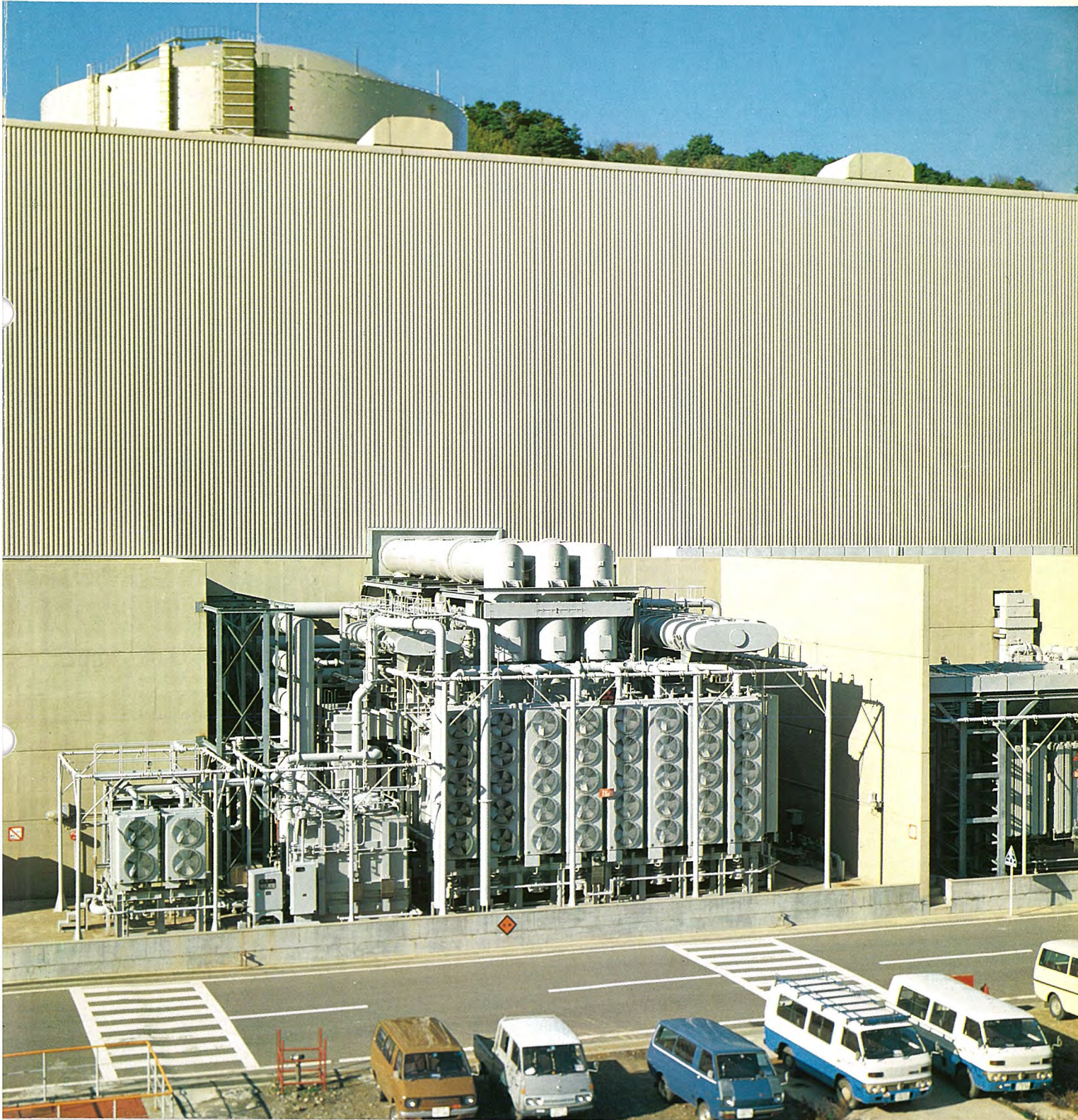


MITSUBISHI DENKI GIHO

三菱電機技報



Vol.53 No.2

発電・受変電設備機器特集

三菱電機技報

Vol. 53 No. 2 FEBRUARY 1979

発電・受変電設備機器特集

目次

特集論文

大容量原子力発電所の電気設備	宮田泰之・森南・木寺信博・伊与田寛忠・瀬戸山達夫	117
原子力発電所向け電気計装品の耐震設計	松宮正幸・武藤 淨・福地博行・山田正成・大谷欣司	121
アナログコントローラ《MELNAC》	榊田征也・片山俊彦	124
最近のタービン発電機の保護計測システム	羽倉義征・渡部隆行・相良辰雄・田中正昭・松本忠士	129
超超高压大容量変圧器	青木俊之・三浦良和・池田五郎・但馬常夫・谷黒文弥	134
電力用真空スイッチ式負荷時タップ切換器のシリーズ	松本 進・古川一弥・吉田和夫・伊藤克明	139
不燃性・難燃性の電力用変圧器	佐藤辰夫・白井 満・伊奈照夫	143

普通論文

《MELCOM》350-50 A2100 システムコンポーネントプロセッサ (SCP)	長沢一嘉・波多野侃・村木克己・香取和之・河合一洋	149
医療情報データベースシステム《MELCOM-MUMPS》	出口博章・武田浩良・峰崎秀生・古家俊幸・和田雄次	154
FF式石油ガス化給湯機と冷暖房給湯システム	野間口有・西 敦義・牛越 諒・桑沢宏康	159
データ中継 CDT 装置	永田文也・荒尾和男・由良 隆・田中幸二・柴田文夫	164
AFS 形空冷式冷凍クーリングユニット	原 明・川井 治	168
500kV 用三菱酸化亜鉛式避雷器《MOA》	富永正太郎・今滝満政・渋谷義一・宇治田克・桑原 宏	172
プラントコントローラ《MELPLAC》10	岩永俊之・片岡猪三郎・江上憲位・山本 修・松村雅司	177
特許と新案		888
磁気録音再生装置のテープ走行制御装置・同期発振装置・カム式リミットスイッチ装置・パルス幅制御装置		185・186
当社の登録実用新案一覧		182
スポットライト		182
高効率メタルハライドランプ・3ドア冷凍冷蔵庫・デマンド監視制御記録装置・UHV 試作変圧器 (表紙-3)		

FEATURING POWER GENERATION & DISTRIBUTION EQUIPMENT

CONTENTS

FEATURED PAPERS

Electrical Equipment for Large-Capacity Nuclear-Power Plants	Yasuyuki Miyata et al.	117
