくれているが、より重要なことは、「統合」の問題である。

システム理論などという難かしそうなものを持ち出さなくても、システム制御の諸機能の間には相互関連が程度の差こそあれ存在するから、機能をグループ化して分解すれば、それらを統合、協調する機能とそのための装置が必要となることは明らかである。インテリジェンスが集中化された集中処理の場合、この統合のための情報交換は主記憶装置内あるいは外部補助記憶装置との間の単なるデータの転送で済んだ。ところがインテリジェンスが分散配置されると、統合は通信システムを必要とし、計算機システムと通信システムの複合体の設計・運用技術の開発が急務となった。

このようなコンピュータとコミュニケーションの複合体システム(これには適当な呼称がないので仮にコンピュータ・システムと呼ぶことにする)は、所謂オンラインシステムなどの形で従来から開発されてきたが、工業用分散処理・制御のコンピュータ・システムは制御のための分散化されたセンサベースシステムと情報管理のための集中化されたデータベースシステムの混在するシステムであり、独自のシステム技術の開発を必要とする。特に昨今のように、トータル・オペティマイゼーション指向の強まる情勢を考えると、産業システム制御の分野でも従来の情報交換の構造が半固定化された階層構造のシステムから、ダイナミックに情報構造が変更できる、より一層コミュニケーション・システムに重点を置いた形に移行することが予想される。このためにはコンピュータとコミュニケーションの両分野に精通したコンピュータ・エンジニアの養成が不可欠であることは言を俟たない。

分散処理システムを構築するにあたり、光通信技術やVLSIなどの発展は大きな推進力を与えてくれるが、個別技術としてはテクニカル・ブレイクスルーを必要とするものは特に見当たらない。事実、分散処理システムに関する議論が盛んである一方で、完成度は未だ満点は与えられないが、現実には多数のシステムが稼働している。

コンピュータ・システムは古くて新しいシステムなのである。

《MELCOM 350-50》工業用計算機における分散システムの構成技術

村木 克己*・松本 正弘*・岩佐 寛*

1. ま え が き

近年の計算機技術の目ざましい進歩は、高速性、高スループット、使いやすさなどの多様化する応用システムの要求にこたえて、様々な形態の計算機システムを世に送り出してきた。特に、最近のLSI技術の進歩とソフトウェアエンジニアリングの発達により、複数の処理装置とその結合装置を組合せた分散システムが経済的に可能になったことから、表1.に見られるような多様なシステムが実現されている。

工業用計算機においても、“最適機能配分”を求めて、様々なシステムが実現されてきた。これは制御対象に対してどこで、だれ(何)が制御/処理を行うか、それらの間を行き来する情報の量と速度はどうか、それらのシステムをどのように運用すれば全体としての効率が最善になるかという問題を現実可能な技術と組合せて解決しようというものである。このようなシステム分割はその対象の組織的構造、管理する人の構成、場所的広がり、経済性に加えて工業用システムの特長である信頼性と応答性を考慮されたものでなくてはならない。

本文では、当社の長い工業用計算機システムの製作実績に基づき、多様化する応用分野のニーズに適したシステム構成のための《MELCOM 350-50》工業用計算機システムにおける分散システムの構成技術を紹介する。

表 1. 分散システム

システム区分	A	B	C	D	E
	バイブライン計算機アレブプロセッサ	タイトリカプル、マルチプロセッサ	マルチコンピュータ、フロントエンドプロセッサ	ローカルネットワークシステム	広域ネットワーク
共有する記憶/情報	レジスタ	主メモリ	コモンメモリ	主メモリファイル	ディスクファイル
結合装置	内部バス	メモリバス	チャンネル	データウェイ、データリンク	はん用公衆回線
オペレーションシステム	単	単	複	複	複
分割される単位	命 令	一連の命令	タスク	サブシステム	システム
目 的/特 長	高 速	高スループット	高スループット	高スループット使いやすさ	リリースシェア使いやすさ
実 例	CRAY-I ILLIAC IV	IBM 303X MP	CDC 6600 IO processor	—	ARPANET
《MELCOM 350-50》での実例	A2500計算機バイブライン	—	A2500計算機チャンネル、フロントエンドプロセッサ	MUCTUSデータウェイ形分散システム	はん用機との結合

2. 最 適 配 分

工業用計算機システムが分散化の方向をとった背景には、その応用分野が次のような観点から、1台の超高速機よりも分散されたシステムを望んでいたからだとはいえる。

2.1 組織的配分

工場管理体制や人間の組織構成が一般的には図1.のように階層構造になっている。この各層間の情報は上位にゆくほどリアルタイム性が薄れるばかりでなく、長期にわたるデータの蓄積が望まれ下位の制御に直結した情報と性格を異にしている。例えば、下位では50ミリ秒ごとに実データの入力と出力が行われ、1分前の情報は不要であるが、上位では今月の生産計画をたてるため先月の情報が必要といったようなものである。このようなシステムは処理装置の管理、故障時の危険分散、メンテナンスといった点からもシステムの分割が望ましい。そして、上位のシステムは下位のシステムに対して管理を行うこととなる。この場合には、上位計算機には下位システムの起動、停止、状況監視、プログラム開発、プログラムロード、エラー読取りといった諸機能が通常のデータのやりとりに加えて要求される。

2.2 地域的配分

組織的には、同一層に属していても、制御対象が地域的に分散している場合、応答性及び経済性の面から、制御対象のより近くで処理を行いたいことが多い。もちろんこの場合、あまりに処理装置の数を増やせば処理装置の間の結合が論理的にも物理的にも複雑になるため、実際のシステムはこのバランスの上に計画される。このようなシステムの要求としては、高速応答性をもったかなり遠方との交信可能な結合装置が望まれ、また処理装置が数台以上になると結合の経済性から1対1の結合よりもデータウェイのようなループ上の結合が要求される。特にリアルタイム応答性を確保するために、はん用の通信手法以上に信号の高信頼化が要求される。

2.3 機能的配分

組織的にも地域的にも同一レベルに属しながら、機能ごとに処理装置を分けるシステムである。このようなシステムの特長は、サブシステム

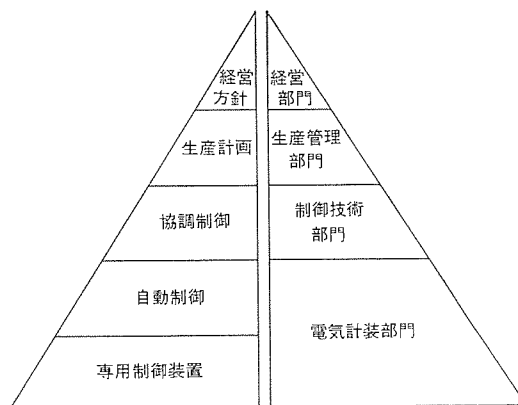


図 1. 組織的階層例

が論理的に分割されているので、設計しやすく保守もしやすい。また、拡張も容易であり、他の機能の変更によってのソフトウェア的又は負荷的な影響をうけにくく、応答性とソフトウェアの信頼性が得やすい。このようなシステムでは、かなりの量のデータの高速な授受が要求され、コモンメモリ、マルチアクセスディスク、チャンネル結合装置といった装置が使われる(表 2.)。

2. 4 負荷的配分

機能的には1つの仕事を単に処理装置の能力が足りないという理由で複数台使用するシステムである。。この場合、もともと1台で行いたい業務を分けているため、通常そのインタフェースは複雑で、1台のシステム中で行われることを複数台のシステムに要求する場合が多い。このような要求は処理装置間のインタフェースをいたずらに複雑にすることが多い。分類として掲げたものの、本来は機能的に分散させるか、パイプラインなどの計算機内部の高速化を図るべきものと考えられる。

このように様々な要求に対処するのに必要となる技術はシステムの論理分割の技術、分割されたシステム機能とその間の交信を行うハードウェア技術、及びこれらを統一的に管理運用するソフトウェアの技術と言えよう。

3. 論理分割

システムをサブシステムに分割してゆく技術は高度のインテリジェンスを必要とする。《MELCOM 350-50》における MSSP (Multi System Structured Philosophy) はこの分割を助ける考え方でありシステムを次の点から抽象化してとらえ分割する1つの考え方を示すものである(図 2.)。

3. 1 抽象化

システムをより一般的な言葉で表現することによって、システム内にいくつものサブシステムを抽出する。システムが重なりのない複数のサブシステムとそれらの共通情報に分割できることが理想であり、そのためにシステムの記述を統一した言語にて行う。プラントエンジニアの言葉で統一しても計算機で統一してもよいが、これらを混在させた言語でシステムを記述するとサブシステムの分割は非常に複雑となる。

3. 2 インタフェースの極小化と一方向化

上記サブシステムの分割にはいく通りかの方法が考えられる場合があ

表 2. 計算機結合方式

	速 度	距 離	方 式	そ の 他
コモンメモリ	2.5 MB/s*1	20 m	命令によるアクセス	最大8台のシステムから共有可 (MAX 2 MB/バンク)
マルチアクセスディスク	806~1,207 KB/s	20 m	チャンネルスイッチ	最大8台のシステムから共有可
CLA-H	400 KB/s	20 m	全2重	プログラムチャンネル形出力有
MDWS-30 S	32 Mb/s	6 km*2	チャンネル多重	80 KB/s/チャンネル
CLA-R	10 KB/s	1 km	全2重	CLA-Hの遠距離用
MDWS-5	1 Mb/s	1 km*3	タイムスロット方式	プロセス入出力用、2重系サポート有
はん用通信回線	200~48 K/s	特に制限なし	半2重/全2重	ISO HDLC等

注 *1 1KB(キロバイト)のデータのファイル転送時

*2 光ファイバの場合のステーション間

*3 ステーション間

る。そのうちの最適のものをみつけるには各サブシステム間のインタフェースが小さいものを選ぶ。インタフェースとは、(1)タイミング、(2)データ種別、(3)データ量よりなる。タイミングはあるサブシステムが他のサブシステムに何らかのトリガを与えて仕事を行わしめるわけであり、トリガのひん(頻)度が少ないこと、トリガに対してサブシステムが応答する時間的余裕が長いこと、トリガをかけてもかけたサブシステムは、かけられたサブシステムの結果を待つ必要がないことが望ましい。データ種別とは共有するデータの概念であり、すなわち処理される方法やタイミングが異なるものである。したがって、種別は少なければ、処理がむやみに複雑にならない。データ量はたとえ1種のデータでもそれが多量にあれば、処理速度、転送速度の問題が起こるので望ましくない。そして、これらのデータは、あるサブシステムで処理されて次のサブシステムにわたせば、もはや元のサブシステムに帰ってこないことが望ましい。

3. 3 非同期形の構造化

このように MSSP の考え方は、分散システムをできるだけルーズに結合させ、同期をとらないため、他のサブシステムの存在に関係なく1つの機能のテストが行え、他のサブシステムの故障にも強く、保守しやすいというシステムを目ざしている。タイミング、データの一方向化により今までの処理の一部をサブシステム化し同期をとって結果を待つ方式に比べて、処理速度も向上する。このような制限は良いシステムを組む場合に必ず(須)のものであり、何でもできるツールを用意したからと言って良いシステムにならない。ちょうど何でもできるアセンブラ言語やフルセットの PL/I に対し制限された機能しかもたぬ PASCAL 言語などの評価が高いのと同じ考え方と言える。分散システムのようにそのシステムの動作が解析的には精密にとらえにくい場合に、この考え方がシステムの構成の基本となる。

4. ハードウェア技術

分散システムを構成するハードウェア技術としては次のものが用意されている。

4. 1 《MELCOM 350-50》工業用計算機

このシリーズには、多様化するアプリケーションに最適なコストパフォーマンスを提供できる4機種がある。これらはすべて統一された命令セッ

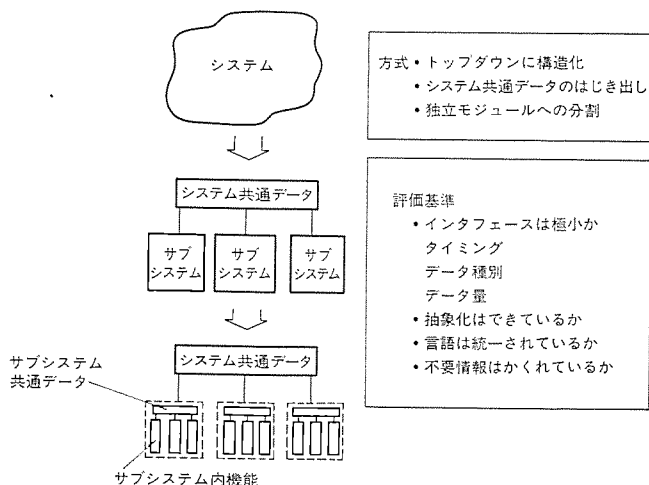


図 2. MSSP (Multi System Structured Philosophy) の考え方

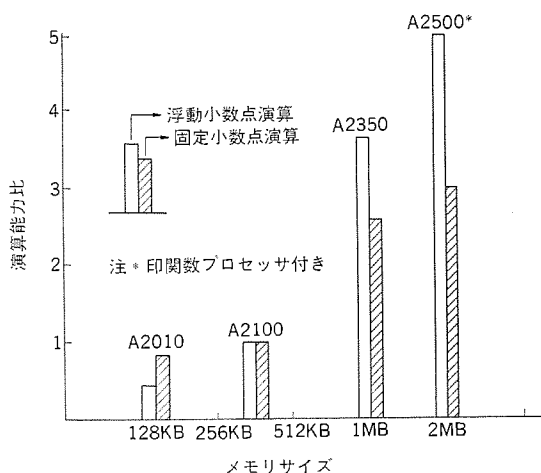


図 3. ベンチマークによる M-50 シリーズプロセッサの能力比 (A2100 を 1 とする)

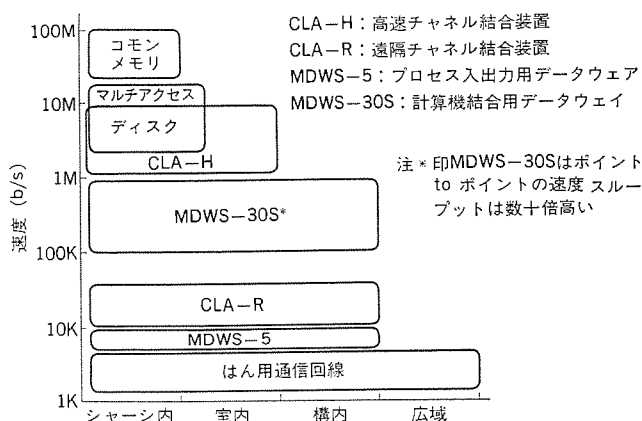


図 4. 計算機結合方式

ト、ファイルシステム、I/O レポートリーを持ち将来のシステムの変更、拡張にも便利である。図 3. に処理速度と主メモリサイズを示す。

4. 2 計算機結合装置

上記各処理装置を最適に結合するため、コスト、距離、速度に応じて、各種の結合装置が用意されている。図 4. に速度と距離によるこれら装置の位置づけを示す。

4. 2. 1 コモンメモリ

コモンメモリは、計算機間を非常に密に結合するため、システム間で容量(数百Kバイト)の高速な情報の授受に使用される。このコモンメモリには“ブロックムーブ”命令が用意され、1Kワードのデータの転送をわずか0.8msで行うため、従来の“ロード/ストア”命令を使う場合に比べて約5倍の高性能化がなされている。また、ソフトウェアの統一化を図るため、コモンメモリは主メモリと同じ論理空間内にとられ、アクセスに特殊な命令は必要としない。更に、高信頼化のために2バンクがつけられ、別々に電源を供給できるしくみになっている。

4. 2. 2 CLA-H/CLA-R

CLA(Computer Linkage Adaptor)にはH(高速用)とR(遠距離用)とがあり、いずれもチャネル結合の機能をもっている。従来の計算機結合装置における送受信間の競合の問題を全2重方式で解決している。CLA-Hには、連続した大容量データの伝送機能に加えて、プログラム出力による16ビットの情報を高速に他の計算機につたえる機能を有し、リアルタイムの信号/割込みの授受にすぐれている。

4. 2. 3 《MDWS-30 S》

《MDWS-30 S》(Mitsubishi Data Way System)は光ファイバと同軸ケーブルの混在をも許す高スループット(15/30 Mb/s(メガビット/秒))で、かつノイズに強い工業用データウェイ装置である。ループ形結合では各ノード間の通信は同一の速度で行え、マスタ計算機の故障は全計算機に自動的に知らされ、系の再構成を行うトリガとなるなど特に階層形の分散システムに適している。

4. 2. 4 《MDWS-5》

《MDWS-5》はプロセスI/Oをリモート化するためのデータウェイである。ソフトウェアからの入出力が直結の入出力と完全に同一の命令で行うことができ、またエラー報告が2台のマスタ計算機の両方に送られたり、あるいは切換えられたりするなど2重系システムに必要な機能を備えている。

4. 2. 5 はん用通信回線制御装置

はん用通信回線装置は同種の工業用計算機間の結合に使われるのみならず、その手順が国際的にも標準化されているため、異機種間を結合するのに用いられる。専用の結合装置と比べて応答性は多くを期待できないのが実情であり、比較的ゆるい結合に用いられている。これらの装置における手順は《MELCOM 350-50》システムにおいては独立チャネルとして、中央演算装置からの指示とデータのみを得てチャネルが処理をする方式となっているため、中央演算装置には負荷がかからぬ利点がある。

5. ソフトウェア技術

上述の各種処理装置と結合装置を有機的に組合せてシステムを効率的に運用するのが分散形ソフトウェアである。すなわち、分散された処理装置が高スループットや高応答性を提供するのに対し、情報の統一かつ集中管理、1台の処理装置での全処理装置の保守といったものを提供する。このため、分散形ソフトウェアには次のような機能が要求される。

(1) 統一的資源管理

各処理装置に存在するプログラム、入出力装置、プロセス入出力、ファイルなどの資源をその存在場所にかかわらず統一的に管理すること。

(2) 独立性

各処理装置のソフトウェアは論理的にも物理的にもできるだけ互いに独立し、他の処理装置及びその上のソフトウェアの故障の影響を受けぬこと。

(3) 拡張性

システム中の処理装置の追加、各資源の追加に対し十分な拡張性を有すること。

このためには、“論理分割”で述べたのと同様にソフトウェアが構造化されていることが望まれる。

5. 1 DNSS

DNSS(Distributed Network Software System)は、《MELCOM 350-50 シリーズ》の各処理装置と結合装置よりなる分散システムを“構造化”手法により統一管理する(図5.)。

(1) タスク/ファイル管理

タスクやファイルはサブシステム名とタスク/ファイル名の構造的な名称で管理され、サブシステムが存在する処理装置に依存せず起動、アクセスが可能である。

(2) プロセス入出力管理

プロセス入出力は従来ハードウェアの特性をそのままユーザープログラムに見

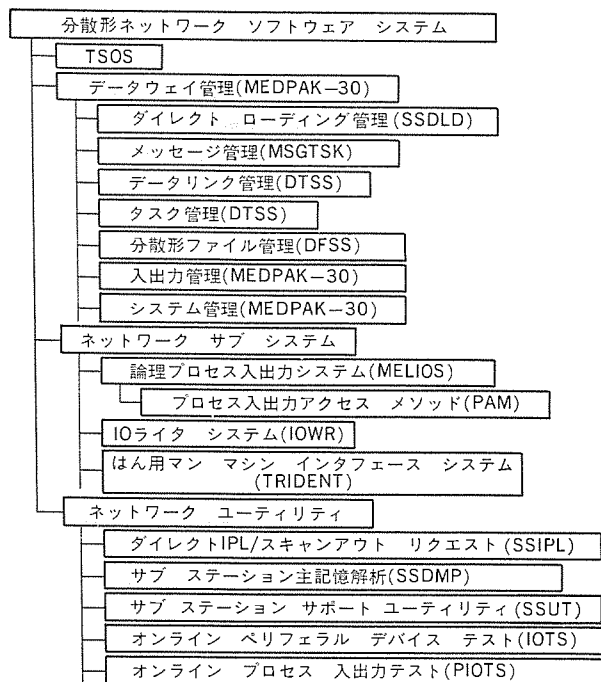


図 5. DNSS (Distributed Network Support Software) のソフトウェア構成

せる形であった。DNSS ではこれを統一的論理番号と高位言語の扱えるデータ表現形式で扱え、かつ工学値への変換を行うことにしたため、ユーザーのソフトウェアがハードウェアから独立し、拡張性、移行性の良いものとなる。

(3) イベント管理

各処理装置内で発生するタイマ割込み、異常割込み、プロセス割込みなどのイベントは2重系システムの運転やバックアップのために他の処理装置に自動的に送られ、システムの再構成に用いられる。

(4) 運用管理

組織的階層構成をとったシステムにおいて上位の計算機での下位の計算機のソフトウェアの作成、プログラムのローディング、また下位システムのエラー情報の読取りなどが可能となり、1台の上位管理用処理装置で数多くの下位のシステムの運用管理を行う。

6. 分散システム例

6.1 組織的かつ地域的分散システム

図6. に組織的な階層と地域的広がりの方の性格をもったシステムの例を示す。図中 SCC (Super Visory Control Computer) 計算機は図1. の協調制御層に属し、下位計算機のプログラム開発及び管理を行う。FEP (Front End Processor) は自動制御層に属し、DDC を上位からの指示値に基づいて行う。このシステムでは情報の授受は上位と下位の間であり、下位間の情報の直接交換はないが、信頼性及び経済性の面で図7. に示すような結合よりもすぐれているため、データウェイが採用されている。特に、この例では線路上部に非常に強い電気的ノイズが予想され、この部分を光ファイバで実現している。下位のシステムの故障はデータウェイによって上位各計算機に送られ各々の計算機内で必要処置がとられる。

6.2 機能的分散システム

図8. に示す機能的分散システムの例は3台の計算機が1つの共通メモリに結合されたシステムである。各計算機はイベントオリエンタな制御、周期的制御、マンマシンの3機能を分担し、すべてのタスクは他システム

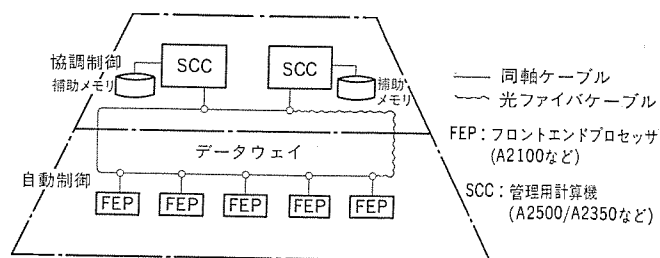


図 6. 組織的かつ地域的分散システム

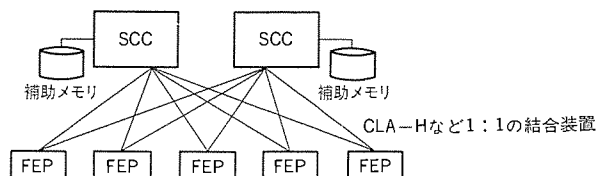


図 7. 直結方式による結合

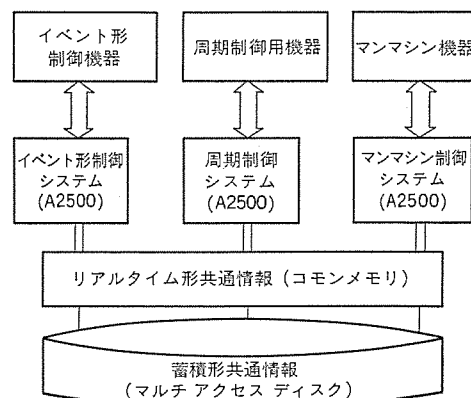


図 8. 機能的分散システム

ムに起動要求はするが、他システム上でのタスクの終了同軸をとったりはしない構成になっている。このシステムは、このような構成により、マンマシンシステムの負荷による制御性能の低下やプロセス入出力周期の変動はなく、また非常にルーズに結合されているため、各計算機独立で製作調整でき、設計製作が独立に行える。データは共通メモリ上にファイルとして作成され、データのインテグリティ(データの一部が変更されて他の部分に変更されずに矛盾をおこすということがないこと。この矛盾はデータを1ワードずつ Load Store でアクセスさせると生じやすい)を保ちやすい。

7. む す び

工業用計算機システムは、これから多様化する応用システムの要求により、様々な形態をとると思われる。《MELCOM 350-50》システムにおいては、進歩するハードウェアとソフトウェア技術を結集して、常に構造化の思想にもとづいてこれらのニーズに対応してゆきたいと考えている。

参考文献

- (1) 武藤ほか：《MELCOM 350-50》工業用計算機システムモデル A 2500, 三菱電機技報, 54, No. 2 (昭55)
- (2) 今道ほか：鉄鋼プラントにおける分散形制御システム, 三菱電機技報, 54, No. 2 (昭55)
- (3) Kato : A Distributed Industrial Computer System, MITSUBISHI ELECTRIC ADVANCE, 11, (1980-3)
- (4) Muto, T. : "SUPREMUS"-OPERATING SYSTEM FOR DISTRIBUTED PROCESS CONTROL COMPUTERS, REAL-TIME DATA HANDLING AND PROCESS CONTROL, North-Holland Publishing Company (1980).

火力・原子力発電における工業用計算機システムの動向

加藤 彰 朗*・近藤 章 比 兎*・山上 進 太 郎*・明 石 秀 人*

1. ま え が き

近年のマイクロプロセッサの進歩、半導体技術など関連技術の進歩による工業用計算機の高性能化、信頼性、経済性の向上により火力・原子力発電用工業用計算機の適用も高度化、多様化し新しい局面を迎えようとしている。

一方、現在の大発電所の運用を考えてみると、5～6名の運転員が約20mに近い盤に取付けられた約300の計器、約1,000の警報表示灯から与えられる情報よりプラント状態を(把)握し、必要な判断を行い、約600のスイッチを操作してプラントを制御している。運転員は高度な訓練を受けており、プラントの安全性維持のために十分な能力を有しているが、一層の安全性、か(稼)働率の向上、高効率運転を行うために工業用計算機を中心とした計装制御システムに期待されるところは大きい。

2. 火力・原子力発電所工業用計算機の将来

2.1 概 要

発電所はプラント—中央制御盤—運転員で構成される大規模なマンマシンシステムであるが、運転員の「監視」「判断」「操作」に対する基本機能の要求の程度を軽減し、より高度な運転管理に専念できるようにするためには、大別して次の4項目に対する改善を合理的に全体の調和をよく保ちつつ実施することが強く要請される。

- (1) 中央制御盤の改善 (マンマシンインタフェースの改善)
- (2) 異常診断, 異常時の運転に対するガイド, 運転管理の強化

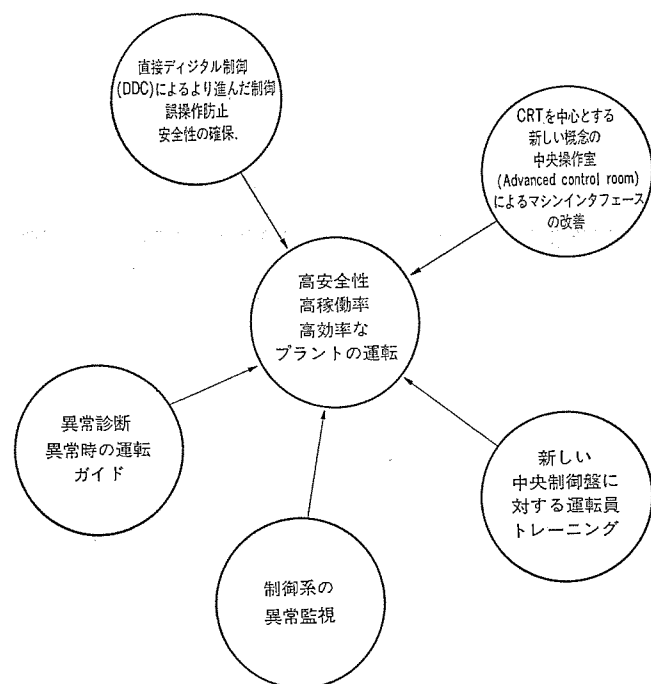


図 1. 発電所運転に対する工業用計算機の応用の概念

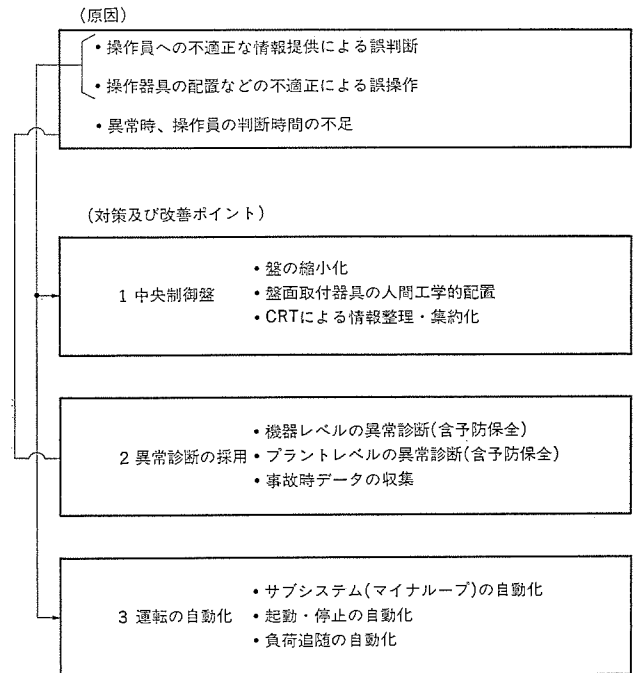


図 2. 人為的ミスに対する原因、対策、改善ポイント

(3) 運転の自動化

(4) 新しい概念の中央操作室に対する運転員トレーニング

図1.に発電所運転に対する工業用計算機の応用の概念図を、図2.に特に人為的ミスに対する改善の見地からみた工業用計算機システムの応用の主要ポイントを示す。

2.2 中央制御盤の改善

前述のように、運転員の監視範囲は広大なものとなっており、従来計器の再配置のみでは、ある運転モードで最適であるものが、他の運転モードでは最適とならないなどの問題点が解消できない。ここで運転員に提示する情報量、情報の表現形式を運転モードに合わせて最適化できる機器として、計算機に駆動させるCRT (Cathode Ray Tube) 表示装置の大幅な採用を中心とする新しい概念の中央操作室 (Advanced Control Room) がマンマシンインタフェースを飛躍的に改善せしめるものとして期待されている。

CRTの採用による利点には次のようなものがあげられる。

- (1) 計器の物理的な大きさに左右されない表示
- (2) プラント運転状況に応じた情報の選択的表示
- (3) 計測データと解析データの図形表示による関連性の明確化
- (4) 図形表示と文字表示の組合せによる分かりやすい表示
- (5) 多数色による情報種別緊急度の明確化
- (6) 多数台CRTでの機能分割と相互バックアップ

発電所での監視の中心的な機器としてCRTを定着させるために、次のような高性能化を技術的課題として取り組んでいる。

- (1) 一層の高応答性、絶対値のみでなく計測値の動きが円滑に見

える程度の速度が必要になる。

(2) 円表示、スペクトラム表示、ぬりつぶしによるパターン表示などの文字表示、スカラー表示から発展したグラフィック性の充実。

(3) 分かりやすい表示のための漢字、カナ表示の全面的採用。

(4) エンジニアが容易に作画、修正できるためのツールの開発。

2.3 異常診断、異常時の運転ガイド

運転時の負担を軽減して運転操作に関係する人為的ミスが発生する余地を低減し、同時にトラブル発生の原因となる可能性のある事象を事前に発見して早期に対応することにより、トラブル発生を減少させていくための異常診断技術の開発が要求されている。この技術によりトラブル、事故を未然に防止したり、異常な状態が発生したときに運転員が容易に状況を認識でき、かつ適切な対応がとれるようにして異常状態の拡大を防止することが期待される。

この技術の実用化のため、次のような技術課題について開発を進めている。

(1) 異常診断の手法の開発

(2) 運転手順、プラントの特性を分析することによる異常診断ロジックの開発

(3) 異状発見時の運転員への情報の提供方式

(4) 異常診断ロジックをエンジニアベースで作成／修正できるサポートソフトウェアの開発

2.4 運転の自動化

近年のマイクロプロセッサ技術の発展と計装制御ロジック図そのままをエンジニアが容易にプログラミングできる問題向け言語ソフトウェアの発展により、1ループコントローラを最小単位とする多様な直接デジタル制御(DDC)によるデジタル計装が従来のリレーロジック、アナログ計装に置き換えられようとしている。

デジタル計装技術は信頼性及び経済性でも従来計装に対抗できる方向にあり、更にロジックの柔軟性、従来制御では不可能な制御(Advanced Control)を可能にすること、監視システム—ユニット統括制御—サブループ制御の階層構造によるトータルシステム構成が容易なことなどの特長を有しており、発電所制御システムで今後一層広範囲に採用されていくことが期待される。

デジタル計装が従来形計装に比べて大幅な利点を持つためには次のような技術課題があり、現状技術の発展で解決できる。

(1) オフライン的に計装制御ロジック図として、エンジニアにわかりやすい形でCRTに内部ロジックを表示でき、またオンライン的にも動作状況を計装制御ロジック図上で監視できること。……ソフトウェアの可視性(Visibility)

(2) 従来計装に比べ経済性を損なわず、冗長化などにより誤動作が制御動作に悪影響を及ぼさない設計(Fault tolerance design)を実現できること。

2.5 運転トレーニング(シミュレータ)

上述のように、発電所の計装制御システムは、中央盤のCRT化による改善、異常診断システム、及びDDCによるより進んだ制御など工業用計算機システムを中心に大きく変わって行こうとしている。

これらの変化に対応して、発電所の高安全性、高稼働率、高効率運転を確保、維持するための運転員のトレーニングもまた重要な課題であり、運転員シミュレータもプラントの変化に合わせて改善されつつある。

2.6 火力・原子力発電所工業用計算機システムの全体構成

前項までに述べたように、将来工業用計算機システムは多用途の

ために使用され、また異常解析、CRT表示処理などに膨大な処理量、処理能力が要求されると考えられる。このような要求に対し、巨大な中央処理装置の機能集中ではなく、標準的な工業用計算機による機能別分散処理をとることが有効である。全体構成は本誌掲掲論文“分散処理システムにおけるCRTマンマシンインタフェース”(P.32)に示す概念図のように、CRTコントローラグループ、プラントマネジメントグループ(プラントの監視、診断、管理など)、プロセス入出力グループ、DDCグループなどの多種多様な計算機を有機的に結合し、トータルシステムを構成することになる。機能別分散処理システムの特長を次にあげる。

(1) 機能別分散処理システムを信頼性面から考えると、単一故障は特定の機能喪失に限定でき、重要システムについて冗長化設計することができる。

(2) 機能別分散処理システムでは、膨大な処理量、処理能力を実現させるために、巨大な中央処理装置を必要とせず、標準的な工業用計算機を組合せてシステムを実現できる。

(3) 1台の中央処理装置で多数の機能を高速に実行させる集中形システムの場合、複雑なオペレーティングシステムの下で各プログラムが複雑な動き方をするため、プログラムの難しさ、ソフトウェアの分りにくさが生ずるが、機能別分散システムでは、ソフトウェアは単純になり複数計算機の負荷分担による並行処理により強力な処理能力を発揮できる。

(4) 高応答性を要求されるCRTにおいては、現在でも処理負荷が相当に上がっており、更に処理時間の増大が予想される視認性を高めるための漢字、図形表示を行うことに対して専用のCRTコントローラ計算機を設置することにより、高応答性を確保することができる。

(5) 拡張、増強の要求が生じた場合、集中形システムでは直ちに応答性の低下に結びつき、複雑なソフトウェアに対する改修の手間も大きくなるが、分散形処理システムでは結合する計算機の増加などで性能低下を伴わず比較的簡潔に問題に対処することが可能である。

機能別分散処理システムでは計算機間のデータリンクが大きなキーポイントである。

計算機間で授受されるデータにはプロセスデータ、制御用データ、システム保守修正用データの3種類に大別できると考えられるが、これらデータを結合するための有効な方式をハードウェア面、ソフトウェア面から開発し、システムとして確立しつつある。

以降の章に、前述の工業用計算機の動向をふまえて設計、製作されている火力・原子力発電所向け計算機システム及び火力シミュレータの実例を紹介する。

3. 火力・原子力発電所向け工業用計算機システムの現状

3.1 火力発電所向け計算機システム

最近の火力発電所向け計算機システムの1例を紹介する。このシステム構成を図3.に示す。

このシステムは前章までの中央制御盤の改善、異常時の運転員の支援及び自動化などに対し十分検討され、以下のような特長的な機能を有している。

(1) CRT表示装置、音声告知装置などを導入し、マンマシンコミュニケーションを充実、改善している。

(a) 自動化盤上にプラント総括監視パネルと並べて、CRT2台、オペレータコンソールパネル、CRTコンソールパネル、自動化コンソールパネルが設置され、運転状態はほぼこの自動化盤のみで監視できるようになっている。

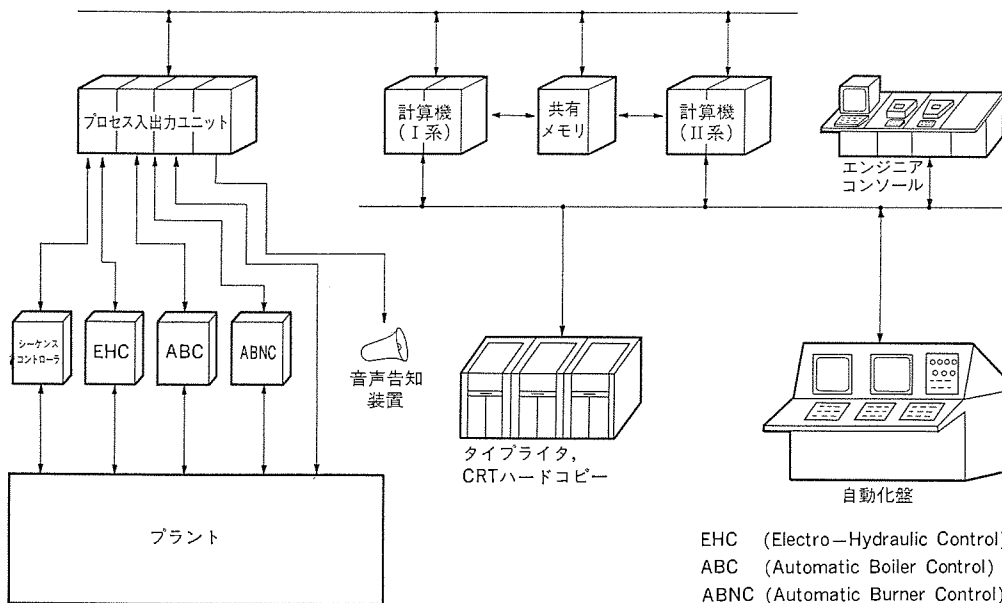


図 3. 火力発電所向け計算機構成図

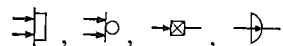
(b) 計算機より制御指令を出すとき、その一定時間前に音声告知装置及びそれに接続した ページング 装置を通じてその旨放送する。

(例 「1号, A 復水 ポンプ 起動します。」)

(c) 放送と同時に CRT 画面にも メッセージ が表示され、制御指令により操作端の操作完了でメッセージ が消去する。特にシーケンスに対する制御の場合、シーケンス 内での進行状況も合わせて表示している。

(d) CRT 画面にはできる限り漢字 を使用して表示している。特にプラント 警報 メッセージ、自動化関係 メッセージ は漢字、カナ、アルファベット、数字を適当に組合わせ、遠く、容易に、正確に認識できるようにしている。

(2) 計算機の制御 ロジックを



などの記号 を使用して補強操作 ロック図と同様の形式で CRT に表示することができる。画面上には各入力点の状態も表示されており、シーケンスが渋滞している場合、何が原因であるのか表示画面により容易に発見できる。また、その渋滞を無視し強制的にシーケンスを進行させることができる項目にはそれを示す記号も合わせて表示されているので、運転員の判断により進行を許可することも可能である。

(3) このプラントには ABC, ABNC, EHC, ロジックシーケンスのほか、デジタル方式のシーケンスコントローラが採用され、大幅にプラントの運転が自動化されており、計算機がその統括制御を行っている。自動化の範囲はプラント 起動及び停止時の操作、通常運

転中の補機操作及びタービン熱応力制御であり、起動・停止時は計算機のスケジュール計算結果に基づき制御される。

3. 2 原子力発電所向け計算機システム

米国 TMI (スリーマイルアイランド) 事故を契機として、三菱グループでも種々の改善検討を行っており、特に前章で述べた中央制御盤の改善を大きな課題として取り組んでいる。ここではその成果の一部を反映した計算機システムの 1 例を紹介する。

(1) 計算機 システム 構成

図 4. に現在製作中の原子力発電所向け計算機システムのシステム構成図を示す。このシステム構成の特長は次のとおりである。

(a) コンピュータが担当する マシンシステム の稼働率を向上させるため、MTTR が比較的大きい CPU 部の二重化を採用した。

(b) 実証された既存システムへの影響を最小にしつつ、新機能の追加、電力各社との共同研究結果の反映を効率的に行うために、目的別 CPU による分散処理構成をとれるようにした。

(c) プロセス入出力を物理的には共用しつつ、目的に応じた処理、スキャンスピードを実現するため、目的別 CPU 間で共通にアクセスできる シリアルプロセス I/O バスを採用した。

(2) このシステムは、中央制御盤の改善という課題の中で、運転員がプラント状態を総合的に把握するのを支援するという役割を担っており、このために原子炉盤及びタービン発電機盤にそれぞれ CRT を設置している。

処理機能としては、データ処理、計算機処理機能などの従来から

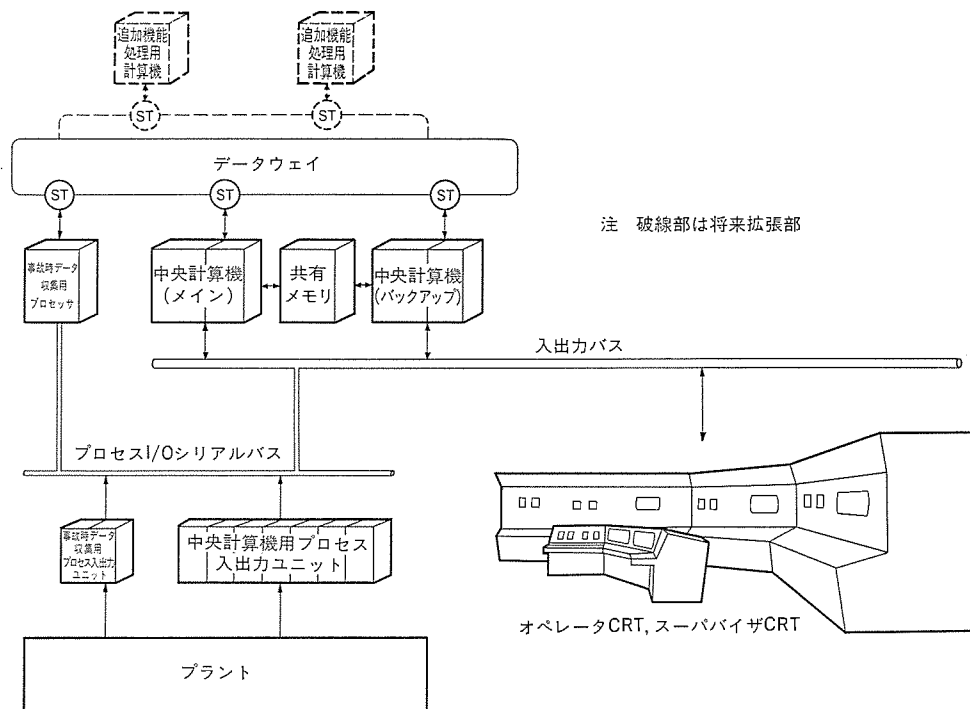


図 4. 原子力発電所向け計算機システム構成図

の機能に加え、CRT 表示による次のような特長的な機能を有している。

(a) 従来形計器では困難な複合情報を運転操作の必要に合わせ表示する。以下に代表例を述べる。

(i) 系統表示：系統の補機状態、温度、圧力などの主要パラメータを合わせ表示し、起動・停止時の確認、通常運転時の確認を行う。また、基準運転状態との比較を計算機により行い異常状態の把握を容易にする。

(ii) 警報表示：プラント全体の警報状態を集合警報表示で示す。

警報メッセージ表示で警報の時系列表示を行う。また、警報に優先度を付け、多量の警報発生時に重要度に応じ選択的に表示する。

(iii) データ収集表示：互いに関連するパラメータ棒グラフ、トレンドグラフなどにより一括表示する。また、多重測定系の各チャネルを一括表示し偏差監視を行う。

(iv) 自動表示：プラントの状態が発生したとき、運転員が最初に確認すべき情報を自動的に表示する。

(b) 多量の情報より運転員が判断を必要とする場合の負担を軽減するためにガイダンス表示を行う。以下に代表例を述べる。

(i) CAOC (Constant Axial Offset Control) 監視表示：CAOC 運転の制限値、AI の過去の軌跡及び現在値を表示する。

(ii) アキシャルオフセット予測表示：予想負荷パターンに対しアキシャルオフセットの予測を表示する。

(iii) ガス減衰タンク放出監視：減衰時間、風向、風速などの放出条件を表示する。

(iv) ラブコール監視：1次冷却材の温度、圧力を飽和曲線とともに表示する。

(c) 事故発生前後のプラントパラメータの動きを高分解能でデータ収集・記憶し、トレンドグラフなどの分かりやすい形式で表示し事故解析を容易にする。

(d) 炉管理用データなどとトレンドグラフ、マップなど分かりやすい形で表示しプラント管理用情報を与える。

・ 炉内サーモカップルマップ表示：炉内温度をマップの形で表示し、炉内温度分布の監視に役立てる。

3.3 火力シミュレータシステム

火力シミュレータシステムでは従来よりシミュレータに要求される次の3つの大きな機能を2台の計算機で機能別に負荷分散処理を行ってきた。

(1) 想定されるいかなる事故、操作に対しても論理性を失わないプラント特性の模擬。

(2) 訓練生の操作に対して、不自然感を持たせない操作盤の計器、表示灯などの応答性。

(3) 運転監視用プラント計算機機能及び指導員用シミュレータ運用機能。

しかしながら、最近のプラントにおいては、前章で述べたように、CRT によるマンマシンインタフェースの導入、計算機による大幅な自動化

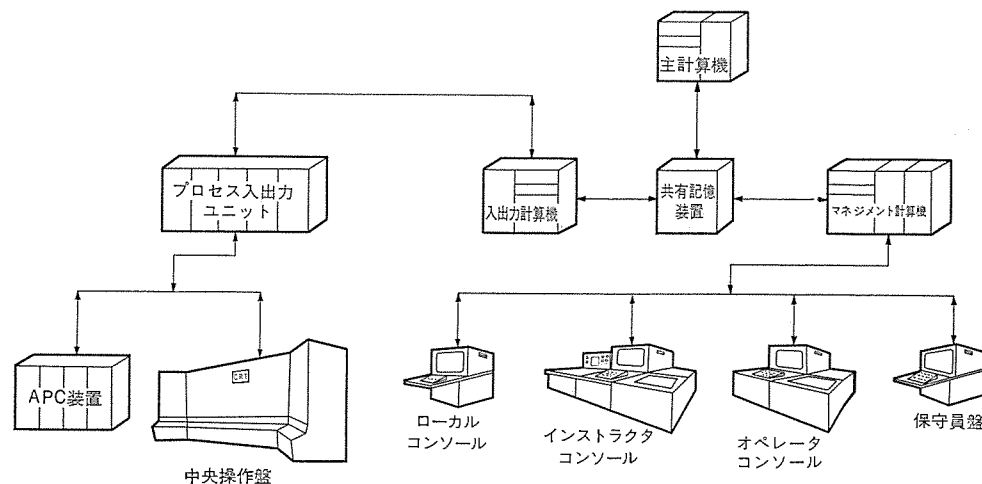


図 5. 火力シミュレータシステム 構成図(例)

などが行われ、シミュレータシステムにおいて(3)の処理量が増大している。それに伴い、最近のシミュレータシステムでは負荷分担の見直しを行い、上記3つの機能の処理を3台の計算機によって行っている。

次に火力シミュレータの1例を示す。

図 5. に最近の火力シミュレータシステムのシステム構成図を示すこのシステムの特長は以下のとおりである。

(1) 3台の《MELCOM 350-50/A 2300》計算機による機能別負荷分散処理

主計算機では主にプラント特性の処理を、入出力計算機では主に入出力処理及びリレーシーケンス応答などの処理を、管理計算機では主にプラント計算機機能及び指導員機能の処理を行っている。

(2) 共有記憶機構による計算機間データリンク方式

プラント状態量のほぼ全量が3台の計算機間で授受される。また、そのデータの同時性の確保、更にはデータリンクに対する計算機負荷の削減などにより、このシステムでは共有記憶を利用し、計算機間のデータリンクを行っている。

(3) CRT を利用した会話方式の導入

オペレータコンソール、インストラクタコンソール、ローカルコンソール、保守員盤などに全面的にCRT 会話方式を導入し、マンマシンシステムの改善を図っている。

(4) 運転ガイド機能の導入

中央操作盤 CRT を利用し、プラントの起動/停止操作に対して操作ガイドを行い、標準的な起動/停止操作の訓練の自動化を図っている。

4. む す び

以上、火力・原子力発電における工業用計算機システムの動向について述べた。将来の工業用計算機に要求される処理量、処理能力は今後も増大し続ける方向にあり、またその応用も異常診断・処理、DDC、マンマシンインタフェースの改善など多用途化している。これらの要求に対しては機能分散形計算機システムを中心とした実現の方法が有力である。

当社においても、本文で述べたように、火力発電における大幅な自動化、原子力発電における中央制御室の改善などの技術的課題に対し、関連各社の協力を得ながら積極的に取り組んでいる。

電力系統分野における分散処理システム

浅野 勝弘*・宮西洋太郎*・得能 泰*・中井 幸夫**・上口 雅典**

1. ま え が き

近年の増大する電力需要に対応して、発電設備の増強に加え送電、変電、配電などの電力系統設備の強化が図られる一方、燃料調達、環境保全などの制約も多く、電力供給の密な調整、効率的な系統運用など設備、運用面における高度化が進められている。

従来より、電力系統の信頼性、安定性、経済性などを高めるため、系統運用業務における計算機の利用は広く普及してきているが、上記の要求に対応し最新の計算機ハードウェア、ソフトウェア及びシステム技術を用いることにより、系統制御用計算機システムは一層高度化する方向にある⁽¹⁾⁽²⁾。

更に、これらの計算機システム技術は電力系統の実運用面のみならず系統計画、運転員訓練、設備管理などの分野にも利用され始め、用途の多様化が見られる。

このような動向と共に電力設備の地域的分散、電力系統の階層構成、処理能力の向上などに応じた分散処理方式は重要な検討課題と考えられる。

以下、系統制御用計算機システムを分散処理の観点から捕え、分散化の必要性、内容、対応技術、最近の実施例を述べ、将来の方向について触れる。

2. 系統制御用計算機システムの特長

一般に工業用計算機システムの特長として信頼性、応答性、操作性、拡張性、保守性が高いことを必要とするが、電力系統分野においては現代社会の活動源の供給という特徴により、特に以下の点が要求される。

(1) 信頼性

電力の安定供給を維持するため、設備の運転にかかわる計算機システムは特に高い信頼性、稼働性を有していること。

(2) 応答性

刻々変動する系統の状態を監視・制御するため、また事故時など運用者に適確な情報を即時に提供するため、高速の応答性能をもっていること。

(3) 拡張性

電力系統は日々、設備の増設・変更・撤去が行われる。これに対して計算機システムも容易に対応できること。

これらの要請及びシステム機能の高度化に対応するため、処理装置、入出力装置などのハードウェア及びソフトウェアの性能向上が図られるとともに、システムの分散化が有力な方法として用いられる傾向にある。

3. 系統制御用計算機システムにおける分散処理

3.1 分散処理の形態と内容

電力系統における分散の形態は以下のように集約される。

(1) 系統構成に伴う階層的分散

電力系統が電圧階級により、500 kV 設備から 100 V 設備まで階層

的に構成されているのに対応して、系統運用部署は中央給電指令所から配電用制御所まで階層化されており、それぞれの部署における運用自動化のために計算機システムが導入されている。これらのシステムは相互に系統情報、指令制御情報の授受を行って効率的に系統を運用している。

(2) 地域的分散

電力系統を構成する各種設備は地域的に分散しており、その規模は構内の数 km から、数県にわたる数百 km から千 km にまで及ぶ。これら系統設備の情報収集や制御を効率よく行うため、計算機システムが広域に分散配置されている。(1)項とあわせ、系統制御用計算機システムは電力系統を効率よく運用制御するために階層的かつ地域的な分散処理システムを構成している。

(3) 性能向上のための分散

系統制御システムに要求される機能の高度化、応答性能の向上に対応するためにシステムを下記のような複数処理装置から構成して、機能分散、負荷分散を図っている。

(a) 複数 CPU による負荷分散

(b) FEP (Front End Procession) による機能分散

他の計算機システムとの系統情報の授受、CDT (Cyclic Digital Telemeter) 情報の授受、RTW (Remote Typewriter) など遠隔端末装置との入出力データ授受などの機能を行う。