Seismic Design of Electrical Equipment and Instrumentation for Nuclear-Power Plants	Masayuki Matsumiya et al.	121
The MELNAC Analog Controller	Yukiya Masuda & Toshihiko Katayama	124
Advances in Instrumentation Systems for the Protection and Monitoring of Steam-Turbine Generators	Yoshiyuki Hagura et al.	129
Large-Capacity EHV Transformers	Toshiyuki Aoki et al.	134
A Series of On-Load Tap Changers with Vacuum Power Switches	Susumu Matsumoto et al.	139
Nonflammable Power Transformers	Tatsuo Sato et al.	143

GENERAL PAPERS

The A2100 Mainframe, Part of the MELCOM 350-50 Series	Kazuyoshi Nagasawa et al.	149
The MELCOM-MUMPS Medical-Information Database System	Hiroaki Deguchi et al.	154
A Kerosene-Fired Instant Water Heater, and Water-Supply System for Air-Conditioning and Heating	Tamotsu Nomaguchi et al.	159
A Cyclic Digital Transmitter for Data Exchange	Bunya Nagata et al.	164
Air-Cooled Packaged Equipment for Refrigeration and Cold Storage	Akira Hara & Osamu Kawai	168
Metal-Oxide Surge Arresters for 500kV Power Systems	Shotaro Tominaga et al.	172
The MELPLAC 10 Plant Controller	Toshiyuki Iwanaga et al.	177