(c) プロセス入出力による機能分散

プロセス入力側で状態変化検出を行う。

(d) インテリジェント端末による機能分散

操作卓、系統監視盤などをインテリジェント化することにより、データ編集・加工・表示処理を端末側で行う。

(4) 信頼性向上のための分散

性能向上のために行う分散構成に加え、システムの信頼性と稼働性を向上させるため CPU 2 重化などハードウェアの多重化構成をとる。これにより一部の機器の故障時にも、機能支障なくシステムの連続運転を行うことができる。

3.2 分散処理のための必要技術

以上の各種分散処理の実現には、近接及び遠隔に設置されたシステム間の情報授受の技術が重要であり、ハードウェア、ソフトウェアについて下記の技術を必要とする。

(1) 近接計算機間結合：大量データの高速転送ができること。また、系統切換時、業務の連続性が保てること。

(2) 遠隔計算機間結合：数 km～数百 km の転送距離と情報量に応じた伝送ができること。

4. 分散処理システムの構成技術

《MELCOM 350-50》において、系統制御用計算機システムに適用できる分散処理技術について要約する。

4.1 近接計算機間結合技術

(1) コモンメモリ

複数の CPU (最大 8 台) から個別の主メモリと同じ方法でアクセスすることができるメモリであり、高速に CPU 間の情報転送を行うことができる。

(2) クロスコールドиск

複数の CPU (最大 4 台) からアクセス可能なディスクであり、固定ヘッドディスク、固定ディスク、ディスクパックなどがある。CPU 間の情報転送に用いられるが、コモンメモリに比べ転送回数が少ないが大量の情報転送を行う場合に用いられる。

(3) 計算機間結合装置 CLA (Computer Linkage Adaptor)

高速データリンク装置であり、400 KB/s (キロバイト/秒) の情報転送が可能である。

(4) DPA (Dual Processor Adaptor)

系列間で制御情報などの比較的少量のデータを授受するための装置である。

4.2 遠隔計算機間結合技術

(1) 通信回線制御装置

最高 48 Kb/s (キロビット/秒) までの JIS 基本、JIS 拡張、HDLC (High Level Data Link Control) などの各種の伝送制御手順処理用 FEP であり、遠距離にある計算機システム間の結合や遠隔端末の制御に用いられる。

(2) CDT インタフェース装置

CDT 情報入出力処理用 FEP であり、情報の入出力及び状態変化検知などの前処理を行い計算機に転送することにより、計算機の負荷を軽減できる。

(3) データウェイ装置《MDWS》

ループ状の情報伝送装置であり、数 km から数十 km の比較的長い距離に用いることができる。ループ上の伝送速度は 32 Mb/s まで可能である。現在電力系統の分野ではまだ用いられていないが、将来は CPU 間情報伝送や構内機器の監視、計測、制御などに適用されることが考えられる。

4.3 マンマシン装置との結合技術

(1) プロセス入出力装置

オペコン (オペレーターズコンソール) の押ボタン入力とランプ表示用に多く用いられる。このため、プロセス入力側に状態変化検出機能を持たせ、計算機の定常負荷軽減を図っている。

(2) コンソールプロセッサ装置

プロセス入出力のインテリジェント化を更に進めて系統監視盤やオペコンに専用のプロセッサ (コンソールプロセッサ) を持たせ、計算機との間を 1 本のケーブルで接続し、ランプ点灯、消灯、フリッカ、押ボタン入力などの処理を行わせるものである。これにより、ケーブルの軽減、リレー回路の簡易化が可能となる。

4.4 情報伝送用ソフトウェア技術

(1) TAM (Tele Communication Access Method)

伝送制御手順を管理するソフ

トウェアである。

(2) CCS (Communication Control System)

TAM を応用プログラムから使いやすくするために、両者のインタフェースを容易にするソフトウェアである。

(3) DCMS (Data Communication Management System)

計算機ネットワークを管理するソフトウェアである。

(4) 系間コミュニケーションパッケージ

CPU 間の情報転送に使用するソフトウェアである。

5. 分散処理システムの実施例

5.1 系統給電所自動化システム

概略システム構成を図 1. に示す。このシステムは中央給電指令所及び地方給電所自動化システムと結合されており、CDT 情報処理用 FEP、メッセージ伝送情報処理用 FEP 及び計算機から成る機能分散システムを構成している。

FEP と計算機の間は DMA (Direct Memory Access) によって結合されており、メッセージ伝送用ソフトウェアは前述の TAM と CCS を用いている。

5.2 地方制御所自動化システム

概略システム構成を図 2. に示す。このシステムは 2 重化 CPU、TC (Tele Control) 用 FEP、遠隔タイプライタ用 FEP 及び試験用プロセッサにより構成されている。2 重系の系列間情報転送には DPA、クロスコールドиск、データリンクが用いられており、これらを動作させるためのソフトウェアとして系間コミュニケーションパッケージ及び遠隔タイプライタ用 TAM を使用している。

5.3 店所給電所自動化システム

概略構成を図 3. に示す。このシステムは 2 系列の CPU、CDT 情報の状態検出処理を行う CDT 用 FEP 及び HDLC 伝送制御手順を実施する HDLC 用 FEP により分散構成され、各系列間はコモンメモリ、CLA 及びクロスコールドискにより結合されている。システムの運転形態としては、常時は負荷分散で片系列は系統監視と記録統計、他系列は操作指令と運用計算を実行し、片系列が作業又は異常時には他系列ですべての業務を実行することにより常時の応答性向上と異常時の信頼性向上を図っている。

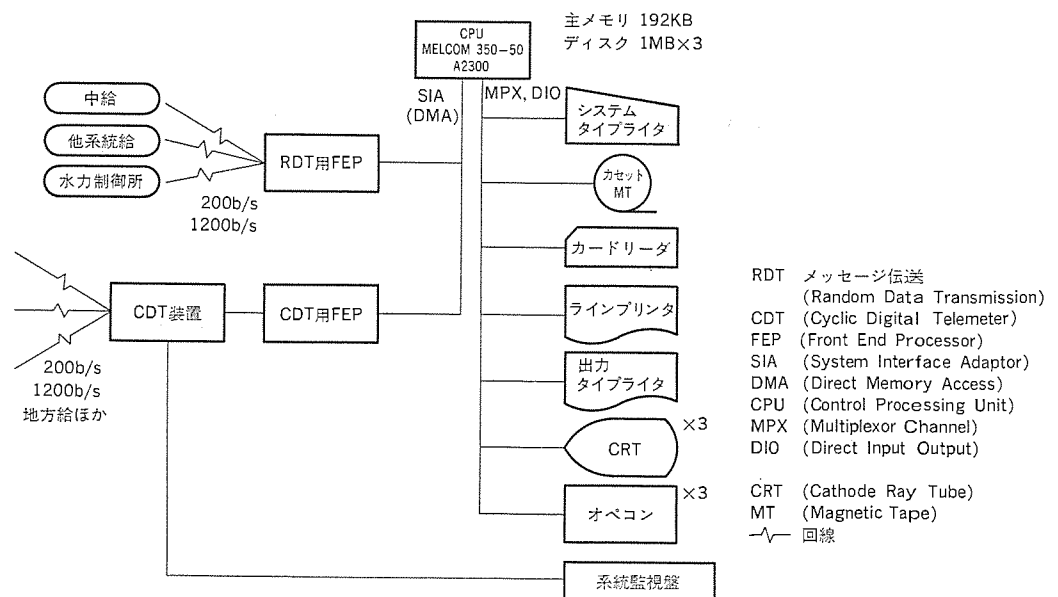


図 1. 系統給電所自動化システム構成図

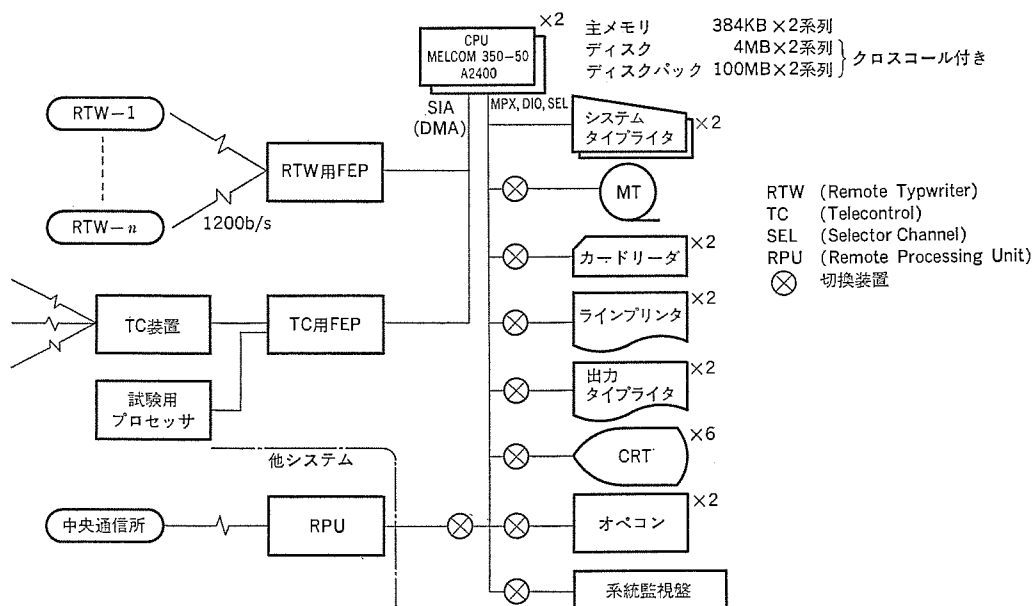


図 2. 地方制御所自動化システム構成図

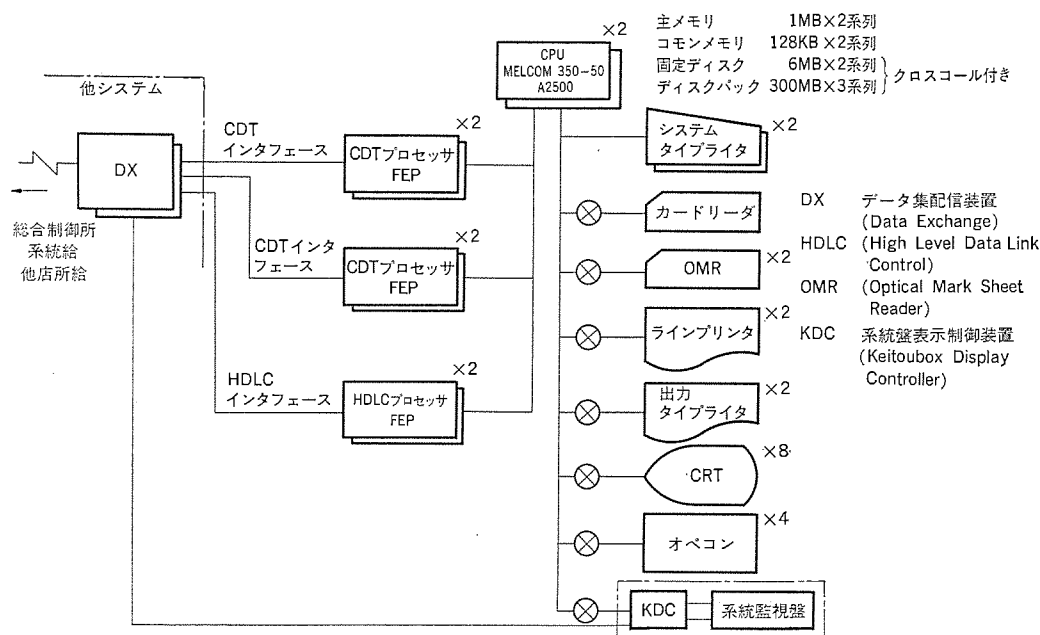


図 3. 店所給電所自動化システム構成図

6. 将来の方向

系統制御用計算機システムは、今後システム間の連携強化と運用機能の統一化及び個々のシステムの機能の高度化と性能向上が要求され、個別ハードウェア及びソフトウェアの機能強化、性能改善とともに分散処理化が一層進むものと考えられる。以下に関連する技術課題とその将来方向を述べる。

(1) 情報伝送性能の向上

システム全体として連携強化と運用機能の統一化が追求されるにつれ、システム間の情報転送量が増加し、遠隔伝送性能の向上が要求される。

このような要求に対しては電気雑音に強く大量情報の高速伝送が可能な光伝送が有望である。

(2) データベースメンテナンス性能の向上

分散処理システムが推進されるにつれ、各システムに分散するデータベースを設備の増設変更に対してどのようにメンテナンスして行くかは重要な課題である。

(3) 大容量化

機能の高度化と分散処理化に伴い、大量データの大容量記憶と処理空間の大容量化が必要となる。

(4) システム構成の柔軟化

信頼性向上と機能・負荷分散の高度化に対応してシステム構成の柔軟性が要求される。

(5) マンマシン性能の改善

マンマシン性能の改善には個々のマンマシン装置の機能と性能の向上、CPUとマンマシン装置間のインタフェースの機能と性能の向上及びCPUのマンマシン処理ソフトウェアの機能と性能の向上が必要である。

7. むすび

以上、系統制御用計算機システムを分散処理の観点から考察し、最新技術とその適用例及び今後の技術課題について述べた。

今後とも、各電力会社の御

指導、御支援を得ながら1つ1つ技術課題を解決して時代の要求に合ったシステム作りを進めていきたいと考えている。

参考文献

- (1) 森, 山田: これからの電力系統制御, 三菱電機技報, 53, No. 10 (昭54)
- (2) 中川ほか: 最近の大規模集中制御システム, 三菱電機技報, 53, No. 10 (昭54)

1. ま え が き

鉄鋼プラントでは他の分野にさきがけて分散形システムの導入がなされてきた。これはプラントの地理的な広がり、機能的な規模、情報量の多さなどに起因する技術的な要求による結果であった。更にこの導入の過程においては保守や運用面から次のような要求が追加された。

- (1) ハードウェア、ソフトウェアを集中保守する。
- (2) 増設拡張を容易にするため、サブシステムの独立性を保つ。
- (3) 信頼性を向上するために1:Nの冗長系を構成する。
- (4) 制御精度を向上するために一層複雑な計算を行う。

このような要求を満足するために構成されたシステムは単なる分散形システムというよりは、サテライトプロセッサ、ハイアラキシステム、マルチプロセッサ、分散システムなどの技術を駆使した複合システムとなっている。

この論文ではまず鉄鋼分野における分散形システムを概説し、マルチプロセッサとしての位置付けをする。次にマルチプロセッサとしてとらえたSCC(Supervisory Control Computer)レベルのシステム設計上の問題を取りあげ、ホットストリップミル制御の実例に即して検討し、「縦割方式」が設計、保守、拡張などの点からみて好ましいことを述べる。

2. 鉄鋼における分散形システム

2.1 分散の目的

分散形システムは大別すると「負荷分散形」と「機能分散形」に分かれる。鉄鋼分野での応用例をみると、負荷分散は主としてSCCレベルで行われている。プロセッサの能力が飛躍的に向上しているにもかかわらず、制御情報量の増大と制御モデルの複雑化により、このレベルでの負荷分散の要求は強い。例えば、従来のモデルは回帰分析によって得た経験式を主体としていたが、式の適応範囲が狭いために操業条件が変化すると良い結果が得られないという欠点があった。これを補うためには理論モデルが今後更に導入され、プロセッサの性能向上がなお一層要求されよう。

機能分散はSCCとFEP(Front end Processor)及びPC(Programmable Controller)の間で行われる。FEPはプロセス入出力の処理を主体とし、PCはシーケンス制御や自動位置制御が主体となる。この分散の目的は特定機能専用のプロセッサに得意な機能を割りあてることにより価格性能比をひきあげようとする(機能分散)と同時に、地域的にFEPとPCを分散させ工事費を削減しようとするものである。

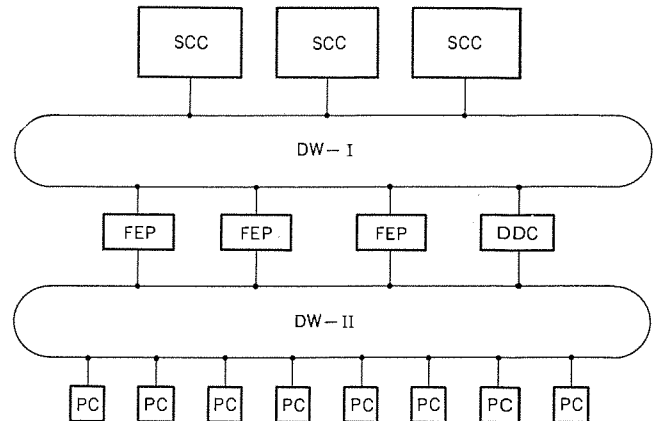
2.2 分散形システムの構成方法

分散形システム全体の思想及び適用機種については既に紹介⁽¹⁾しているので、ここでは実際に適用されている構成を図1.に示すにとどめる。

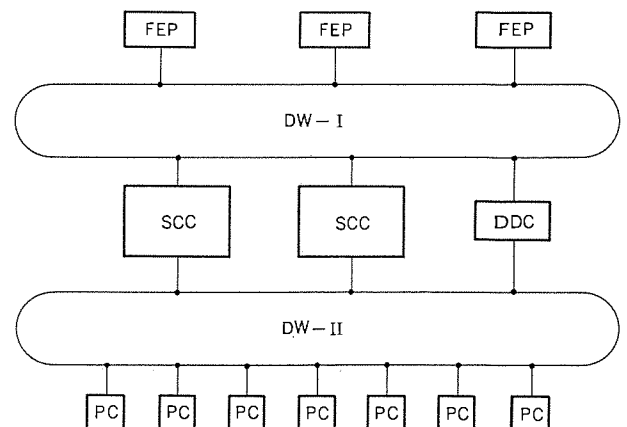
SCCとしては《MELCOM 350-50シリーズ》のうちA2500又はA2350プロセッサを適用している。図2.にその詳細を示すが、CPU間のリンクとしてコモンメモリ、CPU間通信チャンネル(CLA-H)及びデータ

ウェイが用いられている。

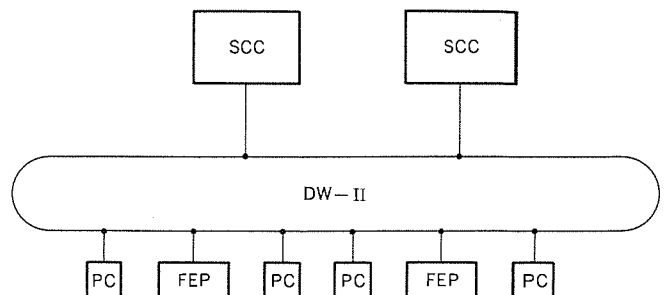
CPU間リンクを通して次のような制御が行われる。



(a) 分散方式I



(b) 分散方式II



(c) 分散方式III

- SCC : スーパーバイザコンピュータ (A2500 又は A2350 プロセッサ)
 DDC : ダイレクトディジタルコントロールコンピュータ
 (A2350 又は A2100 プロセッサ)
 FEP : フロントエンドプロセッサ (A2100 又は A2010 プロセッサ)
 PC : プログラマブルコントローラ (MELPLAC 550)
 DW-I : 情報処理データウェイ (MDWS-30 又は MDWS-30 S)
 DW-II : 制御用データウェイ (MDWS-500)

図1. 鉄鋼における分散形システム

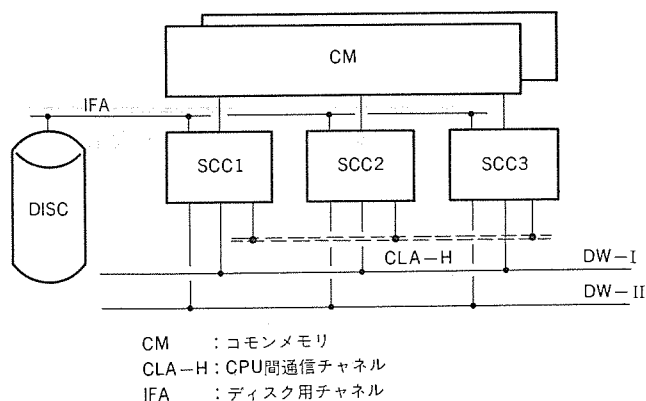


図 2. 負荷分散システム

- (1) 相手系タスクの起動
- (2) タスク間の同期制御
- (3) 他系のファイルアクセス
- (4) 共有リソースの管理

コモンメモリを有するシステムはしばしばマルチプロセッサと呼ばれることがあるが、システムの特性を明らかにするために分散形システムとマルチプロセッサの位置づけをしてみよう。

2.3 分散形システムとマルチプロセッサ

分散形システムの分類はいくつかの文献⁽²⁾で行われているが、これを更に整理し、《MELCOM 350-50》の分散処理方式を位置づけると表 1. のようになる。

複数台のプロセッサを使用するシステムを広義のマルチプロセッサシステムと称する。更にアーキテクチャによって内容を区分すると、表 1. の A ~ G の呼称にわけることができる。《MELCOM 350-50》の分散形システムはタイプ 3 のアーキテクチャに属しており、SCC と FEP の組合せは機能分散システムとして、SCC 間の組合せは負荷分散システムとして位置づけられる。

狭義のマルチプロセッサとはサブタスクレベルで機能を分散し、シングルコピーのオペレーティングシステム(OS)によって管理されているシステムを指し、ユーザーから見るとハードウェアの構成は OS によって隠されていて、単一プロセッサのように見えるものを指す。マルチプロセッサはプロセッサの数と処理能力が比例せず、プロセッサの数を p とすればスピードアップ率は次の式で近似されることが経験的に知られている⁽⁴⁾。

$$S_p \leq p / l_n p$$

ここで

$$S_p : T_1 / T_p$$

T_1 : 単一プロセッサによる処理時間

p : プロセッサの数

T_p : p 台のプロセッサによる処理時間

この理由は(1)共有リソースを使用するときのアクセスの競合、(2)シリアルなアルゴリズムを並列なアルゴリズムに分解するためのオーバーヘッド、(3)必ずしも並列処理が行われないために生じるプロセッサの空き時間、によって生じる損失があるからである。

このような損失を避けるために《MELCOM 350-50 シリーズ》はマルチプロセッサ（密結合）ではなく、分散システム（疎結合）を基本としている。しかし、負荷分散の設計によってはシステムの性能を 100% 発揮し得ない場合もあるので、システム設計の手法を確立することが重要である。

3. システム設計の方法

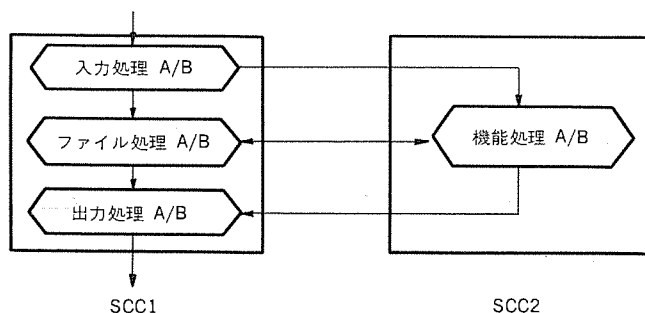
3.1 設計の目標

設計時点で目標とするシステムは、

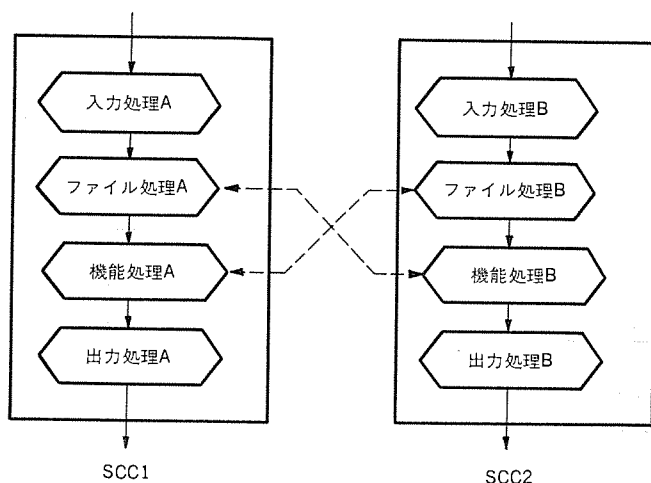
- (1) できる限り設計が容易で作業計画が立てやすいこと。
- (2) 工場及び現地での調整がやりやすいこと。
- (3) システムの立上げが容易なこと。
- (4) 保守が容易なこと。
- (5) 拡張性に富んでいること。
- (6) 信頼性が高いこと。

表 1. マルチプロセッサの区分

タイプ		1	2	3	4
分散する機能のレベル		インストラクション	サブタスク	タスク	ジョブ
分散するメモリのレベル			アドレスابلレジスタ	メインメモリ	ファイルシステム
分散する装置のレベル		プロセッサ	コンピュータ	システム	ネットワーク
結合手段		ハードウェア	メインメモリ	データウェイ チャネル コモンメモリ	通信回線
オペレーティングシステム		シングルコピー	シングルコピー	マルチコピー	マルチコピー
結合度		完全結合	密結合	疎結合	疎結合
機能的に異なるプロセッサの組合せ	呼称	A パイプライン	C サテライトプロセッサ	E 機能分散システム	G ネットワーク ARPANET
	実例	IBM 360-91	CYBER 170	A 2500 A 2100 MELPLAC	
機能的に同じプロセッサの組合せ	呼称	B アレープロセッサ	D マルチプロセッサ	F 負荷分散システム	
	実例	Illiac IV	C. mmP H 60/66	A 2500 ↑ A 2500	



(a) 横割方式の負荷分散



(b) 縦割方式の負荷分散

図 3. 負 荷 分 散 方 式

以上の諸点を満たすものである。分散形システムではこれらが負荷分散方法によって決まる傾向が強い。

3.2 負荷分散の方法

処理の流れを単純化すると、入力処理、ファイル処理、機能処理(アルゴリズム)及び出力処理にわけられる。これを例えば2台のプロセッサに分散して処理する場合、図3.(a), (b)の方式が考えられる。図3.(a)を横割方式と呼び、図3.(b)を縦割方式と称することにする。

3.3 分散方法の比較

(1) 設計：工業用計算機の負荷は入出力処理の比率が高いため、横割方式では負荷の平準化が図り難い。また、入出力処理、ファイル処理と機能処理の間では当然タスク同期が必要であり、リソースのロック制御も必要となるため、これによるオーバーヘッドを極力小さくするよう細心の注意を払う必要がある。

縦割方式では入出力処理、ファイル処理、機能処理が1台のプロセッサで閉じることから、プロセッサ間のコミュニケーションによるオーバーヘッドが横割よりも小さく、入出力処理の負荷を分散できるので負荷の平準化を図りやすい。

(2) 試験調整：工場内や現地すえ(掘)付後の試験調整はできる限り短期間に済まされなければならない。そのためにはシステムをいくつかの独立なサブシステムに分割し、サブシステムごとに併行して調整を進めることが望ましい。

横割方式ではSCC1とSCC2とでは異なった考え方のシミュレータを用意しなければならないが、縦割方式ではプロセスシミュレータ(当社FTEST)を標準的に適用できる。

(3) システムの立上げ：計算機を現地に据付け、立上げてゆく過程では、機械、電機、計装とのつなぎを工程上の制限を受けつつ円

滑に行わねばならない。この時点では前項と同じ配慮が必要である。更に、オンライン運転に入ったとき、システムチューンアップのために定期的にプログラムに改良を加える必要がある。図2.に示した構成でうち一台がバックアップに使われているような場合、改良すべきプログラムを本体とバックアップ側との両方のCPUに入れておき、切換えながら作業を進めることがある。このような切換えはインタフェースが単純な縦割方式の方が容易である。

(4) 保守性：縦割りでは機能が1台のプロセッサで閉じているため、機能対応のトラブルシューティングができる。一方、横割りでは複数のプロセッサにまたがって1つの機能が動くため、故障箇所切り分けが直観的にはできない。

(5) 拡張性：縦割りではプロセッサと入出力を独立した単位として増設する場合、現在運用中のシステムはほとんど止めなくて済むが、横割りでは負荷分散の設計やり直しとなる。

(6) 信頼性：両方式の間に顕著な差は無いと考えられる。

4. ホットストリップミル制御システム

4.1 プログラム構成の特長

ホットストリップミルのプログラム構成を単純化したものを図4.に示す。図の上側が入力側であり、下側が出力側となっている。加熱炉、粗ミル、仕上ミル、コイルコンベヤのそれぞれが比較的独立なサブシステムであることが明らかである。それぞれのサブシステムの間をつなぐものは材料に対応するデータの流れであり、制御フローのつながりは少ない。

加熱炉の制御は比較的ゆるやかな応答性が要求され、通常制御周期はSCCレベルにおいて2~5分程度である。これに対し、ミルラインの制御は高速の応答性が要求され、SCCレベルにおいて1~2秒以内の制御応答が要求される。

加熱炉制御モデルは温度分布計算をするために偏微分方程式あるいはマトリクス計算のように演算時間を要するモデルが使われる。これに対し、ミル設定のモデルは指数関数や対数関数を使うものの、単純な計算で演算時間は短かくて済む。

生産管理のプログラムは上位計算機との機能分担方法によって大幅に処理内容が異なるが、通常は圧延命令を編集するために相当量のファイル処理を行う。

4.2 方式の比較

機能分担の方法を図4.に点線で示している。縦割方式ではCPUの負荷バランスを考慮すると、④又は⑥の分割が考えられる。すなわち、分割点の右側と左側を各1台ずつのCPUに分担させる。横割方式では③の点線で囲った部分とそれ以外を1台ずつのCPUに分担させる。ここでは単純化した以上のようなモデルで比較をする。設計面ではインタフェースの複雑さと負荷バランスを比較すると表2.の結果となる。

CPU負荷を分析すると、ファイル処理負荷とCRT出力の負荷が比較的に高い。A2500 CPUではギブソンミックス値(簡易)が0.60μsと高速であるため、従来問題となっていたモデル計算の応答性といった問題よりもむしろ、入出力の比率が上ってきたためである。この結果、入出力を1台のプロセッサのみに集中するという構成は不利になるが、入出力の制御を複数のCPUに分散するときでも、CPU間ロックを避けるためにはデバイスシェアをせずに済むようなハードウェア構成とすることが望ましい。

以上の比較は想定した機能を基に検討したものであり、一般化し

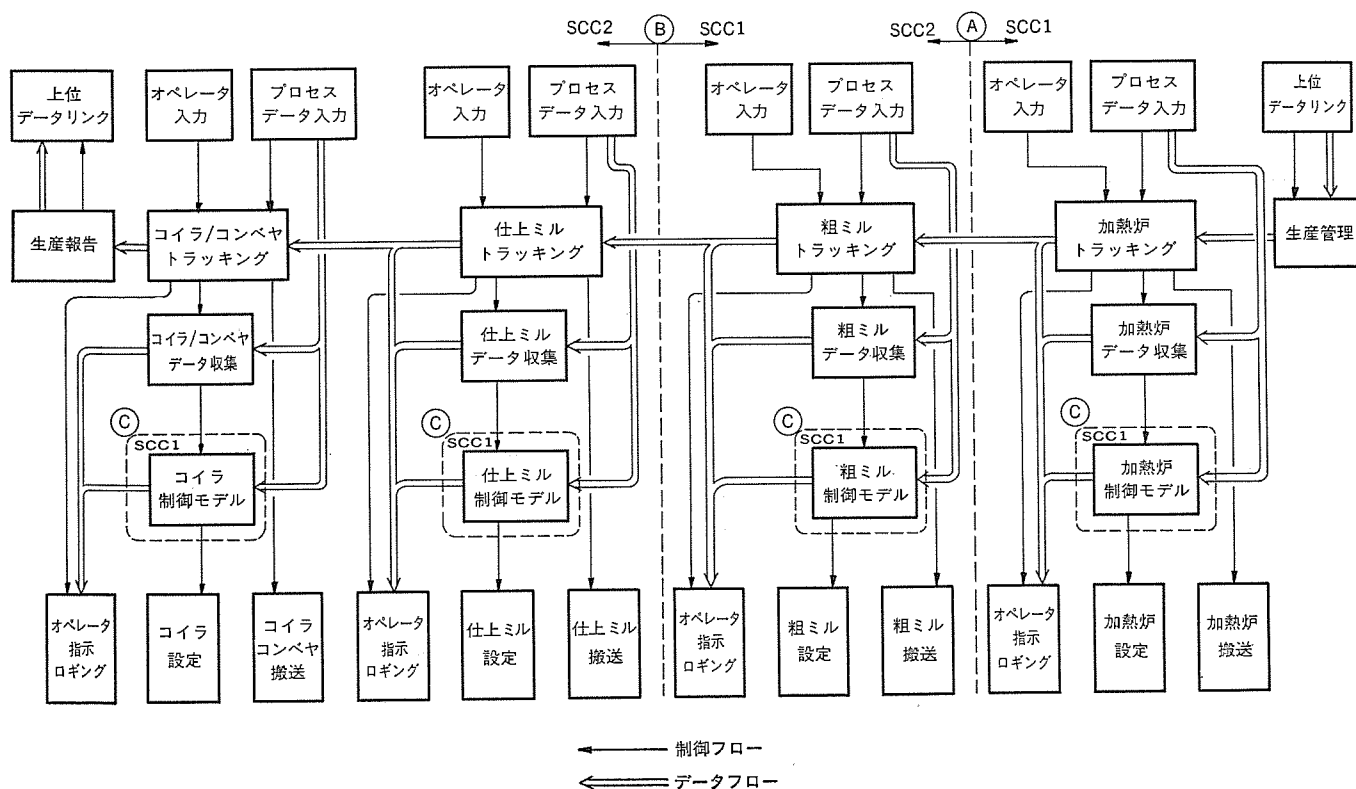


図 4. ホットストリップミルのプログラム構成

表 2. 負荷分散方式の比較 (ホットストリップミルシステムの例)

ケース	①	②	③
CPU 間のプログラムリンケージ (回)	8	4	24
CPU 間のファイル/テーブルクロスリファ (回)	10	5	82
SCC1 の CPU 負荷 (%)	65.1	72.5	72.3
SCC2 の CPU 負荷 (%)	58.7	34.7	62.5

他のプロセスにまで拡張して考えることは難しいが、ホットストリップミルに関しては縦割方式が好ましいと結論づけられる。

5. 今後の複合システム技術

分散形コンピュータのアーキテクチャは、表 1 に示したようにはん用的な機能をもつプロセッサの組合せであった。この方式ではバックアップの構成はやりやすいが、更に性能の高い工業用計算機システムとするためには SCC の部分をもっと専用化したプロセッサ (例えば入出力プロ

セッサ、ファイルプロセッサあるいはアレープロセッサ) の組合せで構成し、機能分散化を進めることが考えられる。

6. む す び

鉄鋼での分散処理技術の位置づけを行い、現状では縦割の機能分担設計が好ましいことをホットストリップミルの例で示した。また、今後の複合システム技術の方向について述べたが、ユーザー側からの御批判又は示唆を頂ければ幸いである。

参 考 文 献

- (1) 今道ほか：鉄鋼における分散形制御システム，三菱電機技報，54，No. 2 (昭 55)
- (2) 関野：分散処理技術，情報処理，20，No. 4 (昭 54)
- (3) 上林ほか：プロセス間通信機能指向ミニコンピュータ複合体 KOC-OS のアーキテクチャ，情報処理，20，No. 4 (昭 54)
- (4) M. J. Flynn et al : Parallelism and Representation problems in Distributed Systems IEE Trans. on Comp. C-29 No. 12 (1980)

水処理分野における分散制御システム

盛口全太*・長束晴弘**・北村英久**・坂口正孝**

1. ま え が き

近年、水処理プラントの建設が急テンポで進んでおり、プラントの設備も年々大形化され、高度化されている。また、それに伴う監視、操作、制御などに必要な情報量も増大しかつ複雑化の一途をたどっている。水処理プラントは広い地域に各々のプラントユニットが点在し、それぞれのプラントより発生する情報を中央に集中し、中央集中監視を行い、プラント全体のは(把)握と監視操作の効率化を図る必要がある。また、水処理プラントに導入される工業用計算機に対する信頼性、拡張性の要求も強まりつつある。これらの要求を満たすため、各々のプラントユニットにローカルステーションを配し、中央に中央監視装置を設置した分散形システムの採用が電子技術の発達とあいまって急速に高まっている。

特に、最近の水処理分野における分散化傾向は著しく、

処理の分散(危険分散、負荷分散)

情報の集中化(中央集中監視)

の思想に基づき、システムの計画/設計がなされている。水処理システムにおける分散形システムは上水道、下水道などそれぞれのプラントの持つ特質により大きく2つに分類される。その1つとして上水道プラントの場合など浄水場内及び場外を対象として階層的構成をとることが多く、機能もそれぞれ分散されてロードシェアの傾向にあるものと、他の1つとして下水道プラントの場合など処理場内及び場外を対象としてデータウェイ装置を利用してループ構成をとり、中央監視室への情報集中化の傾向を示すものがある。

いずれの場合にも、上位システムにおける監視と操作が容易に実施できるようにマンマシンインタフェースが構成されており、それら内容について下水処理場向けシステムを例として以下に紹介する。

2. 計算機システム構成

水処理プラントにおける計算機システムの構成は図1.に示すとおりであるが、上水、下水いずれの場合も平常運用時に部分の故障が全体に及ばないように危険分散が図られているほか、機能をローカルステーションごとに分散することにより、プラントの設備を拡充してゆく場合に、他の設備の運転に与える影響を最小限に止めることができる構造にしている。これは数年にわたり段階的に設備の拡張を行うことの

多い上下水道プラントには欠くことのできない重要な条件となっている。

中央監視装置はプラント全体にわたる監視及び操作機能を持ち、特にオペレータとのインタフェースを重視したものとなっている。また、ローカルステーションはプラントユニット単位での機器制御機能及びデータ収集機能を持っている。

2.1 中央監視装置

情報の中央集中監視をつかさどる計算機は、マンマシンインタフェースとしてCRTディスプレイ装置を基本とし、キーボード及びライトペンによりオペレータとの会話を行う。更に、水処理プラントは多くの設備相互が関連して運転管理されるために、CRTディスプレイ装置の限られた画面中に関連設備をすべて表現することのできないことが多い。したがって、プラント全体を総合的に把握する手段としてグラフィック表示盤を併用している。また、ロギングタイプライタ、CRTハードコピー装置も運転管理記録機能として欠くことのできないものとなっている。

中央監視装置の主な機能は下記のものである。

- (1) データの監視
- (2) データの記録
- (3) ローカルステーションの監視
- (4) ローカルステーションの制御及び運転指令
- (5) 制御設定値のオペレーションガイド
- (6) 故障発生時のオペレーションガイド

2.2 ローカルステーション

ローカルステーションを構成する機器としては、ハイレベルな計装制御に適したコントローラ《MACTUS 810》から1ループリントローラ《MACTUS 200》及びDDCとシーケンス制御が混在したマルチコントローラ《MAC-

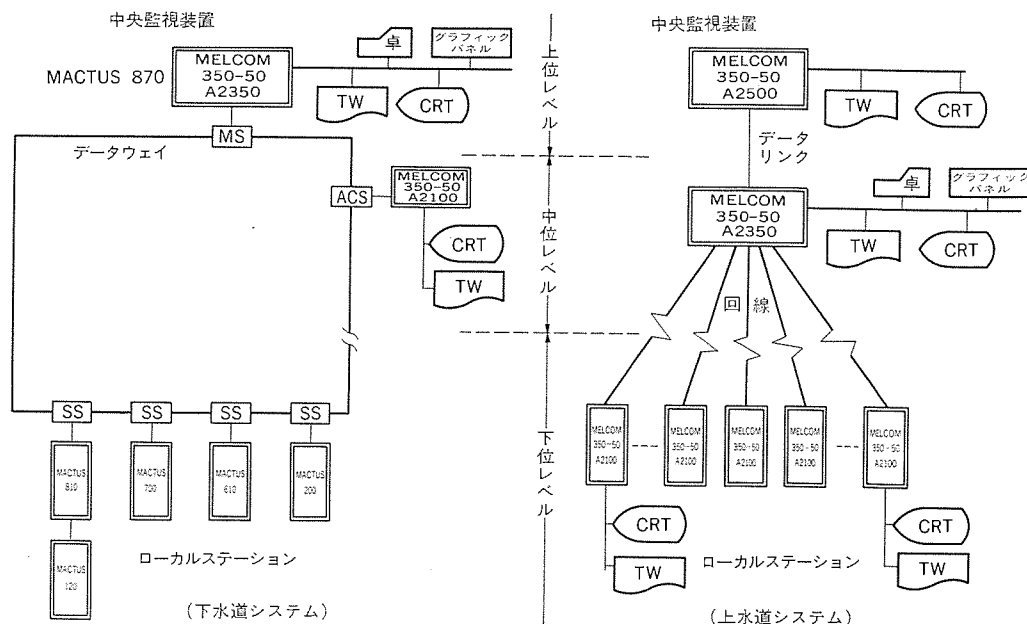


図1. システム構成

TUS 700》及び《MACTUS 610》など多くの《MACTUS シリーズ》をそろえている。機能性、経済性などで選択されたこれらの機器は、設備ごとに機能的に分散化された制御を行うとともに、中央監視装置を介してオペレータの操作が可能となっている。また、DDC コントローラのバックアップ用として異常時の出力保持、手動操作などの機能を持つ操作器《MACTUS 120》を備えている。

3. 分散形による制御

分散形システムの制御は基本的には分散しているローカステーション自体がプロセスデータに適応した制御を行う方式であるが、プラント全体の統轄という観点から通常運転時の制御モードの選択及び定数の変更機能、分散されている機器間の関連監視機能は中央監視装置側に用意されている。例として、下水処理システムにおける污水ポンプ制御と水質制御について述べる。

3.1 污水ポンプ制御

下水処理場における污水ポンプは処理水をポンプ井から最初沈殿池へ送る設備であり、CRT ディスプレイ 装置と設定スイッチを利用し操作を行う。この例における図 2. の制御設定画面により制御モードの選択と定数の変更を行う。制御モードは簡易制御から高級制御まで次の 5 種類が選択可能となっている。

(1) ポンプ回転数固定制御

複数台の污水ポンプの回転数固定運転を行う。

(2) 流量一定制御

送り流量を CRT ディスプレイ 装置より設定し、流量に対応したポンプの回転数を自動的に変更する。

(3) 水位一定制御

ポンプ井の水位を CRT ディスプレイ 装置より設定し、水位の変化に対応した送り流量運転を行う。

(4) 水位/時刻制御

ポンプ井の水位を時刻ごとに個別に設定し、時刻に対応した水位のパターン追従制御運転を行う。

(5) 水位/流量制御

ポンプ井の水位に対し、送り流量を設定し、水位変化に対応した送り流量運転を行う。

制御モードのどのタイプを選択するかは設備の処理能力、処理機器のか(稼)働状況、処理水量の多少に左右される。特に新設の不水処

理場においては、処理水量の時刻変化、日変化、季節変化などの実測データが不足しているため、制御を行ううえで定数が決定できない場合があり、当座は簡易制御で運転しデータを収集解析した後、高級制御の定数を決定する手法が多くとられている。

オペレータは図 2. 制御設定画面により制御モードを選択し、定数を設定する。選択された制御モードは色変化により CRT 画面上で確認され、それと同時にローカステーションに制御モードとして伝送される。ローカステーションは伝送された制御モード及び制御定数に従い、組込まれている制御ルーチを実行する。制御実行時のデータは随時中央監視装置に逆伝送される。図 3. の CRT 画面は、主機器である污水ポンプの動作確認とポンプの状態情報及び補機としての吐出弁情報、ポンプ井、分水そう(槽)の水位状態などの必要データを集約したプロセス画面であり、制御の進行により変化する現場機器の稼働状況及び環境状態を一括把握することができる。図 4. の CRT 画面では、ポンプの回転数、処理水流量、ポンプ井の水位などの関連データをトレンドグラフとして表示するものであり、制御の妥当性を確認することができる。

オペレータは機能分割された上記の 3 種類の CRT 画面(制御設定、プロセス、トレンドグラフ)により分散設置されている機器の運転を指示し、データの流れを把握し、制御の切換えを容易に行うことができる。また、ローカステーションは万が一の中央監視装置の故障発生時

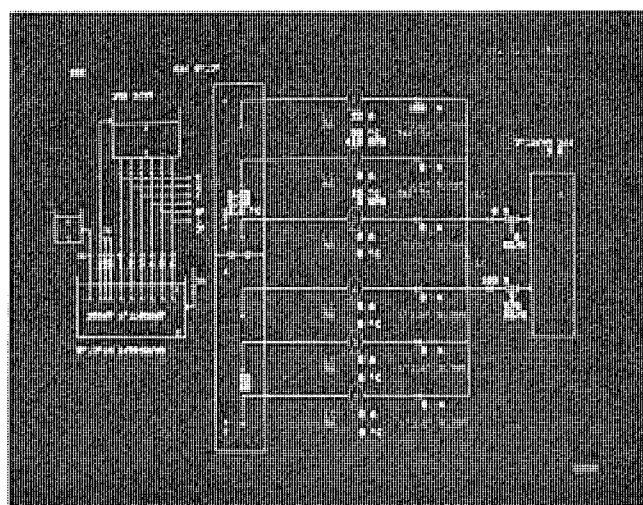


図 3. プロセス画面

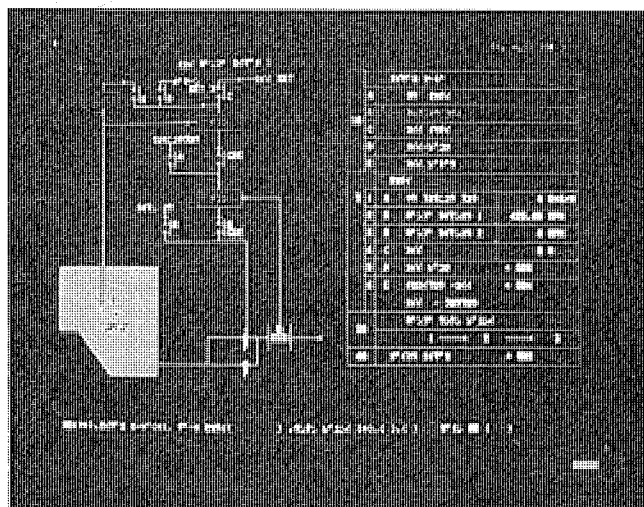


図 2. 制御設定画面

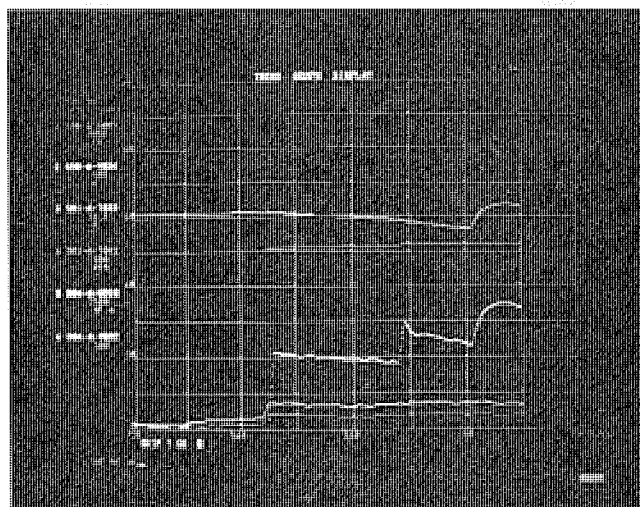


図 4. トレンドグラフ画面

にも制御を正常に継続する。

3.2 水質制御

下水処理における水質制御と汚泥制御は、中央監視装置の機能のうちで、プロセスモデルを使用したシミュレーションプログラムによるオペレーションガイドがマンマシンインタフェースとして重要な位置を占めている。

上水においても送水系全体の安全性、高信頼性、経済性を満足させる運用計画などオペレータに対する運転の指標をシミュレートしているが、まだ信頼性のあるオンラインセンサが少なく、プロセス特性が十分に解析されていない対象プロセスにおいては、オペレーションガイドは欠くことのできない制御方式の1つである。

例えば、ローカルステーションは次のような制御を行っている。

(1) 返送汚泥制御

返送流量一定制御

返送比率制御

MLSS 制御

(2) 余剰汚泥制御

流量制御

引抜乾量制御

総汚泥量制御

(3) DO 制御

風量一定制御

ばく(曝)気倍率制御

DO 制御

ローカルステーションの制御において、エアレーションタンクの MLSS (エアレーション内混合液の浮遊物) を適当に保つことが運転管理上重要なことである。そのために、この値を一定範囲内に維持するように、返送汚泥量、余剰活性汚泥量を調節する。また、DO (溶存酸素濃度) の過不足は水質を悪化させるので、プロットの消費電力が大きいことなども考慮して曝気空気量により DO を制御する。また、下水処理は生物処理であるために、運転管理を誤り微生物の状態を悪化させるような事態になれば、良好な処理に戻すまでに1~2週間、汚泥処理においては数か月に及ぶこともある。このような大きな応答遅れのある系では、長期的な運転の指標をオペレータに与えることがプラント運転管理上で非常に意義のあるものとなっている。

中央監視装置では、経済的にかつ最良の水質を得るために、

(1) DO の最適設定値ガイド

(2) MLSS 分布推定 (図 5.)