表紙

日本最大の3相1,240MVA 515kV 変圧器

発電所として、国内最大の単器出力1,175MW 発電機2基を設置している関西電力(株)大飯原子力発電所の500kV 昇圧用主変圧器で、昭和52年12月に1号機が運開し、また本年6月に2号機が運開予定である。

この変圧器の特長は、当社が長年築いてきた外鉄形変圧器の技術の結集であり、電圧並びに単器容量とも記録品で、3相一体構造である。

COVER

Japan's Largest-Capacity Transformer: 3-Phase, 1240MVA, 515kV

In December 1977, the first of two generators with a rated output of 1175MW went on line at Kansai Electric Power's Oi Nuclear-Power Station. The 24kV generator voltage is stepped up to 500kV by a 1240MVA, 515kV main transformer manufactured by Mitsubishi Electric. The main transformer has the largest capacity in Japan and is among the largest in the world.

The transformer, the record-breaking result of Mitsubishi Electric's many years of experience in manufacturing shell-form transformers, is of three-phase integrated construction with a solid, compact structure suitable for ready assembly on site. The second generator is expected to go on line in June 1979.

アブストラクト

大容量原子力発電所の電気設備

宮田泰之・森 南・木寺信博・伊与田寛忠・瀬戸山達夫
三菱電機技報 Vol.53・No.2・P117～120

我が国の加圧水形原子力発電所容量の増大は1,000MW級の運転開始に至ろうとしている。電気設備の信頼性は安定な電力供給に欠かすことができない。当社は実証試験に重点をおいた技術開発の結果、主要機器の大容量化を達成し、更にソリッドステート化を推進させ制御装置の速応答性、点検性、自動化の向上等、電気設備の総合的な信頼性確保に努めている。本稿ではこれら電気設備の信頼性向上への当社の研究・実施についての概要を記す。

電力用真空スイッチ式負荷時タップ切換器のシリーズ

松本 進・古川一弥・吉田和夫・伊藤克明
三菱電機技報 Vol.53・No.2・P139～142

真空スイッチ式負荷時タップ切換器は、特に電力用として使用されるとき、変圧器が寿命に達するまで保守がほとんど不要であり、かつ絶縁油が汚損されることもないので、絶縁信頼度は従来と比べて、飛躍的に向上する。この方式は、我が国では、これからその採用が検討されるものと考えられるが、その際の参考になる基本的事項について述べるとともに、当社製品について紹介する。

原子力発電所向け電気計装品の耐震設計

松宮正幸・武藤 浄・福地博行・山田正成・大谷欣司
三菱電機技報 Vol.53・No.2・P121～123

原子力発電所向け電気計装品は厳しい耐震性が要求されるが、なかでも複雑な構造の制御盤は、従来、設計段階で解析により地震時の挙動を推定することは困難で、試作段階で実装体を加振試験して耐震性の改良と検証を行う方法が主であった。本稿は、最近の解析シミュレーション技術を中心とした当社の耐震設計技術について事例にてらして紹介し、解析シミュレーションが耐震性改良法の決定、更に耐震性検証に有効であることを示す。

不燃性・難燃性の電力用変圧器

佐藤辰夫・白井 満・伊奈照夫
三菱電機技報 Vol.53・No.2・P143～146

現在製作している不燃性あるいは難燃性の電力用変圧器、つまり、H種乾式変圧器、モールド変圧器、SF₆ガス絶縁変圧器、シリコン油入変圧器について、それぞれの特長を中心に、製作範囲と主要部分の構造とを記述した。また、「むすび」として、その適用基準についても簡単に紹介した。

アナログコントローラ《MELNAC》

梶田征也・片山俊彦
三菱電機技報 Vol.53・No.2・P124～128

原子力1次系計装システムとして、アナログコントローラを新しく開発した。大容量化、複雑化してくる発電プラントの計装システムに対処すべく、高信頼性、高精度、更に高耐震性、信号の分離等の要求を入れて開発した《MELNAC》について、その特長、システム概要、コントローラ（カード）の仕様、性能確認について紹介する。

《MELCOM》350-50 A2100 システムコンポーネントプロセッサ(SCP)