(3) 消化槽投入/引抜量ガイド

などのオペレーションガイドを行っている。

オペレータは日常業務として、プラントから送られてくるデータ、すなわち水温、DO、MLSS、SVI (汚泥容量指標) などを CRT ディスプレイ装置に表示されるトレンドグラフ画面、プロセスフロー画面により監視することになる。水質制御の大部分はローカルステーションの制御にゆだねている。その上位機能として、オペレータはオペレーションガイドにより各プラントの制御ループに与える設定値が妥当か否かの判断を行う。また、設定値あるいは制御方式を変更する必要が生じた場合には、CRT ディスプレイ装置からローカルステーションに制御情報を伝えることになる。これらの機能はオペレータに対して、一定基準に基づく運転指

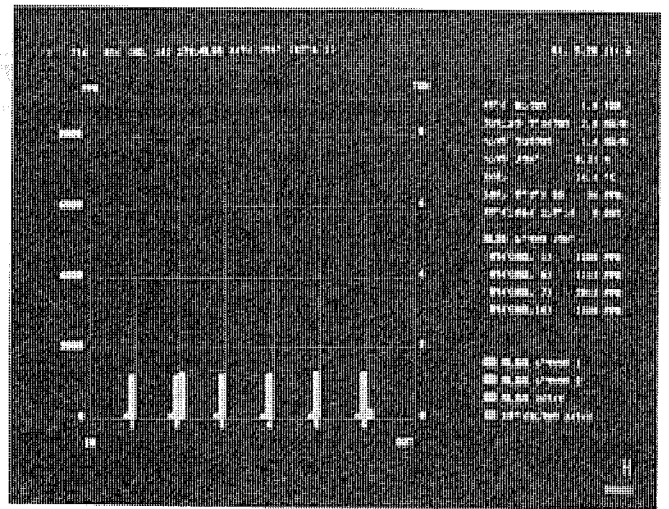


図 5. MLSS 推定分布画面

標を与え、現在のプロセス状況に合わせた微調整はオペレータの経験に判断を仰ぐ形をとっている。今後、プロセスの解析が進み、プロセスモデルが確立されれば、前述のオペレータが常に介在するオペレーションガイドからオンライン閉ループ制御へと移行してゆくであろう。

4. む す び

以上、水処理分野における分散制御の1例を上位レベル、下位レベルのマンマシンインタフェースを中心に紹介したが、特に水処理システムの共通的な問題として、次の2点がある。

(1) 増設工事に対する拡張性

プラントの拡張に伴う増設工事が常に実施され、その際に既設システムの停止期間を最短とし、ハードウェア及びソフトウェアの増改造が容易にできるような拡張性に富んだシステムの構築が必要となる。

(2) システムの大規模化

水処理プラントの大規模化に伴いシステム規模及び機能もますます大きくなりつつある現在、従来のように1台の工業用計算機によりすべての情報を処理し、機能を満足することは物理的にも負荷的にも限界に達している。

これら2つの問題に対処する意味で、分散形システムの持つ特性が水処理プラントのニーズにマッチして、急速に採用されつつある。現在、計算機に要求される機能は十分満足して稼働しているが、今後更にプラント機器の保守管理機能、マンマシンインタフェースの拡充などにより、処理情報量の大幅な増大、接続周辺機器の増加などが十分予想される。これら機能の実現のために、ハードウェアの高速化、補助メモリ容量の大形化、データベースの効率化などが進められている。

参 考 文 献

- (1) 嶋田, 中堀ほか: 公共事業分野における工業用計算機システム, 三菱電機技報, 52, No. 9 (昭53)
- (2) 日本下水道協会: 第18回下水道研究発表会講演集 (昭56)
- (3) 日本下水道協会: 下水道維持管理指針 (1979)

鉄道における分散処理システム

菅

茂*・村木一已*・石田隆朗**・高橋啓一**

1. ま え が き

一般の産業と同様に、鉄道分野においても、採算性の向上、労働条件の改善のために機械化、自動化が急速に進められている。しかしながら鉄道輸送業務の特長として、異なった系統の業務が広域にわたり分散し、しかも業務相互間が有機的に関連しているため、従来の方式を改善するだけでは効率の大幅向上は困難である。ここに業務全体を一貫した思想で管理する総合管理システムが必要となり、その達成の有力な手段として、「制御の分散、監視の集中」を得意とする分散処理タイプの計算機応用システムが考えられるのは当然の成り行きである。

2. 概 要

総合管理システムの基本的な考え方について述べる。総合管理システムは現業の日常業務と支援するオペレーショナルシステムと経営・管理業務を支援するマネジメントシステムから成り立っている。オペレーショナルシ

表 1. オペレーショナルシステムの機能

サブシステム	管理項目	実施内容
運行管理	実施ダイヤ作成	当日運行する実施ダイヤを定める。
	列車追跡	列車番号を割付け、列車追跡を行う。
	運行監視	列車の運行を監視し、遅延を検知し、遅延整理の要否を判断する。
	進路制御	列車の進路を設定する。
	運転整理	列車群管理などの手法を駆使して、乱れたダイヤの回復を図る。
	列車着発制御	列車の着発に際し必要な各種の指示を行う。
	旅客案内	放送装置や表示装置を通じて、旅客を案内する。
	設備監視	列車運行に関連する設備の状態監視を行い、異常発生時には運行を制御する。
駅設備管理	実績記録	各種実績を記録する。
	設備監視	駅務機器と駅電気室機器の稼働状態監視を行う。
防災管理	売上料金集計	売上料金の集計を行う。
	火災・地震・風力監視	火災、地震、風力を監視し、警報を運行管理、電力管理、駅設備管理の各サブシステムに通報する。
電力管理	スケジュール運転	変電所の機器をスケジュールに従い運転する。
	故障処理	故障を検知し、通報と緊急処置を行う。
	機器単独制御	中央より変電所の主要な機器を単独に遠方制御する。
	自動計測	電圧、電流、電力量などのアナログ量を計測し監視する。
	実績記録	各種実績の記録を行う。
基地管理	車両運用管理	当日の車両運用計画と基地内配車計画を提案する。
	基地内在線管理	基地内の車両の在線位置を管理する。
	基地内進路制御	基地内の車両の進路を設定する。
	車両入出庫管理	運行管理サブシステムと協調して、車両の入出庫処理を行う。
	車両自動検査	車両の検査作業の自動化を図る。
	基地内情報管理	基地内作業の進捗状況、基地内主要設備の稼働状況を一元的に管理し、表示する。

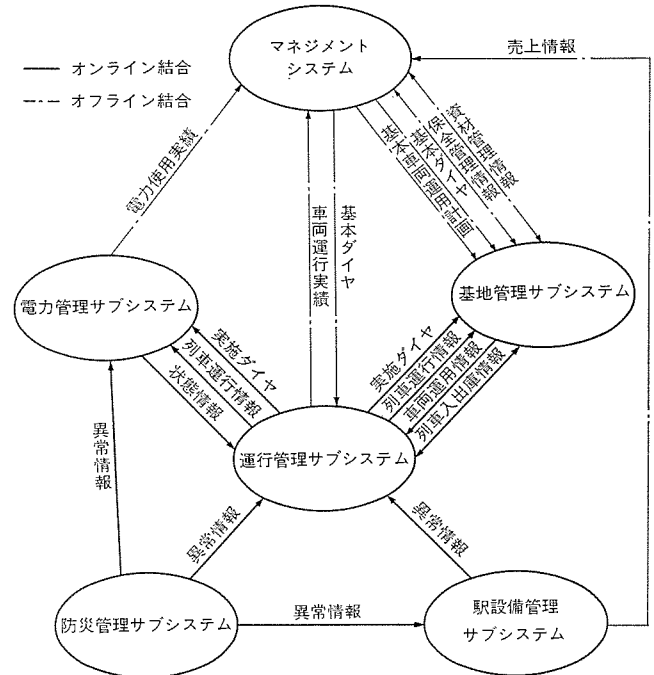


図 1. 総合管理システムの情報交換

テムに要求される機能は大別すれば次のようなものである。

- (1) 本線上を走行する列車の運行管理
- (2) 列車の運行を支援する設備の管理
- (3) 車両の保守・運用の管理

これらの機能を計算機応用の立場からサブシステムに機能分割を行うと、表 1. のようになる。一方、マネジメントシステムの機能は経営情報処理、経費管理、人事管理、資材管理及び統計処理などのいわゆる事務管理である。これらのサブシステムが通信回線、データウェイなどの伝送システムにより図 1. に示されるように有機的に結合されることにより、広範に情報を収集し、かつ適確に処理する総合管理システムの大きな特長が発揮される。このことが省力化を図りつつ、一方では異常時の対応力を強化したいとする経営面からの要求を同時に解決する有効な手段となっている。

これらのことから、総合管理システムは計算機的能力をフルに活用し、鉄道業務の効率的、かつ総合的な運営を可能とし、次のような大きな効果が期待できる。

- (1) 日常の定例的業務はすべて機械化し、省力化を図り、かつ人為ミスを防止する。
- (2) 全線の状況がすべて中央指令所で監視され、安全の確認ができるとともに、異常時に適切な指示ができる。
- (3) オペレーションに使ったデータは自動的に記録集計され、経営面に活用できる。

これらのサブシステムは、鉄道の規模、路線の複雑性及び運行形態により《MELCOM 350 シリーズ》より最適な機種を選択し、通常は

サブシステムごとに専用の計算機を、経済効果その他の問題を考慮して、複数サブシステムで1台の計算機を使用するなどシステム構築がフレキシブルになっている。更にサブシステムを段階的に構築し、最終に総合管理システムを完成させることができる。したがって総合管理システムはサブシステムより構成される広義の分散処理システムと考えられる。更に最近の半導体技術の進展に伴い、LSIの採用による小形、高性能化された《MELCOM 350-50/A 2010》が開発され、サブシステムそのものが分散処理システムとして構成される動向にある。つまり、総合管理システムは階層構造をもった分散処理システムであるといえる。このような分散処理システムの顕著な事例として分散形運行管理システムについて少し詳しく述べる。

3. 分散処理システムの事例

3.1 分散形運行管理システム

運行管理システムは運行者と一体となって、円滑な列車運行を維持する使命をもち、主として以下の機能を備えている。

- (1) 列車進路の自動制御
- (2) 列車運行状況の表示・監視
- (3) 信号関連機器の動作状態表示
- (4) 土砂崩壊、風速、地震などの異常状態表示
- (5) 運転整理
- (6) 案内放送、案内表示の自動制御
- (7) 運行記録、操作記録などの自動作成
- (8) 制御駅への運行状況表示
- (9) 装置故障時の自動バックアップ
- (10) 建設・拡張時のサポート
 - (a) システム試験シミュレータ
 - (b) 運用者訓練シミュレータ
- (11) 保守サポート
 - (a) 故障情報・入出力情報の自動記録
 - (b) 中央からの遠隔保守
 - (c) 1列車シミュレータ

以上のような機能に対し、システム構築上要求される事項は以下のようなものである。

- (1) 高い信頼性を持ち、保守が容易であること。
- (2) 投資効果が大きく、将来への拡張性、発展性に富んでいること。
- (3) 段階的建設にも柔軟に対応できること。
- (4) 運用が容易であること。

このような要求事項に対し、当社は図2.に示されるような分散形運行管理システムを提示し、既に昭和55年11月に三菱交通システム展に軌道形都市交通システムをモデルとして実演展示を行い、大きな反響を得た。この時の運行管理指令所、運行管理駅の写真を図3.、図4.に示す。当社の運行管理システムの大きな特長は下記のとおりである。

- (1) 分散形運行管理システムである。
- (2) チャンネル多重化方式の光データウェイ《MDWS-30S》を採用した伝送システム（既に既存のCTC、通信回線などがあり、運行管理システムに適用可の場合はその伝送方式を使用すればよい）である。
- (3) 7,200文字の表示能力をもつセミグラフィックディスプレイを中心としたマンマシンシステムである。
- (4) 経済効果を考えた機種選定、システム構成の柔軟性（例えば中

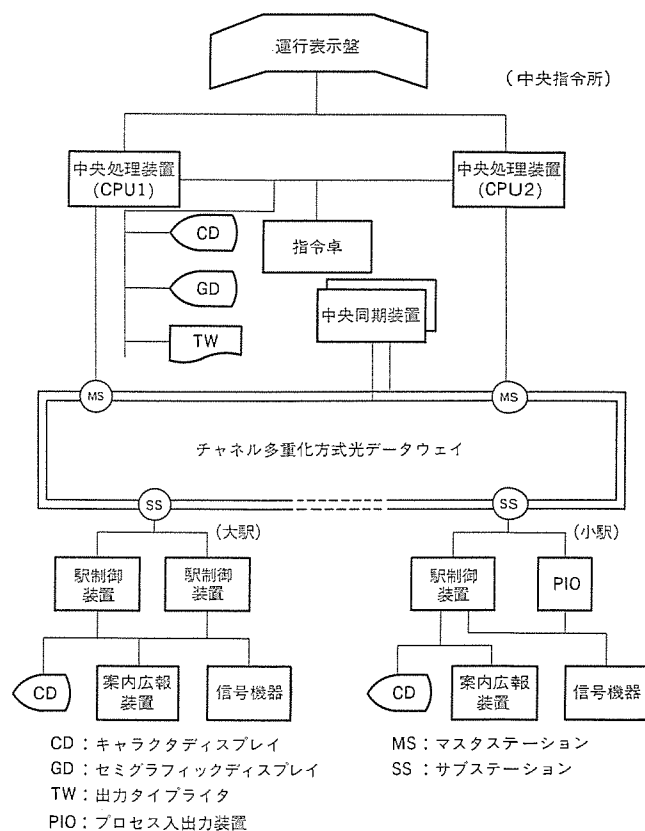


図2. システムの全体構成



図3. 運行管理指令所

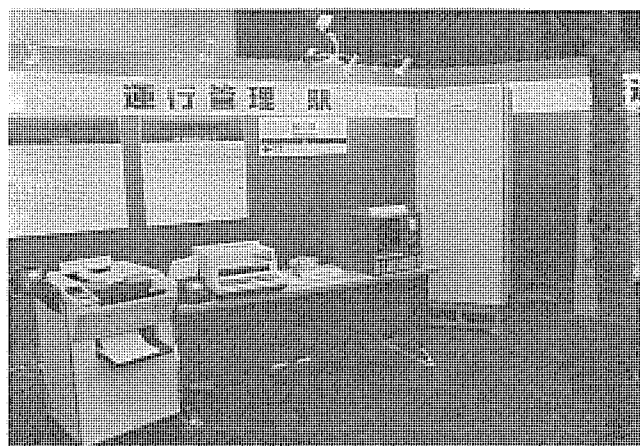


図4. 運行管理駅

中央処理装置での《MELCOM 350 シリーズ》の異機種組合せ、小駅での駅制御装置の1重化などを有する。

(5) 拡張性に富む(例えばデータウェイのステーションを追加するだけで、全体システムに影響を与えず、1駅が拡張できる)。

分散形運行管理システムの基本思想は繰返して述べれば、「制御の分散、監視の集中」にある。このため、制御駅(連動駅)に簡単に、信頼度の高い処理装置(例えば、A2010)が置かれ、各駅でローカルに進路制御、案内制御を行うとともに、中央に運行状況、異常情報を伝送する。このことから、監視の中心となるマンマシンシステムと情報交換の中心となる伝送システムに最大の関心が払われなければならない。ではこの2点につき述べる。

3.2 伝送システム

分散形運行管理システムに要求される伝送システムの機能は下記のとおりである。

- (1) 中央から駅へ同時に多重のデータ(ダイヤ、プログラム)を速く、確実に伝送できる(ダイヤ変更時又はシステム立上げ時に必要となる)。
- (2) 異常時は駅から中央へ即座に割込みができる(信号機器などの重大な異常が発生した場合、伝送中でも割込める)。
- (3) 多目的使用に対応できる(FAX、電話、踏切制御など)。
- (4) 伝送路の断線、1つの伝送装置の故障に対しても、伝送機能が維持できる。

これらの要求事項に対し、具体的な評価項目をあげて検討した結果が表2.に示される。この結果、チャンネル多重光データウェイ《MDWS-30S》方式が、伝送路新設の場合には最適な伝送システムであるとの結論に達した。チャンネル多重光データウェイは鉄鋼、水処理などを中心に多くの実績があるが、この分野では発光素子、受光器に短波長を

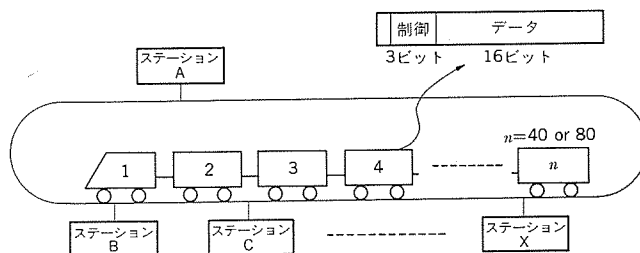


図 5. チャンネル多重光データウェイ《MDWS-30S》の原理

使用し、ステーション間隔が5 km以下の制限で十分であった。しかしながら、鉄道の分野では、長い路線では10 kmにも及ぶものもある。このため、当社ではいち早くこの問題に着目し、長波長の発光素子を開発し、信頼性、保守性、高速伝送、拡張性の機能に、更にステーション間隔20 kmという完全に鉄道の分野に適した光データウェイの実用化をみた。ここで、チャンネル多重光データウェイの原理につき簡単に述べる。

図5.のように一定個数の入れもの(データチャンネルと呼ぶ)をもった列車(伝送フレームと呼ぶ)が中央同期装置の管理のもとで、一定周期でループ状の伝送路を巡回する。データチャンネルは20ビットで構成され、図のように20ビットのデータに乗せることができる。データチャンネルは各ステーションに1チャンネルずつ割付けられ、各ステーションは自己専用のデータチャンネルにあて先とデータに乗せて、伝送フレームが一巡するごとに1ワード(16ビット)ずつデータを伝送する。また、データチャンネルの制御部3ビットは通信の開始、終了や良否を示す応答信号を伝えるために使用される。伝送フレームは40又は80のチャンネルから構成され、最初のチャンネルがフレームの先頭を示す同期チャンネルとして使用される。ループ内の総合伝送速度は15.36 Mb/s(メガビット/秒)であるので、チャンネル当たりの電送速度は以下になる。

40チャンネル構成の場合

$$[15.36 \times 10^6 \text{ b/s} / (40 \times 20 \text{ ビット})] \times 1 \text{ ワード} = 19.2 \text{ KW/s (キロワード/秒)}$$

(80チャンネルの場合は9.6 KW/s)

チャンネル多重光データウェイ《MDWS-30S》を鉄道の分野での応用を中心に評価した結果を表3.に示す。

3.3 マンマシンシステム

運行管理システムにおいて、マンマシン機能がいかに使いやすくてきているかがシステムの成否をにぎっているといっても過言ではない。この機能の中心をなすハードウェアが指令卓である。指令卓の設計に当たっては、当社のデザインセンターを中心に、人間工学的に十分な検討を加え、モジュラーコンソールという名称で製品化されている。一方、このコンソールに組込まれ、マンマシン機能の中核を担う装置が、次に述べる業界のトップクラスに位置する高性能、最新鋭のM2398カラーディスプレイ装置である。従来のCRTでは文字情報を主体に、文字相当の簡易図形表示機能が付加された簡易グラフィック表示がほとんどであった。しかし、運行管理システムのように制御対象が広域化し、しかも、制御内容が多様化している分野では、従来のCRTの機能に加え、以下の2点が必ずの条件となる。

- (1) より複雑、精ち(緻)な画面の表示(高密度表示)
- (2) 漢字、グラフィックなどによる分かりやすい表示

以下に、より具体的に述べる。

(1) 高密度表示

従来の表示容量は4,000文字程度が最高で、本来1度に監視したい情報も1画面に表示できず、情報の省略化、抽象化又は複数画面に

表 2. 伝送システム評価項目

要求される事項	具体的な機能	内 容
多量のデータを早く確実に送る	応答がとれること	中央から駅へは、ダイヤ情報、プログラム、駅へ駅間では出発情報、遅延情報等いずれも、運行管理の基本を左右するような情報を授受している。したがって、情報を伝送した場合、必ず正しく受け取ったという返事が必要となる。
	伝送の集中監視	分散配置された伝送装置が相互に関連して機能するループ伝送系において、各種の外乱や障害に対しても確実に伝送を維持するためには、独立した装置による集中監視が必ずとなる。
異常時の割込み	割込み機能	軌道回路不良、踏切制御不能、駅制御装置異常等、緊急事態発生時、緊急メッセージを割込み伝送する必要がある。
多目的使用	高速伝送	光ファイバを用いた伝送を行う場合、その大容量高速伝送を最大限活用し、運行管理システム以外にも運行管理を補助するFAX、電話、音声伝送や、他システム(駅務、防災)が併用出来る容量があり、かつ容易に伝送が可能なこと。
伝送路断線、ステーション故障に対する影響	伝送路断線に対する回避機能	伝送路断線に対しても、5回により、伝送システムとしては何ら影響がないことが要求される。
	ステーションバイパス	ステーション故障に対しては、該当ステーションをバイパスし、システム全体に影響を与えない。
	故障箇所の検知と判別	ステーションの故障が発生した場合、S/W依存度が高いと、その要因分析が困難であり、保守上も問題となる。したがって、ステーションを数レベルに分割出来、故障の原因をはっきりさせる必要がある。

表 3. チャンネル多重光データウェイ《MDWS-30 S》の特長

特 長	具体的な内容	説 明
信頼性・保守性	<ul style="list-style-type: none"> ・メッセージの受信確認 ・応答時間の保証 ・集中監視 ・故障箇所の検知と内容識別 	<ul style="list-style-type: none"> ・受信側は最後のチェックコード受信に対し、通信の良否をチェックし、発信側に良否の応答を返す。 ・伝送フレームが一定周期で巡回しているため、常に応答が一定時間に得られる。このため、送信のミス、異常が即座に判断出来る。 ・中央同期装置により、どのステーション間にも属さない、情報(ノイズなど)を一巡ごとに監視し、除去する。 ・MDWS-30Sは基本的には、計算機S/Wに依存しない独立システムを構成しており、下図に示すように、各レベルでエラーメッセージを読みとり、故障箇所及び内容を識別出来る(一般的には、S/W依存度が高いと最大でも1, 2+3のレベルにしか分離出来ない)。 <div style="text-align: center;"> </div>
	<ul style="list-style-type: none"> ・中央での一斉復旧 	<ul style="list-style-type: none"> ・MDWS-30Sは上記のように、各ステーションの故障状態が中央で把握出来ると同時に、中央で一斉復旧が可能である、このため、いちいち現地に行かなくてもステーションの切離し、復旧が容易に中央で可能である。
	<ul style="list-style-type: none"> ・オンライン中のカード交換 	<ul style="list-style-type: none"> 不良カードが発見された場合や、増設時、点検時、いちいちステーションを切離して保守することは、運用上からみても決して好ましいことではない。MDWS-30Sは、この不満を解決し、オンライン中でも、カードの交換が出来るとともにS/W依存度が少ないため、デバッグの必要がなく即座に使用可能である。
同時N:N		<ul style="list-style-type: none"> ダイヤ乱れが発生すると、その情報が次駅や中央へ連絡されると同時に中央より、運転整理が行われる。分散式運行管理システムの特長の1つに、駅への情報伝送があるが、これを最大限生かすためには、A駅→B駅、C駅→D駅の同時伝送が可能ことが挙げられる。
緊急時の割込み		<ul style="list-style-type: none"> A駅→B駅へ伝送中でも、C駅→A駅へ割込み伝送が可能である。
伝送路断線及びステーション故障時にもシステムに影響を与えない	ループバック	<p>A, Bステーション間で断線が発生した場合を示す</p>
高速伝送	15.36Mb/s	<ul style="list-style-type: none"> 高速伝送のため、1度に多量のデータを伝送出来、何回にも分けて伝送する方式に比べ信頼性が向上する。高速伝送のため、他システムの併用(電力、防災等)や運行管理システムの特長をサポートする機能(FAX, 音声)が統合出来る。
ステーション距離	20km	<ul style="list-style-type: none"> 鉄道用として、20kmのステーション間が可能な伝送システムとしている。
ステーション数	256か所	<ul style="list-style-type: none"> 制御駅以外にも、全線にループが張られているため、一般駅へステーションを設けたり、変電所に設けても数の心配は全くない。また、数が多いだけでなく、独立伝送系であるから、増設が容易で、全体の伝送時間の変動もない。
経済性		<ul style="list-style-type: none"> 高速伝送のため多目的利用が出来る。独立系なので、いちいち接続されるCPUとのS/Wの開発が少なく済む。幾多の実績により機器も標準化され、コストダウンを図っている。

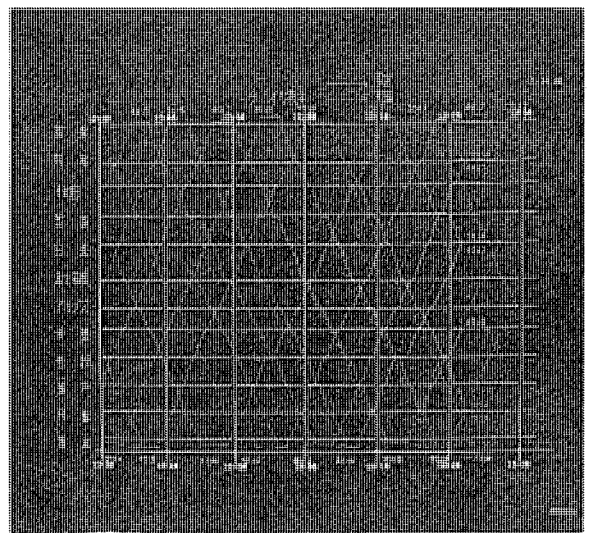


図 6. セミグラフィックディスプレイ (M 2398) ダイヤ表示例

(2) グラフィック表示

マンマシン間の情報を円滑に行うためには人間が即座に、直感的に理解できる画やグラフなどのグラフィック表示が最適である。しかも、7色のカラーをベースに組合せて49色のカラーが、人間工学的にカラーデザインされたグラフィック表示が可能である。例えば、ダイヤの計画と実績がトレンドグラフにて即刻表示され、ハードコピー装置にて印字され、更にファックスにて駅に伝送されることを考えると、グラフィック表示の効果は非常に大きいことが想像される。

三菱交通システム展での1例を図6.に示す。

(3) 漢字表示

英数字、カタカナによる表示に加え、駅名など日頃我々が使い慣れている漢字やひらがなで人間が理解しやすい形で表示できる点も、従来のCRTになかった機能である。

以上、鉄道分野における分散処理システムの今後の動向を示す代表的な事例として分散形管理システムについて、少し詳しく述べた。

4. む す び

計算機のハードウェアコストの低減、小形化、高信頼度化などに伴い、従来経済効果上、集中形でしか考えられなかった鉄道分野の計算機応用システムが今後増々、分散形で計画される動向にある。ここでは述べなかったが、電力管理システムでも既に実用化の段階にある。我々は鉄道分野における分散処理システムの基本思想をユーザーの方々の協力をえて、確固たるものとし、効率の高いシステムを実現し、技術の発展に寄与する所存である。

分割することが多かった。M 2398 CRT では表示内容が7,200文字と大幅に増えたため、より複雑、精緻な画面が可能となった。更に、この高密度表示でも、1画面に表示できず、しかも連続的に画面を見たい場合には4画面をキーボード、ジョイスティックにより連続的に画面移動が可能のため、大駅とか隣接駅の状況などに各種の応用が考えられる。

ビル管理用分散形プロセス入出力システム

湯川 健二*・中尾 好宏*・伊藤 隆夫*

1. ま え が き

ビル管理の中央監視装置として計算機が導入されて久しいが、ビル建築計画段階においてビル設備として計算機を導入する成果が多くの他のプラントに計算機を導入する際期待される成果に比べて経済的に定量化し難く、その導入に対し困難な要素がある。このため、ビル管理システムとして計算機を導入する場合、メーカーとして十分なコストパフォーマンスに対する検討を行い、ビル特有のニーズを十分反映したシステムとする必要がある。

ビル管理システムの特長としては、ビルに設置される諸設備が広範囲に分散しているため、計算機への入出力情報、すなわちアナログ入出力、デジタル入出力信号などが広範囲に分散していることがあげられる。このように散在した入出力情報を効率のよい形式で計算機へ取り込むために、入出力源のブロック化が行われる。このとき点数の規模にもよるが、1つのブロックには多種類の信号を取り込み、最小規模でこのブロックを散在させることが好ましい。

この報告では、設備との信号インタフェース、仕様を調査したうえで、新規に開発したビル用プロセス入出力システムについてその詳細を記述する。

2. ビル管理システムの現状と動向

ビル管理システムが導入されるビルは単館ビルの小規模なものから大規模なもの、あるいはビル群の小規模なものから大規模なものまで多種類のものがある。したがって、三菱ビル管理システム《MELBAS》は、SS、SM、SL、GS、GMタイプとシリーズ化を行い、ビルのシステム規模、特長に応じた最適なシステムを提供可能とした。

これら各タイプの分類基準は下記のとおりであるが、個々のハードウェアシステム構成要素、ソフトウェア構成要素は共用化され、あるいは同一概念から構成されている。

- (1) SSタイプ：信号点数1,500点以下のビル共通機能を主体。
- (2) SMタイプ：信号点数3,000点以下のビル共通機能、及び制御機能を主体。
- (3) SLタイプ：信号点数3,000点以上の同上のもの。
- (4) GSタイプ：信号点数350点/1とう(棟)以下のビル群管理機能を有するもの。
- (5) GMタイプ：信号点数350点/1棟以上の同上のもの。

これらを実現すべきハードウェア構成としては、中央に設置される計算機、中央監視室に設置される中央監視操作盤、各設備のプロセス入出力信号を接続するリモートパネルが基本となっている(図1.)。

特にマンマシンインタフェースとして従来監視室では大きなグラフィックパネル、計測監視盤の設置が余儀なくされていたが、これらは近年縮小の方向にあり、中央監視操作盤に組込まれたディスプレイ装置がこれらの肩替わりとして標準装備されるようになった。これによりビル内に分散した情報を効率よく監視できる構成がとられている。これに使用されるディスプレイ装置として電力、空調などの系統図、それ

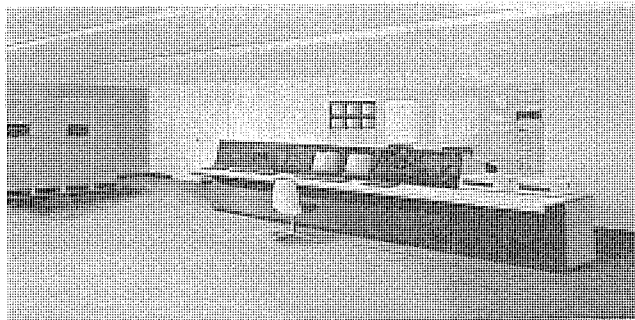


図 1. 中央監視室

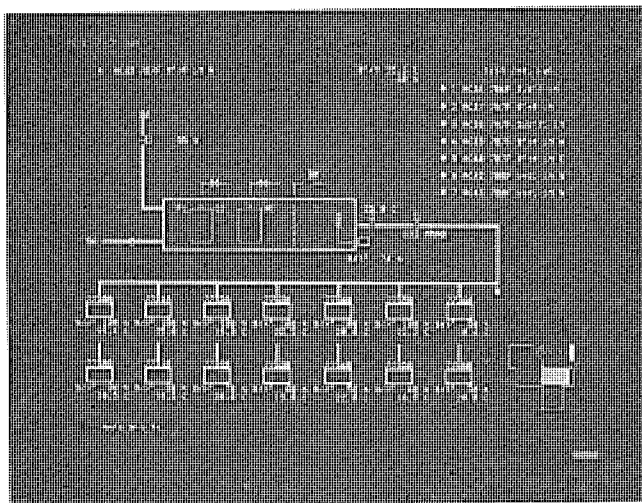


図 2. CRT 画面 (系統図)

に伴うリスト表示が可能なCRT装置が採用され、多種類の情報、機器の状態、計測値が一括して1枚の画面に表示でき運用者の適切な判断が容易になっている(図2.)。

また、プロセス入出力システムとしては、上記分散した情報を計算機に効率よく送受信できることが必要であり、また多量の信号点数が扱えること、他設備メーカー盤からの信号を容易に接続可能な作業性の良いことなどが、ビル管理システムを最適に構成するうえで大きな要素となっている。

従来からこれら信号を中央に取り込むため、伝送路が使用されているが、この伝送路上へ信号を送り込むブロックがビル全体の広範囲な場所に分散しているため、各設備ブロックの規模に適した入出力システムを分散設置する状況にある。しかし、従来は入出力システムとして工業用計算機として標準化された入出力システムを使用しているため、これをビル管理システムに適用した場合冗長となる。

これらに対し各設備ブロックごとの最適な入出力システムを導入することはビルのスペースの問題、工事の容易性、経済性からも強いニーズとなって現れてきている。

これらのニーズをどのように充足していくかが今後のビル管理シス

テム拡大への1つの大きな課題である。

〔ビル管理システムのニーズ〕

(1) ビル設備、その目的別にビル全体に広範囲に分散されている状況から中央監視システムとしてもその情報源の取り込みのため分散化が必要となる。

(2) 分散化された1つのブロックには、場合によっては少点数、多種類の信号があるため、これを効率的に収納する必要がある。

(3) 信号のブロックごとの取り込みは、工事業者の違いから、細分化した方が工事施行上の混乱が少ない。

など一般工業向けのプロセス入出力システムが1つの入出力架への高実装化、集約化にあるのとは別のニーズがある。

上記のニーズから次に述べるビル管理用のプロセス入出力システムを開発し、製品化した。

3. ビル管理システム用プロセス入出力システム

3.1 開発の意図と特長

ビル管理用システム用プロセス入出力システムは2章に述べたようなビル管理システムの動向に対応するために開発されたものであり、この中において特に分散化の傾向にどのように対処したかについて以下に述べる。

(1) データウェイ

ビルの各階に分散しているプロセス入出力点をケーブル及び工事費用などの削減を図りつつ効率良く計算機と接続するため、各階ごとにプロセス入出力信号を集約するリモートパネル（以降R.P.とする）をおき、R.P.群と計算機間を1本のケーブルで接続するデータウェイ方式を採用した。

このビル管理システム用のデータウェイの特長としては、計算機の2重化によるバックアップシステムやロードシェアシステムに対応可能となっ

おり、またケーブルの2重化なども可能である。

更に、このデータウェイは、ビルの構造や配線ダクトなどを考慮し、パーティライン方式を採用している。

(2) 小形化

計算機システムの小形化は一般的な動向ではあるが、ビル管理システムにおいては特にこの要求が強い。このため、R.P.は奥行の短い壁付可能な形状とし、プロセス入出力信号ケーブル接続用の端子台を内蔵させている。

また、R.P.はビル管理システムに必要となる種々のプロセス入出力信号用のカード単位で混在可能となっており、小形化と同時に、増設・変更に対応できるように配慮されている。

(3) RAS機能

プロセス入出力システムの一部の故障がシステム全体の故障に結びつかないように、ビル管理システム用のプロセス入出力システムでは以下のような配慮を行っている。

まず基本的な問題として、故障しないようにすることが重要である。このため、無配線化バックボードの採用、金めっき2点接触形コネクタの全面的採用、金属皮膜抵抗器や tantalum コンデンサなどの信頼性の高い部品を採用するなど信頼性の高い部品を選択し、耐電圧、電流容量、経年変化などに対し十分なデレーティングをとった設計を行った。また、不燃性についての考慮として、耐燃性のプリント基板(FR-4)を用いるなどを実施している。

次に故障の発生などに対処するため、特に重要なデータウェイ部を中心に異常検出機能を備えている。例えば、16ビットのサイクリックリダンダンシーチェックや自動再送制御、R.P.の各モジュールの異常に対するスキップ機能などや、更に信頼性を高めるための2重化が可能となっている。

(4) プログラムインタフェース

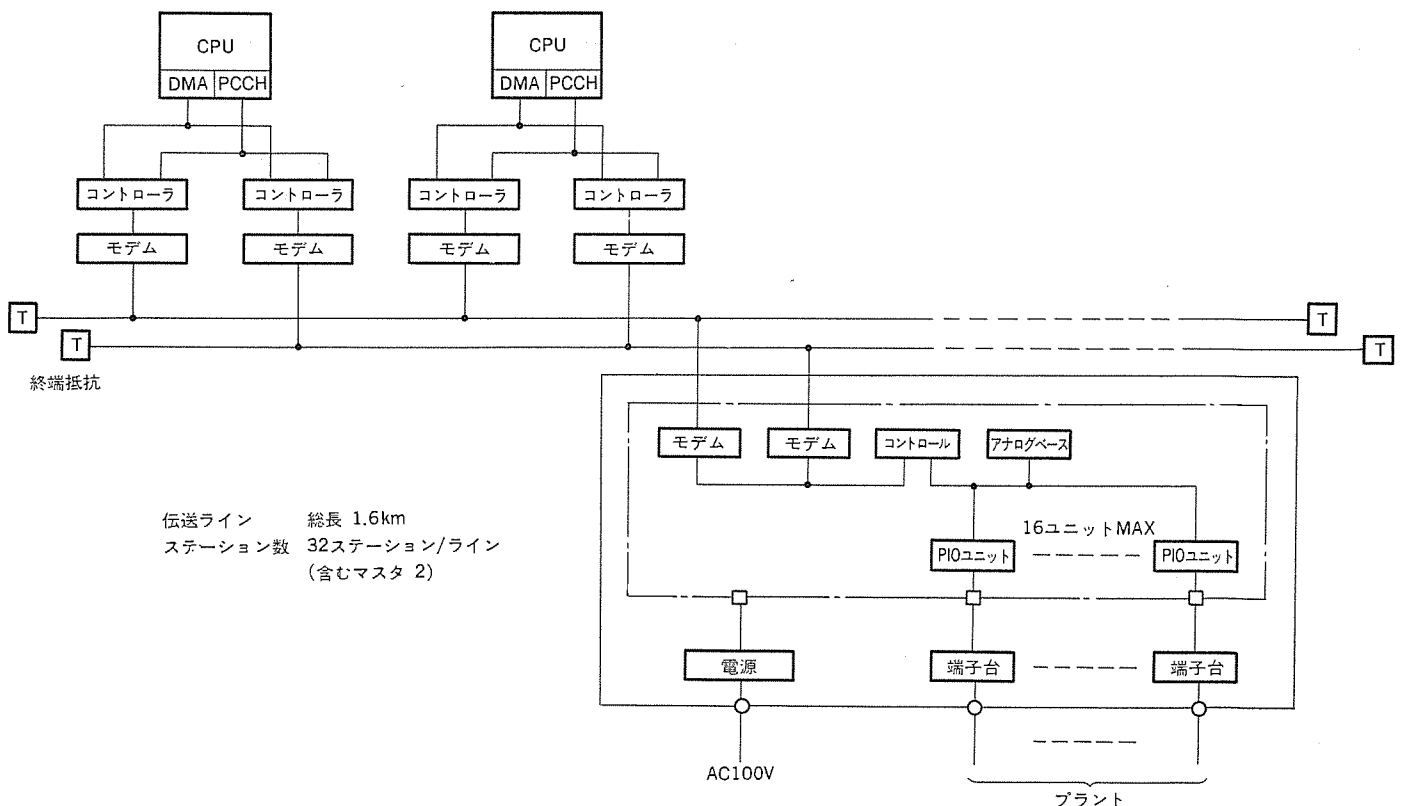


図 3. プロセス入出力システム構成図

高速な入出力処理と CPU の負荷の軽減を図るため、コントローラを DMA バス接続とし、出力に関しては R. P. 側のマイクロプロセッサによりリレーなどの出力時間の制御を行い、入力に関してはコントローラ側のマイクロプロセッサの機能により入力データの先取り制御を可能としている。これにより簡単なプログラムで、入出力動作の実行が可能となっている。

3.2 構成と概要

ビル管理システム用プロセス入出力システムの基本的な構成は、図 3. に示すように、1 本のデータウェイに最大 2 台の CPU と 30 台の R. P. が接続可能である。この 1 台の R. P. は最大 16 枚のプロセス入出力用カード (PIO ユニット) とステーションコントローラ、モデム、アナログベースユニットが入るカードフレーム (シャーシ) と電源、及び信号ケーブル接続用端子台から構成されている。

ステーションコントローラユニットとモデムユニットはマイクロプロセッサを内蔵した基本部であり、それぞれプロセス入出力制御で伝送制御を実行している。アナログベースユニットはアナログ入出力用の基本カードであり、アナログ入力に必要となる精密電源を併せて実装している。

PIO ユニットは標準回路の組合せ方式 (スタンパデザイン) を採用しており、信頼性のある設計と開発速度の向上に対処している。PIO ユニットのレパートリーを表 1. に示す。

以下、PIO ユニットについての例を示す。

(1) アナログ入力ユニット

アナログ入力はスキャナ方式であり、スキャナカード単位にレンジ設定が可能である。また、スキャナカード上には信号変換用ソケットが用意されており、電流入力、RTD 入力などを電圧に変換することが可能である。このため、種々のアナログ入力に対しても簡単に対応することができる。

表 1. PIO ユニットレパートリー

ユニットの種類	仕 様		実 装 点 数 (点/ユニット)
デ ィ ジ タ ル 入 力	接点又はオープンコレクタ入力 印加電圧 18~24 V, 印加電流 5~10 mA		16
デ ィ ジ タ ル 出 力	接 点	最 大: AC 240 V 3 A	8
	オープンコレクタ出力	最 大: DC 60 V 0.3 A	16
パ ル ス 入 力	接点又はオープンコレクタ入力 印加電圧 18~24 V, 印加電流 5~10 mA		8
パ ル ス 出 力	接 点	最 大: AC 240 V 3 A	8
	オープンコレクタ出力	最 大: DC 60 V 0.3 A	
デ ィ ジ タ ル 入 出 力	出 力	24 V, LAMP ドライブ	8
	入 力	24 V, 電圧入力	
ア ナ ロ グ 入 力	A D C	変換速度: 60 点/s レ ン ジ: $\pm 10 \text{ mV} \sim \pm 10 \text{ V}$ データ形式: サイン+9 ビット	8
ア ナ ロ グ 出 力	抵 抗	分 解 能: 7 ビット	2
	電 圧	出力形式: $\pm 10 \text{ V}$ 分 解 能: サイン+9 ビット	8
	電 流	出力形式: 0~20 mA 分 解 能: サイン+9 ビット	8

(2) デジタル入力ユニット

デジタル入力ユニットの基本機能は外部からの接点信号を受取りその開閉状態を識別するものであるが、これに機能設定スイッチにより設定された機能をマイクロプロセッサで制御することによって、信号の変化を検出して CPU に送出するプロセスインタラプト機能を持たせることができる。このとき信号の変化として、接点の開から閉への変化時か、あるいは開から閉と閉から開の両方の変化時かの選択が可能である。

(3) デジタル出力ユニット

デジタル出力ユニットの場合においても、機能設定スイッチを用いることによってラッチ、モーメンタリ出力のいずれかの選択が可能であり、モーメンタリの場合にはショートとロングの 2 つのタイミングの選択ができる。

また、デジタル出力ユニットには AC 240 V, 3 A に耐える高容量タイプのレパトリもある。

(4) バッテリバックアップ

停電時などにおいても、動作可能なように R. P. にはバッテリバックアップがオプションとして可能である。このときバッテリバックアップ時間を長くするため、バッテリバックアップ時に動作する必要のない PIO ユニットに対してはカード上のスイッチにより動作させないことが可能である。

4. 適 用 例

以上のプロセス入出力システムを中規模ビルに適用した例を紹介する (図 4.)。

このシステムは部分的な機能の 2 重化が行われたバックアップシステムの標準的なタイプである。

ビルの規模 : 約 4 万 m²

ビル : 自社ビル

(1) 中央監視システム

計算機 : 《MELCOM 350/A 2100》× 2

補助メモリ : 20 MB 固定ディスク, 2 MB 固定ディスク

監視操作卓 : CRT 20' 内蔵 × 2

周辺機器 : フロッピーディスクアナウンスメント T/W
ロギング T/W

入出力システム :

入出力架 7 面

プロセス入出力 デジタル入力 (約 1,400 点)

デジタル出力 (約 600 点)

アナログ入力 (約 240 点)

アナログ出力 (約 50 点)

パルス入力 (約 10 点)

(2) システム機能

共通機能 : 故障・状態監視, 計測監視,
日報作成, 故障・動作記録, 遠
方発停操作, スケジュール制御

空調機制御

熱源制御

電力監視, 制御機能

防災・防犯機能

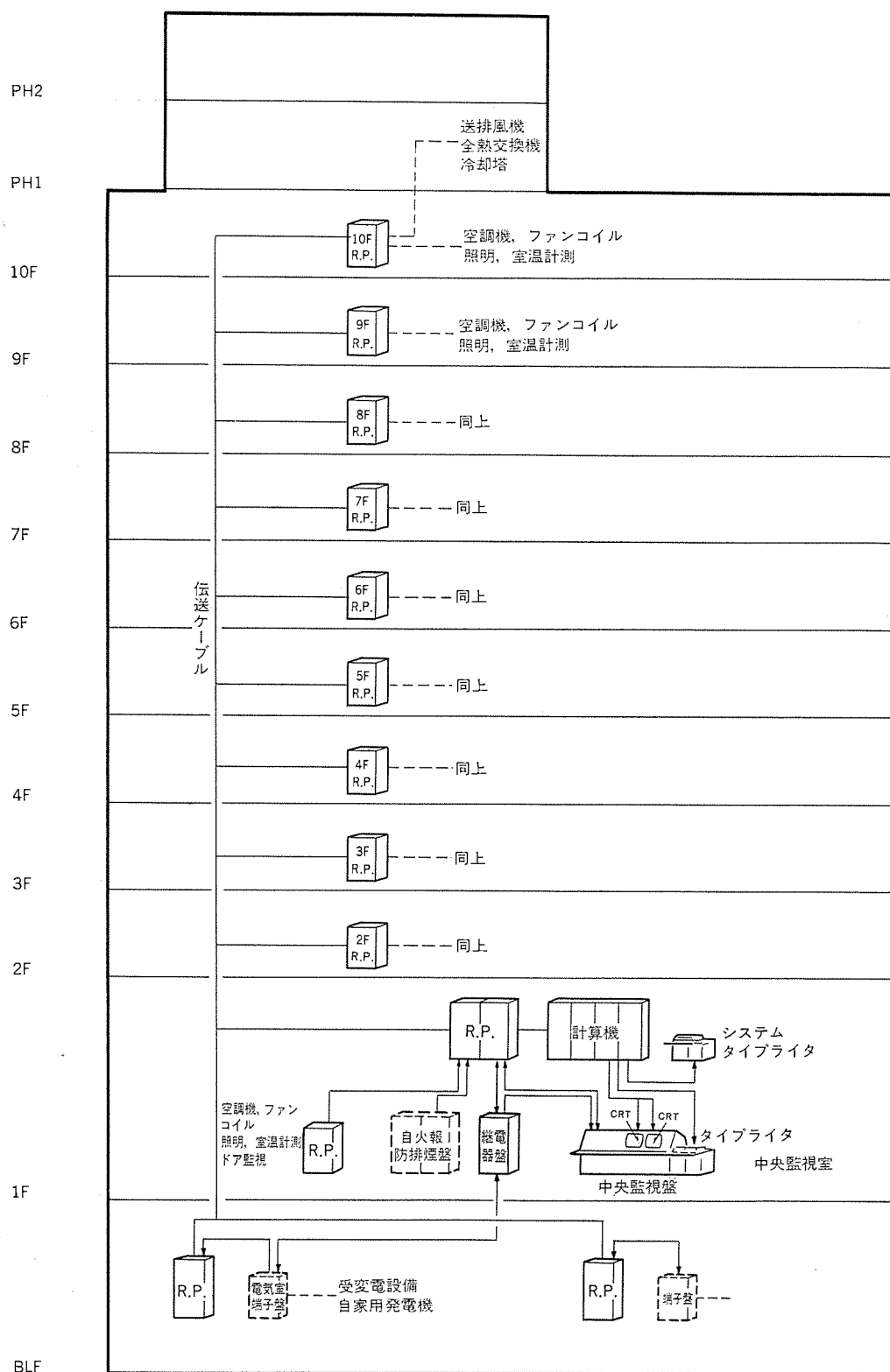


図 4. ビル 管 理 シ ス テ ム 構 成 図

5. む す び

参 考 文 献

ビル 管理 システムの構築にあたり、今回の入出力システムの拡充は今後のシステム設計に非常に有益な武器となって適用されているが、更にビルのトータル管理を実現すべき今後のテーマとして防災用カードなどの開発を行っている。

- (1) 橋本, 中尾, 前花, 西出: 工業用計算機《MELCOM 350-50》の入出力システム, 三菱電機技報, 54, No. 9 (昭 55)
- (2) 橋本ほか: 工業用高速 データウェイシステム, 三菱電機技報, 53, No. 10 (昭 54)
- (3) 有馬: 計算機によるビル管理システムの現状, 電気学会誌, 101, 2号

分散化されたソフトウェア生産システム

大井 房武*・仲 摩 寿*・白井 澄夫*・芥川 哲雄*

1. ま え が き

工業用計算機は水処理・電力・交通などの公共施設、ビル、製鉄所など産業界で広く用いられている。その使われ方も、初期のデータローガーから発展して、最近ではプロセスあるいはプラントの制御及び情報処理までも行うようになってきている。このように工業用計算機の有用性に対する評価が産業界の各分野で高まるにつれ、計算機システムに対する市場からの要求もますます厳しくなっている。従来よりも格段に規模の大きなソフトウェアを短期間、低コストで、しかも十分な品質をもって生産することが我々工業用計算機メーカーに与えられた課題と言える。

ここ数年ソフトウェア工学の分野において、生産技術の検討が要求仕様の決定から運用・保守に至る各段階に対して行われ、数々の成果が報告されている。しかし、このような生産技術自体はかなり哲学的な側面をもっており、単独で格段の効果を発揮するのは難しい。ソフトウェアを他の工業製品と同様に科学的な手段によって生産し、上記の課題を達成するには「技術（技法）」、「設備（ハードウェア）」、「ツール（ソフトウェア）」の3者をバランス良く組合せることが必要である。当社ではソフトウェア生産を一貫して支援し冒頭に述べた課題を達成するシステムとしてINTEGRATEシステムを開発している。この論文ではソフトウェア生産の中心であるプログラム開発を支援するプログラミングワークステーション（以下PWSと略す）システムを紹介するとともに、そこで実現された分散処理技術について述べる。

2. ソフトウェア生産システム

当社の工業用計算機は《MELCOM 350-50》（以下M50と略称）シリーズとしてシリーズ化されている。INTEGRATEはM50シリーズの全機種種のソフトウェア生産に用いられている。

当社における工業用計算機ソフトウェアの生産をその生産工程の流れから見ると、図1.のようになる。各生産工程では標準的なハード

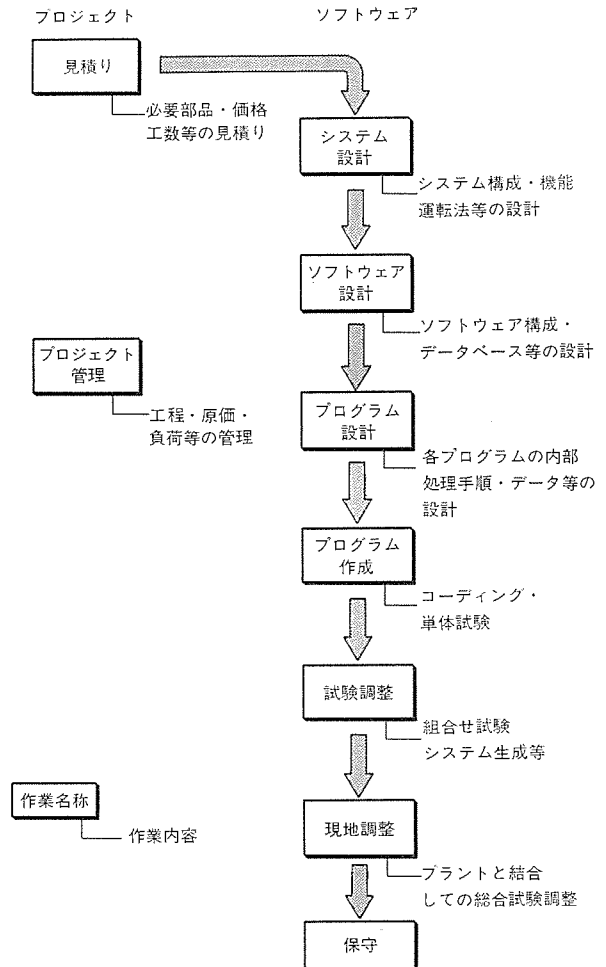


図1. ソフトウェア生産の流れ

表1. INTEGRATEシステムの機能構成

サブシステム名	概 略 機 能
見積りシステム	CRT 端末からシステム構成の決定及びシステム構成にしたがった原価見積り、機器リストなどの出力が行える。
プロジェクト管理システム	CRT 端末から工事別・月別などの原価管理、進捗状況・各担当者の負荷状況把握などの工程管理、ソフトウェア不良統計などの品質管理が行える。
設計支援システム	日本語 WP による文書作成、専用システムによる CRT 画面設計、文献・要覧などの資料検索、設計に必要な情報検索、設計仕様の記述・検証が行える。
プログラム開発システム	CRT 端末からプログラムやデータベースの作成、更に客先納入計算機のシステム生成・確認が行える。
保守システム	システム構成、納入ハードウェア、ソフトウェアの明細表などの保守に必要な情報が得られる。更に納入計算機の遠隔保守が行える。

ウェア・ソフトウェアの仕様調査、文書の作成、計算機の使用などの様々な作業が行われる。したがってある1つの生産工程のみを対象としてソフトウェア生産システムを構築しても、全体の生産効率の向上という面では効果が少ない。INTEGRATEは各生産工程・作業を支援し、個々の合理化効果を積重ねて全体として大きな効果をあげることをねらいとしている。このため、システムは表1.に示す各サブシステムから構成されている。表中のプログラム開発システム（PWS）は、多数のCRTから多数のプログラム、ソフトウェア設計者、管理者が利用し、プログラム（ソフトウェアシステム）を開発するシステムである。

3. 分散化の必要性と技術的背景

図2.にPWSのシステム構成を示す。工業用データウェイ《MDWS-30S》を介して2台のハウス計算機及び多数の端末コントローラの接続された構内分散システムが中心的な存在である。更に、大形の中央計算機、端末コントローラが通信回線により接続され、階層形分散システムを形成している。ハウス計算機は直接あるいは端末コントローラを介して間

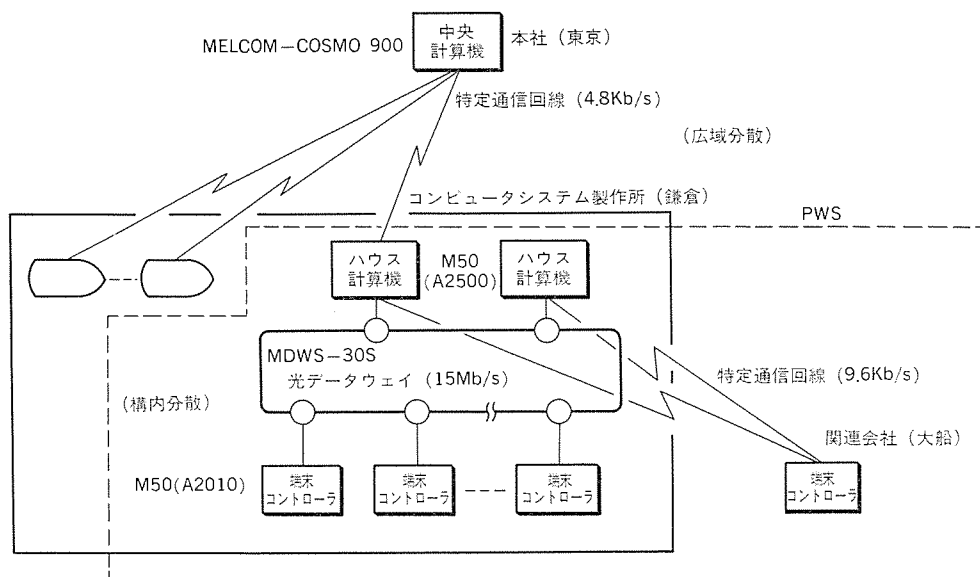


図 2. PWS システム 構成

・開発、運転コストが安く、製品ソフトウェアの価格に占める割合を低く抑えたい。

・ソフトウェア生産システムのダウンは即座に工場の生産活動停止につながる。危険を分散し、一部のシステムのダウンにとどめ、全体のサービス停止にならないようにしたい。

上記(1)と(2)を満たすため、図 2. のように、工場のハウス計算機として我々の製品と同機種である M50 を複数台設置し、端末を工場内外へ分散させるためにデータウェイ、通信回線を利用している。一方管理レベルの仕事をさせるため、社内の大形計算機と通信回線