長沢一嘉・波多野侃・村木克己・香取和之・河合一洋
三菱電機技報 Vol.53・No.2・P149～153

M—50/A 2100 SCPはM—50工業用計算機システムのコンポーネントプロセッサとして、システム開発の効率化、ソフトウェアの生産性、保守性の向上を実現することを目的として、最新のLSI技術、ファームウェア技術を使用して開発、製品化された。

本文においては、その開発思想、ハードウェア、ソフトウェアの概要、及び応用例について紹介する。

最近のタービン発電機の保護計測システム

羽倉義征・渡部隆行・相良辰雄・田中正昭・松本忠士
三菱電機技報 Vol.53・No.2・P129～133

近年火力プラントは大容量化の傾向と同時に、ミドル火力化に伴い運用条件が厳しくなる傾向にあり、発電機にとっても過酷な運用を強いられることになる。本稿では、発電機の保護及び監視に存し、より改良されたものを提供する目的で開発した静止形保護リレーと、ブラシレス励磁発電機の界磁監視装置について、その動向と適用例を紹介し、更に各装置の機能について概説する。

医療情報データベースシステム《MELCOM-MUMPS》

出口博章・武田浩良・峰崎秀生・古家俊幸・和田雄次
三菱電機技報 Vol.53・No.2・P154～158

《MELCOM-MUMPS》は、《MELCOM》70 ミニ コンピュータ上に実現された医療情報データベース システムである。このシステムは会話形高高級言語を持ち、複数の端末ユーザの処理を同時処理し、大容量のデータを高速処理する機能を持っている。また医療用に開発されたとは言え、その機能の汎用性から幅広い分野への適用が可能で、今日多大の注目を集めている。本稿では、《MELCOM-MUMPS》の紹介、システムの構造及び機能等について述べる。

超超高圧大容量変圧器

青木俊之・三浦良和・池田五郎・但馬常夫・谷黒文弥
三菱電機技報 Vol.53・No.2・P134～138

昭和27年に275kV送電が開始されて以来我が国の主幹系統は超高压運用されてきたが、その後の電力需要増加に対処するため昭和48年に500kV送電が開始された。この間、変圧器の単器容量は飛躍的に増大し、既に発電所用変圧器では1,240MVA器が、また変電所用変圧器ではバンク1,500MVA器が運転されている。そこでこれら超超高圧大容量変圧器の技術的課題について述べるとともに、当社外鉄形変圧器の特長などについて概要を紹介する。

FF式石油ガス化給湯機と冷暖房給湯システム

野間口有・西 敦義・牛越 諒・桑沢宏康
三菱電機技報 Vol.53・No.2・P159～163

家庭環境の目ざましい発展とともに、多種多様の冷暖房、給湯システムが完成し市場に導入されている。当社は、画期的な温風暖房機《クリーンヒーター》の開発によりセントラルヒーティングと同じような快適な冷暖房機として市場に定着しているが、今回それらと同じ石油ガス化燃焼方式を採用した《FF式石油ガス化給湯機》を開発し、これと前述の《クリーンヒーター》の組合せにより、多くの特長を持った新しいホームヒーティングシステムが可能となったのでその方式につき従来システムと比較しながら述べる。

Abstracts

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 53, No. 2, pp. 139~42 (1979)

A Series of On-Load Tap Changers with Vacuum Power Switches

by Susumu Matsumoto, Kazuya Furukawa, Kazuo Yoshida & Katsuaki Ito

Particularly when used in electric-power applications, on-load tap changers using vacuum switches require virtually no maintenance during the life of the transformer, and because there is no degradation of transformer oil, offer a dramatic improvement in insulation reliability over other types of tap changer. As the adoption of this type of tap changer is now under consideration in Japan, the article presents some basic reference material, and describes equipment manufactured by Mitsubishi Electric.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 53, No. 2, pp. 117~20 (1979)

Electrical Equipment for Large-Capacity Nuclear-Power Plants

by Yasuyuki Miyata, Minami Mori, Nobuhiro Kidera, Hirotada Iyoda & Tatsuo Setoyama

In Japan, operational nuclear-power plants using the pressurized water reactor have reached the 1000MW class. Reliable operation of their electrical equipment is essential to the stable supply of power. As a result of technological developments that emphasize verification tests, Mitsubishi Electric has been able to increase the capacity of the main items of equipment, as well as to promote solid-state engineering, increase response speed, facilitate inspection and upgrade automation, in an effort to assure overall reliability of the equipment. The article outlines Mitsubishi Electric's research activities aimed at increasing the reliability of this electrical equipment.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 53, No. 2, pp. 143~46 (1979)

Nonflammable Power Transformers

by Tatsuo Sato, Mitsuru Shirai & Teruo Ina

The article focuses on the features of the various types of nonflammable power transformers now being manufactured—including Class H dry-type, cast-resin, SF₆-gas-filled and silicon-oil-filled transformers—and describes the available capacity range and the construction of the main components of each. A final section presents in brief some application standards.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 53, No. 2, pp. 121~23 (1979)

Seismic Design of Electrical Equipment and Instrumentation for Nuclear-Power Plants

by Masayuki Matsumiya, Kiyoshi Taketo, Hiroyuki Fukuchi, Masanori Yamada & Kinji Otani

Severe earthquake-resistance requirements are imposed on this equipment. In conventional practice it has not been possible to estimate at the design stage the dynamic behavior of control panels with complex structures, and this has necessitated the testing of fully equipped prototypes using vibration inducers to carry out improvements in and validation of the control panels. The article illustrates with actual examples Mitsubishi Electric's seismic design engineering, focusing on recently developed analytical simulation techniques, and shows that analytical simulation is an effective tool in determining methods to improve earthquake resistance and for carrying out seismic validation.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 53, No. 2, pp. 149~53 (1979)

The A2100 Mainframe, Part of the MELCOM 350-50 Series

by Kazuyoshi Nagasawa, Tadashi Hatano, Katsumi Muraki, Kazuyuki Katori & Kazuhiro Kawai

The A2100 mainframe has been developed on the basis of state-of-the-art LSI and firmware technology in order to increase system development efficiency and upgrade software productivity and serviceability for the MELCOM 350-50 series of industrial computer systems. The article outlines the development philosophy, describes system hardware and software, and presents some examples of applications.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 53, No. 2, pp. 124~28 (1979)

The MELNAC Analog Controller

by Yukiya Masuda & Toshihiko Katayama

The MELNAC analog controller has been developed to serve as the primary instrumentation system of nuclear-power plants, where it will meet the demands for higher reliability, precision for earthquake resistance, and signal isolation imposed by today's larger and more complex electric-power plants. The article describes the MELNAC's features, the system configuration, controller (PCB) specifications, and confirmed performance.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 53, No. 2, pp. 154~58 (1979)

The MELCOM-MUMPS Medical-Information Database System

by Hiroaki Deguchi, Hiroyoshi Takeda, Hideo Minezaki, Toshiyuki Furuya & Yuji Wada

The MELCOM-MUMPS is a medical-information database system based on the MELCOM 70 minicomputer, which has a high-level interactive language and is capable of high-speed processing of large volumes of data from multiple-user terminals simultaneously. Although developed for medical applications, it can be applied in a wide range of fields. The article introduces the MELCOM-MUMPS system, describing system configuration, functions, etc.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 53, No. 2, pp. 129~33 (1979)

Advances in Instrumentation Systems for the Protection and Monitoring of Steam-Turbine Generators

by Yoshiyuki Hagura, Takayuki Watanabe, Tatsuo Sagara, Masaaki Tanaka & Tadashi Matsumoto

The ever-larger thermal-power plants being built in recent years face the increasingly severe operating conditions associated with middle-load applications, so that the duty conditions for the generators are correspondingly severe.