により接続している。

3. 2 分散処理の技術的背景

PWS は当社が工業用計算機分野でもっている自社技術をそのまま用いて実現されている。図 3. に示すように、工業用計算機の基本的なハードウェアとオペレーティングシステム技術を基礎として、それに複数ユーザーへのサービスをする TSS(Time Sharing System) 技術と構内分散処理としてのデータウェイの技術及び広域通信制御の技術を組合せてシステムを構築した。すなわち、水処理や鉄鋼プラントなどでは、各生産ラインを有機的に結合する目的で、データウェイによる構内分散システムが用いられている。このようなシステムでは、例えば FEP はローカルな閉ループ制御、ホストは、総合的な監視・制御を担当する。ホストは更に上位の計算機から通信回線経由で生産管理データなどの入手も行う。FEP へのプログラムのローディングやその保守はホスト側から行うが、更にホストではオンライン運転中にテキスト編集、言語処理を初めとするプログラム開発作業を行うことができる。PWS では M50 の基本的なオペレーティングシステムに若干の改造を行い、複数の端末から同時にプログラム開発を行えるようにした。

4. PWS の 構 成

PWS は工場内のハウス計算機をホスト計算機として構築されている。ホスト計算機は 2 台あり、いずれも図 4. に示す構成となっている。以下ではホスト計算機の構成上の特長について述べる。

(1) 高性能機能分散形計算機

高スループットを得るため、ホスト計算機は、端末ユーザーのジョブを実行する A 2500 CPU、データウェイ及び通信回線の入出力をそれぞれ行う専用プロセッサの 3 つをメモリバスを介してチャネル結合することにより構成し、機能分散形計算機とした。

(2) ワークステーションの構成・種類

オフィス、計算機室、調整工場などに分散して設置された各ワークステーションは端末装置 (CRT, TW) と周辺機器 (LP, MT など) から構成されている。ワークステーションにはその用途に応じてパッチ処理専用、一般ユーザーの TSS 処理用、マイクロコンピュータのプログラム開発用などの種類があり、周辺機器構成も異なっている。

(3) 大容量ディスク

ユーザーのプログラムなどは大容量ディスク上にユーザーごとに設けられ

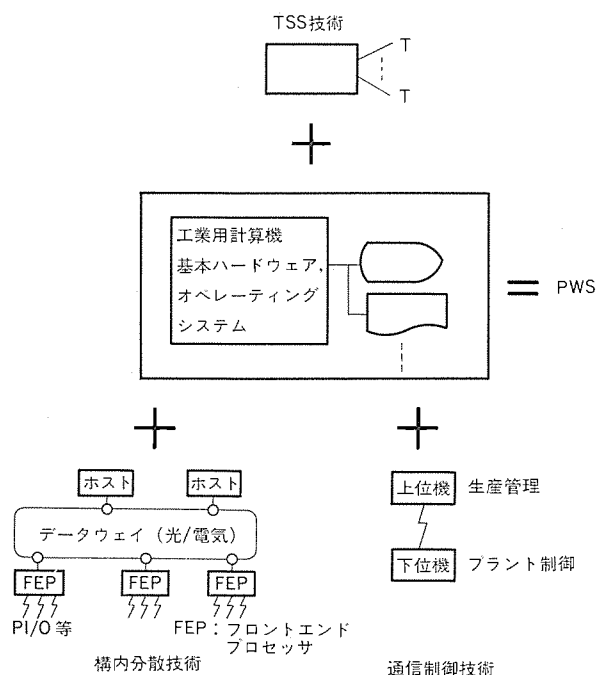


図 3. PWS の 実 現 技 術

接に接続されている多数の端末のホスト計算機である。これらの端末からは中央の大形計算機を使うこともできる。この場合、ハウス計算機は端末コントローラの役割を果たす。以上のような分散処理システムは以下に示すような分散化に対する必要性和技術的背景により成立している。

3. 1 分散化の必要性

以下に示すようなユーザー及び開発・運転管理者の要求を満足するためにシステムの分散化が必要になる。

(1) ユーザーの要求

- ・手近に計算機を置いて、いつでも自由に使いたい。
- ・処理結果をタイムリーにしかも希望する媒体で入手したい。
- ・機械的な作業を自動的に行うような機能を手軽に利用したい。
- ・客先に出荷するシステムと同様の操作で作業を行いたい。

(2) 開発・運転管理者の要求

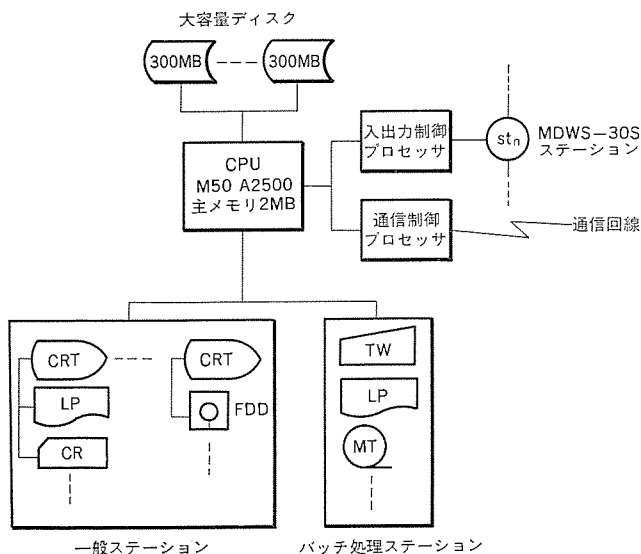


図 4. PWS ホスト 計算機のシステム構成

る私用ボリューム (詳細については後述) に格納される。また、ワークステーションごとに、処理の中間結果の格納などに用いられる作業ボリュームが用意されている。したがって、PWS のユーザーは大容量ディスク中のボリュームやファイル処理を主体とした作業を行う。

5. PWS の 特 長

PWS は操作性にすぐれ豊富な機能を備えており、センターの運営管理が容易、ソフトウェアの生産状況のは (把) 握が容易などの特長をもった TSS システムである。その特長のそれぞれについて以下に述べる。

5.1 使いやすさ

TSS 処理の目的は、図 5. に示すように、プログラム開発過程における人間の思考の中断をなくし、計算機と会話しながら集中的な作業を行うことにより、ユーザーの生産性を向上させることにある。このため、PWS では図 6. に示す機能を一般ユーザーへ提供している。

(1) 操作の互換性

客先に納入するものと同機種のハウス計算機上に PWS を構築したので、ユーザーは異和感なく PWS の端末を使うことができる。また、同一のコマンドをバッチと TSS の双方で使うことができ、ユーザーは必要に応じてこれら 2 つの処理形態を容易に使い分けることができる。

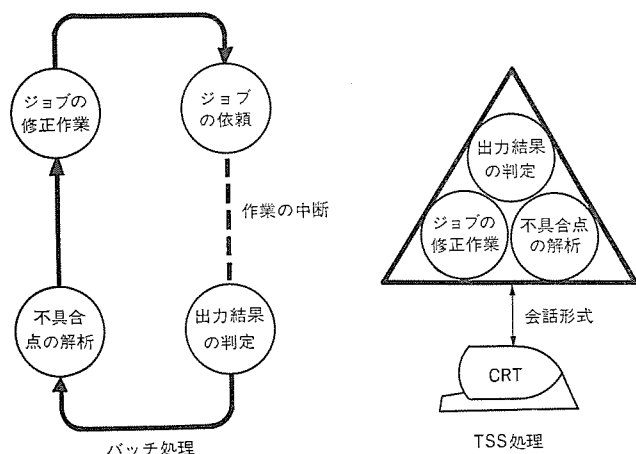


図 5. バッチと TSS におけるプログラム開発過程の相違

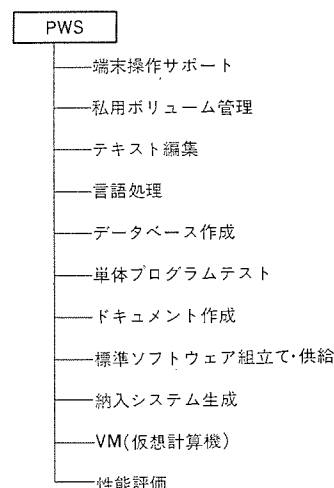


図 6. PWS 機能構成 (一般ユーザーが使うもののみ示した)

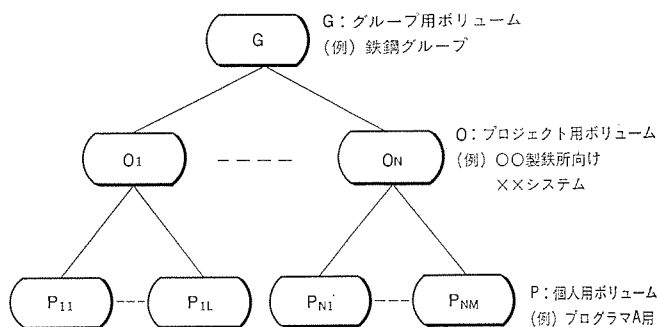


図 7. 私用ボリュームの利用法

(2) 操作性の向上

端末からシステムに間合せることにより、ユーザーは PWS の機能や操作方法を知ることができる。また、よく行う操作については、それに必要な一連のコマンドをディスクへ登録しておき、1 回の呼出しで実行することができる。更に、これら一連のコマンドをバッチジョブ投入機能を用いて、端末からバッチ処理依頼できる。

(3) 私用ボリューム

PWS ではシステムの大容量ディスクの領域を多数のボリュームに分割し、各ユーザーに提供している。これを私用ボリュームと呼んでいる。私用ボリュームはその用途により 3 種類設けてあり、図 7. に示すようにソフトウェアを生産する組織の構造を反映した階層構成をとっている。このような階層構成と私用ボリュームごとに設定される所有権及びアクセス権によって、当該ボリュームを保護すると同時に、グループやプロジェクト内でのプログラムなどの流用を促進している。したがって、ユーザーのプログラム開発作業は、図 8. に示すように、個人用ボリュームやプロジェクト用ボリュームなどの私用ボリュームを中心として行われる。

(4) テキスト編集

プログラムやデータのソーステキストの編集はエディタを用いて端末から会話形式で行う。PWS では端末を使う時間の 70% はテキスト編集で占められ、エディタの使いやすさは生産性に大きく影響する。

(5) 言語処理

M50 シリーズの全機種はいずれも上位方向の命令互換性を有している。したがって、PWS では工業用 PL/I, FORTRAN などシリーズに含まれる全機種の言語プロセッサを一元化して準備している。

(6) データベース作成

プロセス入出力や CRT 画面フォーマットなどの規模・構造・用途に最適

分散処理システムにおけるCRTマンマシンインタフェース

香取和之*・西出政司*・渡部明洋*

1. ま え が き

マイクロプロセッサや半導体技術とモニタテレビのブラウン管の進歩により、CRTディスプレイ装置の性能と経済性はこの10年間に著しく向上してきた。このCRTディスプレイ装置はマンマシンインタフェースとして表示器やプリンタやXYプロッタに対して、

- (1) 応答速度が速い。
- (2) データの編集が容易であり、例えば固定画面と可変画面の重ね合わせが自由にできる。
- (3) カラー化、ブリンクなど情報の多元化が可能である。

(4) ライトペンを使用して表示情報に直接指示を与えることができる。

などの特長を有しており、今日では工業用計算機システムにおけるマンマシンインタフェースとして中心的役割を果たしている。

一方、このマンマシンインタフェースを用いる工業用計算機システム構成の動向は次のとおりである。すなわち、プラントの高効率、省エネルギー運転は増々強く要求されており、環境保全などの運転上の社会的要請、規制と共に、プラントの運転監視制御は複雑化、広域化の一途をたどっている。このため、プラントの運転監視制御を行う工業用計算機システムは1台の集中化したプロセッサでは性能的にも、またハードウェアの故障が全機能に影響する点からも対応しきれなくなっており、プロセッサ及びプロセッサ間データリンクの進歩と相まって、図1.に示すような複数台のプロセッサからなる分散処理システムが増えている。

この機能別分散処理システム構成は、工業用CRTマンマシンインタフェースに対して以下の本文で述べるように、オペレータインタフェースと各種エンジニアインタフェースを分離・整理して最適化させることを可能にできた。本稿では、機能別分散処理システムがCRTマンマシンインタフェースに及ぼすインパクトを述べると共に、ユーザーと密接な関係になるオペレータインタフェースとエンジニアインタフェースの課題とそれを解決する最新の技術について実例を混じえながら述べることにする。

2. CRTマンマシンインタフェースの種類と分散処理

工業用計算機システムにおけるマンマシンインタフェースは、図1.に示すように、プラントオペレータ用、プラントエンジニア用、計算機プログラム用と異なる階層の人々を対象としているが、従来からこれらマンマシンインタフェースをシステムとしての調和を保ちながら目的の機能や性能に適するように構成することが課題であった。

従来の集中処理システムにおいては、図2.に示すように、マンマシンインタフェースを3種類の階層に物理的に分離はしたが、1台の計算機内の共通データベース上に種々雑多な処理要求のデータを乗せて構成しようとしていたため、システムが複雑になり、マンマシンインタフェースの操作のためにユーザーが計算機の知識を必要としたり、更に処理要求が拡大した場合には処理性能の限界のためにCRTの応答性の低下を招いていた。

一方、工業用プロセッサとプロセッサ間のデータリンクの進歩により、経済的に分散処理システムが構成されるようになるにつれて、上述の問題を機能別分散処理により解決することが可能になってきた。

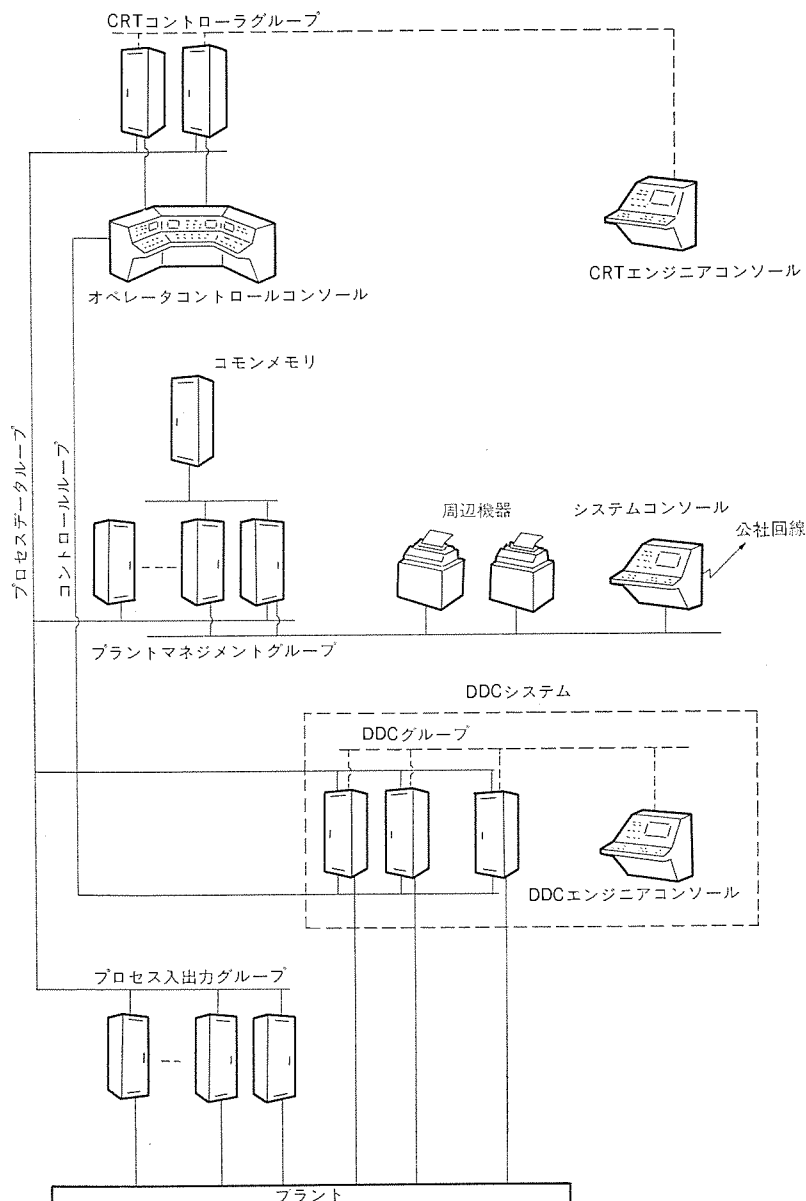


図1. 分散処理システム構成概念図

オペレーティング・ファース

プラント

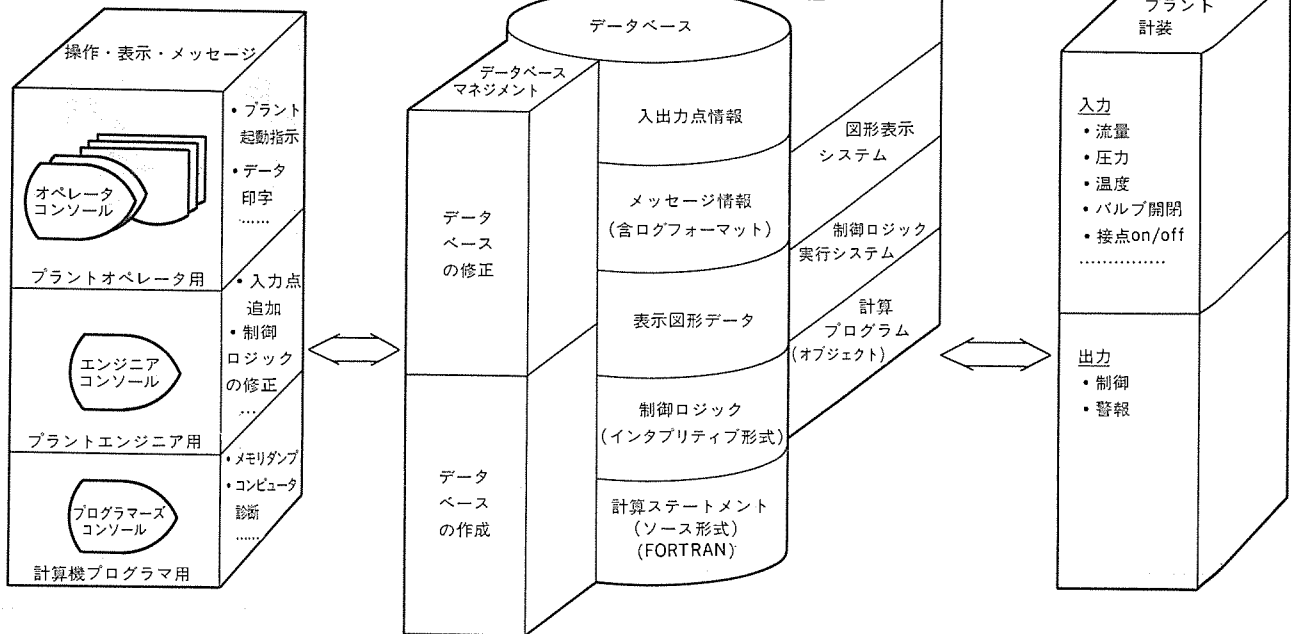


図 2. 集中処理システムにおけるマンマシンインタフェースの階層

つまり、機能別分散処理システムでは、図 1. に示すように、CRT コントローラグループ、プラントマネジメントグループ、DDC グループなどと機能別に計算機を割当ててこれらを有機的に結合しながらトータルシステムを構成することにより、各計算機の機能は簡素化かつ専用化され、また各機能についても十分な処理能力が得られるようになって、その CRT マンマシンインタフェースも目的に適した機能・性能が得られるようになってきた。

このようにして、分散処理システム構成によりその目的に適した機能・性能が得られる道の開けたオペレーティング・ファースとエンジニアファースについて、以下にその詳細を述べる。

3. オペレーティング・ファース

プラント中央監視操作としてのオペレーティング・ファースに要求される課題を述べ、次に分散処理システムの CRT サブシステムにおいてどのように解決しようとしているかを述べる。

3.1 オペレーティング・ファースの課題

プラントの監視制御は多くの場合集中化された中央制御盤をベースに行われており、盤上には指示計、記録計、操作スイッチ、警報表示窓などが配置され、運転員はこれらを監視・操作することによりプラントの運転を行ってきた。

一方、プラントの大容量化とプラント運転監視制御の複雑化により盤上の計器はますます増えて、各所に分散している計器によりプラントの状況を正しくは(把)握することが困難になってきた。

このような状況から、CRT ディスプレイ装置を中心にして中央制御盤をコンパクトに構成し、工業用計算機の優れた処理性と CRT ディスプレイ装置の柔軟な表示性により、運転員に提供する情報量と情報形式を運転モードに合わせて最適化することが行われつつある。この

ように、通常計器盤に代わり監視操作の中心として CRT ディスプレイ装置が使用されるようになるにつれて、従来計器の機能・性能及び特長を損なわず、より進んだ監視性・操作性を発揮することが CRT マンマシンインタフェースに求められ、以下に述べるような応答性、視認性及び情報量への要求が高まってきている。

- (1) 運転員の操作に異和感がない程度の高速な画面表示（例えば 1 秒以内）。
- (2) 指示計を棒グラフ表示で置き換えるとき、状態量のダイナミックな変化をとらえられる速さでのデータ更新が望ましい。
- (3) 調節計パネルを CRT コンソールで実現するとき、設定値や操作値をアナログタッチで増減できるための時間遅れの少ない高速な画面更新が必要となる（例えば 0.1 秒周期の表示更新）。
- (4) 運転員にとってなじみやすい漢字・かな表示の全面的採用。
- (5) グラフィックパネルに代えて系統図表示を行う場合、きめ細かい表示を行うための高密度化が要求され、更に 20 インチ以上の大画面も求められつつある。
- (6) 解析データの進んだ表示方法である円グラフ表示、スペクトラム表示やゆりつぶしパターン表示などのグラフィック機能の充実。

3.2 CRT ディスプレイサブシステム

前節の CRT オペレーティング・ファースの課題の解決のために CRT サブシステムに求められているものは、

- (1) 応答性、視認性、情報量に優れた CRT ディスプレイ装置。
 - (2) CRT 表示・操作のためのデータ収集、表示データ変換などを高速に行う分散化されたプロセッサ。
- であると言える。

工業分野における前節の要求を現状のハードウェア技術で経済的に実現しつつある CRT ディスプレイ装置として、M 2398 カラー CRT を

表 1. M 2398 ディスプレイ 性能一覧

形 名		M 2398-10/30	M 2398-20/40		
項 目					
表 示 方 法		ラスタスキャン方式			
CRT		20 形高解像度カラーブラウン管, カラー 7 色表示			
表 示 機 能	表 示 文 字 数 (横×縦)		4,800 字	7,200 字	
			100 字×48 行	120 字×60 行	
	大 き さ (横×縦)	文 字	2.3×4.4 mm	1.9×3.5 mm	
		図 形	3.2×5.0 mm	2.7×4.0 mm	
	文 字・簡 易 図 形 の 種 類		文字・記号: 128 種 固定 図 形: 64 種 任 意 図 形: 320 種 (重ね合わせ 表示機構実装時は 640 種)		
	オ プ シ ョ ン 表 示 機 構	重 ね 合 わ せ		基本表示と同じフォーマットで重ね合わせて表示される	
		倍 サ イ ズ (横×縦)		14×16ドットのパターンを 1 画面当り 128 種表示可能	
		トレンドグラフ分 解能(X軸×Y軸)		1,200 字 (50 字×24 行)	1,800 字 (60 字×30 行)
				本数制限なし	
画 面 移 動 機 能		700×384	840×480		
		装置側に 4 画面相当のリフレッシュメモリを備え, 計算機, キーボード, ジョイスティックからの指示 により表示内容を連続的に移動する			
そ の 他		画面移動, グラフィック表示			

あげることができる。M 2398 は文字・簡易図形表示、画面保護・入力フィールド処理などの機能に加えて、

- (1) 最高 7,200 文字の高密度表示
 - (2) 倍サイズ任意図形表示機能による漢字表示
 - (3) ドット制御、ベクトル表示や長方形エリアぬりつぶし図形などのグラフィック表示
- を実現した装置 (表 1.) である。

M 2398 ではバイポーラ ALU (Arithmetic Logic Unit) をマイクロプログラムで制御する方式により処理の高速性と機能の豊富さを実現しており、更に、

- (1) 高密度カラー表示のために、通常の工業用モニタテレビの約 2 倍の表示分解能を備えた当社の高解像度カラーモニタを採用している。
- (2) 従来の 7×8 ドットの任意図形に加え、最大 512 個の 14×16 ビットの任意図形パターンを書換え可能な RAM に収めることにより、工業用分野で用いられる漢字表示を経済的に実現している。
- (3) 約 150 K バイトのリフレッシュメモリにより、ランダムスキャン方式でグラフィック機能を実現している。

一方、アプリケーションプログラムが CRT 表示に要する時間は計算機内での表示データの収集と検索、浮動小数点などのデータの表示文字形式への変換、CRT への表示文字の伝送などからなっており、CRT 表示の高速化のためにはこれらの処理を専用に行うプロセッサが必要となる。この CRT コントロールプロセッサに要求される事項としては、

- (1) 分散した DDC やマネジメントプロセッサから統一された形式でデータの授受が行えること。
- (2) 関連する表示データがすべてこのプロセッサの主メモリに置けるだけの大容量主メモリを有していること。
- (3) 各種データ形式の変換がこのプロセッサのハードウェアで高速に行えること。

などであると言える。《MELCOM 350-50》工業用計算機シリーズは各機種間の統一化されたデータリンク手段を用意しており、また中位

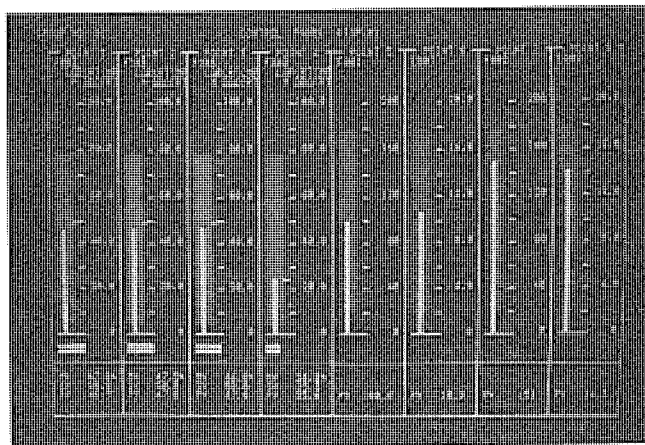


図 3. 調節計パネル表示

機種《MELCOM 350-50/A 2100》でも 392 K バイトの主メモリを有するなどこれらの要求事項に適していると言える。

3.3 オペレータインタフェースの実例

三菱総合計装制御システム《MACTUS》での CRT オペレータコンソールの画面例として、M 2398 CRT を用いた調節計パネル画面を図 3. に示す。画面上には 8 台の調節計を表しており、測定値、設定値、操作値や正常運転域を多数色の棒グラフにより表現している。なお、設定値や操作値の変更は、CRT 画面を見ながらアナログ調節計の場合と同様なタッチで、キーボードから行うことができる。

4. エンジニアインタフェース

エンジニアインタフェースの課題を述べ、次に分散処理システムにて制御エンジニアインタフェースがどのように実現されているかを例として述べる。

4.1 エンジニアインタフェースの課題

プラントの運転監視制御における工業用計算機システムの重要性が高まり適用範囲が広がるにつれて、その機能のビルドアップと保守が計算機プログラムに限定されることは、プラントエンジニアにとってブラックボックス化されたシステム機能の正しさへ不安を抱かせ、またシステム開発への参加を困難にし、かつ現場での機能修正に柔軟に対応できないなどのいくつかの問題点を顕著にしてきた。このため、計算機システムの入出力点情報、メッセージ情報、CRT 表示図形、制御ロジック、計算機ステートメントについて、CRT を用いたエンジニアコンソールからプラントエンジニアに分かりやすい言葉でシステムビルドアップ又はプログラミングできることが求められている。

- (1) 入出力点情報については、入出力番号、名称、変換式やリミット値などをオンラインで CRT と対話しながらスクリーンエディット形式で変更できること。
- (2) メッセージ情報は警報メッセージやログフォーマットからなっており、入出力点情報の場合と同じく、計算機内部のファイル構造やコード形式を意識することなく変更できること。
- (3) CRT 表示図形については、グラフィックシンボルを含むキーボードを用いて CRT との対話によってプラントエンジニアが系統図などを容易に作成・修正できること。
- (4) 制御ロジックについては、計装制御エンジニアが計算機の知識を必要とせず、従来のアナログ制御やシーケンス制御の知識で DDC ソフトウェアを作成し修正でき、更にそのソフトウェアはテストしやすい構造であり、DDC の実動作状況などで CRT 画面上でモニタできること。
- (5) プラントの性能計算のためのステートメントであるフォートラン言語

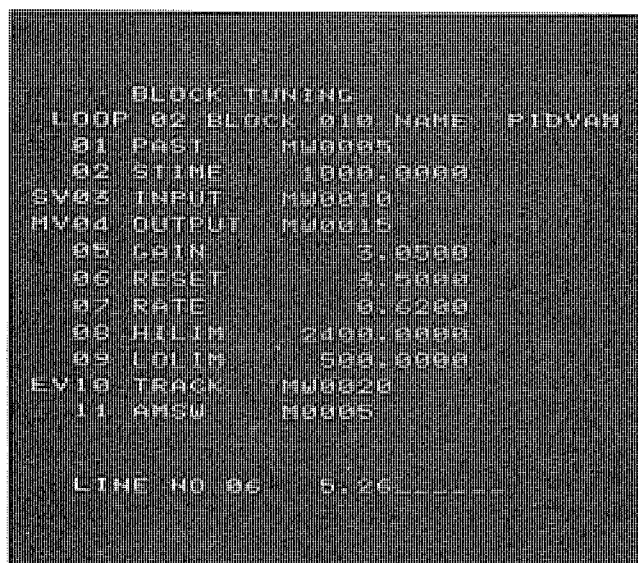


図 4. PID ブロック表示

はもはや計算機プログラマ向けのみの言葉というより、プラントエンジニアを含めた広範囲な人々の言葉と考えられており、このフォートラン言語のソースステートメントをCRT画面上で修正・編集してコンパイルし、かつテストできることが求められつつある。

4.2 制御エンジニアインタフェースの実例

機能別分散処理システム構成により、プロセッサの処理機能及びマンマシンインタフェースが専用化され、従来の集中形に比べて計装制御エンジニアとのマンマシンインタフェースが著しく向上した分野としてデジタル制御があげられる。

例えば、三菱総合計装制御システム《MACTUS》のDDCコントローラ《MACTUS 810》では、9インチCRT、カセットMT、簡易プリンタ、キーボードなどから構成されるオペレータズパネル(M 2953)により次の操作ができる。

- (1) 制御ループの生成：PID, AND, ORなどの制御要素に1対1に対応したキーボードと制御要素への入出力信号の線番を指定するキーボードを操作して、制御ループの新規登録、ロジック変更、パラメータ修正などを行うことができる(図4.参照)。
- (2) 制御ループの監視とプロセスの監視：ループの自動/手動などのモード表示とプロセス信号(又は制御要求の中間信号)の現在値を一定周期でトレンド表示する。

同様に、電気エンジニアによるシーケンス制御向きのマンマシンインタフェースとしては図5.に示すようなリレーラダー回路図をCRT画面上で作成・修正できる可搬形のプログラミング装置(M 2954)を用意して

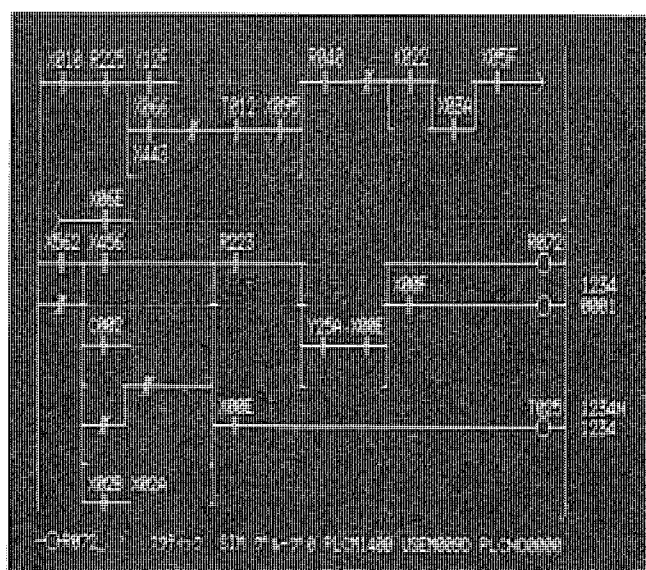


図 5. リレーラダー回路図表示

いる。

これらのプログラミング装置により制御用プログラムの作成と現場での保守は従来に比べて容易になったが、更に制御用ソフトウェアの生産性、信頼性と保守性の一層の向上のために、制御用ソフトウェア設計支援ツール(CAD)と制御用プログラミング装置を統合することにより、制御用ソフトウェアをCRTベースで一貫して設計→製造→試験→保守→図面化することが新たに求められつつある。

5. む す び

機能別分散処理システム構成をとることにより、各機能の処理能力は向上し、またそのマンマシンインタフェースもより専用化され、その機能に適したものになりつつある。

一方、分散処理システム構成にとって各処理プロセッサ間の統一化された形式でのデータの授受をいかに効率よく行うかが分散処理と集中化されたオペレータインタフェースのために必要となっており、計算機プログラマーズコンソールからの分散したプロセッサの集中的な保守の必要性和共に、分散処理システムの基本的な課題として今後解決していかなければならない。

なお、CRTのエンジニアインタフェースにおいては、表示図形をCRTと対話しながらプラントエンジニアが作成・修正できる画面ビルダ機能が今後特に重要になると思われるが、これについてはまた稿を改めて触れたいと考えている。

工業用計算機システムにおけるモダニゼーション

今道周雄*・稲本 惇*・芥川哲雄*・黒田健児*・高木正博*

1. ま え が き

工業用計算機が一般的に普及するようになってから10年程度にしかならないが、この10年余の間のこの分野での技術革新の速度は目覚ましいものであった。この技術革新に呼応して多くの既設システムにおいてシステムの近代化(モダニゼーション)の要求が高まるのは当然のことと言えよう。また、工業用計算機システムを構成する各ハードウェア機器の寿命は一般的に10年から15年と言われている。したがって、工業用計算機システム導入の初期の時代のシステムについては寿命に近づいているということになる。これら2つの動向が合流してシステムのリプレースを前提としたシステムのモダニゼーションが多くの既設のプラントにおいて計画され、実現されてきている。また、モダニゼーションは近い将来において工業用計算機の分野において重要な課題となるであろう。ここではプラント側におけるシステムのモダニゼーションの分析と工業用計算機《MELCOM 350 シリーズ》におけるモダニゼーションの思想との両面からの議論を展開することとする。

まず、2章では工業用計算機システムに対するユーザー側の要求(ニーズ)が初期の頃と比較していかに拡大してきているかについて分析する。次に、3章でメーカー側の対応(ニーズ)として《MELCOM 350 シリーズ》がいかに近代化されて今日の《A 2500》プロセッサを中心としたシリーズになってきたかについて論ずる。特に、《MELCOM 350 シリーズ》の発展の歴史を振り返って、単なる性能のアップや機能のアップではなく、基本的な方式に対する思想の統一がシリーズの中に流れており、ユーザー側のモダニゼーションの要求にいかにか合致した発展の歴史をこのシリーズが持ち続けてきたかについて言及する。4章ではシステムの耐用年数について議論し、最後に5章で当社におけるモダニゼーションの実績をベースとしたモダニゼーションのパターン化を試み、6章では工業用計算機の分野におけるモダニゼーションの動向を分析することとする。

2. システム規模の拡大

ここでは、工業用計算機が一般化した1960年代後半から現在に至るまでの歴史に目を向け、工業用計算機システムの規模がこの間にいかに拡大してきたかについて論ずることとする。1つの代表例として鉄鋼プラントの熱延工場(ホットストリップミル工場)向けのシステムを取上げる。当社における納入実績を出荷ベースで年代順に並べ、各実績において、(1)データファイル容量、(2)アプリケーションソフトウェア容量、(3)周辺機器台数、をプロットしたものが図1.である。この図にみるように、システムの規模の拡大は時代の進歩とともに線形というよりはむしろ指数関数的であると言える。すなわち、システムの規模として、ここ2~3年の拡大の様相には目をみはるものがあるようである。このような拡大傾向は1つ鉄鋼プラントでの傾向ではなく、一般的に工業用計算機システムの分野における一般的な傾向であると言うことは事実であろう。

現在我が国で推進されているシステムのモダニゼーションは1960年代

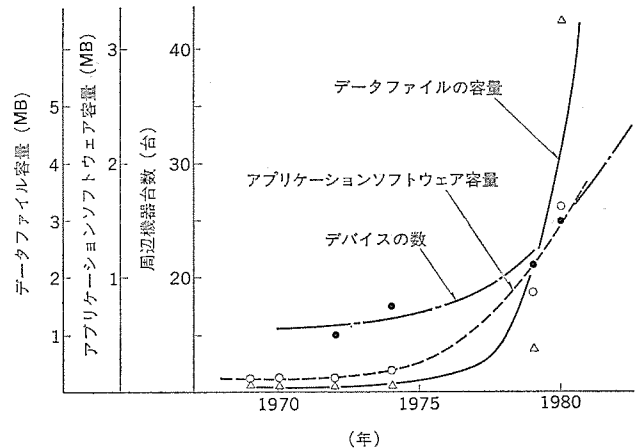


図1. ホットストリップミルライン向け計算機システムの拡大

後半から1970年代前半にかけて設置された計算機システムがその大半を占めている。それらのシステムを現在のシステムへ置き換えるにあたっては、単なる置き換えではなく、システムの機能・性能あるいはマシン規模に対する全く新しい要求に応じられるシステムでなければならないということになる。

3. 《MELCOM 350 シリーズ》におけるモダニゼーション⁽¹⁾⁽²⁾

2章に示したような応用面からのモダニゼーション要求に追従してきた各年代におけるシリーズの最上位機種である《MELCOM 350-30》(以下M30と略す)、《MELCOM 350-30F》(以下M30Fと略す)、《MELCOM 350-50》(以下M50と略す)のモデルA2400、モデルA2500の各機種の能力とシステム構成用コンポーネントの面から、このシリーズにおけるモダニゼーションの足どりを追うこととする。

計算機システムの能力として、

- (a) 命令実行速度(ギガフロップ・ミックス値)
- (b) 最大主メモリ容量
- (c) 命令数
- (d) 入出力チャンネルスループット
- (e) マルチ化における標準結合台数

について評価したものが表1.であり、これらのデータを図式化したものが図2.である。

表1. 《MELCOM 350 シリーズ》能力の変遷

	発表時期 (年)	最大主メモ リ (KB)	演算能力	命令数 (種)	チャネル数	CPU 結合台数
M-30	1968	128	1.0	93	4	1
M-30 F	1970	128	8.5	149	4	1
A 2400	1975	512	17.4	150	6	2
A 2500	1979	2,048	53.0	250	7	8

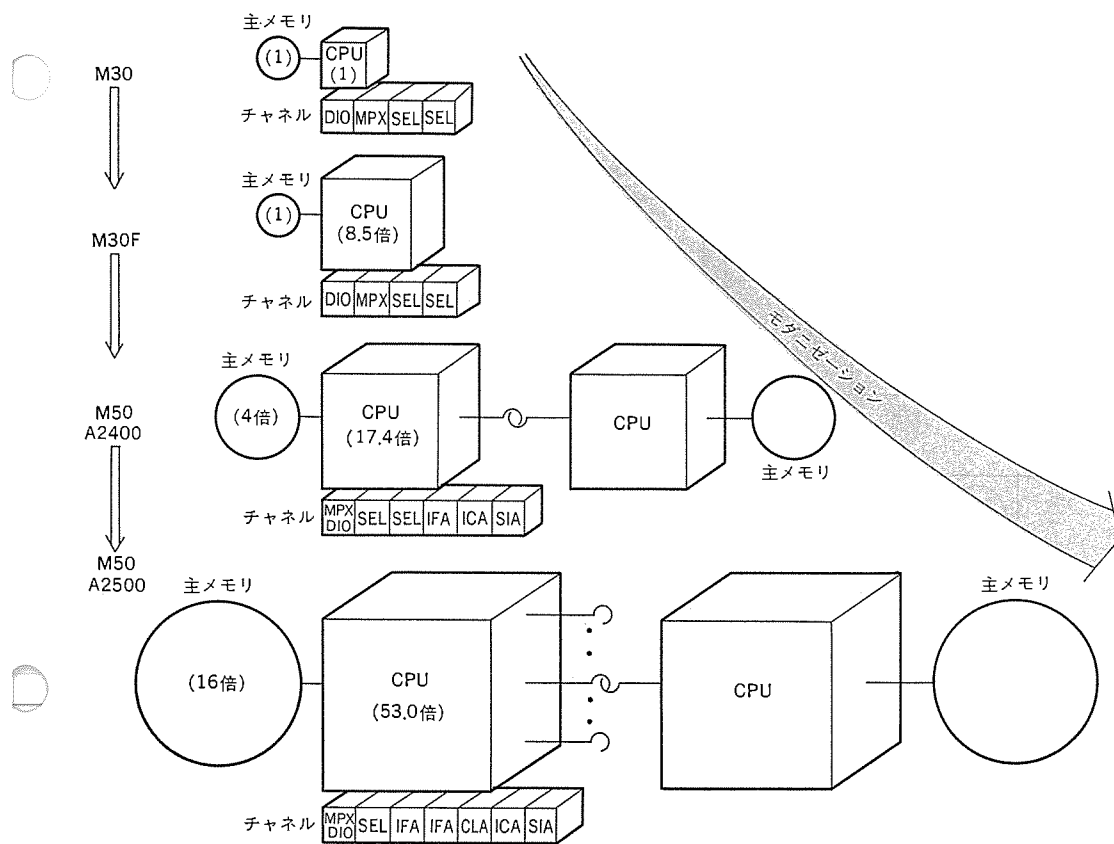


図 2. 《MELCOM 350 シリーズ》能力の変遷

入出力チャネルの能力もシステムスループットに大きな影響を与える。シリーズとして一貫して IO からの主メモリアクセスをすべてチャネルの制御下に置き、チャネル記憶保護機能を始めとしてデータのセキュリティを重視する思想を継承し、接続されるチャネルインタフェースの互換性を保ちつつチャネル数を増加している。更に、M50/A2400 からはチャネルアドレス変換を導入し、M50/A2500 では従来の内蔵チャネル方式から独立チャネル方式にするとともに、システムバス能力を向上させ、各チャネルの並列動作と CPU への妨害率を大幅に低減させて大規模システムへの対応を行っている。

図 2. にみるように、M30→M30F→M50/A2400

と確実に能力の向上が図られてきたが、M50/A2500 の能力向上の比率は従来の能力向上のペースをりょうが(凌駕)するものである。一方、図 3. に平均的システムの容積の変遷を示しているが、能力を飛躍的に向上させながら容積は減少していることはシステムのモダンゼーションの観点から重要な点である。

システムの大規模化、分散化に伴ってシステム構成用コンポーネントの拡充も重要である。

システムスループットの向上及び高信頼化の要求にこたえるために、コモンメモリ・計算機間結合装置によって最大 8 台の CPU のマルチ化を実現し、デュアルアクセスファイルからマルチアクセスファイルに強化している。分散システムを構築するために、同一の命令体系及び OS の体系を有するコンポーネントプロセッサ (M50 モデル A2100, モデル A2010) と遠隔にあるそれらを従来のチャネルと同等の速度で結合するデータウェイシステムを用意し、上位計算機から下位計算機に対するプログラムローディング機能、上位計算機での下位計算機のプログラム作成・メンテナンス機能を実現し、分散システムの構築とそのスムーズな拡張に対する技術を提供している。

システム構成用コンポーネントの拡充はシステムモダンゼーションに伴うマンマシン機能拡大の要求に対しても展開され、CRT システムに代表されるように多色化、高速化、低騒音化が行われている。

システムのモダンゼーションを CPU のリプレイスによって考えた場合に、シリーズとしてハードウェアだけでなくソフトウェアの面からも思想の統一性が望まれるが、M30 以来のオペレーティングシステム (TSOS) を強化発展させて継承しているように、ソフトウェアにおいてもスムーズなモダンゼーションを可能としている。

また、ソフトウェアは従来からの互換性を持ちつつも次第にその生産性を高めるために技術の向上が図られてきている。表 2. にこの状況を示すように、プログラミング言語は 1960 年代のアセンブラから 1970

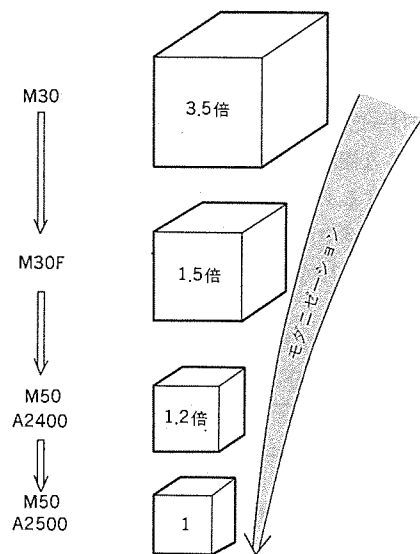


図 3. 《MELCOM 350 シリーズ》基本構成におけるキャビネット容積の変遷

トランジスタ→IC→LSI の発展にみられる半導体技術と方式技術の進歩により、命令のレポートリーとして上位方向への互換性を有し、命令実行速度の向上を行っている。M50/A2500 では従来の命令にベースレジスタを導入することによって論理空間を拡大し、パイプライン方式と関数プロセッサによりアプリケーションプログラムの高速実行を可能とし、高級言語によるプログラミングの動向を支援している。

主メモリ容量はコアメモリシステムから IC メモリシステムに移行するに伴って急激に容量を増加させ、《MELCOM 350 シリーズ》では早くから IC メモリ化を推進するとともに、プログラムの互換性を保ちながらアドレスの拡張を図ってきた。

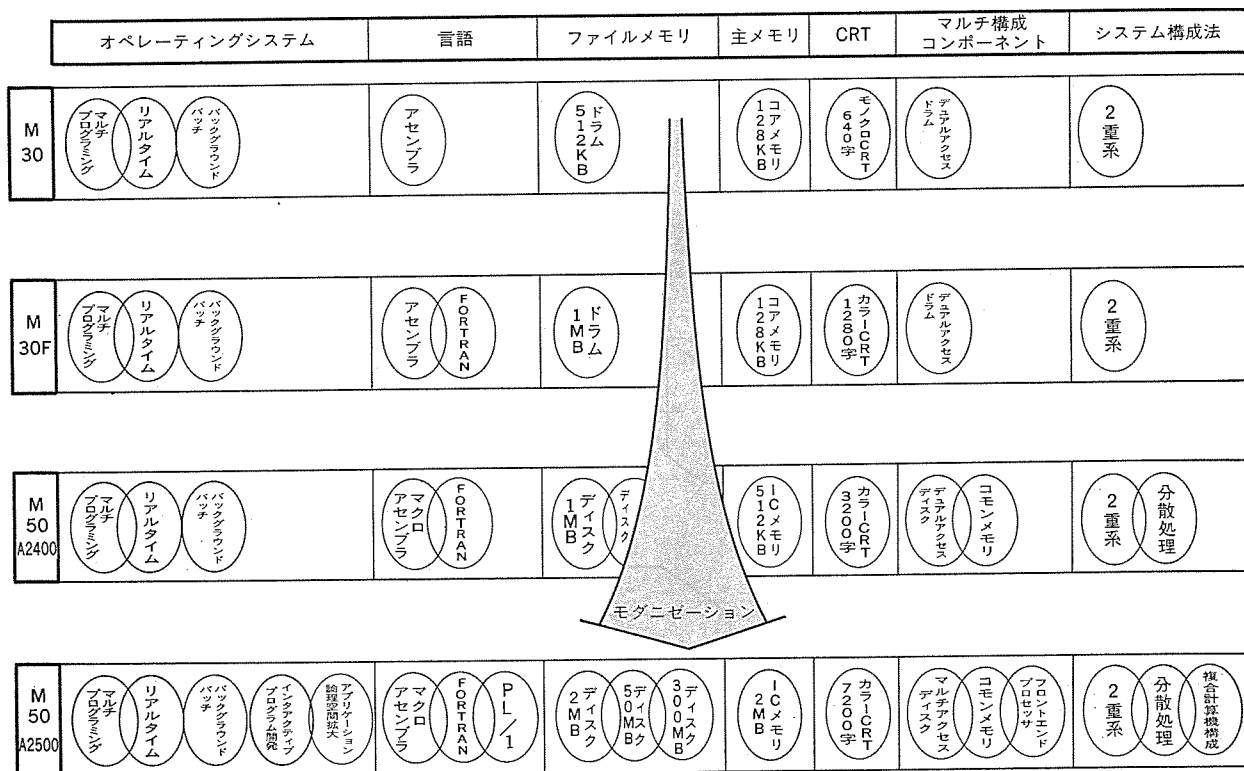


図 4. 《MELCOM 350 シリーズ》における機能の発展

表 2. 《MELCOM 350 シリーズ》におけるソフトウェア技術の進歩

技 術	1960 年代後半	1970～1980 年代
言 語	アセンブラ	FORTRAN, PL/1
Running Support	モニタ	モニタセミベリシク
伝 送	ハンドラ	トランスペアレント化
プログラム生産	バッチ	インタラクティブ
パ ッ ケ ー ジ	コンポーネントパッケージ (サブルーチン)	システムパッケージ 計 装 ビル管理 電力プラント監視など

年代の FORTRAN を経て PL/1 が使用される段階になり、処理系、伝送ソフトも従来のハンドラ的なものを1歩進め、ユーザーからは物理的な仕様、接続をかくすようなトランスペアレント化をし、易しくアプリケーションプログラムが組めるようにしてある。プログラム生産の環境としてもバッチからインタラクティブなシステムへの移行をしているし、何よりも生産性を高めるためのソフトウェアのパッケージ技術が向上した。

これまで述べたことを《MELCOM 350 シリーズ》における機能の発展として図 4. にまとめている。この図にみるように、このシリーズにおいてハードウェア面だけでなく機能的な面あるいはソフトウェアの面からしても、シリーズの発展の履歴がプラント側のモダニゼーションの流れに即したものであり、またその中に思想の統一を保つことにより、システムのモダニゼーションを実現するためのシステムのリプレイスに対して極めて高い信頼感を与えるものであろう。

4. システムの耐用年数

工業用計算機システムを構成するハードウェア各機器の耐用年数につい

ての確定的な評価は困難である。なぜならば、各機器の耐用年数については、(1)動作回数(使用ひん度)、(2)使用条件、(3)環境条件、(4)保守レベルなどの要因が大きく影響するからである。表 3. (a) はハードウェア機器の耐用年数につき機械部分とエレクトロニクス部分に分け一応の目安を与えるものである。

この表のような機器の寿命を考慮して、ハードウェア機器のリプレイスを段階的に実施する必要があるがこのリプレイスの段階としては、表 3. (b) に示す3つが考えられる。

いずれにしても、1960 年代のシステムについてはハードウェア各機器

表 3. ハードウェア機器の耐用年数とリプレイスの段階
(a) 機械部分とエレクトロニクス部分の耐用年数

機 械 部 分		エレクトロニクス部分	
可 動 部 (タイプライタなど)	静 止 部 (コネクタ配線など)	電解コンデンサ	半導体・抵抗 コンデンサ
6～10 年	15年以上	7～10 年	半 永 久

(b) リプレイスの段階

段 階	具 体 的 方 法
部品交換	<ul style="list-style-type: none"> オーバーホール(周辺機器、ディスクなど) 電解コンデンサ
部分交換	<ul style="list-style-type: none"> 周辺機器、ディスクなどの交換 CPUの交換
全面交換	<ul style="list-style-type: none"> 現機能の移行 機能の拡張 → モダニゼーション

について耐用年数に近づいている部分が多いことが言え、ここにシステムのリプレースあるいは機器のリプレースが盛んに実施されていることはこのことに対する裏付けを与えている。

5. システムモダニゼーションの実現

ここでは、工業用計算機分野においてシステムのモダニゼーションが実際にいかに実現されているかについて論ずることとする。システムのモダニゼーションとしてここでは次の4つのパターンを考えることができる。

(1) CPUの置き換え：このモダニゼーションは《MELCOM 350シリーズ》内で既設のCPUと新設のCPUとでチャンネルでの互換性のあることを利用してチャンネルよりCPU側をリプレースするものであり、切換点はチャンネルと各周辺機器の制御装置との間となる。この切換方式については図5.に示すとおりであり、通常新設のCPUのリプレースと同時に主メモリ・ディスクメモリとシステムタイプライタなどが1式リプレースされる。また、切り離されたCPUはオフラインシステムあるいは教育用のシステムとして引継ぎ使用される。

(2) 全システム切換え：このパターンは最も一般的なモダニゼーションのパターンであり、《MELCOM 350シリーズ》内のCPUのリプレースにとどまらず、他社のシリーズを《MELCOM 350シリーズ》にリプレースするようなモダニゼーションのケースについても多くの実施例がある。このパターンの考え方は図6.に示すように、周辺機器及びプロセス入出力装置などを含みほとんどすべての機器がリプレースされることとなる。プロセス入出力については既設の中継端子盤が切換点となる。