The article discusses the protection and monitoring of these generators, introduces the trends and application examples of a static protective relay and a field-monitoring device for the brushless-excited generators, which were developed to further upgrade equipment, and outlines the functions of the two devices.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 53, No. 2, pp. 159~63 (1979)

A Kerosene-Fired Instant Water Heater, and Water-Supply System for Air-Conditioning and Heating

by Tamotsu Nomaguchi, Atsuyoshi Nishi, Makoto Ushikoshi & Hiroyasu Kuwazawa

As Japanese living standards continue their rapid rise, a wide variety of systems for supplying hot water for air-conditioning and heating have come on the market. Mitsubishi Electric's development of the Clean Heater has given it a strong position in the market, with a system that offers a level of comfort equivalent to that of central heating. A new type of kerosene-fired instant water heater has now been developed using the same vaporized-kerosene combustion system. This, in combination with the Clean Heater, results in a new home-heating system offering a large number of attractive features. The article describes the new system, and compares it with others now in use.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 53, No. 2, pp. 134~38 (1979)

Large-Capacity EHV Transformers

by Toshiyuki Aoki, Yoshikazu Miura, Goro Ikeda, Tsuneo Tajima & Bunya Tanikuro

Japan's trunk power transmission entered the extrahigh-voltage era in 1952, with the inauguration of 275kV lines, and in 1973, 500kV transmission commenced in the attempt to keep pace with projected increases in power demand. The subsequent period also saw a dramatic increase in transformer capacity, with 1240MVA generator-transformers and 1500MVA substation transformer banks put in operation. The article discusses technological problems affecting these large-capacity EHV transformers, and outlines the distinctive features of Mitsubishi Electric's shell-form transformer design.

アブストラクト

データ中継CDT装置

永田文也・荒尾和男・由良 隆・田中幸二・柴田文夫

三菱電機技報 Vol. 53・No. 2・P164～167

電力系統の規模の拡大と自動化の進展に伴いシステム機能が多様化し、情報伝送装置においても、従来の1対1の情報伝送に代わって、複数の電気所・監視所間のデータ中継の必要が増大してきた。この要求に答えるべく、マイクロプロセッサを応用した情報伝送システム《MELFLEX》装置を適用して、既設装置が有効に利用でき、小形低廉で信頼性の高いデータ中継装置を完成したので、ここにその概要を紹介する。

500kV用三菱酸化亜鉛式避雷器《MOA》

富永正太郎・今滝満政・渋谷義一・宇治田克・桑原 宏

三菱電機技報 Vol. 53・No. 2・P172～176

当社では、500kV基幹系統に使用するタンク形及びびがいし形のギャップのない酸化亜鉛式避雷器を開発した。500kV用は、特に高い信頼性が要求されるとともに、動作責務も一段と厳しくなる。

本文では、信頼性向上のための製造管理の問題、動作責務の検討、構造、諸試験結果などを述べるとともに、500kVガス絶縁変電所（GIS）に本器を適用した場合の保護性能の優位性について、在来形避雷器の保護性能と対比しながら解説している。

AFS形空冷式冷凍クーリングユニット

原 明・川井 治

三菱電機技報 Vol. 53・No. 2・P168～171

低温用冷蔵庫が一般に普及されるに伴い、施工・運転の簡単なパッケージ化が進んできている。一方、保守管理が簡易化できるという点から空冷式の長所も寒冷地を中心に認識が深まっている。これらの需要に応ずるため、当社では機種系列の拡充に努めてきたが、今回庫内温度 -45°C ～ -20°C 、8HP～15HPの空冷冷凍ユニットを開発したので、この概要と運転特性について述べる。

プラントコントローラ《MELPLAC》10

岩永俊之・片岡猪三郎・江上憲位・山本 修・松村雅司

三菱電機技報 Vol. 53・No. 2・P177～181

プロセス制御の分野でDDCとして、あるいはシーケンスコントローラとして機能単位の分散化システムに適する《MELPLAC》10を開発した。リレーシーケンスに電卓を結合させたイメージで高位言語を直接、命令として実行し、現場でのプログラミングやオンラインデバッグ機能を備え、ソフトウェア及びメンテナンス上の生産性の向上、更に強力なバックアップシステム実現によるハードウェア信頼性の増強等《MELPLAC》10の概要を述べる。

Abstracts

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 53, No. 2, pp. 172~81 (1979)

Metal-Oxide Surge Arresters for 500kV Power Systems

by Shotaro Tominaga, Mitsumasa Imataki, Yoshikazu Shibuya, Katsu Ujita & Hiroshi Kuwahara

Mitsubishi Electric has developed a line of tank-type and porcelain-type metal-oxide surge arresters (MOAs) without series gaps for use in 500kV trunk power systems, where higher reliability is required and the operating duty significantly more severe. The article discusses production-control problems involved in the raising of reliability, considerations of operating duty, arrester-equipment construction, and the results of various tests, and illustrates the superior protective performance of the MOA as applied in 500kV SF₆-gas-insulated substations, by contrasting it with the performance of conventional surge arresters.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 53, No. 2, pp. 164~67 (1979)

A Cyclic Digital Transmitter for Data Exchange

by Bunya Nagata, Kazuo Arai, Takashi Yura, Koji Tanaka & Fumio Shibata

With the growing scale and increased automation of electric-power networks, system functions have proliferated and data-transmitting equipment is subjected to a growing requirement for data exchange among multiple plants or monitoring stations, instead of the conventional 1-to-1 arrangement. To satisfy this requirement, the Mitsubishi flexible data transmission system, or MELFLEX, employing microprocessors, has been employed to create a compact, low-cost, yet highly reliable data-exchange device that makes effective use of presently installed equipment. The article gives a general description of the transmitter.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 53, No. 2, pp. 177~81 (1979)

The MELPLAC 10 Plant Controller

by Toshiyuki Iwanaga, Isaburo Kataoka, Noritaka Egami, Osamu Yamamoto & Masaji Matsumura

The MELPLAC 10 plant controller has been developed for direct digital-control or sequence-control applications in distributive process-control systems based on functional units. Perhaps best conceived of as the inclusion of a desk calculator in the relay sequence, the MELPLAC 10 executes directly high-level language instructions and provides on-site programming and on-line debugging functions. Productivity is upgraded by the software and the ease of its maintenance, and hardware reliability is improved by powerful backup systems.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 53, No. 2, pp. 168~71 (1979)

Air-Cooled Packaged Equipment for Refrigeration and Cold Storage

by Akira Hara & Osamu Kawai

With the wider distribution of low-temperature storage facilities has come a trend toward packaged equipment, which is easier to install and to operate. The further advantages in easier maintenance offered by air-cooled equipment have also been widely recognized, particularly where winters are severe. To cater to this demand, Mitsubishi Electric has expanded its product line with the development of Series AFS air-cooled units for cold-room temperatures of $-45\sim-20^{\circ}\text{C}$, in capacities of 8~15HP. The article describes the Series AFS units.

大容量原子力発電所の電気設備

宮田泰之*・森 南*・木寺信博*・伊与田寛忠*・瀬戸山達夫**

1. ま え が き

加圧水形原子力発電所容量の増大は目覚ましく、1,000 MW 級の発電所も近日中に運転開始されようとしている。原子力発電所の電気設備は、安全性確保と運転継続性の両立を図って計画されねばならない。プラント運転中に必要な所内動力の確保はもちろん、いかなる状態でも安全施設電源の喪失を来してはならない。加えて大容量発電所の出力変動は送電系統への影響を無視できず、安定した運転継続を要求される。安全保護設備への給電系統の信頼性向上だけでなく非安全保護設備の信頼性確保をも欠かすことができない。以下この稿では、大容量原子力発電所の電気設備の信頼性向上をめざす当社の努力の一端を紹介する。

2. 設 計 基 準

原子力発電所は

- ・安全設計に関する審査指針
- ・Regulatory Guide
- ・IEEE Standard

等の諸指針類を基に計画され、発電所建設着工に先立って行われる安全審査を受けた後、原子炉の設置が許可される。

2.1 設計条件

設計時に考慮すべき気象、地震等の自然条件は、プラント建設予定地点で起こり得る最も過酷な条件に設定される。これに通常想定し得るいかなる事故の発生にも対処できるように設計せねばならない。