(3) 分散形システムへの移行：このパターンは既設システムに対してモダニゼーション後の新システムがはるかに広域にわたり機能の範囲も広がることに対応して分散形システムへの移行をモダニゼーションのベースとするものである。図7.に示すように、既設のプロセス入出力の切換えは既設の信号が集中している既設のCPU空となるか、あるいはローカルに各運転室又は電気室での切換えが可能である。また、ローカルステーションを更に増

設することにより新規のプロセス入出力を増強することが集中形のシステムに比較して極めて容易である。

既設の集中形のシステム構成から大規模分散形システムへの移行はモダニゼーションの粋ともいえる形であり、新システムについて既設シ

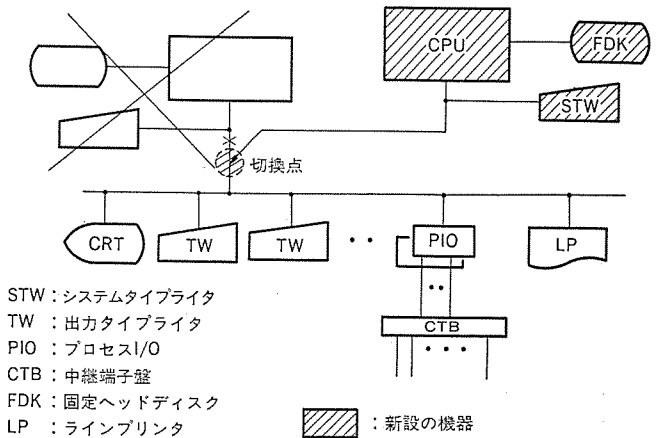


図5. モダニゼーションパターン-1 CPUの置き換え

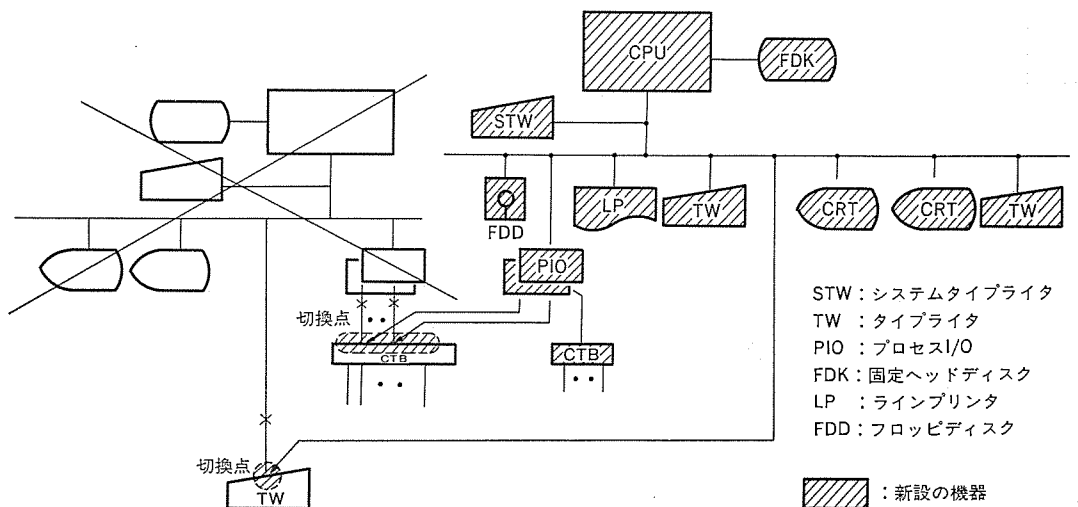


図6. モダニゼーションパターン-2 全システム切換え

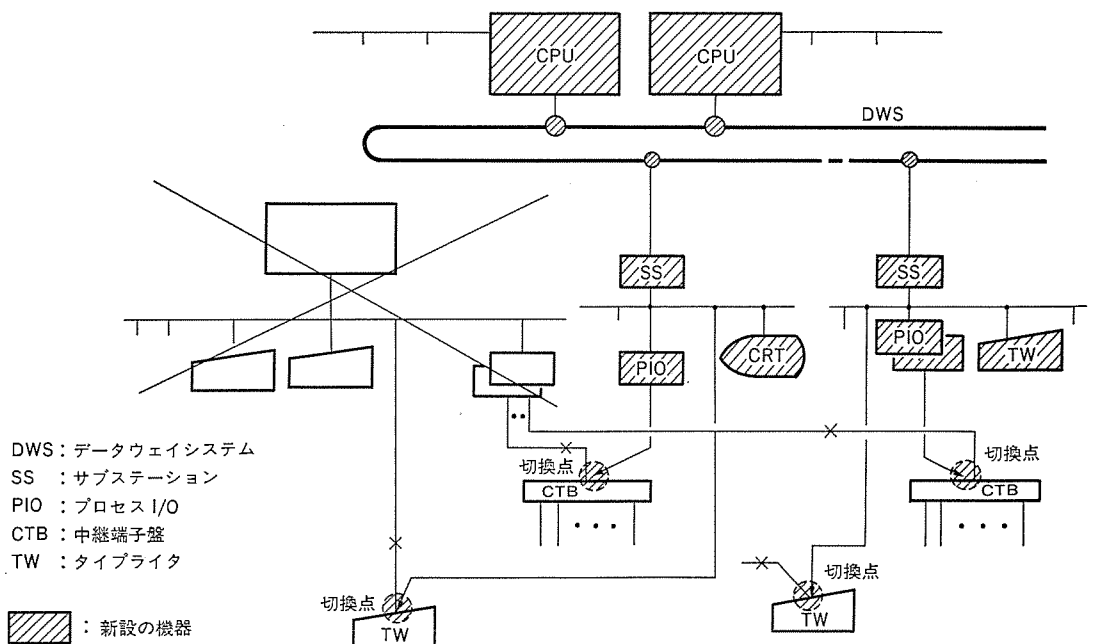
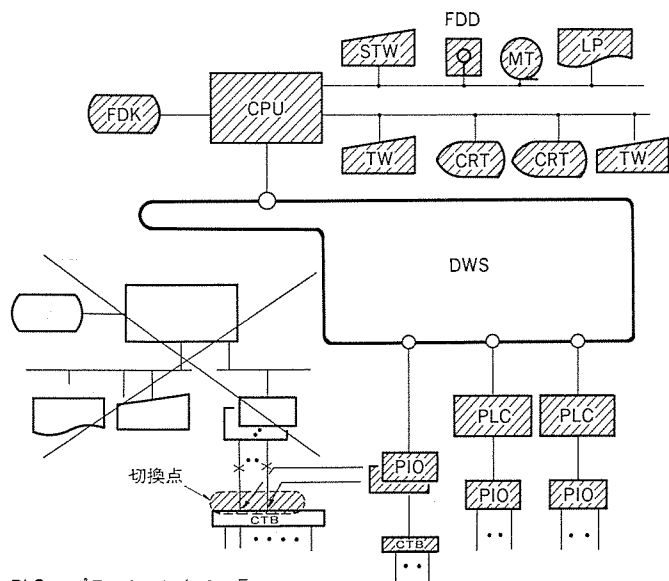


図7. モダニゼーションパターン-3 分散形システムの移行



PLC : プラントコントローラ
STW : システムタイプライタ
DWS : データウェイシステム
FDK : 固定ヘッドディスク
PIO : プロセスI/O
TW : 出力タイプライタ
FDD : フロッピーディスク
MT : 磁気テープ

▨ : 新設の機器

図 8. モダニゼーション パターン4 制御用データウェイの導入

テムと比較して数倍から数十倍の能力をもたせることができ、制御範囲の拡大、マンマシンの拡大、制御性能の向上、情報処理量の増大といったプラント側からの要求に十分こたえることができるものである。

(4) 制御用データウェイの導入: 計算機システムのモダニゼーションと同時にプラントコントローラの導入と制御用データウェイの導入すなわち分散形制御システムへの移行が計画されることも多い。このパターンについては図 8. に示すような形であり、制御用データウェイを中心として計算機システムとプラントコントローラ及びプロセス入出力装置で総合分散形制御システムが新システムとして実現される。

プロセス入出力についての切換えは(3)のパターンと同様であるが、切換えられたプロセス入出力は制御用データウェイ上にのせられ、計算機とプラントコントローラとで共有されることとなり、プロセス入出力信号の一元化が実現される。

6. システムモダニゼーション動向分析

最近の当社におけるシステムモダニゼーションの実施例をベースにこの分野での動向を分析する。図 9. は、モダニゼーションの実施された各システムにおいて、既設システムから新システムへの移行を、(a)CPU の能力、(b)ディスクメモリ容量(ソフトウェアの規模と等価とする)、(c)デバ

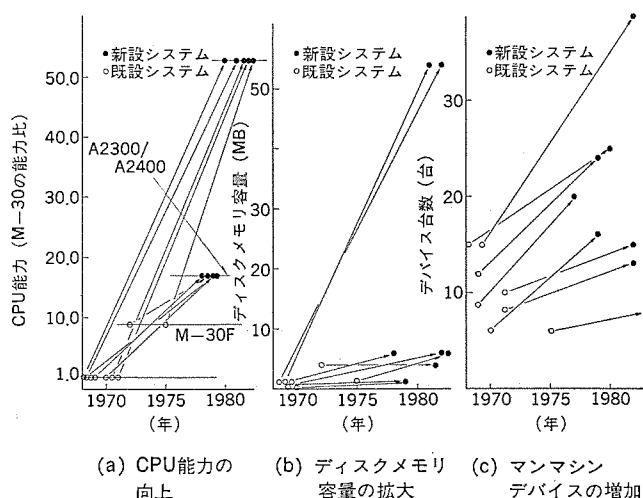


図 9. システムモダニゼーションの動向分析図

イスの数(マンマシンの規模)に着目して、更に年代を1つのパラメータ(横軸)として図にしたものである。この図より、システムのモダニゼーションの動向を以下のように推測することができる。

- (1) モダニゼーションの対象となる旧システムはやはり1960年代後半のものが多く。
- (2) モダニゼーションにあたって、CPUの能力としては50倍以上のものにかわり、またソフトウェアの規模については1けた(桁)も2桁も拡大する。
- (3) マンマシンの増強も顕著であり、特にCRT化が全面的に推進されるモダニゼーションが多い。

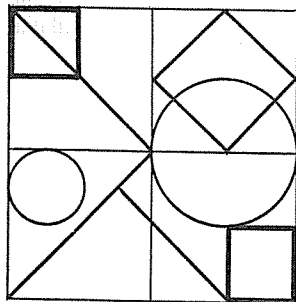
7. む す び

工業用計算機システムに対するプラント側の要求(ニーズ)は年々高まり、そのニーズに対応してメーカーとしても計算機の性能アップ、機能アップ、容量アップと実現してきた。振り返って、工業用計算機導入の初期の年代に設置されたシステムに目を向けてみると、現在のシステム規模からは、かけ離れたものである。ここに、それらのシステムについての近代化(モダニゼーション)の要求が高まってきている。将来は、更にシステムモダニゼーションが重要な位置を占めるのは明らかであり、メーカーとしてこれらの動向に今後いかに対処するか大きな課題である。

参 考 文 献

- (1) 米沢ほか:《MELCOM》350-50 工業用計算機システム, 三菱電機技報, 52, No. 3 (昭53)
- (2) 武藤ほか:《MELCOM 350-50》工業用計算機システムモデル A 2500, 三菱電機技報, 54, No. 2 (昭55)

特許と新案



シュミット回路 (特許 第 926403 号)

発明者 宮崎 行雄

この発明は、電源シャ断時における電源電圧の降下に伴って発生する誤動作をなくしたシュミット回路に関するものである。

従来のシュミット回路は図 1. に示すように構成されており、電源電圧が安定していて、入力電圧がトランジスタ(2)のスレッシュホールド電圧よりもやや低目にコンデンサ(12)を充電している安定状態では、トランジスタ(2)がシャ断トランジスタ(3)、(4)、(5)が飽和状態にあり、出力端子(13)の出力電圧は低電位にあるが、電源(14)が ON から OFF 状態に移るとき、電源電圧の降下に伴ってスレッシュホールド電圧も降下する。このとき、コンデンサ(12)の放電時間が電源電圧の降下時間よりも長いと、電源電圧の降下時に入力電圧がスレッシュホールド電圧よりも高くなり、出力端子(13)の出力電圧が高電位となる期間が発生する。

特に時限回路としてシュミット回路を使用するときには、コンデンサ(12)の容量が大きくなるため、コンデンサ(12)の放電時間が長くなって、この誤動作が顕著となる。

この発明は、図 2. に示すように、差動接続した一方のトランジスタ(3)に定電圧回路(14)から基準バイアス電圧を与えると同時に、他方のトランジスタ(2)のベースを入力端子(1)とし、定電圧回路(14)の最低動作電圧よりも高いツェナー電圧を有するツェナーダイオード(12)を出力回路に挿入することにより、前述の誤動作を防止したシュミット回路を提供するものである。

図 2. の回路において、入力電圧がトランジスタ(2)のスレッシュホールド電圧、即ちトランジスタ(3)のベース電圧よりも低いときには、トランジスタ(2)、(4)、(6)はシャ断状態、トランジスタ(3)、(5)、(7)は飽和状態にあって、出力端子(15)の出力電圧は低電位となる。一方、入力電圧がスレッシュホールド電圧よりも高いときには、トランジスタ(2)、(4)、(6)が飽和状態となり、トランジスタ(3)、(5)、(7)がシャ断状態となるため、出力電圧は高電位となる。そして、この発明の回路においては、電源(16)が ON から OFF 状態に移って電源電圧が

降下しても、定電圧回路(14)の最低動作電圧まで、スレッシュホールド電圧は一定に保持される。更に、電源電圧が定電圧回路(14)の最低動作電圧よりも降下すると、スレッシュホールド電圧も徐々に降下してトランジスタ(2)、(4)、(6)は飽和状態となるが、ツェナーダイオード(12)のツェナー電圧が、定電圧回路(14)の最低動作電圧よりも高く設定されているので、出力端子(15)の出力電圧が高電位になるようなことはない。

以上のように、この発明によれば、電源が ON から OFF 状態に移って電源電圧が降下しても誤動作することがなく、たとえば漏電シャ断器のように、特に負荷としてサイリスタやトライアックを使用する場合に適している。

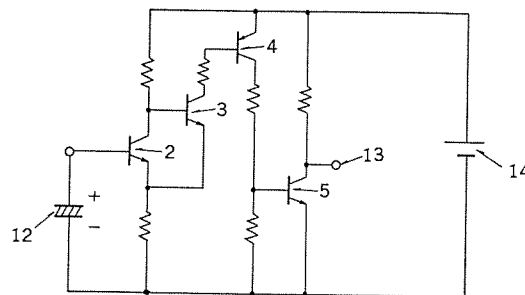


図 1

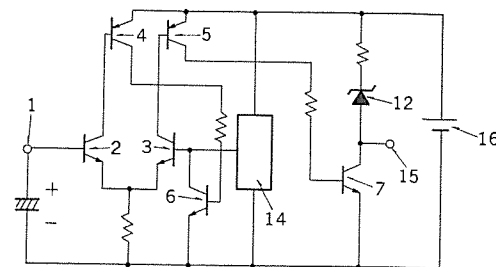


図 2

限流素子を用いた重要負荷の自動切替回路 (実用新案 第 1328270 号)

考案者 春川 康彦

この考案は、重要負荷が、常時は常用側駆動モータにより駆動され、常用側電源の停電時あるいは常用側駆動モータの短絡事故時には予備側駆動モータにより駆動されるように、駆動回路を自動的に切替える自動切替回路に関するものであり、特に、自己復帰形限流素子及びサイリスタを上記駆動力路に使うことにより無接点化を図り、従来の接点式自動切替回路の問題点、即ち、動作時間遅れ、接点の磨

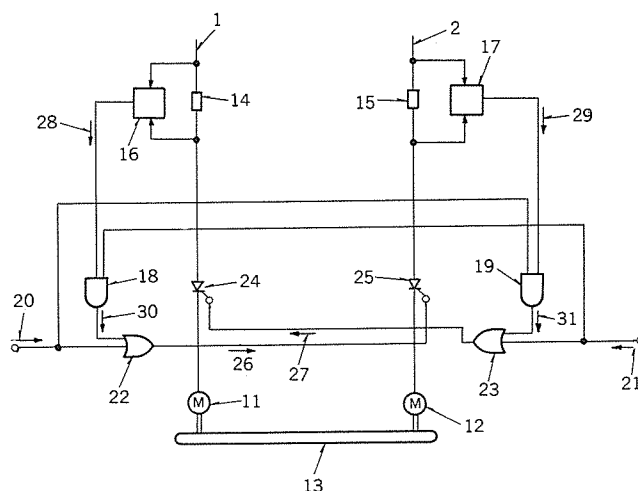
耗による誤動作などを防止しようとするものである。

図において、(1)は常用側電源、(2)は予備側電源、(11)は常用側モータ、(12)は予備側モータ、(13)は重要負荷、(14)(15)は自己復帰形限流素子、(16)(17)は信号検出回路で、何れも、無電圧を検出するための低レベルと、高電圧を検出するための高レベルの2つの設定値を有した比較器で構成されている。(18)(19)は AND 回路、

(20)は予備側の選択信号、(21)は常用側の選択信号、(22)(23)はOR回路、(24)(25)はサイリスタ、(26)(27)はゲートパルス信号、(28)は信号検出回路(16)の出力信号、(29)は信号検出回路(17)の出力信号、(30)はAND回路(18)の出力信号、(31)はAND回路(19)の出力信号である。

常時は常用側選択信号(21)がOR回路(23)に供給され、OR回路(23)からサイリスタ(24)の制御極にゲートパルス信号(27)が印加されてサイリスタ(24)が導通する。したがって常用側モータ(11)によって重要負荷(13)が駆動される。この常用側モータ(11)によって重要負荷(13)が駆動されている状態において、常用側電源(1)が停電すると、自己復帰形限流素子(14)の両端電圧は上記低レベル以下の電圧となり、信号検出回路(16)から出力信号(28)が出る、また、常用側モータ(11)に短絡事故が起ると、自己復帰形限流素子(14)の抵抗が増大しその両端電圧が上記高レベル以上となり、上記停電の場合と同様に、出力信号(28)が発生する。この出力信号(28)と上記常用側選択信号(21)とによりAND回路(18)が出力信号(30)を出し、OR回路(22)を介して予備側のサイリスタ(25)の制御極にゲートパルス信号(26)が印加される。したがって、停電時及び常用側モータ(11)の短絡事故時の何れの場合も、予備側モータ(12)への自動切替運転が行われる。次に、上記予備側の駆動回路の作動中に常用側の駆動回路が正常状態に復旧すると、信号検出回路(16)の出力信号(28)が無くなるので、

予備側のサイリスタ(25)へのゲートパルス信号(26)も無くなり、予備側モータ(12)は停止し、この場合も常用側への自動切替えが行なわれる。なお、常用側と予備側とは駆動回路が同一回路構成であるので、常時、予備側選択信号(20)を供給するようにすれば、上記とは逆に、常時は予備側駆動回路により運転し、異常時には常用側駆動回路による運転へと自動切替されるようにすることもできる。



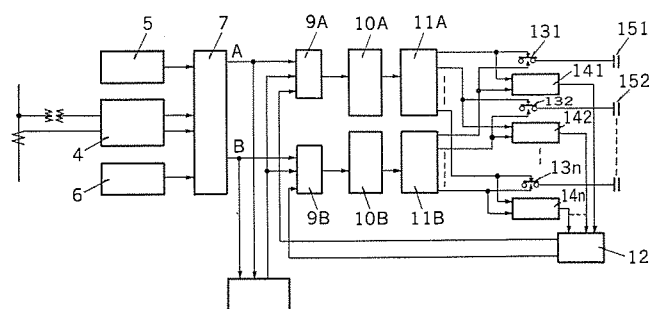
力率自動調整装置 (実用新案 第1330744号)

考案者 渡辺京治・西岡隆文

この考案は、負荷回路の力率を100%近辺に保つため、進相コンデンサの投入・しゃ(遮)断を自動的に行い、負荷回路の無効電力を目標とする範囲に収める力率自動調整装置に関するものである。

従来、この種のものはコンデンサを複数のバンクに区分し、負荷回路の無効電力分を検出して、無効電力分が、あらかじめ設定した範囲を超過すると、コンデンサを投入あるいは遮断して、無効電力を調整しているが、設定ミスを行ったり、コンデンサの設置容量が不足したりすると、投入信号あるいは遮断信号が継続して出力しつづけ、不要の動作を行い、装置の寿命を短くする不都合を生じていた。この考案によると、図1.において、無効電力検出器(4)と下限設定器(5)、上限設定器(6)との出力を比較回路(7)で比較し、下限側を外れると投入信号Aが出力され、ゲート(9A)を経由してカウンタ(10A)に入力される。カウンタ(10A)の出力はデコーダ(11A)でデコードされ、開閉器(131)、(132)などに投入信号を与えらるとともに、メモリ(141)、(142)などに投入信号が与えられたことを記憶する。また、上限側を外れると遮断信号Bが出力され、ゲート(9B)を経由してカウンタ(10B)に入力される。カウンタ(10B)の出力はデコーダ(11B)でデコードされ、開閉器(131)、(132)などに遮断信号を与えらるとともに、メモリ(141)、(142)などに遮断信号が与えられたことを記憶する。

(151)、(152)などは開閉器に接続される進相コンデンサである。(12)は状態判定回路で、メモリ(141)、(142)…(14n)がすべて投入状態のときゲート(9A)を閉鎖し、以後の投入信号を通過させない。またメモリ(141)、(142)…(14n)がすべて遮断状態のときゲート(9B)を閉鎖し以後の遮断信号を通過させない。この考案によるとコンデンサの投入、遮断の頻度が均等化でき、コンデンサの寿命の点から好ましく、また不要の開閉信号を防止できることから力率改善用コンデンサの自動調整装置として効果的である。



最近の移動用変電所の動向—三菱スーパーモービル変電所—

池田 達朗*・俵谷 武男*・川村 福蔵**・朝倉 正勝*・吉岡 重明*

1. ま え が き

近年、産油国及び発展途上国においては電力需用の急激な増大に対して変電所の建設が追いつかないため、従来からある通常の変電所機能を持った移動用変電所（モービル変電所）の需用が急増してきた。

当社においては、昭和32年頃に初めて2,000 kVA、66/6.9 kV変圧器をトレー上に積載した移動用変圧器を製作して以来、今日までに数多くの移動用変圧器、移動用変電所を製作納入してきた。

この移動用変電所は主として事故、災害時の非常用として製作されていたため、断路器、パワーヒューズ、主変圧器程度の比較的簡単な変電所構成のものが多かった。

しかし、通常の変電所機能を有したモービル変電所のニーズが産油国及び発展途上国から高まり、昭和53年から昭和54年にかけてイラク SOE 電力に10 MVA、33/11 kV モービル変電所を納入したのについて、世界でも初めての試みとなる GIS 方式によるモービル変電所を昭和54年から昭和56年にかけてベネズエラ ENELVEN 電力及び CADAFE 電力に納入した。

本文ではベネズエラ CADAFE 電力納め20 MVA、115/34.5 kV モービル変電所の概要について紹介する。

2. ベネズエラ納めスーパーモービル変電所の構成

図1. にモービル変電所の全景を示す。各機器の構成は、図2. の単線接続図の示すように、20 MVA、115/34.5 kV 変圧器を中心に、115 kV 側にはしゃ断器、断路器、避雷器を配し、34.5 kV 側にはしゃ断器、避雷器、所内変圧器、計器用変圧器を配している。このほかに変電所機能として重要な働きをする保護・計測・制御用のコントロール盤と DC バッテリーで構成している。

これらの機器が、図3. に示すように、幅3,400×全長14,750 mm のトレー上にすべて積載され、完全なモービル変電所を構成している。

3. スーパーモービル変電所の特長

従来の移動用変電所は変電所の事故、風水害などの災害復旧工事中、変電所の共同予備器などの非常用設備としての使用が主目的であったが、このモービル変電所には通常の変電所そのものとして使用できるように次のような設計考慮を払った。

(1) 高圧側は GIS を採用し、気中接続箇所をなくしたため、しゃ断器、断路器、変圧器との合理的な配置・接続が可能となり、寸法重量の大幅縮小を図ることができた。

(2) 低圧側は閉鎖配電盤を採用し、しゃ断器などの内蔵機器の合理的な配置と所内変圧器との合理的な接続が可能となり、寸法・重量の大幅縮小を図ることができた。

(3) 変電所機能を高めるため、AC 及び DC 所内電源の確保、保護・計測・制御などのコントロール盤の装備を充実させた。

以上のように設計考慮されたモービル変電所は性能的に通常の変電

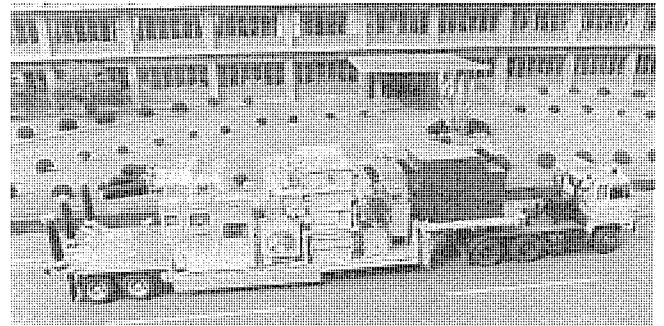


図 1. 三菱スーパーモービル変電所全景

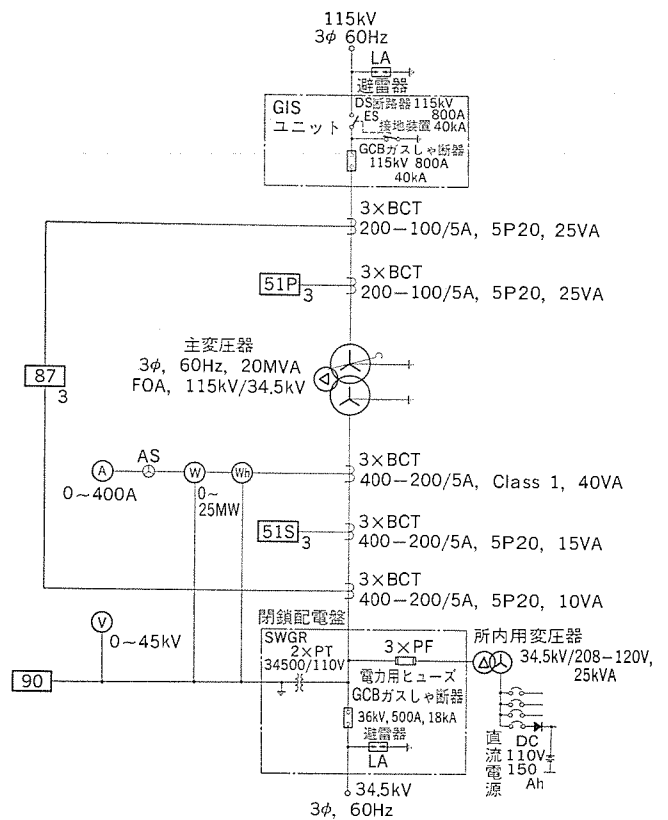


図 2. 単線接続図

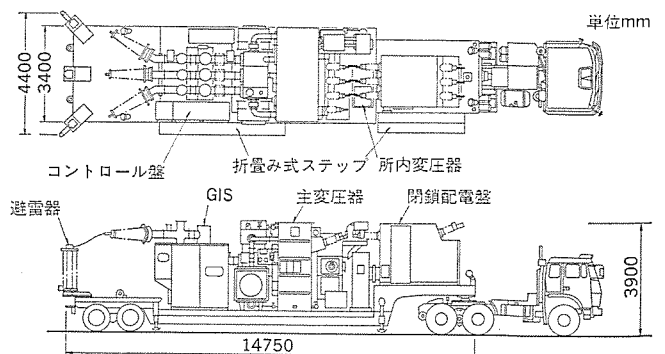


図 3. 20 MVA スーパーモービル変電所外形寸法図

所とそん色ないばかりでなく、モバイル変電所としての優れた特長を有している。その優れた特長を以下に述べる。

- (1) 現地基礎工事、すえ(据)付工事はほとんど不用となる。
- (2) 据付面積が大幅に縮小できる。
- (3) GIS・閉鎖配電盤を採用したため、保守点検が容易である。
- (4) 全装備で工場から出荷され、工場での性能がそのまま現地まで維持できるため、信頼性が高い。
- (5) トレー式のため、いかなる場所にも移動でき、速やかに運転に入ることができる。

4. 本モバイル変電所の仕様と各機器の構造

このモバイル変電所を構成する各機器の仕様を表1.に示す。このモバイル変電所を設計するにあたり、客先指定事項として、総重量60t以下、全高3.9m以下、走行速度45km/hの条件があった。

このため、各機器は従来の移動変電所のように単に各々の機器をトレー上に配置するだけでは、高電圧、大容量変電所のために大きな変電設備となり、輸送が困難となる。したがって、このモバイル変電所の設計にはGISなどのぞんな新機種の選定と合理的な機器間のインタフェースを考慮したため、コンパクトなモバイル変電所を製作することができた。

トレー上に積載された各機器は走行中及び急制動時に発生する振動・衝撃に耐えるよう強固な構造とし、各機器の締付部のゆるみが生じないように十分なゆるみ止めを施すと共に、大きな加速度・応力が発生すると思われる部分、例えば108kV避雷器、115kVガス

表1. スーパーモバイル変電所機器仕様一覧

機 器 名	形 式	仕 様	重量(kg)
115kV GISユニット			
(a) シャ断器	100-SFMT-40A	定格電圧 115kV	6,300
(b) 断路器	100-GL	定格電流 800A	
(c) 接地断路器	100-GRE	定格シャ断電流 40kA	
(d) エアコンプレッサ		シャ断器操作 圧縮空気	
20MVA 主変圧器	CUB-DR	3相, 60Hz, 20MVA, 送油風冷式, OLTC付 115kV ±10%/34.5kV, A/A/(d)	33,800
108kV 避雷器	MAL-P	108kV, MOA (酸化亜鉛式避雷器)	600
34.5kV 閉鎖配電盤			
(a) SF ₆ ガスシャ断器	30-SFG-25A	定格電流 600A/シャ断電流 18kA	3,000
(b) 計器用変圧器	EV-3	34.5kV/110V, 60VA	
(c) 避雷器	MALG-P	30kV, MOA	
(d) パワーヒューズ	CL	34.5kV, 5A	
30kVA 所内変圧器	RAT	3相 60Hz, 30kVA, 油入自冷式 34.5kV/208V	1,100
コントロール盤			
(a) 保護・制御盤		(a) 保護継電器, 故障表示灯, 変圧器冷却器の制御, シャ断器の操作	1,500
(b) 計測・OLTC制御 AC, DC分電盤	—	(b) 電力, 電力量, 電圧, 電流の計測 OLTCの制御 3φ 208V, 1φ 120V, DC 110V分電盤	
(c) バッテリ チャージャ盤		(c) シリコン整流器内蔵	
トレーラ	TD 501-3	2軸16輪低床式セミトレーラ タイヤ 8.25-20-14 PR 最大積載容量 50t	13,700
合 計	—	—	60,000

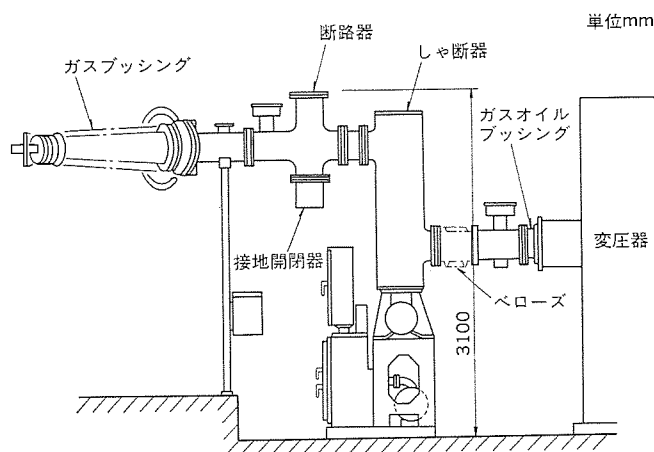


図4. GIS外形図

ブッシング, GISと変圧器接続部, コントロール盤などは十分な補強と対策がなされた。これらは後述の走行及び急制動試験を実施し、各部の振動加速度, ひずみ量を測定し、いずれも問題ないことを検証した。

次に各機器の主な構造と特長について述べる。

4.1 115kV GIS

GISの特長である縮小化, 保守点検の省力化に加え, モバイル変電所用として更に次の特長を有している。

(1) シャ断器

当社で長年にわたり実績のあるSFMT形ガスシャ断器を採用している。72kVから204kVまで同一構造とし, 消弧室を絶縁筒の上に直立して配置し, 各相ごとに接地タンクに収納する相分離形構造となっている。図4.に示すように, シャ断器はL形の形状を採用して, 断路器及び変圧器との接続を容易にするとともに寸法の縮小を図った。操作は構造の簡単な空気操作とし, 引き外しを空気圧, 投入をばねによって駆動している。空気操作用にエアコンプレッサをトレー上に積載しているが, 所内電源喪失, 若しくは初動作時で空気タンク内の圧力が規定値以下になった場合, 備え付けの窒素ガスボンベより空気タンクへガスを補給し, シャ断器の操作ができるよう考慮した。

(2) 断路器

断路器は, 図4.のように, シャ断器と高圧受電部の間に設けており, シャ断器・変圧器などの点検用に使用できる。手動による操作装置は, 極限位置で保持する構造のため, 走行時の振動による誤動作はない。

(3) 接地開閉器

断路器の可動側に接続し, 保守点検時の安全のため接地を取る構造となっている。

(4) 変圧器との接続部

GISと主変圧器はガス・油ブッシングによって直結している。接続部には金属ベローズを, 内部導体部には自在接触子を採用し, 組立調整と走行時の振動対策を施している。

(5) 高電圧受電部

高電圧受電部はガスブッシングを水平配置して架空線と避雷器への接続を容易にするとともに, 変電所の全高を低くしている。

4.2 主変圧器

主変圧器は変電所機器の中で最大の重量物であるため, 重量・油量の節減を図った。

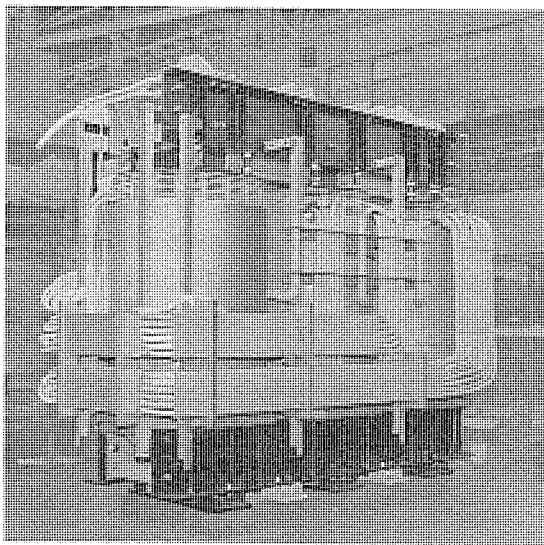


図 5. 変圧器中身

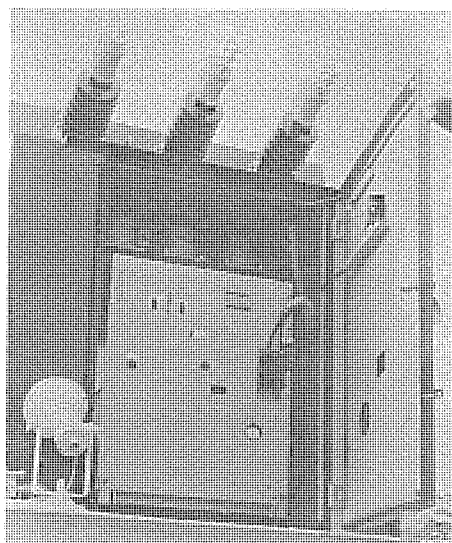


図 6. 34.5 kV 閉鎖配電盤収納 ガス シャ断器

(1) 鉄 心

鉄心は磁気特性の良好な方向性けい素鋼帯を使用し、鉄損、励磁電流の低減を図った。

(2) 巻線及び中身

115 kV 巻線には雷インパルス特性に優れた高直列容量巻きを採用し、34.5 kV 巻線には電磁機械力に強固な連続円板巻きを採用した。重量軽減のために巻線の電流密度を高くしたが、漂遊損失の低減を図ると共に、巻線最外層全周を絶縁物のプレスボードで円筒状に覆い、更に巻線内部のすみずみまで油が行きわたるような巻線内強制通油構造とした。図 5. に中身の写真を示す。

(3) 外 部

外箱は油量・重量の軽減を図る一方、外箱上部の空間は窒素封入密封式コンバータの一部として使用した。

115 kV 巻線には、当社 DR 形負荷時タップ切換器を取付けている。走行時の振動対策として、タップ切換器は外箱底部に設けた絶縁物製サポートによって支持している。

冷却器は小形・軽量・高効率のアルミニウム製の送油風冷式ユニットクーラーを2基備えていて、シャ断器投入・引き外しにより自動運転される。

高圧側 115 kV はガス・油 プッシングにより GIS と直結され、低圧側 34.5 kV は プッシングにより外部に引き出され、閉鎖配電盤と気中接続される。各 プッシング には、保護用及び計測用の プッシング 変流器を内蔵している。

4. 3 108 kV 避雷器

酸化亜鉛式 MOA 避雷器はその特性が優れているばかりでなく、従来品より寸法・重量とも小さくなっている。

トレーには回転座を介して取付けており、走行時は車幅以内に縮小し、受電状態では回転座を回して必要な気中絶縁距離が得られるようにしている。

4. 4 34.5 kV 閉鎖配電盤

トレー積載用として耐振性を持たせるため、チャンネル構造体のベース面上にアングルフレームで箱体を組み、外周は連続水密溶接仕上げとした。箱体の高さ、奥行ともトレー上の限られたスペースに納めるため、収納機器の配置、プッシング引き出し、所内変圧器との接続などに種々の検討を行った。

図 6. に盤に収納されたガスシャ断器の外観写真を示す。この 36 kV SFG 形 ガス シャ断器は単一圧方式で各相に1ユニットずつのパッファ形消弧室を内蔵している。シャ断器の投入、引き外し操作は電動スプリング方式であり、操作電源は AC、DC いずれでも可能であるが、所内用 AC 電源喪失の場合でも操作可能とするため、このモバイル変電所には DC 操作を採用した。更に、万一 DC 電源が喪失しても、手動巻上げでシャ断器の操作が可能となっている。

4. 5 所内用変圧器

所内用変圧器は主変圧器の冷却器用、OLTC の電動操作箱用、エアコンプレッサ用、バッテリーチャージャ用、スペースヒータ用、照明用などの3φ 208 V、1φ 120 V 負荷を供給する。

所内用変圧器の 34.5 kV 高圧 プッシング は閉鎖配電盤と接続 フランジで直結し、スペースの縮小と充電部の露出を無くした。

4. 6 コントロール盤

図 7. にコントロール盤の全景を示す。コントロール盤の操作及び点検はトレーのフレームに取付けている折畳み式ステップの上に乗って容易にできるよう考慮した。

図 7. からわかるように、コントロール盤は次の3つの盤で構成している。

(1) 保護・表示・制御盤

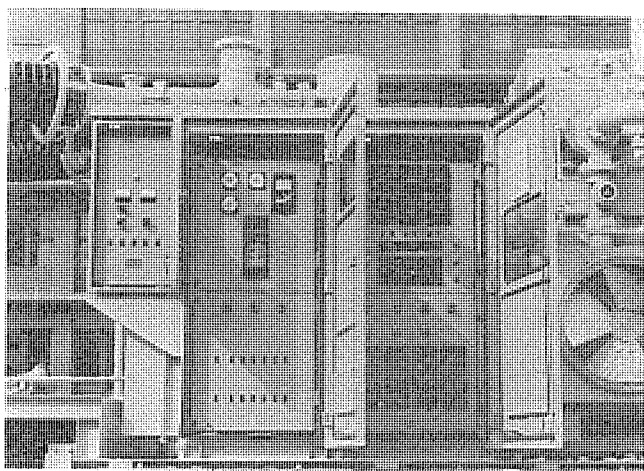


図 7. コントロール盤

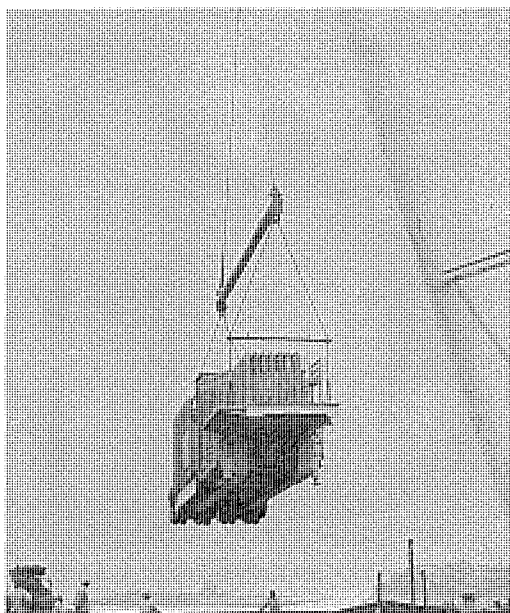


図 8. 船積中のスーパーモビル変電所

変電所の保護用継電器、3台×HUB-2形比率差動継電器、6台×CO-81形過電流継電器。変圧器、GISなどの各機器の個別故障表示とベル又はブザーによる警報。変圧器冷却装置(送油ポンプ、冷却扇)の制御。1次及び2次のガス遮断器の操作スイッチなどを収納している。

(2) 計測、OLTC制御、AC及びDC分電盤

電流・電圧・W・Whの計測。OLTC制御用電圧調整継電器と制御スイッチ。所内電源分電盤AC3φ208V×2回路、AC1φ120V×8回路、DC110V×3回路などを収納している。

(3) バッテリチャージャ盤

トレーの床下には150Ahのバッテリーを積載している。このバッテリーを充電する装置である。

4.7 トレー

トレーはセミトレー式で、変圧器、GISを積載する荷台は床落しにより床高さ800mmの低床車とした。

付属品として、トレーのフレームの周囲4箇所に据付状態でタイヤには負担をかけないようにするため、ジャッキを設けた。

コントロール盤と閉鎖配電盤が積載している部分のフレーム側面に、操作点検用の折畳み式ステップを設けた。

このトレーは全機器が積載された状態で船積みされ、ベネズエラへ輸出された。すなわち、トレーは、図8.のように一括つ(吊)り上げが可能のように設計した。図8.に船積中のモビル変電所の写真を示す。

5. 試 験

モビル変電所を構成している各機器を単体で試験し、異常のないことを確認した後、トレーに積載し、次に示す総合試験を実施した。

(1) 走行試験

(2) 交流耐電圧試験

(a) 誘導試験

(b) 加圧試験

(3) 機能試験(シーケンステスト)

(4) 絶縁抵抗測定

(5) 外観検査

総合試験は、客先及び検査会社立会のもとに実施した。結果、良好であった。特に、走行試験については以下に詳細に述べる。

5.1 走行試験

走行中に生ずる種々の振動荷重に対し、積載している各機器が十分に安全に耐えるかどうかを確認するため、走行試験を実施した。試験は完成状態の移動用変電所についてあらゆる走行条件を想定して、トレー性能試験、振動加速度の測定及び応力ひずみの測定を行った。また、走行前後に交流耐圧などの電氣的試験を行い、各機器の性能をチェックし、内部に異常の発生していないことを確認すると同時に、気密試験、外観検査を実施し異常のないことを確認した。

5.2 試験項目

走行試験としては、トレーの性能を確認するブレーキ試験と振動加速度及び応力ひずみの測定を行った。また、走行前後の電氣的試験、外観検査などを行った。

5.3 試験結果

(1) ブレーキ試験

制動時の初速度45km/hにて、15.5mで停止(舗装良路無風状態)。

(2) 振動加速度及び応力ひずみの測定

振動加速度及び応力ひずみの測定結果は図9.及び表2.のとおりである。なお、測定箇所は図10.に示す。

以上の走行試験完了後、電氣的試験、気密試験及び外観検査を行ったが、まったく異常はみられなかった。また、トレーの性能に関する諸試験の結果も満足するものであった。

次に振動荷重及び応力ひずみの測定結果としては、良路については、最大加速度は1.71G(高圧側GIS用ブッシング先端)で、最大応力は4.20kg/mm²(コントロール盤)を記録している。また、悪路については現地の最悪状態を想定し、おうとつ(凹凸)5cmの道路を模擬し、速度20km/hで走行試験を実施したが、最大加速度は2.50G、応力は7.31kg/mm²を記録した。これらの加速度については従来のデータから推定されうもので、各積載機器の構造設計についてはこの値を3Gとみて更に2倍以上の安全率をかけて製作しており、まったく問題はない。また、応力については、この材料

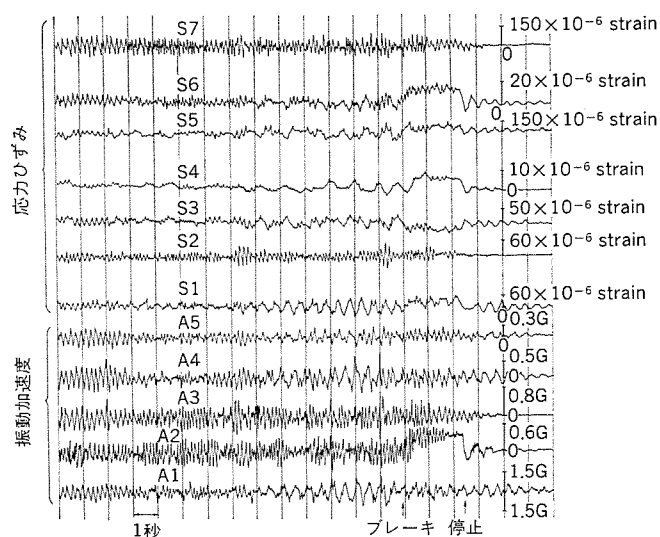
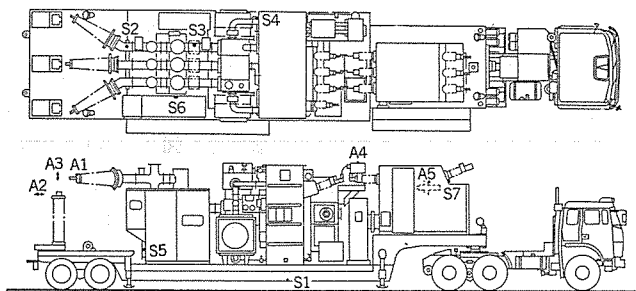


図 9. 振動加速度及び応力ひずみのオシログラム
(良路、時速 35 km/h)

表 2. 走行試験時に生じた振動加速度及び発生応力

条 件	測 定 箇 所	振 動 加 速 度 (最 大 値)					発 生 応 力						
		A ₁ (G)	A ₂ (G)	A ₃ (G)	A ₄ (G)	A ₅ (G)	S ₁ (kg/mm ²)	S ₂ (kg/mm ²)	S ₃ (kg/mm ²)	S ₄ (kg/mm ²)	S ₅ (kg/mm ²)	S ₆ (kg/mm ²)	S ₇ (kg/mm ²)
良 路	20 km/h	0.74	0.36	0.29	0.10	0.15	0.84	0.74	0.53	0.11	2.31	0.11	1.37
	25 km/h	0.96	0.40	0.49	0.21	0.25	1.05	0.88	0.84	0.32	2.63	0.32	2.42
	35 km/h	1.31	0.60	0.62	0.21	0.30	1.37	1.26	1.01	0.21	3.34	0.42	2.84
	40 km/h	1.48	0.65	0.66	0.30	0.38	1.62	1.51	1.16	0.42	3.78	0.46	3.30
	45 km/h	1.71	0.72	0.76	0.35	0.43	1.81	1.58	1.28	0.46	4.20	0.55	3.68
悪 路	20 km/h	2.50	1.05	1.13	0.70	0.90	3.15	2.52	2.10	0.53	7.31	0.63	4.41

- 注 (1) この表は 50 m 測定区間において発生したものの内の最大値を示したものである (ブレーキテスト時の値も含まれる)。
 (2) 測定箇所は図 10. に示す。
 (3) 測定器 加速度計 BA 10 L 新興, 電磁オシログラフ横河 2925
 ストレインゲージ F-5
 (4) 応力 σ はひずみ率にヤング率 E を乗じて求めたものである。
 $\sigma = \epsilon E \times 10^{-6} (\text{kg/mm}^2)$, 但し $E = 21,000 (\text{kg/mm}^2)$, ϵ は 10^{-6} strain 表示とする。



- 測 定 箇 所
 A1: 高圧側GIS用ブッシング先端(H₃相)
 A2: H₃相アレスタ上部
 A3: H₃相アレスタ上部上下方向
 A4: 変圧器OLTCコンサベータ
 A5: 低圧側アレスタ取付部
 S1: トレーラ
 S2: 高圧側GIS用ブッシング付根
 S3: GIS変圧器の接続部
 S4: 変圧器の基礎ボルト
 S5: コントロール盤後部側板部
 S6: コントロール盤上側支持金
 S7: 低圧側ブッシング取付部

図 10. 加速度及び応力ひずみの測定箇所

の耐力は 25 kg/mm² であり, これからみて, この最大発生応力 7.31 kg/mm² は十分安全な値と判断される。

次に図 11. より良路で車速度 60 km/h にて走行した場合, 最大加速度 2.26 G, 最大応力 5.55 kg/mm² の値であると考えられ, 車速度 60 km/h にて走行しても問題ないと推定される。

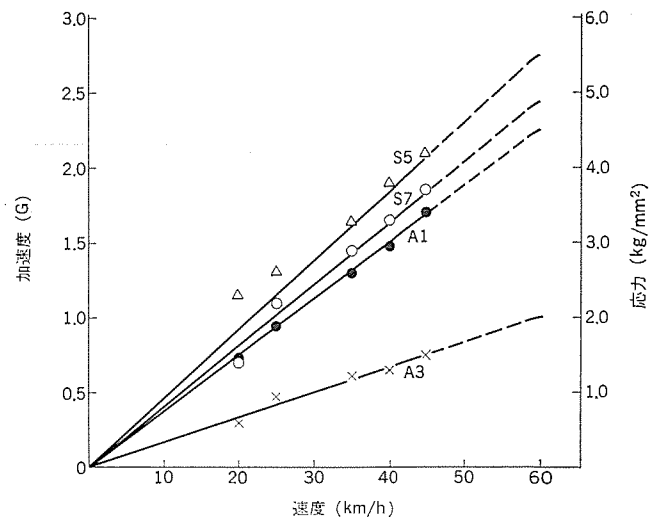


図 11. 速度と振動加速度及び応力の関係

6. む す び

以上, ベネズエラ向けスーパーモビル変電所について, 特長的な機能と構成の概要について述べたが, 今後発展途上にある諸外国において, 電力需要の伸びに伴いますその需要が増大する傾向にある。我々としてもアルミ合金材料, 3相一括GISの採用などを行い小形軽量化に伴う単器容量の増大及び信頼性の高い機器の開発につとめ, よりニーズにあった機器の製作に寄与する所存である。

最後にこの機器の完成に際し多大の御協力, 御指導をいただいた関係各社及び社内関係各位に感謝の意を表する次第である。

新形500kV直列コンデンサ保護装置の開発

春本 容正*・川越 英二*・田辺 俊雄**・今滝 満政**・小西 直行**

1. ま え が き

電源の遠隔地化と大容量化に伴って、長距離送電の安定化が必要となる。この対応策の1つとして500kV系統への直列コンデンサの適用が考えられる。海外では500kVまで多数の実施例はあるが、短絡容量が大きく、しかも1回線あたりの送電容量の大きい我が国の系統への適用には、直列コンデンサの大容量化とそのシステムを十分考慮する必要がある。

我が国では関西電力(株)大黒部幹線で275kV直列コンデンサの運転実績があり、この経験をふまえて今後の500kV直列コンデンサの実用化を図るため筆者らは、高信頼度化、安定度の向上及び経済性を含めた各種の研究開発を進めてきた。

直列コンデンサ設備の経済性を左右するコンデンサ端子間の絶縁レベルは保護装置の保護レベルにより、また保護装置の処理責務は直列コンデンサの線路中の設置位置により決まる。更には、系統の安定度は直列コンデンサ装置の速応性に従って向上する。

以上のことから、各種保護方式の適用効果を系統解析によって検討し、最適なシステム設計及び試作・検証試験を実施した。

これらの総合的な研究開発の結果、全く新しい概念の画期的な新形500kV直列コンデンサ保護システムを開発することができたので、その概要について報告する。

2. 保護装置の方式

直列コンデンサは電力系統の安定化対策として有効な手段ではあるが、直列機器であるために系統事故時に直列コンデンサ端子間に過電圧が発生するので、この保護が必要である。過電圧の大きさは、①保護方式、②系統の構成、③系統の運用、④事故の種類(1線地絡、3相短絡)、⑤事故発生地点と直列コンデンサの位置関係などにより決

まる。このうち保護方式が過電圧抑制に最も大きな影響を与えるので、図1.に示すような各種保護方式を対象に系統解析を行った。その結果、酸化亜鉛素子(以後ZnO素子と略す)と高速度バイパススイッチ(以後B.P.S.と略す)を組合せた方式が保護レベルが低く最適であることがわかった。

2.1 各種保護方式の特徴⁽¹⁾

2.1.1 単純ギャップ方式〔A方式〕

従来から一般に用いられている方式で、大黒部幹線の275kV直列コンデンサもこの方式である。この方式では、ギャップ放電電圧のばらつきや直列コンデンサ再挿入時の動揺電圧でギャップが再放電しないように、ギャップ整定電圧を高くしているので、保護レベルは高くなる。また、1点あたりの整定電圧を高くすることができないので、500kV系統のような大容量直列コンデンサにこの方式を採用する場合には多数のギャップを直列接続することが必要となり、経済性、信頼性の面で不利となる。この方式の等価回路を図1.(a)に示す。

2.1.2 ギャップ+非直線抵抗体(SiC素子)方式〔B方式〕

ギャップと直列に非直線抵抗体を用いているため、コンデンサからの放電電流の減衰が速く、直列コンデンサ再挿入時の電圧動揺が小さくなるので、単純ギャップ方式に比べ保護レベルを低くできる。しかし、複雑な構造の自己消弧形ギャップが必要となる。等価回路を図1.(b)に示す。

2.1.3 非直線抵抗体(ZnO素子使用のギャップ無し方式)〔C方式〕

最近よく使われている酸化亜鉛形避雷器の非直線抵抗特性のすぐれたZnO素子⁽²⁾⁽³⁾を使用した方式である。この方式では放電のばらつきが無く、更に直列コンデンサ再挿入時の電圧動揺も小さくできるので、A・B方式に比べ保護レベルを格段に低くすることができる。また、ギャップ部分が一切なく、前記2方式に比べて信頼性が高い。等価回路を図1.(c)に示す。

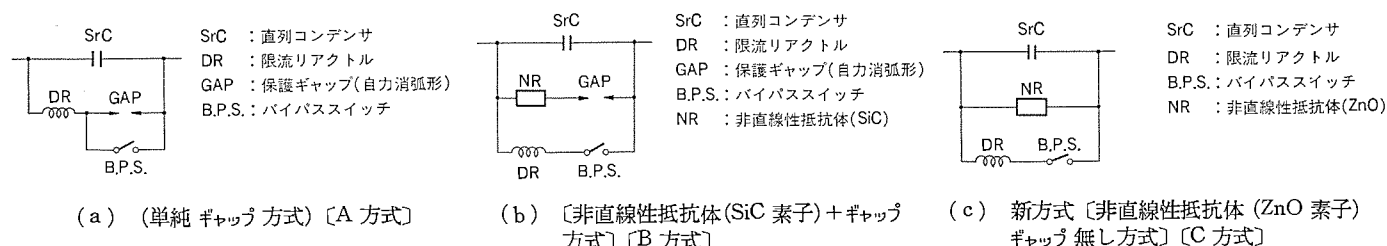


図1. 各種保護方式の等価回路

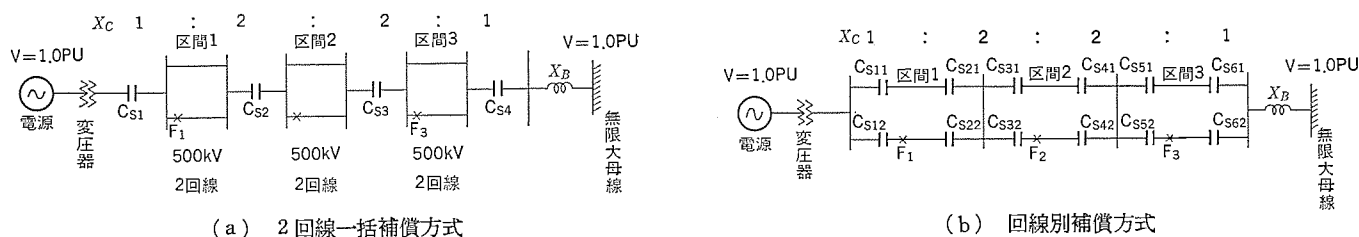


図2. 保護方式比較のための長距離送電モデル系統図

2.2 モデル系統を対象とした各種保護方式の適用効果

2.2.1 保護方式比較のためのモデル系統

図 2. のように、500 kV 2 回線長距離送電系統で、直列コンデンサの配置比（リアクタンス比）を $X_{C1} : X_{C2} : X_{C3} : X_{C4} = 1 : 2 : 2 : 1$ とし、補償度（線路のリアクタンス X_L に対する直列コンデンサのリアクタンス X_C の比）を 35, 50, 65 % とし、補償方式として 2 回線一括補償方式と回線別補償方式を想定し、各々について系統解析を行った。

2.2.2 系統解析の結果

解析結果のうち最も過酷な条件での計算結果（補償度 50 %，2 回線一括補償方式）を表 1. に、波形の 1 例を図 3. に示す。

A・B 方式では保護レベルが 2.5 PU 以上になるが、C 方式では 2.16 PU となるから、C 方式を適用すれば、直列コンデンサの絶縁低減と小形化を図ることができる。更に、直列コンデンサをとう載するための絶縁架台も少ない部材でよいことになる。

C 方式ではギャップが無いので放電遅れによる直列コンデンサに与える過電圧ストレスの軽減が期待でき、直列コンデンサの経済設計が可能になる。

なお、A 方式の場合は直列コンデンサ再挿入後の動揺過電圧によりギャップが再放電する場合があるので、ギャップ整定電圧を更に高くす

る必要がある。

3. 主要構成機器

直列コンデンサ設備の小形化及び信頼性向上のため、次のような項目について研究開発を行った。

- (1) ZnO 素子を用いた保護システム（低保護レベル化）
- (2) SF₆ ガス消弧式高速 B. P. S（高信頼性）
- (3) 乾式リアクトル（小形軽量化）
- (4) 光通信方式の制御システム（制御系の高速度化）

3.1 ZnO 素子

この方式では ZnO 素子にエネルギー吸収面からは重責が課せられるので、多数の ZnO 素子の並列使用が必要となる。経済設計を行うため直並列接続時の構成や分流あるいは放熱特性を十分検討し、ZnO 素子の使用個数が最適になるように考慮した。

3.1.1 冷却構造

ZnO 素子の必要個数は注入されるエネルギー量と放熱量から求め、放熱条件を向上させることによりその数を減らすことができる。ZnO 素子への注入エネルギー量としては 3 相短絡（3LS）1 回及び 1 線地絡事故（1LG）3 回の責務まで考慮した。1LG 3 回の責務は高速度再閉路及び低速度再閉路を失敗し、主保護の CB が O—θ—CO—1 分—Cθ（θ=0.35 秒）の動作を行った場合を想定しており、非常に短時間で発生する。ZnO 素子の数を減らすために、短時間で冷却効果が現れる構造を採用した。

この方式を適用することにより、ZnO 素子の温度上昇値を約 30 % 低減でき、並列素子数の低減が可能となった。

3.1.2 分流の制御

ZnO 素子の電圧-電流特性は、1 mA から 10,000 A の領域ではわずかな電圧差に対して電流変化が非常に大きい特性⁽²⁾⁽³⁾をもっている。ZnO 素子を多並列使用する時、各並列柱間の電圧-電流（V-I）特性差がわずかであっても、特定の ZnO 素子柱に電流が集中する。

すべての ZnO 素子を有効に利用し並列数を減らすためには、各並列素子柱へ分流する電流が均一になるよう制御する必要がある。

このため、各並列柱間の分流のばらつきを最小とする素子組合せを計算機で求めることとした。制限電圧のばらつきが ±3 % 内にある ZnO 素子を組合せて 5 直列、100 と並列（5S100P）に接続し、（500 kV 用の 1/4 ユニットに相当）大電流通電試験を実施した。その結果、分流のばらつきは 5 % 以下の結果が得られ、分流制御の問題は無いことが確認できた。試験結果を表 2. に、オシログラムを図 4. に示す。

以上の検討の結果、500 kV 系統で ZnO 素子の必要個数は 1 バンク（C_{S1}）あたり 10S230P になる。275 kV 系統で 8S60P となる。

3.2 バイパススイッチ（B. P. S）

軽負荷時には直列コンデンサは不用となり、特に無負荷の変圧器を直

表 1. 各保護方式による過電圧倍数

事故点 事故種別	対象 バンク 相	A 方式		B 方式		C 方式	
		事故中最大 電位 (PU)	再挿入後最 大電位 (PU)	事故中最大 電位 (PU)	再挿入後最 大電位 (PU)	事故中最大 電位 (PU)	再挿入後最 大電位 (PU)
F ₁ -1LG	C _{S1} -A	2.5	2.5	2.5	1.6	2.11	1.96
F ₃ -1LG	C _{S4} -A	2.5	1.64	2.5	1.06	1.98	1.91
F ₁ -3LS	C _{S1} -A	2.5	2.22	2.5	0.66	2.16	1.5
F ₁ -3LS	C _{S2} -A	2.5	0.89	2.5	0.68	2.13	1.44

注 1LG：1 線地絡事故

3LS：3 相短絡事故

PU：コンデンサ定格電圧を 1 PU としている

但し、A、B 方式ともにギャップ放電電圧は 2.5 PU に設定している。

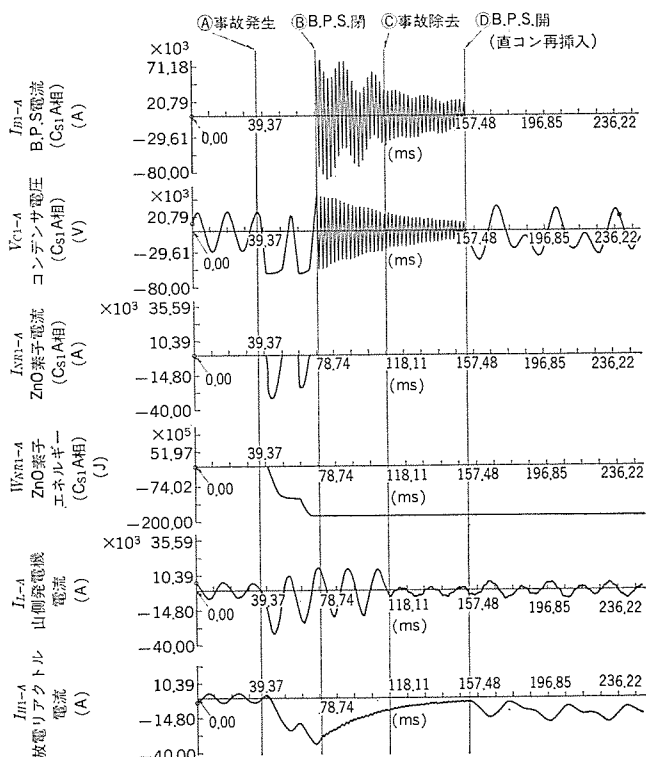


図 3. 500 kV モデル系統 (F₁, 3LS, B. P. S. 有り)
(バンク C_{S1}-A) 保護方式は C 方式

表 2. 分流ばらつき

供試器 番号 試験 ケース	B (%)	K (%)	O (%)	Q (%)	S (%)	N (%)				
						66	67	68	69	70
2-9	+0.8	-0.5	-0.1	+2.5	+1.2	-1.0	-2.2	-0.5	-1.2	+5.1
2-10	+0.9	-0.8	-2.0	+3.2	+1.2	-1.0	-1.7	-0.3	-0.6	+5.1
計算値	+1.2	-1.6	-1.2	+1.7	+1.6	-0.4	-0.4	-0.4	-0.3	+4.6

注 B, K, N, O, Q, S は 5 柱並列したものである。

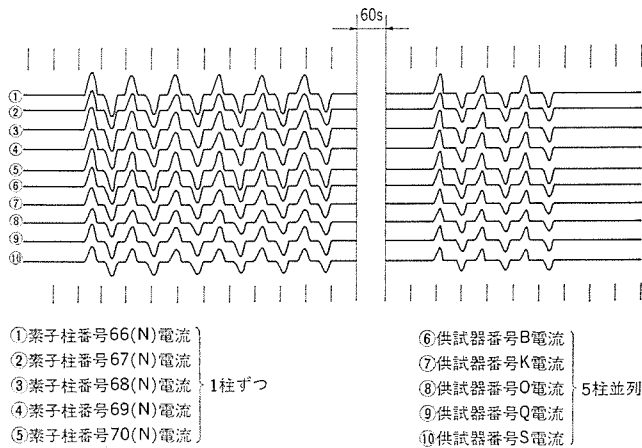


図 4. 分流試験結果

表 3. 500 kV 系統用 B.P.S. の仕様

方 式	SF ₆ ガス絶縁・消弧方式 (バフファ形) 対地気中絶縁形 (障子形)
定 格 電 圧	36 kV
絶 縁 階 級	対地間, 500 H 号 端子間, 30 B 号
定 格 電 流	4,000 A
定格短時間電流	50 kA, 2 秒
定格投入電流	250 kA peak, 450 Hz, 0.1 秒
定 格 周 波 数	60 Hz
定格投入時間	2 サイクル (リレー時間含まず)
定格シャ断時間	3 サイクル (リレー時間含まず)
動 作 責 務	電氣的インタロックによる投入優先 CO-0.35 秒-CO-1 分-CO
操 作 方 式	投入……………ばね 引き外し……………空気
準 拠 規 格	JEC-181-1975
耐 震 強 度	共振正弦 3 波 0.3 G

列コンデンサを通して充電する場合には、コンデンサのキャパシタンスと変圧器のインダクタンスにより 20 Hz 前後の分数調波電圧が発生して変圧器に損傷を与えることがあり、かえって問題となる場合があるので、コンデンサを側路するためのバイパススイッチ (B.P.S) が必要となる。また、系統故障による短絡電流通電時の ZnO 素子の処理エネルギー量を軽減するためにも必要である。B.P.S の必要性能としては投入時間を短かく、更に直列コンデンサの再挿入時間を早くして系統の安定度を向上させるために、シャ断時間も短いことが望ましい。

B.P.S は系統事故時の直列コンデンサ保護という観点から、投入優先動作 (シャ断器における開放優先動作の逆) としている。系統事故による投入電流は故障電流と直列コンデンサの放電電流との重畳電流を想定し、250 kA crest (系統故障電流波高値 $50 \times 2.5 = 125$ kA, コンデンサからの放電電流波高値 94 kA, 及び裕度) とした。なお、主要な仕様を表 3. に示すが、架台上的電源容量を小さくするため地上操作方式としている。

3.3 限流リアクトル

B.P.S の投入時に直列コンデンサから放電される電流の波高値及び高周波振動を抑制するために使用される。コンデンサ端子間の短絡時のように、非常に短時間で的大電流放電や数 kHz 以上の高周波電流放電では、コンデンサの寿命特性に悪影響を与える場合があるため、放電電流周波数が 450 Hz 前後となるようにインダクタンス値を設定した。

限流リアクトルの形式として、絶縁種別により油入式、SF₆ ガス式、乾式などがあるが、小形軽量化が図れることから、絶縁架台上すえ (据) 付方式に最適な乾式構造とした。導体として耐熱 EP ゴムによ

表 4. 限流リアクトルの仕様

項 目	500 kV 用
形 式	乾式屋外用
相 数	単 相
定 格 電 流	4,000 A rms
過 電 流 強 度	2 秒 0.1 秒 50 kA rms 250 kA peak
周 波 数	定 常 時 放 電 時 60 Hz 450 Hz
インダクタンス	No. 1 中間タップ 236 μ H
絶 縁 階 級	20 号 50 kV 150 kV
抵 抗 値	巻線直流抵抗 450 Hz 実効抵抗 1.5 m Ω 8.5 m Ω
温 度 上 昇	絶縁の種別 温度上昇限度 B 種 75°C
概略寸法 (mm)	幅×奥行×高さ 1,300×1,300×4,000
重 量 (kg)	4,500

る F 種絶縁ケーブルを用いることにより、十分な耐候性と絶縁性能を得ている。B.P.S 投入時に流れる 250 kA crest の電流による電磁力への配慮としてガラス基材入りの絶縁クリート構造としている。

なお表 4. に限流リアクトルの仕様を示す。

4. 制御システム

直列コンデンサ設備における制御システムは系統の状態検出、あるいは架台上設置機器や地上設置機器の状態検出、及び B.P.S の制御を行うため複雑な構成となるが、線路の 550/ $\sqrt{3}$ kV の電位差を持つ架台上と地上との情報伝送量を最小とするため、線路の各相ごとに必要な機器は架台上設置とし、3 相共通な機器は地上設置とすることをシステム構成の基本としている。

4.1 システム構成と制御

システムの構成は架台上設置機器の状態を検出する架台上制御盤、この盤内で検出した情報を地上に伝送する光ファイバケーブル及び地上の主配電盤と保護リレー盤からの情報を基に B.P.S を制御する地上制御盤から構成される。

システム制御は図 5. に示すとおりであるが、架台上制御盤や本館からの情報を基に系統事故の有無、故障の有無、ZnO 素子の処理した責務などを総合的に判断し、B.P.S の制御を行っている。

4.1.1 架台上制御盤

架台上制御盤は、架台上の各機器の状態を検出し地上へ伝送する電磁リレー制御部と、そのバックアップとしての半導体シーケンサ部及び ZnO 素子を流れる電流をデジタル信号として地上へ伝送する ZnO 電流データ伝送部から構成されている。

(1) 検出項目

- (a) ZnO 素子過電流
- (b) コンデンサ不平衡電流
- (c) コンデンサ内部圧力
- (d) 架台への地絡電流
- (e) コンデンサ零電圧及び ZnO 素子電流
- (f) リレー用電源電圧低下

(2) リレー制御部

過電流リレーなどの各種リレーで構成され、(1) 項の状態を検知し、その論理和を取り B.P.S 閉指令信号として光ファイバケーブルを通して地上へ伝送している。

(3) 半導体シーケンサ部

M5L 8085 A, メモリアイソレーション D/I など構成されるマイクロコンピュータシステムであるが、(1) 項の内容を入力するとともに、9.6 k ボー

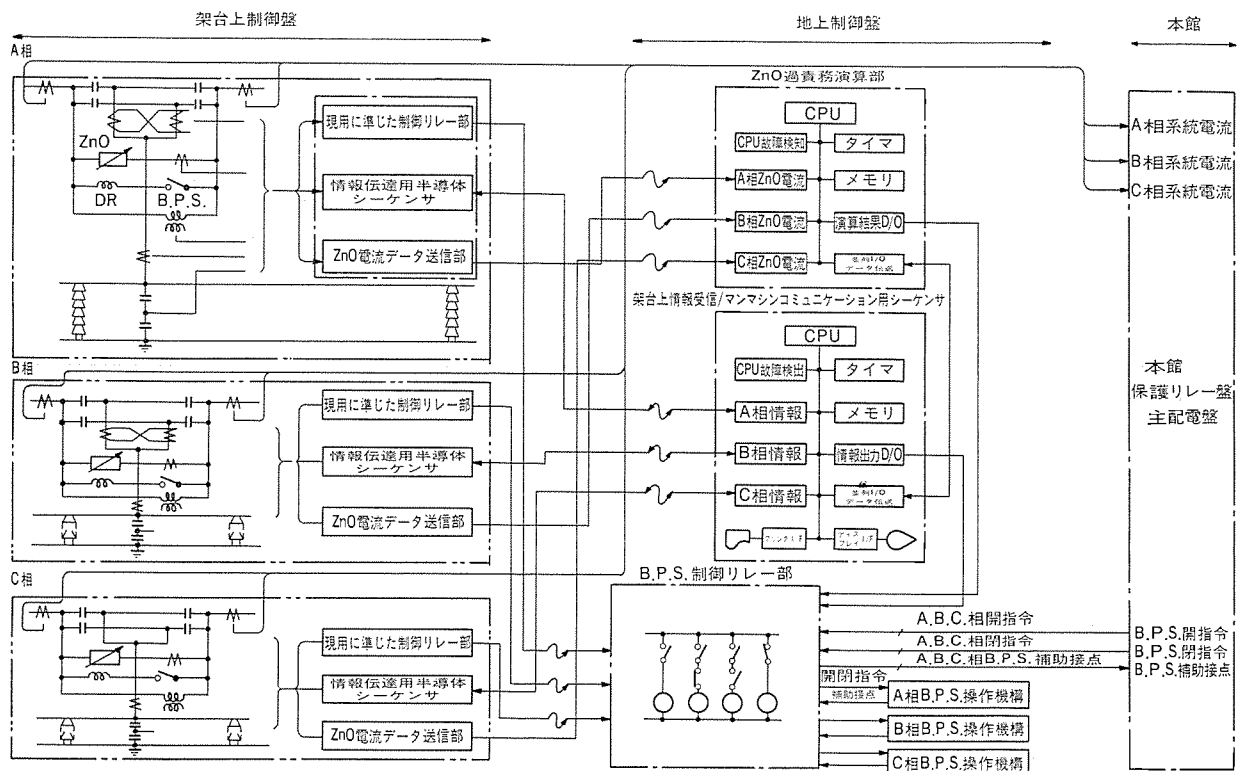


図 5. 制御フロー

の非同期全2重直列伝送方式で光ファイバケーブルを通して地上に伝送している。

(4) ZnO 素子電流データ伝送部

12ビットのA/D変換器を用いたデジタル回路で構成され、ZnO素子に流れる電流を1サイクルあたり150サンプリングし、PWM直列データ伝送方式で光ファイバを通して地上制御盤へ伝送している。

(5) 電源部

線路の $550/\sqrt{3}$ kVの電位にある架台上制御盤に地上から電源を供給することは困難であるため、逆PD(大地-架台間に設けたPDの上部キャパシタ部から電源をとる方法)を挿入し、その出力を電源としている。バックアップとしてバッテリーを内蔵している。

4. 1. 2 伝送用ファイバケーブル

素線数3、心線数14、コア径100 μ m、ETFEジャケット、OEシースのバンドル形光ファイバケーブルをがい(碍)管内を通して、架台上下間の情報伝送を行っている。

4. 1. 3 地上制御盤

架台制御盤、本館主配電盤、保護リレー盤からの情報を基に直接B.P.S.の開閉制御を行うための制御盤で、電磁リレー制御部、半導体シーケンサ部、ZnO素子過責務演算部から構成される。

(1) 電磁リレー制御部

各種の電磁接触器及び電磁リレーで構成され、架台上制御盤、本館主配電盤、保護リレー盤などからの信号を基に論理演算を行い、B.P.S.の開閉指令を出力している。

(2) 半導体シーケンサ部

M5L8085A、メモリ、キーボード、ディスプレイ、プリンタなどから構成されるマイクロコンピュータシステムであり、架台上の半導体シーケンサから伝送される情報のほか、リレー制御部の状態信号などを基にリレー制御部のバックアップとしてB.P.S.の開閉制御を行っている。また、B.P.S.の動作状態、ZnO素子の責務状態などをディスプレイ及びプリンタに出力する。

(3) ZnO 素子過責務演算部

M5L8085A、メモリ、表示器などから構成されるマイクロコンピュータシステムであり、架台上制御盤から伝送されてくるZnO素子電流情報を基にZnO素子責務の演算を行っている。すなわち、このZnO素子電流情報とあらかじめ半導体メモリに記憶されたZnO素子のV-I特性とからZnO素子に発生するエネルギーを演算し、ZnO素子の温度上昇を求めると同時に、ZnO素子の放熱特性のマイクロコンピュータシミュレーションを行い、ZnO素子の責務を総合的に判断し、的確なB.P.S.の開閉制御を行っている。

4. 2 信頼性試験

直列コンデンサ設備は屋外使用であり、しかも500kV系統の対地絶縁を行っている絶縁架台上に設置されていることから、かこく(苛酷)な環境に対する信頼性検証試験を実施し良好な結果を得た。

主な項目を次に示す。

(1) 温度-動作特性試験

周囲温度 $-20\sim 40^{\circ}\text{C}$ の仕様に対し、裕度を考慮して $-40\sim 85^{\circ}\text{C}$ の環境における動作特性試験。

(2) 耐ノイズ試験

100~2,000Vのノイズの印加に対する耐ノイズ性能試験。

(3) 高電圧試験

制御系を絶縁架台に設置した状態で、絶縁架台の衝撃耐電圧値のインパルス電圧を印加し、誤動作のないことを確認した。

5. 組合せ大電流試験

直列コンデンサ設備を適用した系統において、系統事故が発生した時に直列コンデンサ設備に発生する現象に対する計算機による解析結果の精度の確認及び今回試作した保護システムが所期性能及び総合動作特性を満足することを検証するために、各構成機器を組合せて系統事故を模擬した大電流通電試験を実施した。状況写真を図6に示す。

系統事故による B. P. S 投入時にコンデンサからの放電電流の影響を重視して、定格電力送電時に地絡事故が発生することを模擬した。

5. 1 供試器

各機器の定格は B. P. S や限流リアクトルのように構造上分割できないものを除いて、できるだけ実系統の責務と同等となるようにした。更に、単体の試験では検証できないことから、コンデンサからの放電電流周波数を実系統における約 450 Hz にほぼ等しくなることを最優先して供試器を構成した。

なお、コンデンサは日新電機(株)製 (7,360 kVA, 18.4 kV) を使用した。

5. 2 試験方法

(1) 試験回路 (図 7. 参照)

電源側のインピーダンスはコンデンサのリアクタンス (X_C) の実系統とこの試験における比率と等しくなるように配慮した。また、電源電圧については、山側電圧を各コンデンサが分担するものとして 31.8 kV とした。

なお、事故発生前の定格電流通電を模擬するために、あらかじめコンデンサにコンデンサ定格電圧波高値 13 kV を充電した。

(2) 試験ケース

事故発生位相は 0° を基準に 60° ごとの 6 ケースとした。

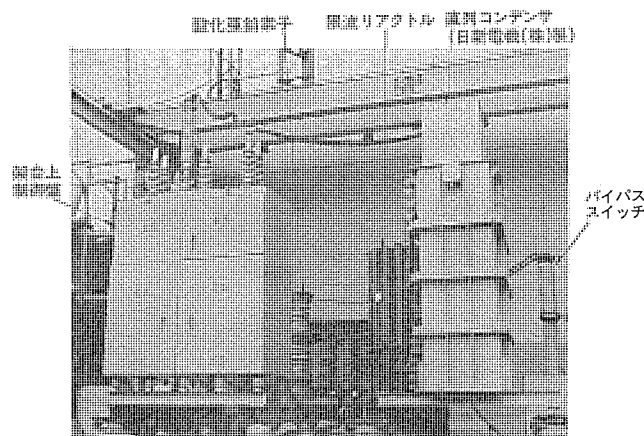
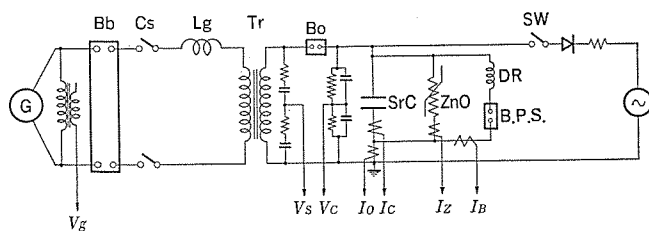


図 6. 組合せ大電流通電試験状況



- G : 短絡発電機
Bb : 保護しゃ断器
Cs : 投入スイッチ
Lg : 電流調整リアクトル
Tr : 短絡変圧器
Bo : 試験用補助しゃ断器
SW : コンデンサ充電用スイッチ
- SrC : 直列コンデンサ
ZnO : 酸化亜鉛素子
B.P.S. : バイパススイッチ
DR : 限流リアクトル

図 7. 組合せ試験回路図

表 5. 直列コンデンサ保護装置組合せ試験結果

試験ケース	電源投入位相 (度)	短絡電流 I_0 (kA)		SrC		ZnO		B. P. S				
		peak	rms	端子間電圧 V_C (kV) peak	通電電流 I_C (kA) peak	通電電流 I_Z (kA) peak	吸収エネルギー (kJ)	投入時間 (ms) T_0	投入電流 I_B (kA) peak	電流周波数 (Hz)	開時 (ms)	アーク時間 (ms)
1	-180	2.15	1.40	22.0	6.78	2.14	762	32	8.46	455	23	2.0
2	-120	2.23	1.42	22.0	7.23	2.21	722	32	8.87	455	23	2.5
3	-70	2.34	1.39	22.0	4.27	2.31	684	32	6.21	455	23	3.0
4	0	2.08	1.40	22.0	6.83	2.08	890	32	8.38	455	23	2.5
5	+55	1.93	1.37	22.0	6.63	1.93	810	32	8.06	455	23	1.0
6	+105	2.10	1.40	22.0	6.83	2.10	867	32	8.22	455	23	1.0

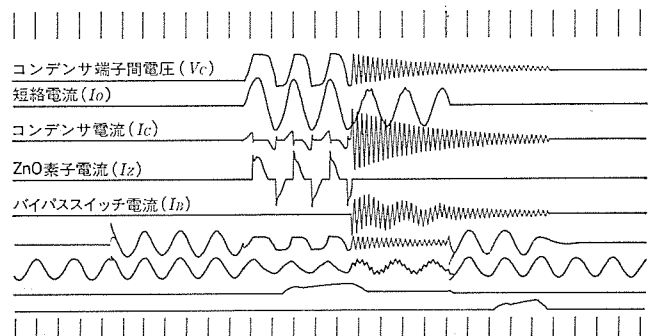
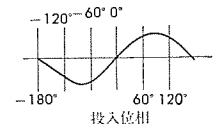


図 8. ケース A-4 における大電流通電試験 オシログラム

5. 3 試験結果

試験結果を表 5. に、代表的な オシログラム を図 8. に示す。

- (1) 事故発生位相により ZnO 素子が処理する責務は 20~30 % 変わる。
- (2) 解析結果と実測値がよく一致し、解析手法の妥当性が確認できた。

以上のように各構成機器は正常に動作し、良好な結果が得られた。

6. む す び

大電力長距離送電としては、従来から UHV 送電や直流送電などと並んで直列コンデンサ方式は有効な手段とされており、我が国の実態に即した 500 kV 直列コンデンサの開発が必要である。この研究により直列コンデンサシステムの小形軽量化による経済性の向上、高速度制御による安定度の向上あるいは信頼性の向上、また設備全体の経済性の向上ができる見通しを得たことから、今後ますます直列コンデンサシステムへの期待は大きなものになると確信する。

この研究では 500 kV への適用を目的とするものであるが、当然のことながら 275 kV 以下にも適用しうるものである。

最後に、この直列コンデンサの新システムの開発にあたって、御尽力いただいた関係各位に深く感謝の意を表する次第である。

参 考 文 献

- (1) 伊藤ほか：昭和 55 年電気学会全国大会 871 (昭 55)
- (2) 富永ほか：三菱電機技報, 52, No. 5, p. 369 (昭 53)
- (3) 富永ほか：三菱電機技報, 53, No. 2, p. 172 (昭 54)

河川・道路管理用機能分散形テレメータ

松村 征三*・吉崎 守*・内藤 明彦*

1. ま え が き

河川構築物の運用・管理には、関係する流域の水文・水理データを迅速に収集することが必要、不可欠である。従来この目的のため、建設省及び各地方自治体では雨量水位テレメータ装置、水質テレメータ装置、連続テレメータ装置などが数多く設置され、所期の成果をおさめている。

このうち、雨量水位テレメータ装置は無線回線を使用して監視局から観測局を呼出してデータ収集を行うものであり、従来は観測値をそのまま印字、表示するだけの機能しかもっていないハードウェアベースの装置であった。しかし、最近は高度な運用形態が望まれており、このための簡易データ処理機能の付加、高級プリンタへの出力、他システムへの転送など収集データを高度利用する機会が多くなってきている。

一方河川管理のほか、道路管理にも重点がおかれ、方式的には雨量水位テレメータ装置に準拠しながら高度な判断、処理機能をもつ道路テレメータ装置も逐次設置されてきた。道路テレメータシステムでは、雨量・風向・風速・気温・路面温度・積雪深などの観測値を監視局からの呼出しにより収集するだけでなく、観測局からの異常値起動方式を併用することによりレスポンスの早いデータは(把握)を行い、的確な交通規制、交通シャ断を行うためのデータ処理を行なっている。

これらの装置は従来ハードウェアベースの装置に処理機能を付加する形で発展してきており、年度ごとに機能拡張されていく傾向がある。

このため、多機能にわたる種々の仕様に対応でき、しかも低コスト性を満足するテレメータ装置として《MELFLEX 380》を開発したので概要を紹介する。

2. 開発目的と特長

2.1 概 要

この装置は M5L 8085 AP を複数台使用した機能分散形の複合マイクロコンピュータシステムであり、シングル CPU で構成できる最小システムのものから複数台の CPU を使用した複合機能システムまでを効率良く構成できる特長を持っている。

2.2 ハードウェア

(1) ビルディングブロック方式

機能単位のブロック化が可能となり、次に示す特長がある。

- (a) 処理内容に合った最適規模のシステムが構成できる。
- (b) システム拡張が容易である。
- (c) 機能分散により、トラブル発生時の事故波及を最小限に抑えることができる。

(2) マイクロコンピュータの複合化

《MELFLEX 380》システムは 1 フレーム当たり 1～4 台までの CPU 実装が可能で、システムのスループットを向上させることができる。

(3) コンパクト化

CPU ボード (MAC 30) 上に CPU, ROM, RAM, バスインタフェース部をとう載し、各種インタフェースモジュールと組合せるだけでコンパクトに最適システムを構成できる。

(4) 共有メモリ (コモンメモリ) の採用

共有メモリ方式の導入により各 CPU ファミリー間の情報交換は時間に制約されなくなり、システムのフレキシビリティを向上させることができる。

(5) 保守性の向上

各 CPU ボードに専用アナライザを接続することにより、各 CPU ごとに独立にデバッグ可能である。このアナライザには各 CPU のローカルエリア内の ROM をバックアップするための RAM を内蔵しており、アナライザパネルからの指示により簡単に ROM から RAM へ切換えてデバッグできるほか、RAM 内容を ROM に書込む ROM ライタを内蔵しているため、効率の高いデバッグが可能である。

(6) 小形化、低消費電力化

LSI 及びローパワーショットキー IC の採用により小形化、低消費電力化し、同一きょう(筐)体内に複数台の CPU を実装できる。

(7) 信頼性の向上

バックボードのプリント配線化によるラッピング点数の減少、小形プリント板の採用によるパターン長の短縮、ソフトウェアを考慮に入れたハードウェアの標準化により、品質の統一と信頼性の向上が図られている。

2.3 ソフトウェア

(1) リアルタイム処理

リアルタイム処理を基本にあらゆる処理形態において高いレスポンスビリティを提供するため、下記の手法を導入している。

(a) マルチ CPU 化による並行処理

(b) マルチタスキングによる並行処理

(2) 柔軟な拡張性

機能単位ごとに CPU を割付けるため、ソフトウェアの流用性が高く、特殊仕様部のみを考慮するだけでよいので、拡張性に富む。

(3) マルチ CPU 化による並行処理と独立性

マルチ CPU 化によって同時に複数処理を実行することが可能となり、システム全体のスループットが向上し、機能のビルディング化が容易である。

(4) 容易なデバッグ

機能分散方式としたため、プログラム構造が単純となり、専用アナライザの豊富なコマンドによって短期間のデバッグが可能である。

3. 基本モジュールの概要

3.1 基本モジュール

《MELFLEX 380》は小規模システムから中規模システムまでバランスよく対処できるよう配慮されている。

(1) CPU モジュール

三菱 M5L 8085 AP (CPU) を中心に、ROM 8 K バイト (KB) (メモリを含む) と RAM 2 K バイトをとう載し、周辺インタフェースモジュール

表 1. CPU モジュール仕様

項 目	内 容
方 式	8ビット並列演算処理方式
CPU 素 子	三菱 M5L 8085 AP
サイクルタイム	基本 2.5 μ s (CPU クロック周波数 2MHz)
CPU カ ー ド 内 蔵 メ モ リ	ROM 最大 8KB RAM 2KB
外部拡張メモリ容量	最大 44KB
I/O 割 当	入力 最大 256B 出力 最大 256B
割 込 み	マシニングエラー割込可 (電源異常, WDT エラー) 2 レベル リアルタイムクロック割込..... 1 レベル 外部割込可..... 1 レベル (8 要因)
外 部 バ ス	LS-TTL インタフェース アドレス 16, データ 8, その他 2 TTL インタフェース コントロール 4

との組合せにより、最小システムから複合マイクロコンピュータシステムに至るまで広範囲に対応できるようになっている。表 1. に CPU モジュール仕様を示す。

(2) CPU 機能拡張モジュール

算術演算素子を用いた高速浮動小数点演算、プログラマブルタイマ、外部割込入力などが可能となり、必要に応じて CPU モジュールと組合せて使用する。

(3) 共有メモリモジュール

8K バイトの C MOS 2 ポート RAM であり、拡張 RAM としても使用できる。

(4) シリアルインタフェースモジュール

モデムインタフェース (EIA RS-232 C) を有する端末を制御できるほか、DI 5 ビットを入力することができる。

(5) プロセス I/O モジュール

外部からのデータを取込んでこれをマイクロプロセッサに転送する DI モジュールとマイクロプロセッサからのデータを外部に出力する DO モジュールとがあるが、最小構成の場合に有利なように、DI モジュールの中に DO 4 ビット、DO モジュールの中に DI 4 ビットを内蔵した特殊仕様となっている。

(6) FLD インタフェースモジュール

両面倍密度フレキシブルディスク装置とインタフェースし、メモリ内容を DMA (Direct Memory Access) 転送する。フレキシブルディスク装置は最大 4 台まで接続できる。

(7) スイッチ ROM モジュール

16 バイト容量のスイッチ ROM が内蔵されており、小容量の書換え可能な ROM として設定などに使用できる。

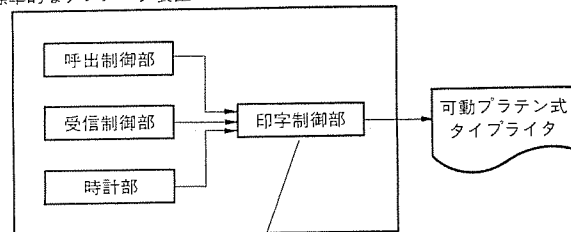
(8) 光データリンクモジュール

伝送速度 1.5 Mb/s (メガビット/秒) 以下の高 S/N デジタル通信が可能であり、送信部と受信部の両方を実装した場合は全 2 重通信ができる。表 2. にモジュールの概略を示す。

表 2. モジュール一覧

カード名称	モジュール名	概 略 機 能・仕 様
ARC 30	CPU 機能拡張モジュール	・ 8 レベル外部割込制御 ・ プログラマブルタイマ×2 ・ 浮動小数点演算機能
DIC 30	デジタル入力モジュール	・ 36 ビット DI 入力 ・ 4 ビット DO 出力 ・ 4 ビット スイッチ ROM 設定入力 ・ 内蔵 4 ビット LED 表示
DOC 30	デジタル出力モジュール	・ ストローブ信号付 32 ビット DO 出力 ・ 独立ストローブ信号 (1 ビット) ・ 4 ビット DI 入力
FIC 30	FLD インタフェースモジュール	・ 両面倍密度 FLD 制御機能 (MAX 4 台) ・ DMA 機能
SEC 30	スイッチ ROM モジュール	・ 16 B スイッチ ROM
PDC 30	光データリンクモジュール	・ 光ファイバを用いたデジタルデータ伝送 ・ 全 2 重通信可
MEC 30	共有メモリモジュール	・ 8KB C MOS 2 ポート RAM ・ 電源バックアップ可能
SIC 30	シリアルインタフェースモジュール	・ EIA RS-232 C インタフェース ・ 5 ビット DI 入力 ・ 3 ビット スイッチ入力

従来の標準的なテレメータ装置



今回の開発品の適用

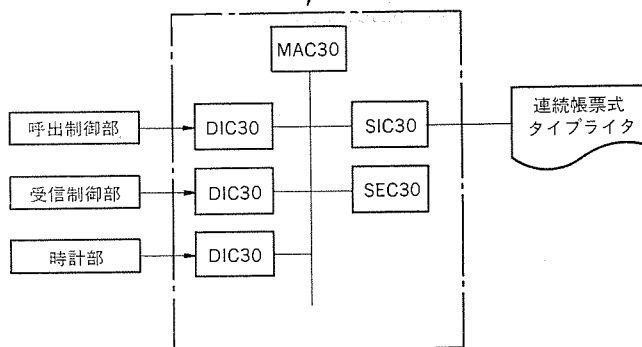


図 1. タイプライタ更新の適用例

3. 2 モジュール構成例

《MELFLEX 380》は装置の規模により最適なモジュール構成を実現することができ、CPU 単位に機能を分割しているため、部分的な機能追加に対しても柔軟に対応できる。図 1. に《MELFLEX 380》のモジュール構成例を示す。

(a) 従来のテレメータ装置の印字制御部 (タイプライタ制御回路) を

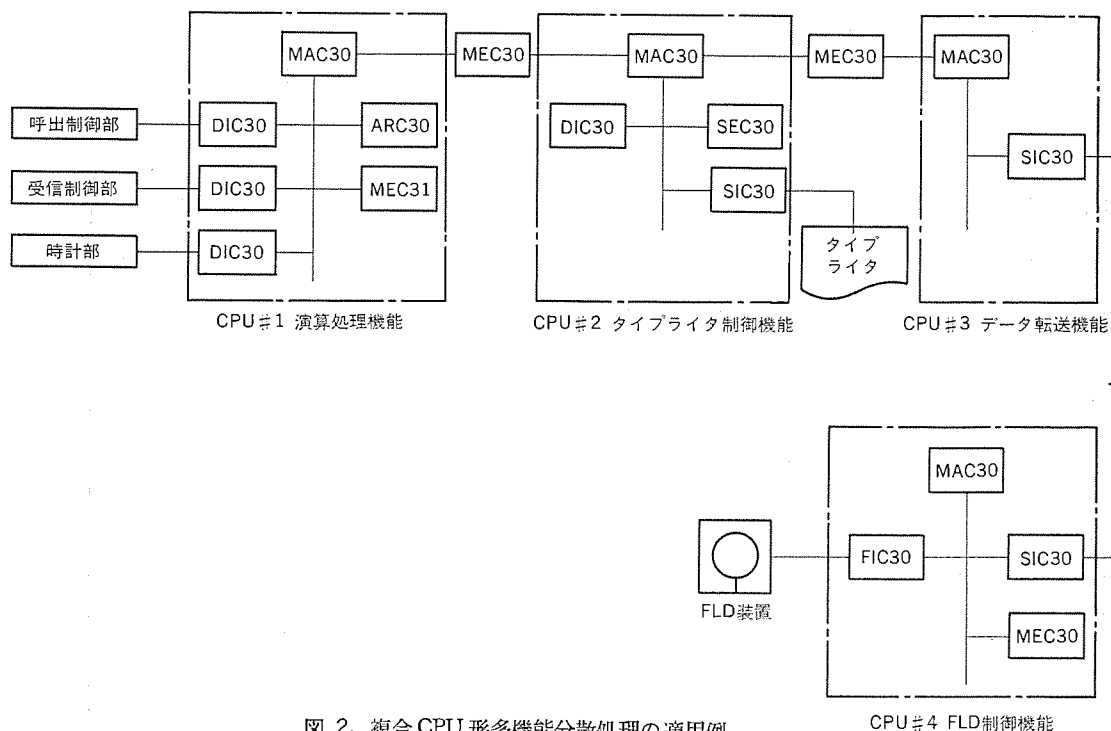


図 2. 複合 CPU 形多機能分散処理の適用例

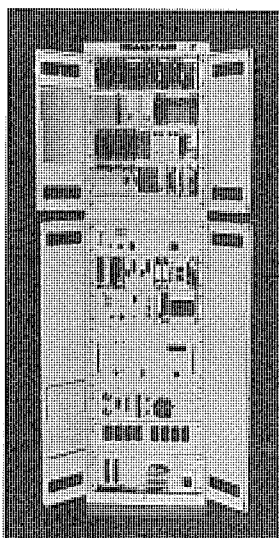


図 3. CPU 3 台を実装したテレメータ装置

更新する場合

既設テレメータ装置において従来使用していたハードウェアベースのタイプライタを連続帳票式（マイクロ CPU が内蔵されたタイプ）のタイプライタに更新する場合、従来の印字制御部のみを《MELFLEX 380》に置換えることができる。

(b) 建電通仕第 1 号の仕様にてデータ処理、印字、データ転送、フレキシブルディスク装置を付加した場合

複数台の CPU にそれぞれの機能を分割し、各 CPU は共有メモリ又はシリアル転送によってデータの授受を行うことができる。

図 2. の例では、各 CPU を機能単位に分割し、CPU #1 でデータの入力及び演算処理を行い、CPU #2 でタイプライタへの印字出力を行う。CPU #3 では FLD 装置とのデータ転送を行い、CPU #4 では FLD 装置の制御を行っている。

(c) テレメータ装置以外の装置に適用した場合

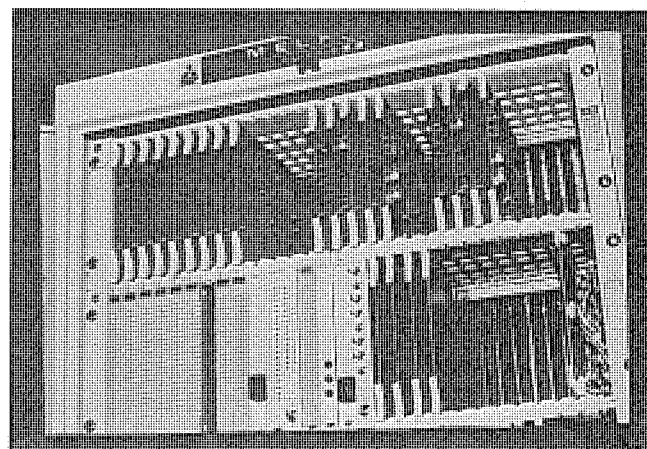


図 4. CPU 実装部 (最上段)

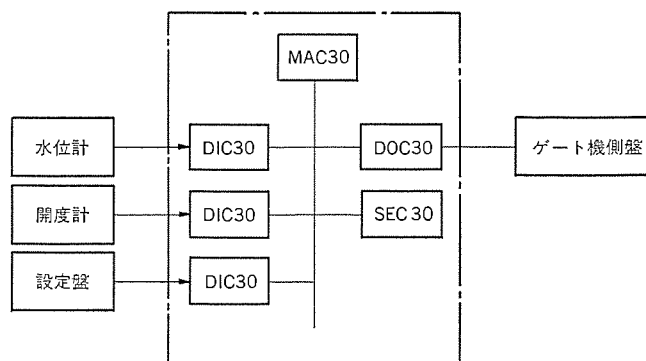


図 5. 小規模制御装置への適用例

テレメータ装置以外にも、簡単な制御機能などマイクロ CPU を応用したものが考えられるが、図 5. はコンパクトなカードサイズの利点を生かしたゲート制御装置の例である。

4. ソフトウェア構成

4.1 ソフトウェア体系

《MELFLEX 380》のソフトウェア体系は、図 6. のように、CPU 単位に設けられたモニタMを中心に動作し、各種のサービスプログラムを利用することにより、効率のよいソフトウェアを実現するように考慮している。

(1) ライブラリ

ビット処理、レジスタ演算、待行列処理、フォーマット変換などの標準的に使用される基本サブルーチンや、浮動小数点演算モジュール (ARC 30) が実装された場合の浮動小数点演算パッケージを用意している。

(2) 入出力ハンドラ

タイプライタ、フレキシブルディスク、コモンメモリなどは汎用的な機器に対する入出力は定形的な処理として各種入出力ハンドラを用意している。

(3) 標準周辺入出力処理

タイプライタへの出力データは印字フォーマットを利用することにより容易に作成することができる。

(4) 標準アプリケーション

標準的な入出力機器については各種プログラムを用意し、新規に作成するプログラム量を極力少なくするようにしている。

(5) ユーティリティ

プログラムのデバッグ、メンテナンスなどに利用するアナライザを用意しており、各 CPU 単位にプログラムのロード、セーブ、ROM IC へのプログラムの書き込み、プログラムのチェックなどが行える。

4.2 メモリ割付け

《MELFLEX 380》は 64K バイトのアドレス空間のうち前半 32K バイト

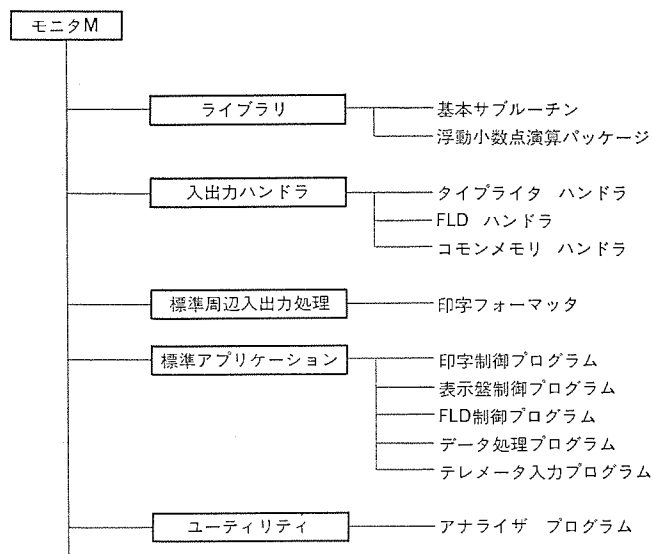


図 6. ソフトウェア 体系

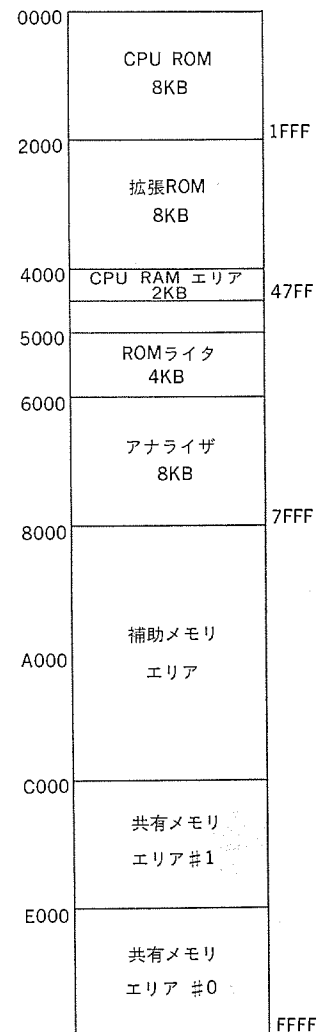


図 7. メモリマップ

をプログラムエリア、アナライザのサービスエリアとして使用し、後半 32K バイトを共有メモリ、補助メモリエリアとして使用している。図 7. にメモリマップを示す。

5. む す び

以上、マイクロプロセッサを各機能ごとに割付けた CPU ファミリーの組合せによりシステム機能の多様化、拡張性、増設変更にフレキシブルに対応でき、更に高信頼度、コストパフォーマンスに富んだテレメータ装置の実現を可能にした。

今後は、いまいちの専用機能ユニットの洗練と供給標準ソフトウェアの整備により、ユーザーから要求される品質要求に合致したより信頼性の高いシステム製品を提供できるように充実を図っていきたい。

船舶の主機換装用電機品における省エネルギーと省力

田崎 昭憲*・山崎 寛*

1. ま え が き

船舶における省エネルギー方策には船形の改良や外被塗料の開発による船体抵抗の減少、プロペラの形状の改良による推進効率の向上などがあるが、節約効果が大きく即効的であると期待される方策として主機関を蒸気タービンから燃料消費率の良いディーゼルに換える方法がある。これを主機換装と称し、換装の対象船種は5~30万トン級の高速コンテナ及びタンカーが多い。

ここでは主機換装船にとり載される電機品の中で、特に省エネルギー・省力化を志向した電機品についてその概要を紹介する。

2. 主機換装とは

2.1 目的と意義

船内で消費されるエネルギーの大部分を占める推進用主機関を蒸気タービンからディーゼルに換装して、燃費を大幅に低減するのが第1の目的である。また同時に、主機の排出エネルギーの再利用や発電機の運転台数のきめ細かな制御によって、発電システムの燃費低減を図るのが第2の目的である。これらの実施により、船全体で最高35%もの燃費節減が達成できる。また、主機換装に伴って制御監視機能を充実すれば、各機器のか(稼)働率が向上し保守整備の省力化が図れる。

2.2 電機品の種類

新設のディーゼル主機の遠隔操縦装置としては実績の多いマイクロコンピュータ(以下マイコンという)による制御方式が採用されている。

発電システムには既設タービン発電機の定格を下げて排ガスタービン発電機(T/G)として活用する場合が多く、新設ディーゼル発電機(D/G)との組合せによる運転台数制御方式、負荷分担比率の可変制御方式などが適用される。また、発電システムとしての省エネルギー及び操作の簡易化による省力化を図っている。

機関室補機の制御装置は、主機の種類や出力によって補機用電動機の出力や台数が異なるため、内容もまちまちである。このため、換装費用の関係から制御装置は既設の部品を改装して再使用する例が多い。

また機関部の計装には高度の機能と信頼性を備えたデータロガーやモニタが採用される。

2.3 電機品の条件

主機換装は就航中の船を休止し、3~5か月の短い期間で換装するために、電機品を確実な納期で納入し、短時間で(艀)装工事を完了することが第1の条件となる。したがって設計、組立、工場試験、船内工事などを日程通りに確実に実行することが強く要求される。もちろん、電機品の機能、信頼性などは新造時と変らぬものであり、また既設システムとの調和が重要視されるため、仕様上の柔軟性、船内での工事能力、船主との折衝能力など船用電機品全体を総合的にとりまとめる能力が要求される。

2.4 換装工事の問題点

設計段階においては既設品との仕様合わせが最大の問題となる。特に既設品が国外メーカーあるいは図書不備などの場合には、既設品の仕様確認、図書類の入手、現地調査などに新造船の場合とは比較できないほど多くの労力を要する。

船内での試験調整期間を最短に抑えるため、工場での試験時に電機品をなるべく船内と同一条件で接続し、それらの組合せ動作確認をしておくことが望まれる。

船内工事では仕様不備による問題が派生するが、特に現物合わせによる機器の設置、試験しながらの回路変更など現場作業者の技術水準及び作業進捗能力が工期確保の大きな要因となる。また、短工期のための密度の高い作業日程、厳しい作業環境などに対する安全管理も重要な問題である。

3. 換装用電機品

換装用電機品は既設電機品との有機的な調和が第1の必要条件であることを前述したが、最近採用されているシステムの概要を次に述べる。

3.1 発電システム

船内電源に主機関の排ガス熱を有効に利用するため、排ガスエコマイザによるタービン発電装置が採用される。発電機制御方式には、従来の自動始動・自動同期投入・自動負荷分担及び周波数制御などの一連の自動化のほか、特に省エネルギーを指向した制御が要求される。

当社では昭和52年から、主軸駆動発電システム、排ガスタービン用高効率発電機などの開発研究・実用化を進めてきた。以下主機換装船にとり載した排ガスタービン発電システムと、その自動運転装置について述べる。

3.1.1 排ガスタービン発電システム

システムブロック図を図1.に、その外観を図2.に示す。このシステムは従来の自動負荷分担装置に採用されているアナログICに船用モニタシステムなどで実績のあるデジタル制御機能を付加した自動運転制御装置で、次の特長をもつ。

(1) 運転台数制御

船内負荷の増減に応じて、スタンバイ発電機に自動始動と自動停止の機能を持たせ、船内に安定した電力の供給と乗組員の操作・監視などの負担の軽減を図ったもので、次の機能をもっている。

(a) 負荷増による発電機のバックアップ始動

負荷がスタンバイ発電機の始動設定点まで増加すると、スタンバイ発電機が自動始動し、運転中の発電機に自動並入される。図3.に船内負荷増加に伴い、発電機運転台数が増加するパターンを示す。スタンバイ発電機の自動始動順序はスタンバイ発電機選択スイッチにより設定される。

(b) 負荷減による発電機と機関の停止

負荷が減少したあと余剰発電機を軽負荷で継続運転すると、機関効率が低下するので、余剰発電機の切離しと機関停止が必要であ

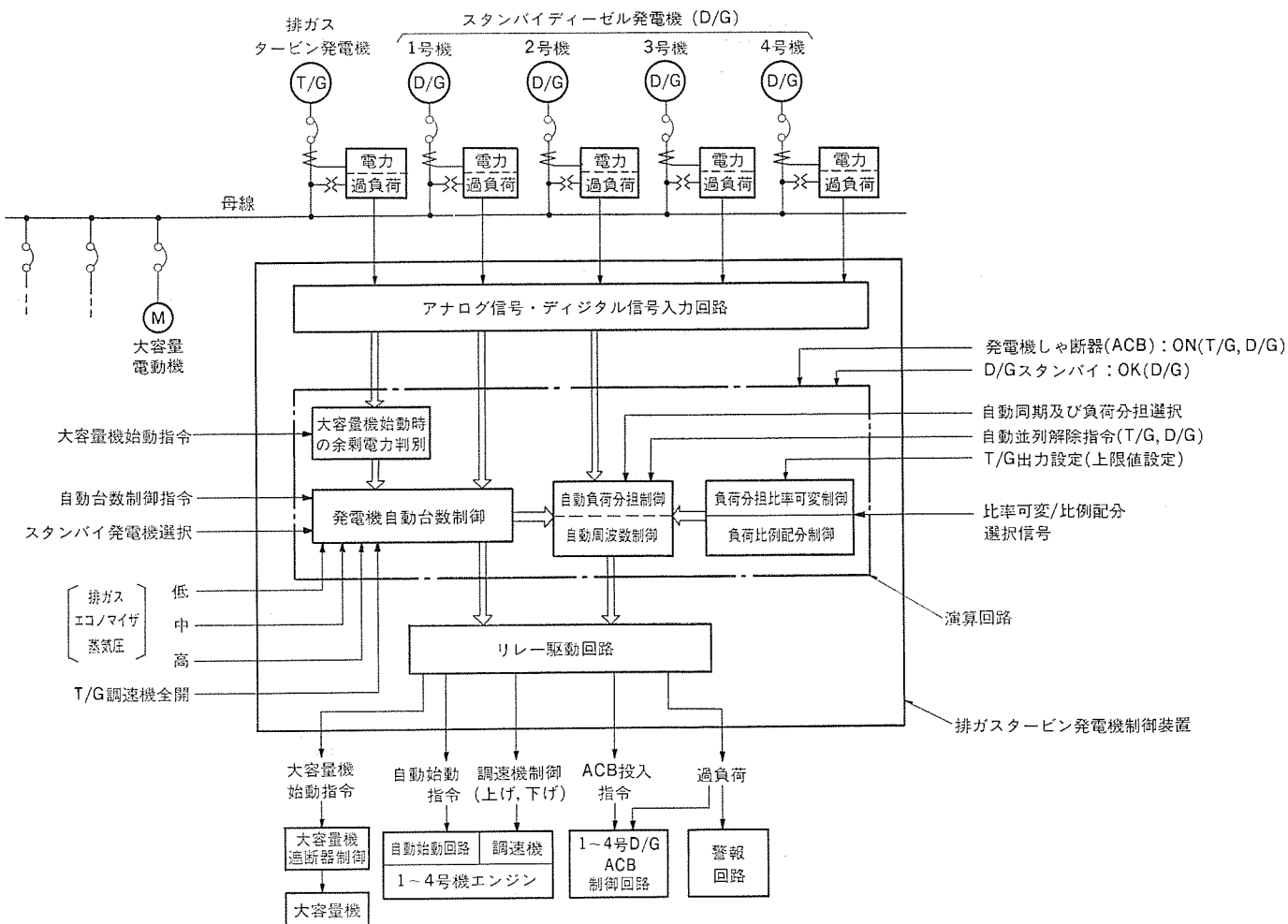


図 1. 排ガスタービン発電システム

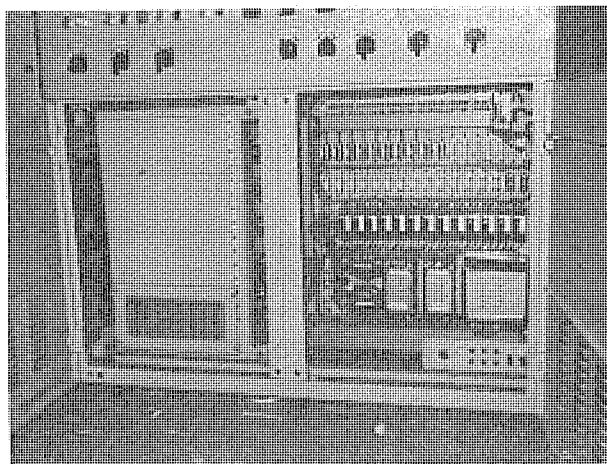


図 2. 排ガスタービン発電機制御装置

る。これらの動作パターンを図 3. に示す。負荷が減少して切離し設定点以下になると、負荷移行、発電機と母線の切離し、機関停止など一連の自動動作を行う。発電機の自動停止順序はあとからバックアップ始動した発電機を先に停止させる方式としている。これは連続運転する発電機を限定し、ある一定期間運転した方が効率及び保守点検の面からも利点があるからである。

(c) 大容量機の始動
ボウラスタなどの大容量機の始動時は、始動指令が出るとまず始動

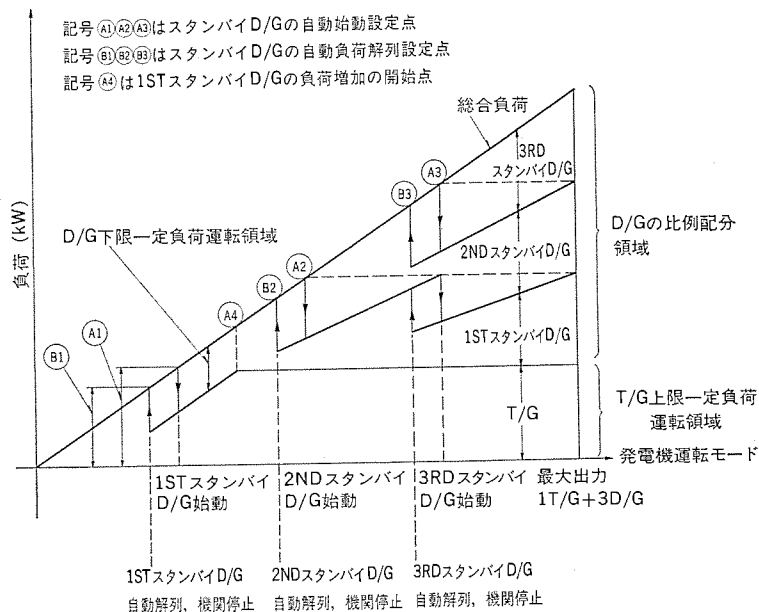


図 3. 発電機運転台数の変化

に必要な電力の有無を判定し、電力不足の場合はスタンバイ発電機を自動始動し、母線に接続する。その後、電動機を始動させる。

(2) T/G と D/G の並行運転時の負荷分担比率可変制御
排ガスタービン発電機 (T/G) にできるだけ負荷を分担させ、不足分をディーゼル発電機 (D/G) で補い、省エネルギーを図っている。

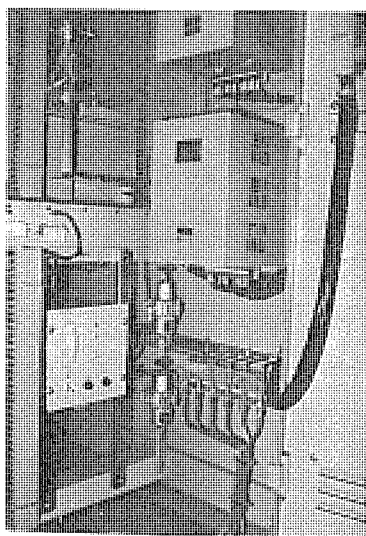


図 4. 新形自動電圧調整器

(a) T/G 上限一定負荷制御 (図 3. 参照)

排ガスエコノマイザの発生蒸気量が十分な範囲内では、T/G は上限一定負荷を分担し、残りの船内負荷及び増加分は D/G が分担する。排ガスエコノマイザ蒸気量が減ると、T/G の負荷を D/G に移す。D/G の負荷が増加し、始動設定点に達すると、スタンバイ D/G がバックアップ始動する。

(b) D/G 下限一定負荷制御 (図 3. 参照)

ディーゼル機関は、長時間の軽負荷運転を行うと効率が低くなるので、D/G 下限一定負荷運転領域を設ける。

(3) 比例配分制御

このシステムは、前述の分担比率可変制御のほかに通常の負荷比例配分機能も併せもっており、そのいずれかを選択して運転することができる。

(4) D/G 運転制御

D/G のみ運転している場合は負荷増減による自動台数制御及び比例配分負荷分担制御を行う。

(5) T/G の負荷分担の上限値の設定

T/G の負荷分担上限値の設定は、蒸気供給弁の開度を手動又は自動設定することにより行っている。

3. 1. 2 交流発電機の並行運転装置

主機換装船では既設品の一部を使用するため形式の異なる数種の原動機及び発電機との組合せとなるので、並行運転を行うためには原動機及び発電機特性を十分には(把)握しなければならない。また、安定した並行運転を行うために、その系統に見合った制御方式を採用する必要がある。

当社は従来の自動同期投入装置及び自動負荷分担装置のほか、単独及び並行運転のいずれにおいても電圧変動率を $\pm 1\%$ 以内の精度におさめる新形の自動電圧調整器を開発納入した。図 4. にこの自動電圧調整器の外観を示す。

3. 2 補機システム

補機制御においても、省力化のための自動化及び信頼性向上とともに、省エネルギー及びスペース縮小が重要な課題である。

これらの要求に対して、省エネルギーのための可変速電動機、省スペースのための両面監視操作形ユニット引出し式集合始動器盤、制御信号伝送系への多重伝送方式の導入などが多い。

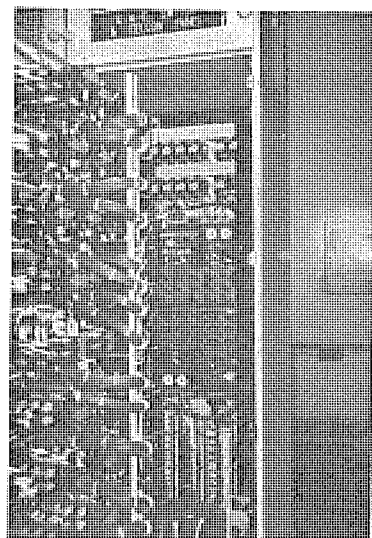


図 5. 集合始動器盤に設置された多重伝送装置の子局

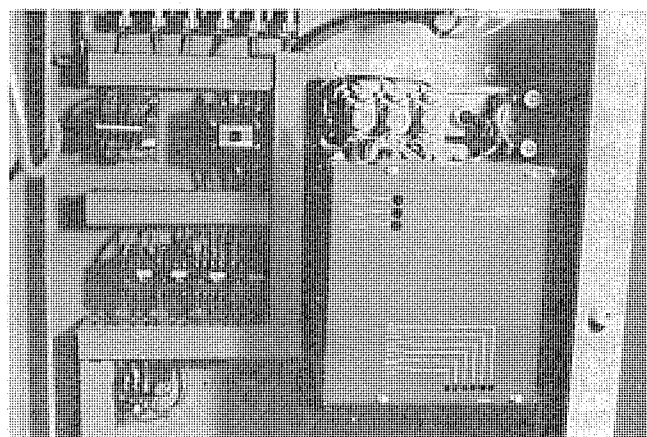


図 6. 始動器内部のトランジスタインバータユニット

3. 2. 1 回路構成

補機電動機の制御においては、ITP (Illuminated-Turn-Push : 表示灯付切換スイッチ 兼押ボタン) スイッチを用いた監視しやすいダークシステム(装置正常で消灯し、異常で点灯するシステム)や省力化のための自動切換回路を採用している。また、これらの機能向上に伴って生じる配線工事量の増加に対処するため、信号伝送には多重伝送方式を採用し、配線や配線ダクトの大幅な削減と工期短縮を実現している。

図 5. に集合始動器盤に内蔵した多重伝送装置の子局を示す。

3. 2. 2 補機類の省エネルギー対策

従来の補機電動機はほとんどが連続運転方式であったが、省エネルギー対策の一環として駆動方式運転パターンなどの再検討を行い、新しい制御方式を採用する例が増えてきた。例えば、ポンプやファンなど 2 乗トルク負荷に対して従来は誘導電動機が使用され、負荷変動がある時はダンパやバルブの調節を行っていた。しかし、これでは軽負荷時にダンパやバルブによる制御損失が発生し、効率が著しく低下する。このため、駆動電動機を最適速度で運転することにより制御損失を低減し、省エネルギーを図った。これに採用したトランジスタインバータ方式の可変速電動機は、平均回転数 80% の場合にはダンパ制御時より約 40% の省エネルギーが可能で、合わせて装置の小形化、低価格化をも実現した。

図 6. に始動器内部のトランジスタインバータユニットの外観を示す。

3.3 計装システム

主機換装を実施するに当たっては、換装に付随する制御装置、監視警報装置にも高度の機能と信頼性を備えた最新のものが採用されている。

ここでは主機換装用の計装システムを例にして、近年著しく様相を変えつつある船用データローモタについて紹介する。これらはマイコンとCRTの組合せにより、機関部計装機器の先駆的役割を果たしているもので、マイコンとCRTの多用による機能向上、バックアップCPUによる信頼性向上、多重伝送装置による艤装工事の簡略化など将来の船用制御機器の原形となっている。

マイコンを応用したシステムについては、故障した場合の処置方法が船主にとっては最大の関心事である。この傾向はマイコンを採用してその運転操作・保守に多くの経験を積んだヨーロッパの船主に特に顕著である。当社はそれらの要求にこたえるために、バックアップCPUによる信頼度向上を目指したモニタシステムを製品化した。その特長はつぎのとおりである。

(1) モニタ

2系統のCPUを設けて、重要な入出力インタフェースは2重に装備し、また比較的重要度の低い入出力インタフェースはどちらか一方の系統に切換接続するシステム構成とした。これを図7.に示す。

このシステムはCPU、メモリなどの主要構成要素を2系統備えている。したがって、1系統が故障した場合には、他方へ切換えることにより容易に運転が維持できる。また、システム計画時に入出力装置に考慮を払えば、従来のシステムを2系統並べるだけで、比較的単純なシステム構成が容易にできる。

この例では入出力信号の切換方法が検討の要点となったが、計測点入力信号を多重伝送線で切換える方式としたため、切換回路の簡略化に大きく貢献した。また、主力となる表示装置として、3台のCRTを切換回路を介して常用側のCPUに接続する方式とした。このため、CPUとCRTコントローラはバス信号線上で切換えている。このバス信号線の切換は信号数が多くかつ信号レベルが低いために、多極コネクタによる有接点切換方式と電子回路による無接点切換方式を検討したが、この例では電子回路による切換方式を採用した。

また、2機2軸船の多数の計測点入力信号を処理し、それを3台のCRT上に迅速に表示するために、常用・予備ともに2台のCPUによる分散処理方式を採用した。1台のCPUは主として計測点入力信号のアラーム判定などの定常的な処理を実施する。他の1台はCRT表示画面の作成処理を実施する。この分散処理方式により、8ビットマイコンを複数台使用して、より高い機能のマイコンシステムを実現できる。これらのCPU間のデータ伝送装置にはシリアル伝送方式を採用しており、最大100m程度離れて設置されたマイコン同志が8心のケーブル1本で結合できる。

(2) データロー

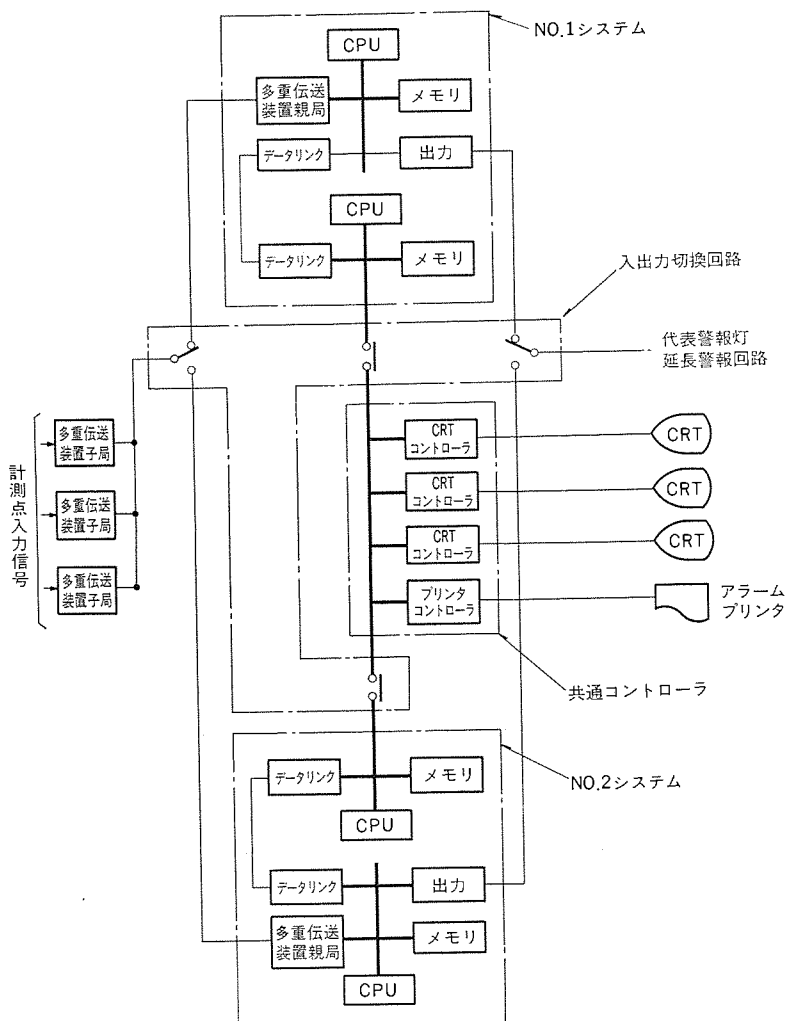


図7. CPU 4台によるモニタシステム

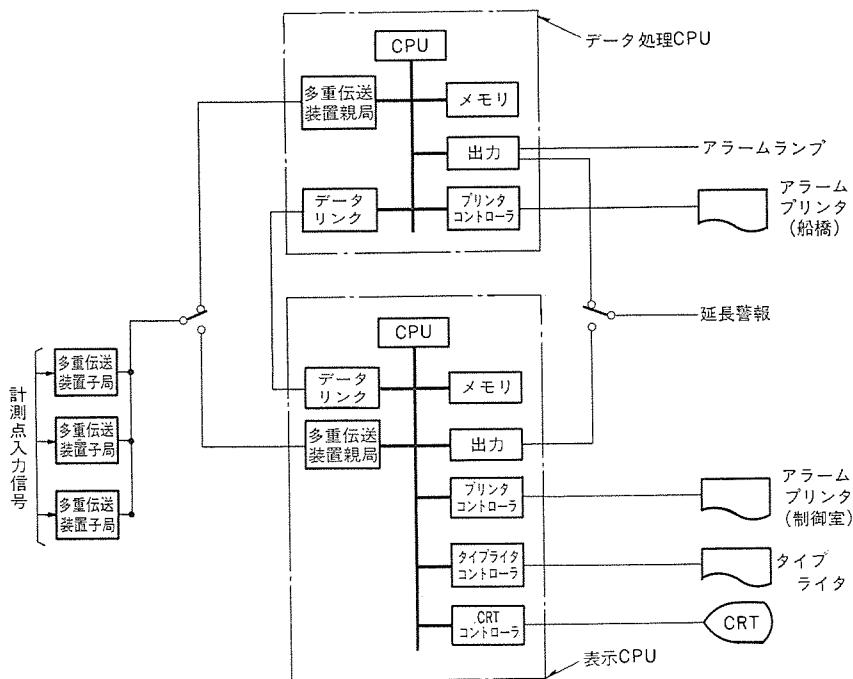


図8. CPU 2台によるデータローシステム

2台のCPUによる分散処理方式と簡易バックアップ方式を採用したデータローを図8.に示す。2台のCPUは前述のモニタと同じく、正常時には分散処理方式により警報・表示・記録機能を遂行する。1

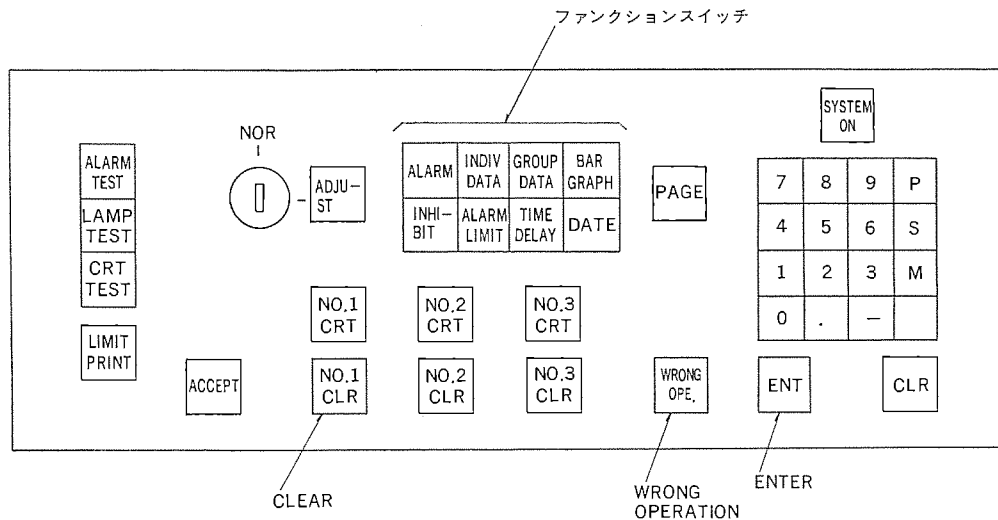
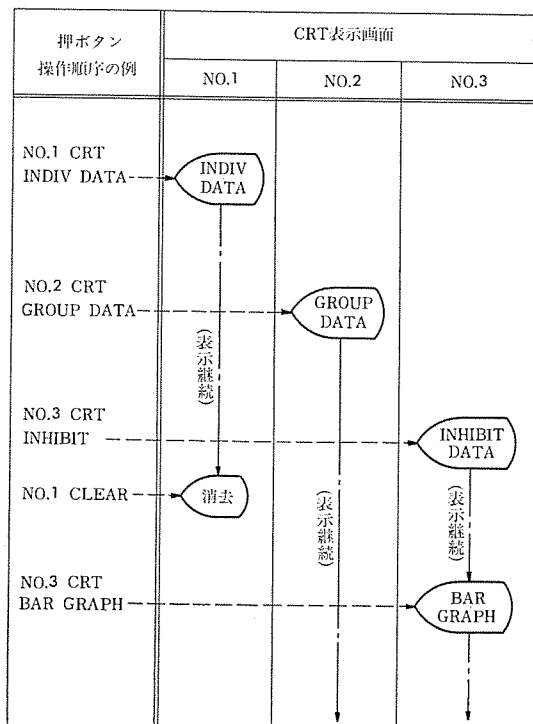


図 9. CRT 操作スイッチの配置

表 1. CRT 表示画面の種類

ファンクション スイッチ	表 示 内 容
ALARM	警報状態にある計測点のみを選択して表示する。
INDIV DATA	任意の計測点を1点ごとに呼び出し表示する。
GROUP DATA	グループ単位で計測点を一括して呼び出し表示する。
BAR GRAPH	ディーゼル主機関排ガス温度、清水温度をバークラフ状態で表示する。
INHIBIT	警報休止状態にある計測点だけを選択して表示する。
ALARM LIMIT	INDIV DATA, GROUP DATA 画面にて ALARM LIMIT の変更を行う。
TIME DELAY	警報確認タイマを設定されている計測点だけを呼び出し表示する。タイマ値の設定/変更を行う。
DATE	年月時分を表示する。

表 2. CRT 3 台の操作例



台の故障時には、正常な他の1台が最低機能を遂行する。

この方式は、前述のモニタと比較して、通常は使用しない予備系統を節約できる長所をもつ。しかし、1台故障時に機能が低下する欠点をもち、ソフトウェアもやや煩雑である。結局、1台が故障し

た状態でも、最低限の機能を維持する方式として経済性を重視する場合は十分に実用的といえる。また、自己診断機能の一部としてメモリチェックを実施している。これは一定のメモリ領域ごとに総和を求めて、これをあらかじめ計算しておいた総和と比較し、一致しない場合には警報を出す。これを一定の周期で自動的に実施している。これもメモリ不良を経験してきた船主の要求によるものであるが、信頼度の高いICメモリを使用しているこのシステムでは、この機能が

生かされることは極めてまれであろう。

(3) CRT 表示

数年前まではCRTによる集中表示方式に対して、非常時における全体システムの把握についての不安があった。しかし、CRTが普及し、その機能性と信頼性が実績として認められて、CRT表示を主体とするシステムが主流となった。これに伴って、CRTの故障に対して、別のCRTでバックアップする要求が生じてきた。

一般的な方法として、2台のCRTを装備し、通常はアラーム表示用とデータ表示用に使い分ける。そして、片方が故障した場合にはもう片方で両機能を遂行する。

前出の図7.は換装船のモニタに3台のCRTを使った例を示す。CRT3台のうち2台を常用、1台を予備とする考えもあるが、多数の計測信号を効率よく表示するために、3台とも常用とした。アラーム表示は計測点を3グループに分けて、各々決められたCRTに表示する。しかし、各種の呼び出し表示は3台の各CRTに任意の画面を表示可能である。したがって、2台が故障した場合でも最低1台のCRTでモニタできる。

この例のCRT表示画面の種類、CRT操作スイッチの配置及び操作例をそれぞれ表1.、図9.及び表2.に示す。

4. む す び

主機換装を省エネルギーと省力化の面からとらえて、当社の主機換装用電機品について記述した。今後更に原油価格の高騰が見込まれ、より高度の省エネルギー及び省力化を目指した船舶が計画される。

電機品ではマイコンとパワーエレクトロニクスの合体による高信頼度・高効率の電力機器が出現している。同時に、マイコンによるきめ細かな制御装置及び操作性のよい監視警報装置などがますます普及するものと確信する。

以上を踏まえ、今後とも市場の要求にこたえられる製品を提供して省エネルギー、省力化に貢献したい。

参 考 文 献

- (1) 武田：船舶電力システムにおける省電力技術，日本船用機関学会誌，15，No. 2 (昭54-11)
- (2) 岡野・斎藤・新形：最近の船用発電機制御システムについて，日本船用機関学会誌，15，No. 9 (昭55-5)
- (3) 畑野・山崎：船用機関部自動化システム，三菱電機技報，54，No. 8 (昭55-8)

圧延用直流多相式サイリスタモータ1,950kW

矢野 昌雄*・朝枝 健明*・富永 善治*・永石 勝之**・菊田 広**

1. ま え が き

従来鉄鋼圧延機用電動機として直流電動機が使用されていたが、直流機には本質的に整流の問題があり、

(1) 単機の大容量化、高速化に対して製作限界がある。

(2) 整流子、ブラシの保守に特別な注意が必要である。

などの理由から、交流電動機化の要求が大きい。しかし、一般産業用交流電動機に比べて、圧延機用電動機は高速応答性、過負荷耐量、弱め界磁範囲など格段に優れた性能を要求され、交流電動機化ではその性能の向上が課題であった。

当社では昭和44年から一般産業用サイリスタモータを製作開始し、最近では高圧大容量機の始動装置用のものまで製作している。これらのサイリスタモータの実績やサイリスタレオナードの経験をもとに、鉄鋼圧延機用サイリスタモータの開発を昭和44年から開始した。

昭和51年には圧延機用として250kWのものを製作したのに引き続き開発を進め、今回、新日本製鐵(株)室蘭製鐵所に主圧延機用電動機として直流多相式サイリスタモータ1,950kWを製作納入した。これは直流電動機と同等の性能をもち、圧延機用交流可変速電動機として大容量記録機であり、今後の交流電動機化の先駆けになるものである。ここではこの直流多相式サイリスタモータについて述べる。

2. 直流多相式サイリスタモータの概要

2.1 基本動作

直流式サイリスタモータの基本的な回路構成は、サイリスタレオナードと対比して示すと、図1になる。界磁電源は電動機に磁束を発生させて、電機子に逆起電力を発生する。整流器は電動機電流の大きさを制御する機能を持ち、インバータにはこの電流の位相及び周波数を逆起電力に同期させるスイッチング機能がある。この同期信号は電動機の軸端の分配器から得ている。したがって、脱調することなく、サイリスタモータは4象限の運転ができる。整流器とインバータは単変換接続のため、この両者間の直流電流は1方向となり、トルク方向を反転するときにはインバータの位相角制御により直流電圧の極性を反転している。

これはサイリスタレオナードの電機子切換方式に対応しており、この切換器と整流子の役割をインバータが受けもっている。直流多相式サイリスタモータは電動機及びインバータを多相化したものである。

2.2 特長

直流多相式サイリスタモータの特長を図2に示す。直流電動機では整流子と多数のブラシの保守に労力を費やすが、サイリスタモータは無整流子電動機で、界磁だけにブラシを使用しているため、ブラシ数が激減し、保守が容易になる。

圧延用直流電動機は単機大容量化、高速化の傾向にあるが、主として整流上の理由から製作限界がある。サイリスタモータでは整流の問題がないから大容量化、高速化、高電圧化が可能であり、高電圧化することにより効率の向上、工事費の低減などができる。

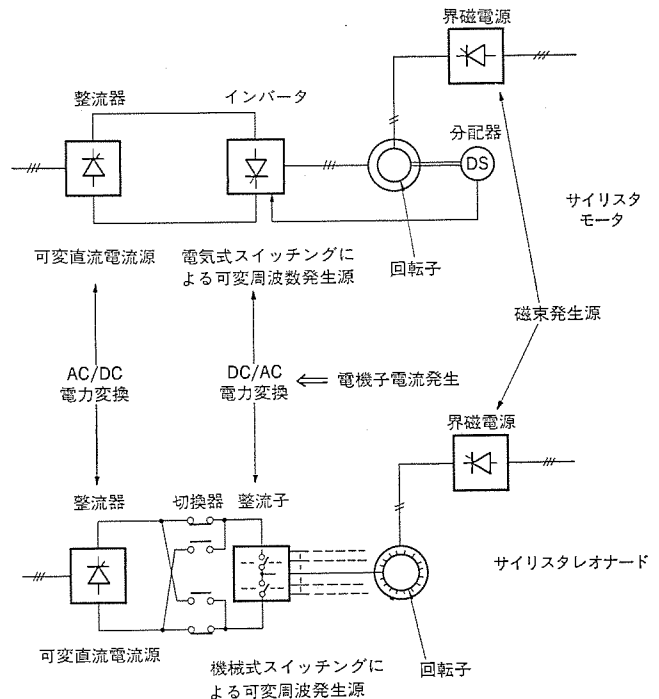


図1. 基本回路構成

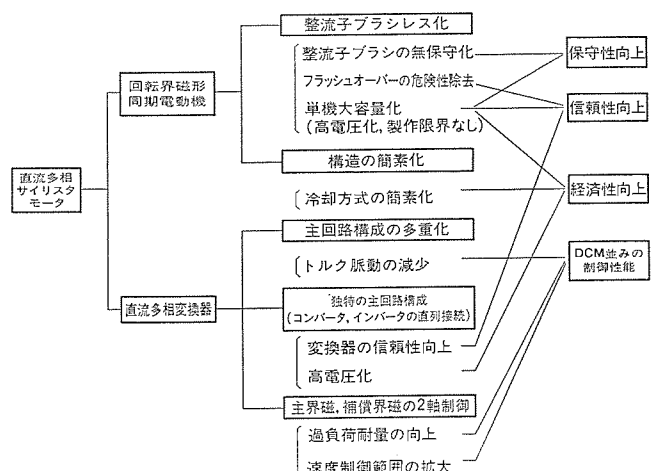


図2. 直流多相式サイリスタモータの特長

圧延用直流電動機ではカーボンダストの問題によりその通風冷却はユニットクール方式が多いが、サイリスタモータではアップドラフト又はダウンドラフト方式で十分であり、装置の簡素化、スペースの低減も可能である。

直流多相式サイリスタモータでは2軸界磁制御を行っており、過負荷耐量、弱め界磁範囲、制御性能などを直流機並みにし、また電動機とインバータを多相化することによりトルク脈動を低減して圧延に全く支障のないものになっている。転流失敗時の過電流に対する保護についてはサイリスタレオナードでは直流高速度シャ断器が不可欠であるが、サイリスタモータではインバータのスイッチング作用で電流を抑制できる

ために保護が著しく容易である。

2.3 圧延機駆動への適用

今回の新日本製鉄(株)室蘭製鉄所における圧延ラインは6スタンドの1方向連続圧延機群で構成されている。上流の2スタンドは1,950kWサイリスタモータで可変速運転され、下流の4スタンドは誘導電動機で定速運転される。このラインでサイリスタモータに要求される性能は、各スタンドの圧下量の設定変更に対応するために可変速であり、負荷変動によって生じる下流スタンドの誘導電動機の手動変動に十分高速で追従できることである。

3. 動作原理と特性

3.1 電動機の電圧、電流の位相関係

電動機を安定に回転させるためには、インバータの転流を安定に行う必要があり、他励式インバータではこの転流を電動機の逆起電力により行わせるため、電動機の電流を電圧より進み位相にする。サイリスタモータを同期機として見た場合の1相分のベクトル図は図3.になる。

図3.(b)の補償界磁がない場合には、電機子反作用により合成磁束 ϕ が減少するため、内部電圧 E_a' は減少し、位相も電機子反作用角 δ_a' だけ進み、実効制御進み角 γ が減少する。このため過負荷耐量を低くする必要があり、また電機子反作用を小さくするために電動機の体格が大きくなる。

これに対して図3.(a)のように補償界磁をつけて主界磁とともに電機子反作用を過補償すると、 ϕ を増加できるから、 E_a' が増加して位相も δ_a' だけ遅れ、 γ を増加させる。したがって、直流電動機と同等の体格で過負荷耐量を確保できる。図3.(a)は電動機運転時のベクトル図であるが、再生運転時には電機子電流 I_a の位相が、d軸に対して対称の位置にくるようにインバータの点弧位相が切換えられ、トルク方向が反転する。このとき、補償界磁電流を逆方向に流すために、 ϕ の位相もd軸に対して対称の位置になる。

3.2 主回路構成と波形

6相の電動機を駆動する場合の主回路の基本構成は、図4.のように、整流器(CONV 1, 2)、インバータ(INV 1, 2)が12相整流回路になっており、電流の流れはCONV 1→INV 1→CONV 2→INV

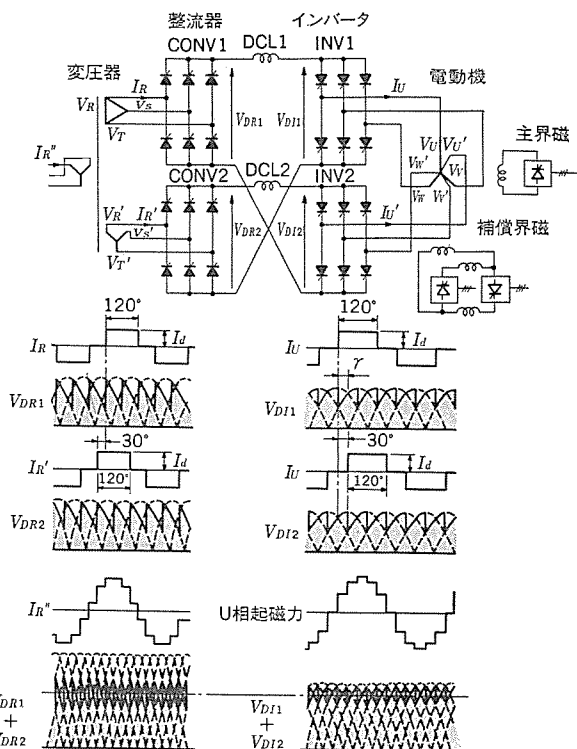


図4. 主回路構成と波形

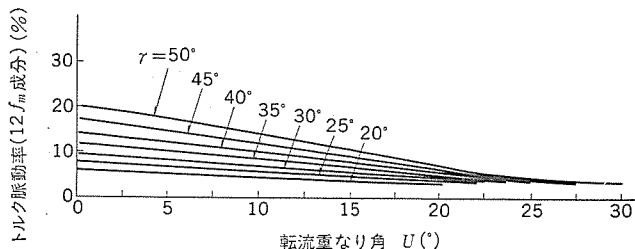


図5. トルク脈動特性

2→CONV 1のように整流器とインバータを交互に経由する。各整流器とインバータの直流電圧は平衡するように制御される。したがって、主回路の電位は整流器あるいはインバータの1ユニット分の電圧と等しくなっていて低減されるため、高電圧化に適した回路構成である。主回路の各部の波形は、転流重なりを無視すれば、図4.のようになる。整流器とインバータは3相ブリッジ構成のため、電動機と変圧器の電流は120°幅の(矩)形波電流になる。INV 1と2あるいはCONV 1と2の交流側電流の位相差は30°であり、これらの合成電流である電動機の起磁力と変圧器の1次電流には5次、7次などの高調波成分がなくなる。このため、電動機の発生トルクの脈動成分は低減される。

図5.はトルク脈動成分の中で最大の高調波成分である $12f_m$ (Hz)成分の片振幅脈動率の計算結果である。ここで f_m は電動機周波数である。整流器とインバータの直流電圧の脈動成分の差が直流リアクトルDCL 1, 2に印加されるが、整流器とインバータは12相整流構成のため、この脈動成分は小さくなり、更にDCL 1とDCL 2に結合作用をもたせると、直流リアクトルが小さくなる利点がある。

3.3 基本特性

サイリスタモータの基本式は表1.になる。ここでは3相電動機でインバータが6相整流の場合について示しているが、図4.の6相電動機の場合では各電圧値は2倍になる。回転速度 N は直流電圧 E_{DR} 及び

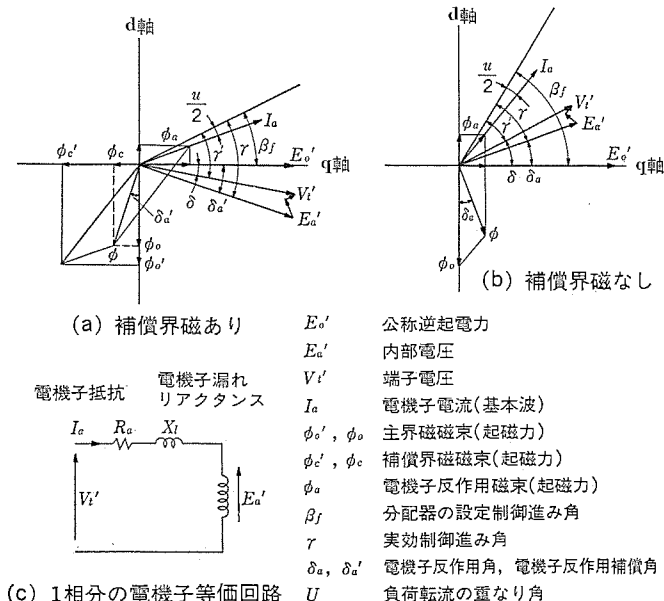


図3. ベクトル図

表 1. サイリスタモータの基本式

インバータ側直流電圧 (V)	$E_{DI} = \frac{3\sqrt{2}}{\pi} E_t \cos\left(\gamma - \frac{U}{2}\right) \cos \frac{U}{2} + 2R_a \cdot I_a$
整流器側直流電圧 (V)	$E_{DR} = E_{DI} + R_L \cdot I_a$
回転数 (rpm)	$N = \frac{E_{DR} - (R_L + 2R_a) \cdot I_a \times \frac{\pi}{\sqrt{6}} I_a}{k\phi \frac{3\sqrt{2}}{\pi} \cos\left(\gamma - \frac{U}{2}\right) \cos \frac{U}{2}}$
電動機出力 (W)	$P = (E_{DI} - 2R_a \cdot I_a) I_a$ $= \sqrt{3} E_t I_a \cos\left(\gamma - \frac{U}{2}\right) \cos \frac{U}{2}$
電動機トルク (kg・m)	$T = \frac{975 \times (E_{DI} - 2R_a \cdot I_a) I_a}{N} \times 10^{-3}$ $= \frac{975 \times \sqrt{3} E_t I_a \cos\left(\gamma - \frac{U}{2}\right) \cos \frac{U}{2}}{N} \times 10^{-3}$

注 E_t : 内部電圧の線間電圧実効値 (V), R_L : 直流リアクトルの抵抗 (Ω)

磁束 ϕ を制御することにより調整でき、定トルク領域では E_{DR} を、定出力領域では ϕ を制御している。

4. 電動機

4.1 仕様

この電動機は回転界磁形同期電動機を基本とする圧延用直流多相式サイリスタモータであり、その仕様を表 2. に、外観を図 6. に示す。

表 2. 電動機仕様

定格出力	1,950 kW
定格回転速度	Base/Top 440/690 rpm
負荷トルク特性	0~440 rpm: 定トルク特性 440~690 rpm: 定出力特性
過負荷耐量	常用 175% 1分間 115% 連続 125% 2時間
準拠規格	JEM 1157-2 種
電動機電圧, 周波数	1,000 V, 29.3/46 Hz
電動機電流	730 A
極数	8
形式	回転界磁形, 主界磁, 補償界磁付き 直流多相式 (3相2グループ方式) 全閉内冷, 他力通風形
絶縁	F 種絶縁, 真空全含浸方式 (ダイヤモンドエポキシ絶縁)

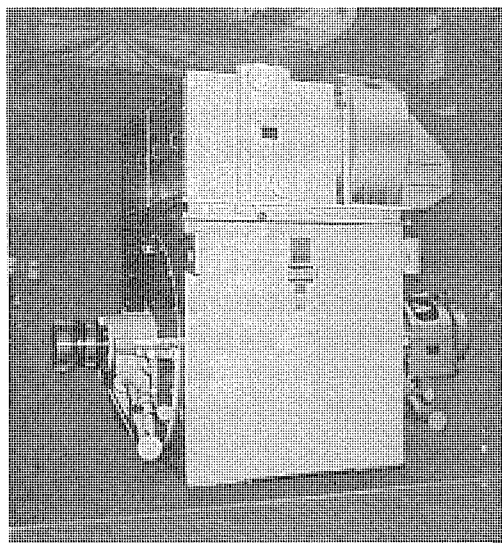


図 6. 電動機外観

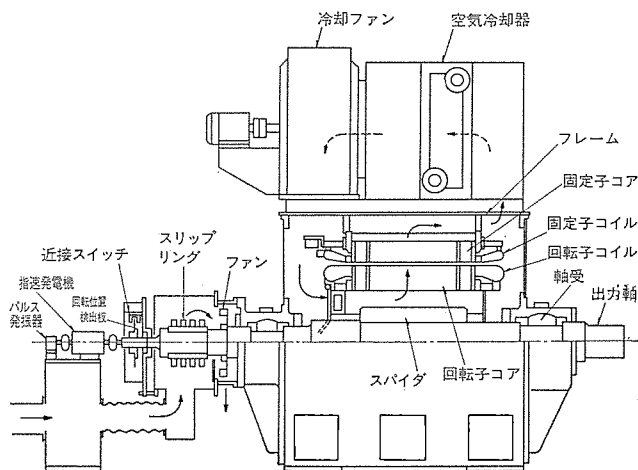


図 7. 電動機の構造

4.2 巻線方式

固定子側の電機子巻線は2組の3相巻線からなる多相式で、電氣的に互いに 30° の位相差をもたせている。回転子側の界磁巻線は電磁氣的に互いに直交する2組の巻線すなわち主磁束の大部分を生ずる主界磁巻線と、主として電機子反作用を補償する補償界磁巻線から構成されている。このような巻線方式において、インバータの転流余裕角は $30^\circ - U$ で与えられ、これがサイリスタのターンオフ時間よりも十分長くなるように電動機を設計し、また転流現象のシミュレーションによる解析も行った。

4.3 構造

電動機の構造を図 7. に示す。主な構成要素は電動機本体部分、スリップリング部、分配器、速度制御用指速発電機及びトップマウントされた冷却用ファンと空気冷却器である。回転子鉄心は円筒形で回転子コイルはスロットの中に収められている。固定子コイルと回転子コイルの絶縁方式はいずれもダイヤモンド真空全含浸方式を採用している。スリップリング部は電動機本体部から隔離し、ブラシの摩耗粉が電動機本体部に入らないようにしている。

軸、スパイダなどの機械強度設計は圧延用直流電動機の長年の実績に基づく機械的耐力の設計基準に沿うとともに、圧延機と電動機の軸系のデータを用いて、サイリスタモータのトルク脈動を考慮に入れたねじり振動のシミュレーション解析を行い軸系の強度を確認した。また、回転子コイルのつなぎ線及び固定子コイル端部の支持についても、十分な機械的強度をもたせている。分配器には近接スイッチ方式を採用し、近接スイッチの取付角度に対する精度や軸のエンドプレイ対策にも考慮を払った。

5. サイリスタ変換装置

5.1 仕様

サイリスタ変換装置は主回路の整流器とインバータ、主界磁整流器及び補償界磁整流器から構成されており、その仕様を表 3. に示す。冷却は強制風冷式を採用しており、直流リアクトルも内蔵したサイリスタ変換装置の外観を図 8. に示す。

5.2 主回路動作

定出力領域においてはインバータの直流電圧が一定になるように、インバータの位相制御角や補償界磁及び主界磁の電流パターンが決められており、電源容量及び力率はサイリスタレオナードの場合と同等になる。トルク方向切替時に補償界磁巻線の電流の極性をインバータの位相制御角の切替えと同時に反転させる必要があり、そのときの切替

表 3. サイリスタ 変換装置仕様

出力容量 (kW)	2,160
過負荷定格	115% 連続, 125% 2時間, 175% 1分間
周波数範囲	3~46 Hz
出力電流	3相 730 A
出力電圧	3相 2×1,000 V
入力電圧, 周波数	3相 2×1,200 V, 50 Hz
結線方式	3相 全波ブリッジ×4 グループ
回路構成	カスケード接続
サイリスタ形名/構成	FT 1000 BV-80/IS×1 P×6 A×4 G (1,000 A, 4,000 V)
直流リアクトル	2×3 mH

6. 試験結果

現地調整に先立ち、工場で組合せ試験を実施した。その試験結果と現地測定結果について述べる。

6.1 静特性

静特性の例を図 10 に示す。これは 440 rpm で電動機運転時の特性で、主回路の直流電流に対し、整流器の直流出力電圧はほぼ一定になり、電流とトルクの直線性が得られている。電動機の電圧、電流波形を図 11. に示す。電動機運転と回生運転では電流の位相がずれて運転され、トルク方向が反転している。電圧波形に見られるひずみはインバータの転流現象によるもので、30° ごとに転流が行われていることがわかる。

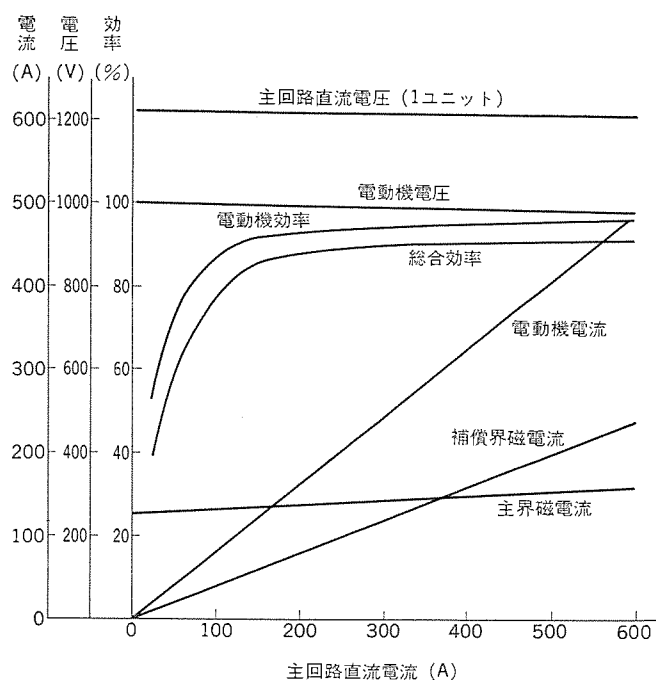


図 10. 静負荷特性 (440rpm. 電動機運転)

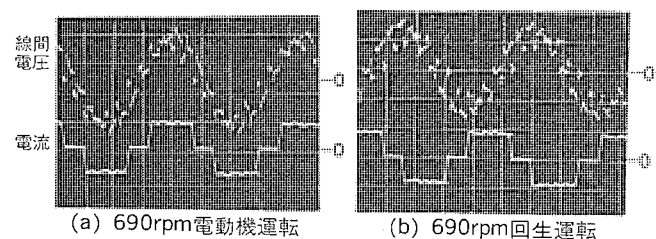


図 11. 電動機の電圧、電流波形 (1,000V/div, 750A/div, 5ms/div)

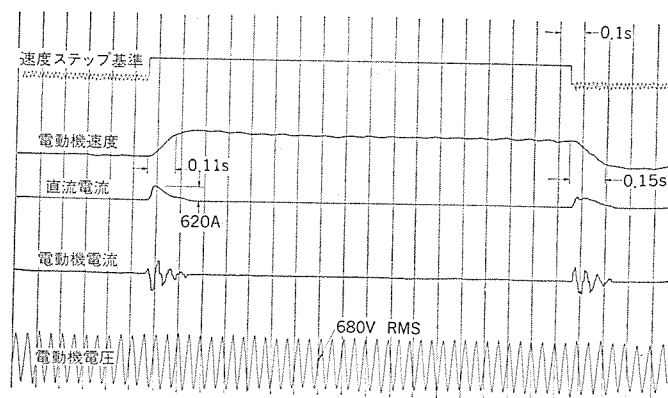


図 12. 速度のステップ応答特性 (300 rpm)

図 8. サイリスタ 変換装置

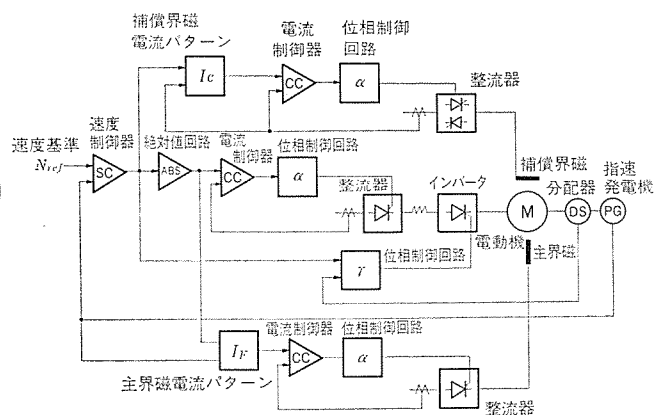


図 9. 制御ブロック図

時間を短縮して制御性能を向上させるため、その巻線電流が小さいときだけ、2組の補償界磁整流器間に循環電流を流すようにしている。

5.3 制御装置

制御装置の構成は図 9. に示すように、電流制御マイナーループ付きの速度制御方式である。速度偏差信号が電流指令となるが、その最大変化率を制限して、電機子電流と補償界磁及び主界磁の電流の変化率に差が生じないようにしている。速度制御器には自動ゲイン切替回路を備え、無負荷時及び定出力領域において速度制御系の不安定現象を抑えている。

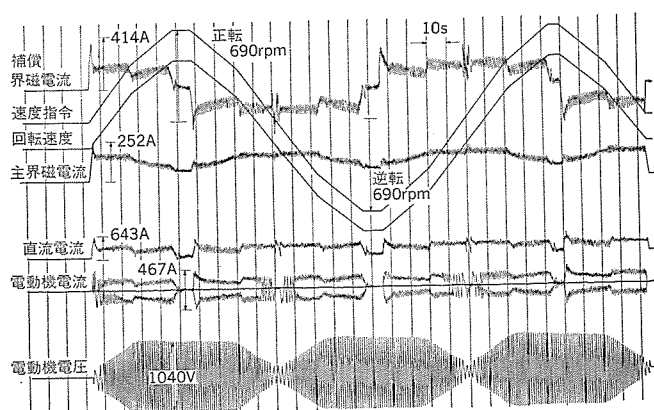


図 13. 加減速運転特性

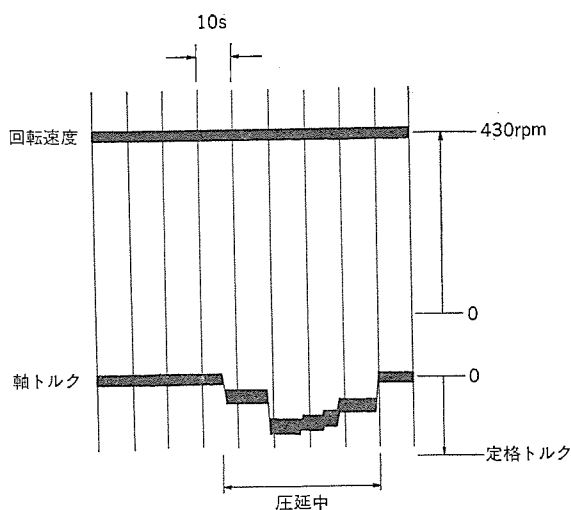


図 14. 電動機の軸トルク

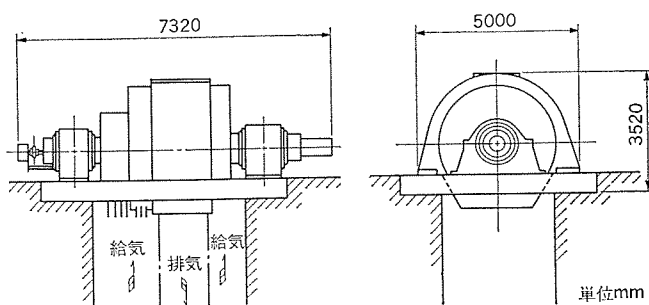
6.2 過渡応答特性

速度のステップ応答の例を図 12. に示す。これは定トルク領域におけるもので、0.1～0.15 秒程度の応答時間が得られた。定出力領域においても速度制御器の自動ゲイン切換えにより同程度の応答が得られている。加減速運転特性を図 13. に示す。これは Top-Top の運転特性で、速度指令に対して良好な追従性が得られている。定出力領域は速度上昇及び下降の傾斜をゆるくしたパターンで運転されている範囲であるが、電動機の電圧は一定になっている。圧延運転時の電動機の軸トルクの測定結果を図 14. に示すが、トルク脈動成分が小さく、異常現象は見受けられず、正常に圧延されている。

7. 直流多相式サイリスタモータの応用

信頼性及び経済性向上の要求にこたえるものとして直流電動機と同等の性能を有する直流多相式サイリスタモータの応用分野は広い。

鉄鋼プラントでは、熱間圧延及び冷間圧延機の主電動機として、シングルミル、タンデムミルあるいは可逆ミル、非可逆ミルのいずれにも適用が可能である。熱間圧延機への適用の検討例を図 15. に示す。こ



出力 (kW)	電圧 (V)	電流 (A)	回転速度 (rpm)	過負荷 (%)	重量 (t)
1-9000	2×3700	850	98/224	220	153

図 15. 熱間連続圧延用サイリスタモータの計画例

れは JEM 1157 第 2 種に準拠し、非可逆圧延用である。固定子は回転子の保守を考慮して分割構造にしており、 GD^2 は 190 T-m^2 、電動機効率は 94.2% (界磁損も含む) である。インバータは 12 相整流構成であるが、整流器は 24 相整流構成とし電源側の高調波電流を低減している。

また、整流器は多段カスケード接続されるため、非対称制御が可能であり、低速運転時の電源効率を向上させることができる。数%の速度で運転するときには電動機の逆起電力も小さいためにインバータの転流が困難になる。このため、一般に断続転流を行わせるが、インバータと整流器間にバイパス用のサイリスタを設けて断続転流時のトルク脈動を低減することもできる。(特許申請中)

8. む す び

サイリスタモータは数多くの交流可変速方式の 1 つにあげられ、高圧大容量の始動装置に採用されるなど実績もあり、また静止レオナードに代表される鉄鋼におけるパワーエレクトロニクスの実績を生かして開発され信頼性も高く、制御性能も直流機に匹敵する。

今後更に無保守化、高効率化、単機大容量化、経済性などが志向される場合に最適なシステムであり、今回の圧延用サイリスタモータはその布石になるものと信ずる。

最後に、今回の圧延用サイリスタモータの製作に多大な御指導をいただいた新日本製鉄(株)殿室蘭製鉄所の関係各位に深く感謝する次第である。(昭和 56-8-5 受付)

参 考 文 献

- (1) 山下ほか：交流無整流子電動機，三菱電機技報，45，No. 5 (昭 46)
- (2) 林ほか：最近の圧延機駆動用電動機の動向，三菱電機技報，51，No. 8 (昭 52)
- (3) Shinryo et al. : Commutatorless DC Drive for Steel Rolling Mill, IEEE, IAS, 1977 Annual Meeting.
- (4) Hosono et al. : Static Converter Starting of Large Synchronous Motors, IEEE, IAS, 1976 Annual Meeting.

水封式水中電動機の絶縁特性

平林 庄司*・美藤 亘*・和田 義彦**・稲垣 昶彦**・藤田 宏一郎***

1. ま え が き

水中電動機は、取扱いが簡単で、保守の必要性が少なく、設備としての建屋が不要であるなどのメリットが一般的に認識されるに従って、各種工業・土木・農業用水・水道水などのポンプ駆動用として増加の一途をたどっている。そして、単に取水・排水という用途にとどまらず、水中作業用・駆動用などの新しい分野に進出・適用される気運にある。

当社は昭和40年に我が国で最初の3kV(150kW)の実用機を納入し、更に昭和44年には世界に先駆け6kV級高圧水中電動機を製作するなど水中電動機分野のパイオニアとしての技術を培ってきたが、更に研究開発を重ね新シリーズを完成するに至った。新シリーズは新低圧水中電動機、低圧高水温(80℃)用水中電動機、新高圧水中電動機(2~3kV級)である。これらは新絶縁材料適用技術と長期間培われてきた製造技術の結晶で、数多くの検証データに支えられたものであり、一般地上運転される電動機の絶縁の信頼性と比較しても、何ら遜色ないことを実証している。

本文ではこれら新シリーズの絶縁性能を紹介するが、これらの開発により一層の細径化・小形化と短納期化が可能となり、今後の広範な用途展開が期待される。

2. 絶 縁 構 成

水封式水中電動機は一般陸用電動機と異なり、コイルから給電ケーブルにいたるまですべて封入水により接地される構造であるが、本稿ではコイル全体、給電ケーブル・コイル接続部と給電ケーブルの3部位に分類し、それぞれに対応する絶縁をコイル主絶縁又は単に主絶縁、接続部絶縁、ケーブル絶縁と称することにする。

2.1 コイル主絶縁

水封式水中電動機の絶縁構成は大別して2系統に分類⁽¹⁾される。すなわち、図1.(a)に示すいわゆる型巻コイル方式と呼ばれるものと同(b)の耐水電線をループ状に巻き形成してつくるばら巻コイル方式

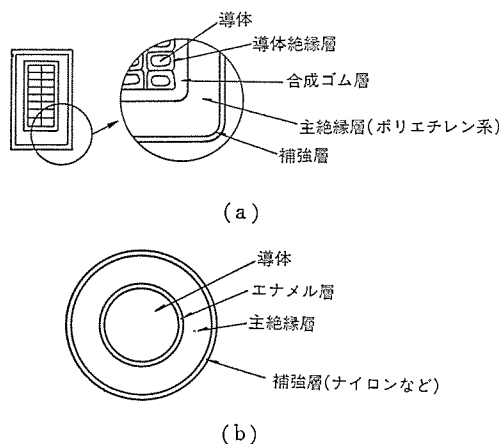


図1. 耐水巻線、耐水電線の絶縁構成

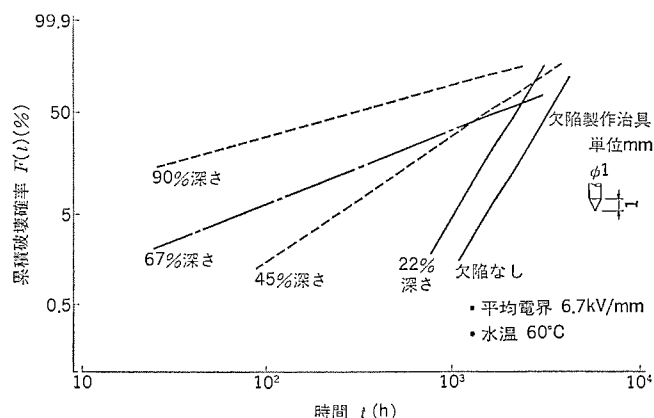


図2. 現行低圧用耐水電線の人為欠陥—寿命特性

である。これらのコイルは機械的損傷を防ぐためのスロット介在物(スロットセル、スペーサなど)とウエッジにより固定子鉄心に巻線・固定されている。

前者の型巻コイル方式は、個々のコイルが亀甲形に成形された後、プラスチック絶縁テープを全周に巻回したものを加熱、加圧し融着したものであり、極めて高い信頼性を有しているが、コイル製作に特殊設備や長時間を要し、かつ高度の熟練技術が不可欠のため短納期化に限度があり、また構造上、電動機外径の細径化を困難にして水封式高圧電動機のはん用性を大きく阻害していた。

一方、後者は使用する耐水電線の絶縁厚さが大きいために電気機械としての占積率は極めて悪くなっているが、絶縁体構成上やむを得ないものとされていた。今回開発した新シリーズ水中電動機はこれらの欠点を克服し、一層の高信頼化を図ったものであり、いずれもばら巻コイル方式を採用している。以下に各機種別にその特色を紹介する。

2.1.1 低圧電動機用新耐水電線

従来、絶縁体押出機のパフォーマンス、とりわけ皮膜の偏肉の問題から厚さ0.5~0.6mm以下の絶縁体の製作は困難とされていたが、占積率向上・電動機の小形化の観点から薄肉化を図った。皮膜厚さの目安をつけるため、現行耐水電線に形状の定まった人為的欠陥をつくり、実用の約10倍の電界下で課電寿命試験(いわゆるV-t試験)を60℃温水中で実施した。人為的欠陥の深さは4段階、試料数は20以上とし、結果を図2.のワイブルプロットに示す。図より22%深さの欠陥は形状パラメータの変化がなく、しかも有効絶縁厚さの減少と欠陥先端部曲率半径から計算した最大電界の増大を考慮すると、格段に長寿命となると予想され、問題となる欠陥とならない。この事実は上記の2倍(実用の約20倍)の電界下で同様実施した結果からも証明された。したがって、皮膜厚さの低減目標は形状パラメータの激変する45%減を最大目標とし、低減によって生じる絶縁破壊電圧の低下は絶縁体材質と製造プロセスの変更によって解決を図る。

以上の考え方にもとづいて約20種類の絶縁材料を検討し、配合

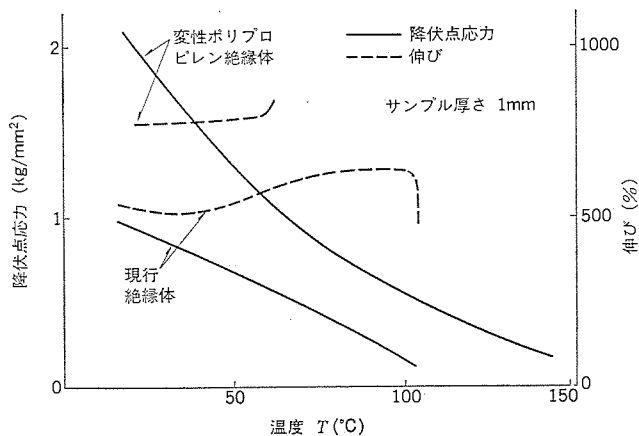


図 3. 降伏点応力, 伸び—温度特性

表 1. 低圧水中電動機用絶縁電線の特性

		現 行 絶 縁	新 絶 縁
主 絶 縁 層 厚 (相対値)		1	0.6
絶 縁 破 壊 電 圧 (相対値)	直 線 状	1	0.95
	3 倍巻付	1	0.82
	1 " "	1	0.62
衝 撃 破 壊 電 圧 ($1 \times 40 \mu s$) (相 対 値)	直 線 状	1	0.94
	3 倍巻付	1	0.93
	1 " "	1	0.6
部 分 放 電 開 始 電 圧 (10^{-12} クーロン) (kV)	直 線 状	6.6	3.5
	3 倍巻付	0.52	0.52
	1 " "	0.45	0.48
耐 摩 耗 性 NEMA 法 W=850 g (回)		2,149	7,340
耐 薬 品 性 50°C 50 日 浸 漬 後 残 存 破 壊 電 圧 (%)	ガソリン	59*	81
	タービン油	94	88
	2号絶縁油	109	81
耐人工海水性 (ASTM-D-1411 による) 60°C 10 日 3 倍巻付 17 kV/mm 10 日後の残存破壊電圧 (%)		97	88

注 *印 外観異常発生

内容、ブレンド比率に検討を加えるとともに多くの関連材料について実用化研究・試験を重ね、50台を越える実機電動機による検証を実施した結果、以下に述べる変性ポリプロピレン系耐水電線を開発した。図 3. は絶縁体の特性の 1 例を示したものであるが、開発した絶縁体は可とう性に富み、かつ降伏点応力の高い絶縁材料となっている。また、耐水電線の特性を表 1. に示すが、主絶縁層の大幅な薄肉化 (40% 減) にもかかわらず絶縁破壊電圧の低下は少ない。ただし材質上、巻付性に若干の差がみられるが、耐摩耗性が格段に優れているので、実用に際しては何ら問題とならない。

耐薬品性については若干の差がみられるが、現行電線の耐ガソリン性にみられる外観異常もなく、良好であると判定できる。耐人工海水性についても 60、17 kV/mm、10 日間課電後でも耐薬品性同様、良好な残存破壊電圧を有している。

2. 1. 2 低圧高水温電動機用新耐水電線

水中電動機の用途展開の中で問題となる因子の 1 つに高水温 (60~80°C) に適した耐水電線が存在しなかったことがあげられる。具体的用途として温泉源、砂ぼく (漠) 地帯での取水用を考慮し、絶縁体としてポリ-4-メチルペンテン 1 (商品名 TPX) を用いることを前提に

表 2. 3 kV 級水中電動機コイルの絶縁特性

		現 行 (型巻方式)	新 絶 縁 (ばら巻方式)
主 絶 縁 厚 (相対値)		1	0.75
絶 縁 破 壊 電 圧 (相対値)		1	1.3
衝 撃 破 壊 電 圧 ($1 \times 40 \mu s$) (kV)		60~100	90~110
巻 線 間 絶 縁 破 壊 電 圧 (相対値)		1	8
部 分 放 電 開 始 電 圧 (kV)		>7	>7
絶 縁 抵 抗 (20°C) (Ω)		>10 ¹⁴	>10 ¹⁴
誘 電 正 接 (%)	20°C	0.4	0.45
	60°C	0.75	0.45
許 容 電 流 密 度 (相対値)		1	1.3

開発・検討を進めた。TPX のガラス転移温度 (T_g) が 20°C 近辺にあり、巻線加工時にクレージング現象が発生する可能性が大であるため、何らかの変性を行うことが必要である。

TPX の材料特性、電線特性は文献⁽²⁾⁽³⁾に詳しく掲載されているので割愛する。

2. 1. 3 高圧 (3 kV 級以下) 水中電動機用新耐水電線

従来、高圧水中電動機の絶縁システムはポリエチレン系樹脂でモールドされた型巻コイル方式 (図 1. (a) 参照) であった。この方式は前述のように信頼性の高い絶縁システムであり、15 年以上の実績を有しているが、電動機外径の細径化や短納期化の世界的要請に十分こたえられない面がある。そこで、低圧水中電動機で採用されているばら巻方式が適用できれば、型巻方式で必要とされるコイルエンド処理のためのデッドスペースや長時間の種々の熟練作業などが不要となり、これらの要請に十分対処できる可能性がある。しかしながら、ばら巻化することにより、従来のコイルターンの絶縁にすべて対地絶縁がついたこととなるので、電動機としての占積率の低下と水に接する (接地) 面積が飛躍的に増大し信頼性が低下することなどが懸念されるので、十分な検討・検証が必要となる。

耐水電線として近年急速な進歩をとげている電力用 CV ケーブルの採用が考えられるが、現実問題としては電動機の占積率からみて絶縁厚さの半減が必要である。また、CV ケーブルは連続して水中で使用する保障がない反面、設計寿命が長過ぎ機械的可動部など消耗部分をもつ電動機の用途としては不適とも考えられた。高圧耐水電線開発の前提として、前記のほか低圧耐水電線同様、導体不整の緩和、銅イオンのトラップと架橋ポリエチレンなどの絶縁層との面接触などを期待したエナメル層を設けた。絶縁体は 2 種類、絶縁厚さ 3 種類について V-I 特性を中心に検討し、最終的に表 2. に示す特性を有する耐水電線を開発した。すなわち、主絶縁厚は現行より 25% 減、電力ケーブルの 50% 以下であり、その他の特性の低下はなく、各ターンの水冷されるために許容電流密度が高く設計でき、占積率の低下が少なくなった。

2. 2 接続部絶縁

上記コイル相互間の接続は最少限度となるよう設計し、またコイルと給電ケーブルとの接続は特殊接着層を介したゴム加熱モールド方式を全面採用している。この方式は長年実績のある当社独特の方法であり、この新シリーズには若干の材料改質を行ったものを採用した。実

施にあたってはコイル絶縁厚さの数倍の絶縁厚さと十分な沿面距離がとっており、水中における寿命特性でも主絶縁層以上の特性を有している。しかし反面、機械強度上、搬送・すえ(据)付けなどには注意する必要がある。

3. 絶縁特性

主絶縁層の主要特性について紹介する。

3.1 熱軟化特性

耐水巻線の最高使用温度設定の目安を得るため、熱機械的分析装置(TMA)を用い針入法で測定を行った。測定温度は -65°C から軟化温度近辺までであり、測定時の荷重は設計応力の2倍となるよう設定した(図4.)。図より低圧耐水電線は熱軟化温度の大幅な改善がみられ、高圧巻線は絶縁構成上の差が明瞭に出現している。いずれにしても電動機巻線設計温度に対して十分余裕のある値を示して

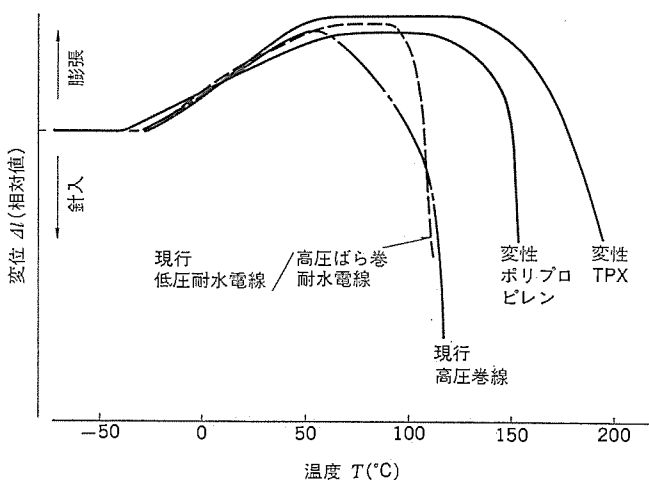


図4. 各種耐水巻線の TMA チャート

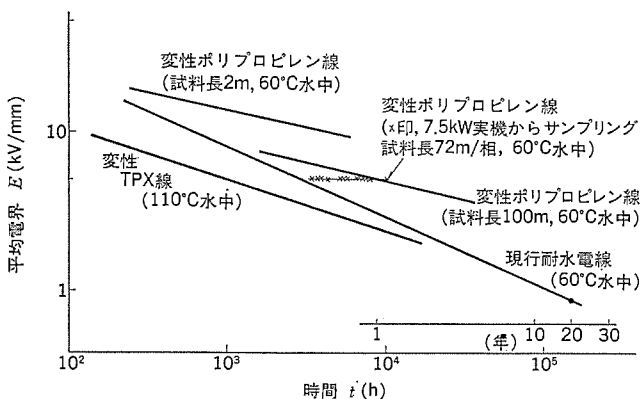


図5. 低圧水中電動機用耐水電線の V-t 特性

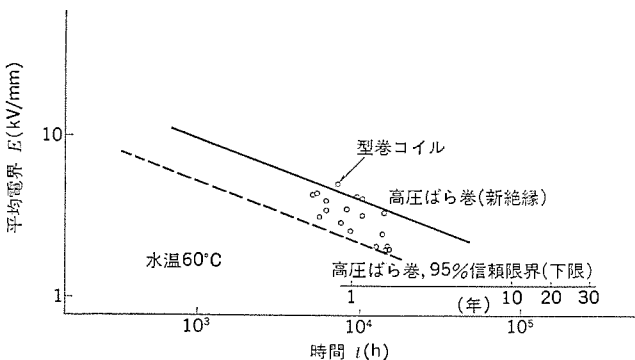


図6. 高圧水中電動機用耐水巻線の V-t 特性

いる。

3.2 V-t 特性

耐水巻線の寿命を支配する最も重要な特性である電圧寿命特性(V-t特性)について述べる。図5.に示すV-t特性のうち、 60°C 水中で実施した変性ポリプロピレン線は試料長効果(2mと100m長さ)と巻線加工劣化による特性低下を考慮した。特に、後者については7.5kW実機電動機巻線(72m/相)を試料として用いた。図示していないが、各電界におけるこれら寿命のワイブル分布の形状パラメータは3.2~3.9であり、同一メカニズムによる摩耗劣化と判断でき、現行耐水電線の寿命と比較しても十分な性能を有しているものと考えられる。また、 110°C 水道水(約1.4気圧)中で実施した高水温用の変性TPX線も実設計電界に対し十分なV-t寿命を有している。図6.は同じく 60°C 水道水中における高圧水中電動機用耐水巻線のV-t特性である。V-t寿命におけるいわゆる電界指数(n)は2.3~2.9の値であった。図6.の○印は型巻コイル(亀甲形フルコイル)の 60°C 水中におけるV-t寿命をプロットしたものであり、過去の多機種

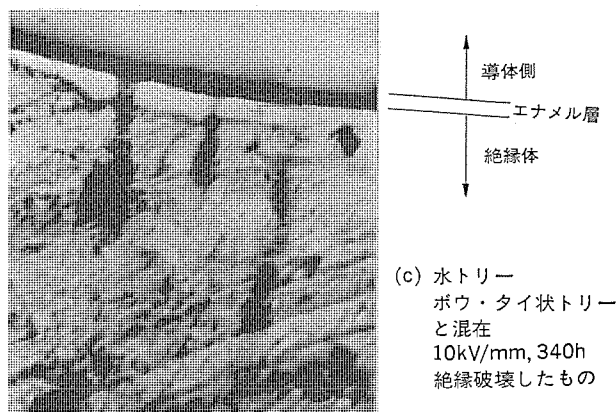
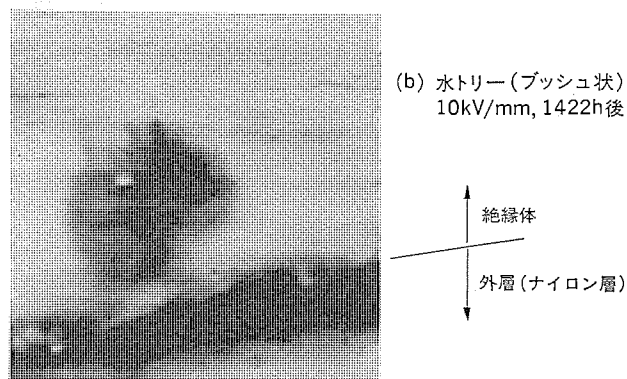
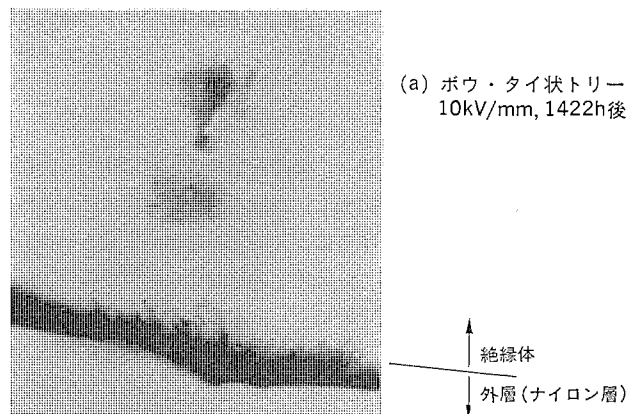


図7. 高圧用耐水電線の水トリ (300倍×2/3)

の品質管理データを流用した。いずれも数年に及ぶ $V-t$ 寿命は新開発の耐水電線の 95% 信頼限界内に含まれており、同等寿命が期待される。これらの試料は CV ケーブルのような内部半導電層をもたず、前記したエナメル層と主絶縁体とが面圧接した絶縁体構成になっているので、発生する水トリーの様相がかなり異なってくるが予想される。図 7. は 3 kV 級耐水電線で観察された水トリーの 1 例である。図 7. (a), (b) は絶縁体中のボイドを核とするトリーで、写真から見るとおり水側からのトリーであり、この絶縁体では導体 (エナメル層) 側からの水トリーは全く観察されなかった。同図 (c) は故意に架橋密度 (ゲル分率) を下げた絶縁体からの水トリーであり、絶縁体全体、とりわけ導体 (エナメル層) 側に水トリーの集中がみられ、ボウ・タイ状トリーの一部が導体側に達しているものもあった。また、この絶縁体中の水トリーは電界の方向に細長く、急速に成長しており、その $V-t$ 寿命は極めて短いものであった。各種水トリーと寿命との関係については今回の観察結果では明瞭な結論が得られなかった。ただ、図 7. (c) に示すような極めて成長の速い、電界方向に長く伸びた多数の水トリーを有する絶縁体は $\tan \delta$ の増大も顕著であった。このような特異な絶縁体の水トリーの発生は $\tan \delta$ 特性で十分検出できる。

3.3 絶縁機能評価試験

新しく絶縁組織を開発する場合、絶縁材料単体・複合体での評価に引続き絶縁機能評価試験を実施し、実機試験や製品化に際する性能検証・問題点抽出の手段とすることを当社の標準的手法として採用している。この開発については低圧、高水温用水中電動機は実機で直接試験した。高圧 (3 kV 級以下) の水中電動機新絶縁の場合、現行の型巻コイル方式に対し、ばら巻方式としたために工作上 (特に鉄心内クリアランスとコイル固定法) の問題、コイルエンドの剛性と固定法の問題、更にはばら巻としたための冷却の問題など絶縁の問題のみならず構造上の問題点も多数含まれているため、絶縁機能評価試験を実施した。試料・試験条件は下記のとおりである。

3.3.1 供試耐水電線

- ・心線径 2.2 mm——3.3 kV 用耐水電線
- ・心線径 2.2 mm——2.3 kV 用耐水電線

3.3.2 コイル形状

- ・3列3段 (9ターン) ばら巻コイル
- ・1ターン平均長 3,000 mm
- ・1コイル平均長 29 m
- ・鉄心長 800 mm
- ・スロットセル 12 mil 耐水フィルム
- ・ウエッジ 厚さ 2.0 mm ドリル樹脂積層板

3.3.3 ヒートサイクル条件

- ・導体温度 85°C
- ・ヒートサイクル 通電加熱 1.5 h
自然冷却 0.5 h (循環水による)
- ・水流 強制連続循環 (水道水使用)
- ・課電 3.3 kV 連続 (定格相電圧 $\times \sqrt{3}$)

3.3.4 測定

- ・ $\tan \delta$ —電圧特性 1~3.3 kV
- ・部分放電特性 1~6 kV

上記条件で適時測定を行いながらヒートサイクルを繰返し、最大 3,000 サイクル (6,000 時間) に及ぶ絶縁機能評価試験を実施した。なお、ヒートサイクルの途中での絶縁破壊電圧の測定は、あらかじめ定め

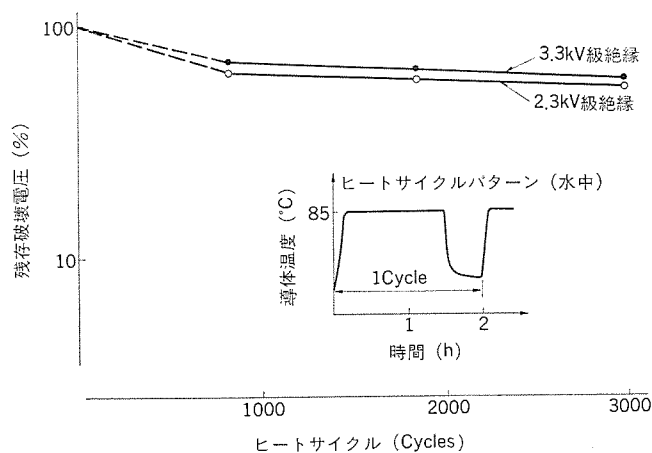


図 8. 機能評価試験による絶縁破壊電圧の変化

ておいた供試コイル群を抜取りコイル揚げした後、実施した。また、抜きとった後には、試験条件が変化しないよう全く同仕様のスペアコイルを追加した。絶縁機能評価試験中の供試コイルは加熱時通電開始後約 10 分で所定の温度に達し、巻線の各部の温度分布は 25°C であった。ヒートサイクルの途上の絶縁特性の変化をみると、 $\tan \delta$ が 0.5~1.0% の範囲内で変動しているが、3.3 kV までチップアップ ($\Delta \tan \delta$) は見られなかった。また、部分放電開始電圧も 6 kV 以上であり安定していた。

絶縁機能評価試験の途中で、抜取りで絶縁破壊試験を実施した。水道水中で急速上昇法 1 kV/s で実施し、結果を初期 (試験前) の耐水電線の絶縁破壊電圧で除した、いわゆる残存破壊電圧 (%) で整理した。両耐水電線は複合ストレス (水中課電、加熱) 下でも高い残存破壊電圧を有していたが、その低下傾向をみると、単純な化学反応速度論に従っていることがわかった。すなわち、残存破壊電圧の対数が反応速度定数 (K) と劣化時間の積として整理できた (図 8. 参照)。そして、 K の値が $3 \sim 3.5 \times 10^{-5}$ と求められたので、この値と運転電圧から寿命を計算した結果、設計寿命に対し十分な裕度をもっていた。次に、この試料の水トリーを観察したが、光学顕微鏡での観察では発見できなかった。水トリーの明らかに存在する場合、 $V-t$ 特性の電界指数 (n) に特色がみられ、図 6. の場合 2.3~2.9 の範囲であったことは前述したが、Favrie⁽⁴⁾ らのデータも 2.5 程度となっている。ところが、この試験データを仮りにこの方法で整理した場合、 n の値は 7~10 となり、合致しない。したがって、水トリーは存在しないか、あるとしても極めて小さいものと判断される。また、誘電泳動論⁽⁵⁾ による水トリーが発生し始めるまでの時間を計算しても問題とはならなかった。これらの結果から電動機の実設計電界では水トリーはほとんど発生しないものと考えられる。

4. 実機試験

水中電動機絶縁組織は、その使用材料のほとんどを熱可塑性材料に依存しているため、実機スケールでの温度分布や温度上昇に関して細心の注意を払っている。主要因となる項目は内部封水を媒体とする冷却水の流速であり、システム設計の際に電動機出力軸に加わるスラスト荷重とあわせ設計の基準としている。新低圧水中電動機については数十台の試作機により性能検証を行ったが、基本的構造的には従来機種と同様であるため寿命試験は実施していない。また、高水温電動機についても数台の実験機により特性を検証した。

新高圧水中電動機に関しては、上記と同様の検討・検証のみなら

表 3. 新機種一覧

(1) 新低圧水中電動機

(a) 深井戸形 (含高温)

WSB-N

わく番号	極 数	出 力 (kW)
M 8	2	18.5, 22, 30, 37
M 10	2	45, 55, 75

WSB (細径 ハイスラストシリーズ)

わく番号	極 数	出 力 (kW)
M 8	2	30, 37, 45, 55
M 10	2	75, 90, 110, 132, 150
M 11	2	185, 225

(b) 給水形

WST-N

極 数	2	4	6
出 力 (kW)	18.5~90	5.5~90	5.5~55

(c) 河川形

WSE-W

極 数	4	6	8	10	12	14	16	18
出力(kW)	45 ~375	26 ~315	22 ~355	15 ~315	18.5 ~250	15 ~200	15 ~160	15 ~132

(2) 新高圧水中電動機

(a) 深井戸形

極 数	わく番	出 力 (HP)
2	M 14	200~350
4	M 14	150~400
	M 16	250~400

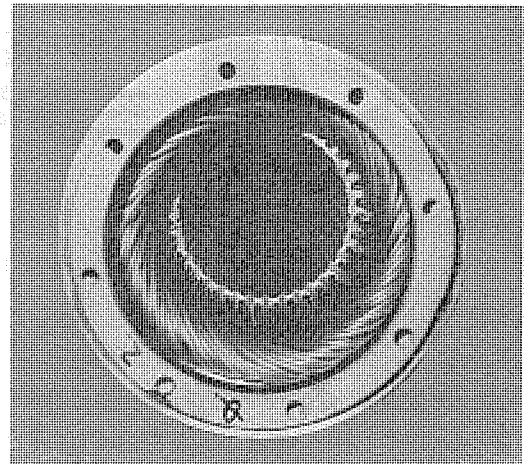
(b) 河川形

極 数	4	6	8	10	12	14	16	18
出力(kW)	90 ~770	80 ~510	90 ~450	90 ~350	75 ~370	90 ~280	120 ~220	90 ~190

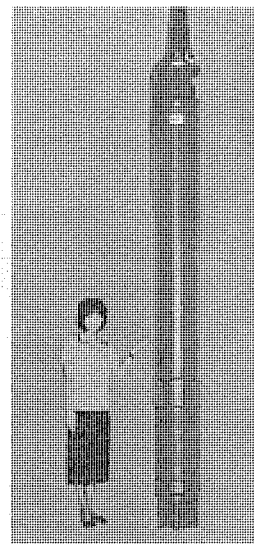
ず実機を用いた長期連続試験を実施した。3.3 kV, 130 kW の水中電動機 2 台を用いた。1 台は等価 スラスト 荷重下で起動・停止やインテグ操作を 10^4 回実施した後、9,000 時間に及ぶ連続運転を行ったが、分解・解体点検の結果、接続部を含む絶縁体には水トリーの発生などの異常が認められなかった。また、所内で実使用中の 1 台は 12,000 時間に及ぶ運転においても良好な非破壊絶縁特性を示している。なお、以上の新機種開発に伴い表 3. のシリーズが完成し、低圧機については全面新機種へ移行を完了した。また、高圧機については輸出機 (2.3 kV 級) を中心に数十台の納入実績がある。図 9. は輸出機として製作した 400 HP, 4 極機の外観である。

5. む す び

各種水封式水中電動機の耐水巻線の絶縁特性について概要を述べた。用途展開としては、従来の分野のほかに、石油備蓄関連用途、海洋開発や発電設備用など広範囲にわたるものと考えられる。水中電動機は一般誘導機と異なり、絶縁、軸受など多くの技術的問題をかか



(a) 巻線作業中の新高圧水中電動機



(b) 水中電動機全景
400 HP, 2,300 V, 60 Hz, 4 極, M 14

図 9. 新高圧水中電動機外観

えているが、高い信頼性確保への技術開発により一層の需要拡大が期待される。

終わりにこの開発に際し、数多くの試作・開発と有益な御助言・御指導を賜った住友電気工業(株)殿、大日本電線(株)殿の関係各位に厚く感謝する次第である。(昭和 56-8-13 受付)

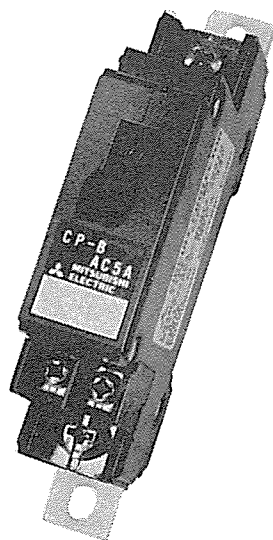
参 考 文 献

- (1) 和田：電気学会雑誌, 98, No. 8, P. 45~49
- (2) 楠井ほか：大日本電線時報, No. 64, P. 1~9
- (3) PAUL ほか：JAPS, 21, P. 3129~3137
- (4) E. Favrie：IEEE Trans. on PAS, PAS-99, No. 3
- (5) 松葉ほか：古河電工時報, No. 64, P. 67~72

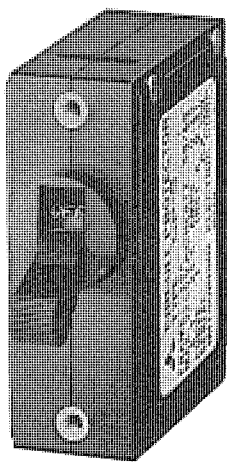
小形・高性能タイプの 三菱サーキットプロテクタCP-B、CP-S形

三菱電機ではこのたび、長年の三菱ノーヒューズしゃ断器の技術をすみずみにまで活かした、小形・高性能のサーキットプロテクタCP-B形、CP-S形を新発売しました。

三菱サーキットプロテクタは、電子応用機器、工作機械、事務機、化学・食品機械、通信・計測機器、その他各種産業機械の電源装置や制御回路などの開閉と過負荷、短絡保護に最適です。



CP-B形



CP-S形

特長

- 小形・軽量で操作が簡単
非常に小形にできているので、小さなスペースで取り付けが可能です。
- 信頼性の高いメカニズム
シンプルな構造、厳選した材料の使用により、確実な動作でしゃ断性能や開閉寿命に優れた、高い精度と信頼性を持っています。
- 安全なトリップフリー機構
トリップフリー機構になっているので、ハンドルをON位置に保持していても、しゃ断動作を妨げず安全です。
- 豊富な保護特性と内部回路
各種の動作特性があり、内部回路の構成も豊富ですから、使用回数に応じて自由な選択が可能です。
- 多極形完備
多極形は各極ごとに異った動作特性、定格電流、内部回路を組み合わせることができ、またハンドル操作方式も同時投入一同時しゃ断の他、複数の異った回路のうち、必要な回路のみを選択して開閉することが可能です。任意の回路に異常が生じた場合には、全極同時にしゃ断する選択投入一同時しゃ断も可能ですから、複雑な回路の保護が簡単にできます。
- 優れた耐振設計
耐衝撃性能は50G以上、耐振動性能は6.7G以上であり、衝撃や振動の多い機器に適しています。
- 補助スイッチ付
サーキットプロテクタ本体のON・OFF状態に連動した補助スイッチを取付けることができるので、各制御回路の構成が容易にできます。

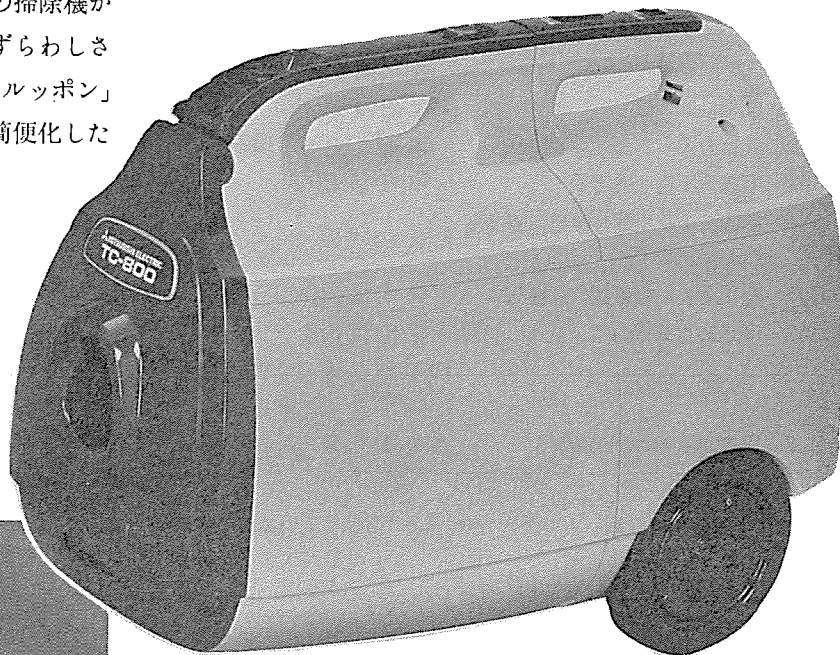
標準仕様

形 名	CP-B		CP-S	
フレームA	30		30	
極 数	1, 2, 3		1, 2, 3	
定格電圧V (最大使用電圧)	AC250 50/60Hz DC 65		AC250 50/60Hz DC 65	
定格電流A	0.3 0.5 1 2 3 5 7 10 15 20 30		0.05 0.1 0.25 0.5 0.75 1 2.5 5 7.5 10 15 20 25 30	
動作特性	瞬時形(I)	中速形(M)	瞬時形(I)	高速形(F) 中速形(M) 低速形(S)
引外し方式	電磁引外しのみ 完全電磁		電磁引外しのみ 完全電磁	
定格しゃ断容量	AC250V 50/60Hz 1500A DC 65V 1000A		AC250V 50/60Hz 1500A DC 65V 1000A	
定格短時間電流 (スイッチ形のみ)	—		AC250V 50/60Hz 1500A 0.02秒 DC 65V 1000A 0.02秒	
基準周囲温度℃	40		25	
内部回路	<div>直列形</div> <div>直列形補助スイッチ付</div>		<div>直列形</div> <div>並列形</div> <div>リレー形</div> <div>スイッチ形</div> <div>直列形補助スイッチ付</div> <div>スイッチ形補助スイッチ付</div>	
付属装置	イナーシャルディレイ付 ○		○	
	補助スイッチ付 ○		○	
	電圧引外し付 —		○	
端子形状	本体 セルフアップねじ M5		タブ端子#250 ねじ端子 M4	
	補助スイッチ セルフアップねじ M3.5		タブ端子#110	
本体取付方式	表面取付 DINレール取付 栓型ヒューズ互換用取付		裏面取付	

スポット ライト

ゴミ捨て簡単な「クルッポンカッター」採用 三菱掃除機《風神》TC-800形

三菱電機ではこのたび、「クルッと回ってゴミ捨て簡単」をキャッチフレーズとした、TC-800形掃除機を新発売しました。掃除機に対する消費者のニーズは、①チリ処理の簡便さ、②吸じん力が強力なこと、③音の静かなこと、の3つに集約されます。現在、市場では様々なチリ処理方式の掃除機が販売されていますが、まだまだゴミ捨て時のわずらわしさは解消されていません。新発売のTC-800形「クルッポン」では、このニーズに応じてチリ処理を飛躍的に簡便化したものです。



特長

- 「クルッポンカッター」採用
コードを引き出すとフィルターのチリ落しが自動的に行われ、同時にクルッポン機構部のゼンマイに力が蓄えられます。ゴミ捨ての時、クルッポンボタンを押すと前フタが開き、もう一度押すと「クルッポンカッター」が回転して、ゴミがスムーズに捨てられます。
- 前からゴミ捨て
前フタが開くので、ゴミ捨ての時、フィルターを外すわずらわしい作業がありません。
- ダストアラーム付
ゴミがいっぱいになるとダストアラームが鳴ります。
- 「吸う吸うブラシ」付
床ブラシは、首部が上下左右に動き、ブラシを床面に常にピタリさせ、効率よくゴミを吸い込み、楽な姿勢で掃除ができる「吸う吸うブラシ」です。このブラシには吸込力をアップする「吸う吸うプレート」が付きましましたので、しっかりとゴミをキャッチします。
- 「タッチスイッチ」付ホース
握ればON、離せばOFFの「タッチスイッチ」付ホース。節電効果と使いやすさを同時に実現しました。

標準仕様

消費電力	500W
吸込仕事率	150W
外形寸法	長さ439mm、高さ310mm、幅224mm
本体重量	5.1kg
運転音	55ホン
色	ベージュ、グリーン、レッド

登録番号	名 称	発 明 者	登録番号	名 称	発 明 者
901842	薄膜容量素子の製造方法	{ 浜中 宏一・羽山 昌宏 藤原多計治	904159	リニアモータの制御方式	{ 松井一三・梅森 肅 塚本昭三
901843	制御装置	{ 足立 稔・角村謙太郎 今堀 信彦	904160	シリコンゲート MOS トランジスタの製造法	中村 邦宏
901844	絶縁電線の製造方法	{ 平岡 幸郎・古田 堅司 鈴木 廉弘・柴山 恭一 角口 誠	904161	ホトクロミック 材料組成物	{ 大野克弘・高田良雄 平野 昌彦
904149	密封油制御装置	{ 今井 光・伊藤 宏幸 柏木 俊男	904162	ホトクロミック 材料	{ 大野克弘・高田良雄 平野 昌彦
904150	負荷制御装置	森川 富夫	904163	制御整流素子のゲート回路	仲津 啓二・林 伸一郎
904151	自動検針装置	永田 良茂	904164	サイリスタ 制御装置	赤松 昌彦
904152	点検方式	天 野 恒・高田 信治	904165	サイリスタ の消弧方法	赤松 昌彦
904153	半導体圧電変換素子	中村 邦宏	904166	蛍光放電灯	{ 土井貞春・安西良矩 坂山 幸平
904154	極低温液化冷却装置用膨脹機関の給排気接手	佐々木芳男	904167	高周波 パルス 直流 アーク 溶接装置	{ 橋本進一郎・梶野 幸男 後 藤 徹
904155	変化量検出継電器の点検方式	鈴木 健治	904583	溶湯攪拌装置	近藤 博通・小倉 新三
904156	保護継電装置の電気量導出装置	水田 正治	904584	壁面清掃装置	{ 落合 宇光・丸山 正彦 林 行蔵
904157	圧電性磁器材料	{ 平野 昌彦・大野 克弘 高田 良雄・漆原 善一	904585	変化量検出継電器	鈴木 健治
904158	直流電動機の制御装置	甲木 莞爾・赤松 昌彦	904586	保護継電器の監視方式	高田 信治

〈次号予定〉 三菱電機技報 Vol. 55 No. 12 衛星とその地上局特集

特集論文

- 技術試験衛星IV型「きく3号」
- インテルサット V 6/4 GHz 帯直交偏波共用ホーンアンテナ
- 大電力衛星用電源サブシステムの開発
- スペースラブを利用する SEPAC 計画用機器の開発
- 衛星利用コンピュータネットワーク実験システム
 - I. システム構成とネットワーク制御方式—
- 衛星利用コンピュータネットワーク実験システム
 - II. パケット伝送制御装置—
- 国内衛星通信用 K バンド小形地球局
- USB 追跡管制設備

●ドップラ追跡/衛星テレメータ受信設備

- 山口 TTC&M/IOT 用地球局アンテナ
- 山口衛星通信所第2アンテナ
- 衛星通信地球局用送信機の切換え及び出力安定化装置

普通論文

- 音声合成用 LSI
- 4 極タービン発電機の新系列
- 高速大容量 316 MVA/320 MW 発電電動機
 - 四国電力(株)本川発電所納め—
- アラミッド繊維強化プラスチックを用いたハニカム振動板

三菱電機技報編集委員

委員長	志岐 守哉	委 員	柴田 謹三
副委員長	大谷 秀雄	〃	樋口 昭
〃	横 浜 博	〃	柳下 昌平
常任委員	三 輪 進	〃	立川清兵衛
〃	唐仁原孝之	〃	徳 山 長
〃	木 内 孝	〃	柴山 恭一
〃	葛野 信一	〃	福井 三郎
〃	三 浦 宏	〃	町井 昭宏
〃	阿 部 修	〃	瀬辺 国昭
〃	桐生 悠一	〃	倉橋 浩一郎
〃	野畑 昭夫	〃	竹内 守久
〃	的 場 徹	幹 事	諸住 康平
〃	尾形 善弘	〃	足立 健郎
		11号特集担当	的 場 徹

三菱電機技報 55 巻 11 号

(無断転載を禁ず) 昭和56年11月22日 印刷
昭和56年11月25日 発行

編集兼発行人 諸 住 康 平
 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 東京都千代田区丸の内2丁目1番2号 (〒100)
 菱電エンジニアリング株式会社内
 「三菱電機技報社」 Tel. (03) 218 局 2045
 発 売 元 東京都千代田区神田錦町3丁目1番地 (〒101)
 株式会社 オーム社
 Tel. (03) 233 局 0643 (代), 振替口座 東京 6-20018
 定 価 1部500円送料別(年間予約は送料共6,700円)

三菱ルームエアコン《霧ヶ峰》MSH-2514R形は、人間の音声の特長を分析抽出し、圧縮して再成する音声合成LSIを搭載し、室温・制御内容・暖め過ぎ(冷え過ぎ)等の上手な使い方のアドバイスを女性音声で発することができます。また、リモコンコードに光ファイバを用いた、着脱式ワイヤレスリモコンも併せて採用しています。

特 長

- 上手な使い方を音声で知らせる「音声モニター」
マイクロコンピュータが室温や運転状態を検知して、省エネルギー効果を目的とした次の項目を知らせます。
 1. ただいま設定温度〇〇度、室温〇〇度です。
 2. いまから〇時間後に運転を開始(停止)いたします。
 3. フィルターを掃除してください。
 4. ただいま霜取り(予備)運転をしています。
しばらくお待ちください。
 5. ただいま3分間保護機能が働いています。
しばらくお待ちください。
 6. 設定温度をお確かめください。
 7. 暖め過ぎ(冷え過ぎ)ではありませんか?
設定温度をお確かめください。
 ※注…省略する時は、1.2.3.7を入れてください。
- 離れた場所から操作できる「NEWエアコマンダー」
着脱自在の赤外光ワイヤレスリモコン「NEWエアコマンダー」が、離れている時は空中を、装着時は光ファイバ中を信号伝送し、「音声モニター」のコール、室温、タイマー、電源入切、スイングルーバのコントロールを行います。
- うす形で低維持費設計
 1. 室内16.7cm、室外ユニット25.0cmのうす形設計
 2. 3,300kcal/h/3,700kcal/h (50/60Hz)の強力な暖房能力
 3. 低維持費スリーセーブメカシステム搭載
 - マイクロサーミスターで室温を検知して表示するグリーンサイン
 - 低温時の暖房効率をアップしたホットアップ回路
 - 冷房時湿度をコントロールして節約運転するドライシフト回路
 その他、省エネルギーのための数々の特長を備えています。



「音声モニター」エアコンMSH-2514R
室内ユニット



室外ユニット



着脱式NEWエアコマンダー

標準仕様

仕様50/60Hz		
暖 房	暖 房 能 力(kcal/h)	3300/3700(ヒータレス)
	消 費 電 力(W)	1120/1370
	E E R (kcal/Wh)	2.94/2.70
冷 房	冷 房 能 力(kcal/h)	2240/2500
	消 費 電 力(W)	1090/1280
	E E R (kcal/Wh)	2.06/1.95
圧 縮 機 定 格 出 力(W)		800
電 源(V)		単相100
ブ レ ー カ 容 量(A)		20
外 形 寸 法	内(mm)	高さ380×幅850×奥行167mm
	外(mm)	高さ506×幅750×奥行250mm
重 量	内(kg)	12
	外(kg)	39