2.2 系統、機器仕様

系統、機器はその重要度に応じた仕様を満たさねばならない。原子炉施設の事故時の安全停止と事故拡大を抑制する系を安全保護系といい、特に信頼性の高い設計を要求される。安全保護系機器への要求仕様は次のとおりである。

(1) 単一事故が発生しても機能喪失しないよう、多重化を行うこと。

(2) 多重化した設備の一方が故障しても、それが他方へ波及しないよう、分離独立を図ること。

(3) 原子炉運転中に系の健全性が確認できる試験が随時行えること。

(4) 地震時にも機能喪失しない設計をすること。

一方、非安全保護系設備とは安全保護系以外の設備をいい、発電機、主要変圧器、特高開閉所設備等の大形電気機器が含まれている。非安全保護系の信頼性は安全保護系ほどの厳しい要求を受けていないものの、それらの事故が安全保護系へ波及しないよう、かつ安定な運転継続を妨げないよう設計せねばならない。

原子力発電所の設計には、事故が発生すれば炉を停止する方向に進むよう、いわゆるフェイルセーフの設計思想が取り入れられており、事故の程度によってプラントは停止する。しかし大容量原子力発電所の再起動は火力発電所ほど短時間には行えない。電力系統の安定を図る意味で、安全性を損なわずにしかも運転継続性を高めるプラントの実現、これが大容量原子力発電所では必要不可欠である。

2.3 信頼性

大容量原子力発電所の計画に当たっては、大容量機の採用による諸問題の解決と、膨大な情報監視と複雑な運転操作を少数運転員でできるシステムの実現を図らねばならない。このために大形機器冷却方法の改善、絶縁方式の改良をはじめ斬新な表示方式や自動試験装置の導入、遠応答性の実現、自動化、具体的には慎重な実証試験とそれを裏付ける豊富なフィールドデータ、CRTの導入、ソリッドステート化により総合的な信頼性向上を確立することが必要である。当社は、図1.の機能分析に沿って製品化を進め好評を得ているが、なお一層の向上をめざして努力を続けている。

3. 主要電気設備の特長

当社では、関西電力(株)大飯原子力発電所1、2号機(電気出力は共に1,175 MWe)の建設を担当して貴重な経験を得た。また、それに続く建設計画のために努力を続けている。

以下、大容量原子力発電所の電気設備を紹介するとともにその特長を述べる。

3.1 所内電力系統構成

1,000 MW 級加圧水形原子力発電所の代表的な所内電力系統構成を図2.に示す。通常運転時、常用負荷には発電機に直結した所内変圧器から給電されている。非常時には、常時外部系統に接続されている始動変圧器を経由して非常用負荷に給電され、母線切換等のしゃ断器作動動作がなく、信頼性が十分高く確保されるよう考慮されている。始動変圧器高圧側の電圧喪失時は直ちに予備変圧器に切換えられる。予備変圧器の1次側は他の主要変圧器から独立した送電系統に接続されており、

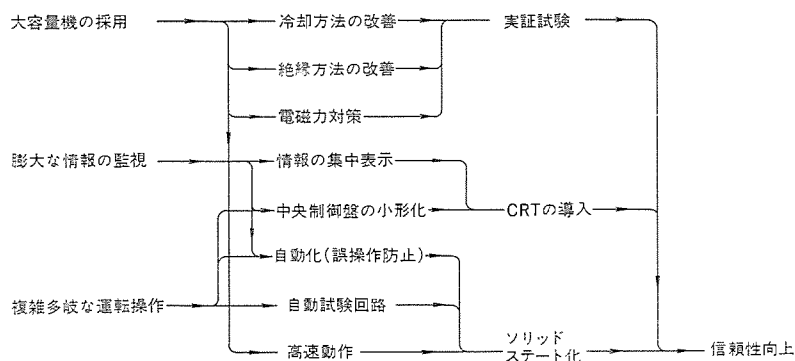


図 1. 大容量原子力発電所の要求機能

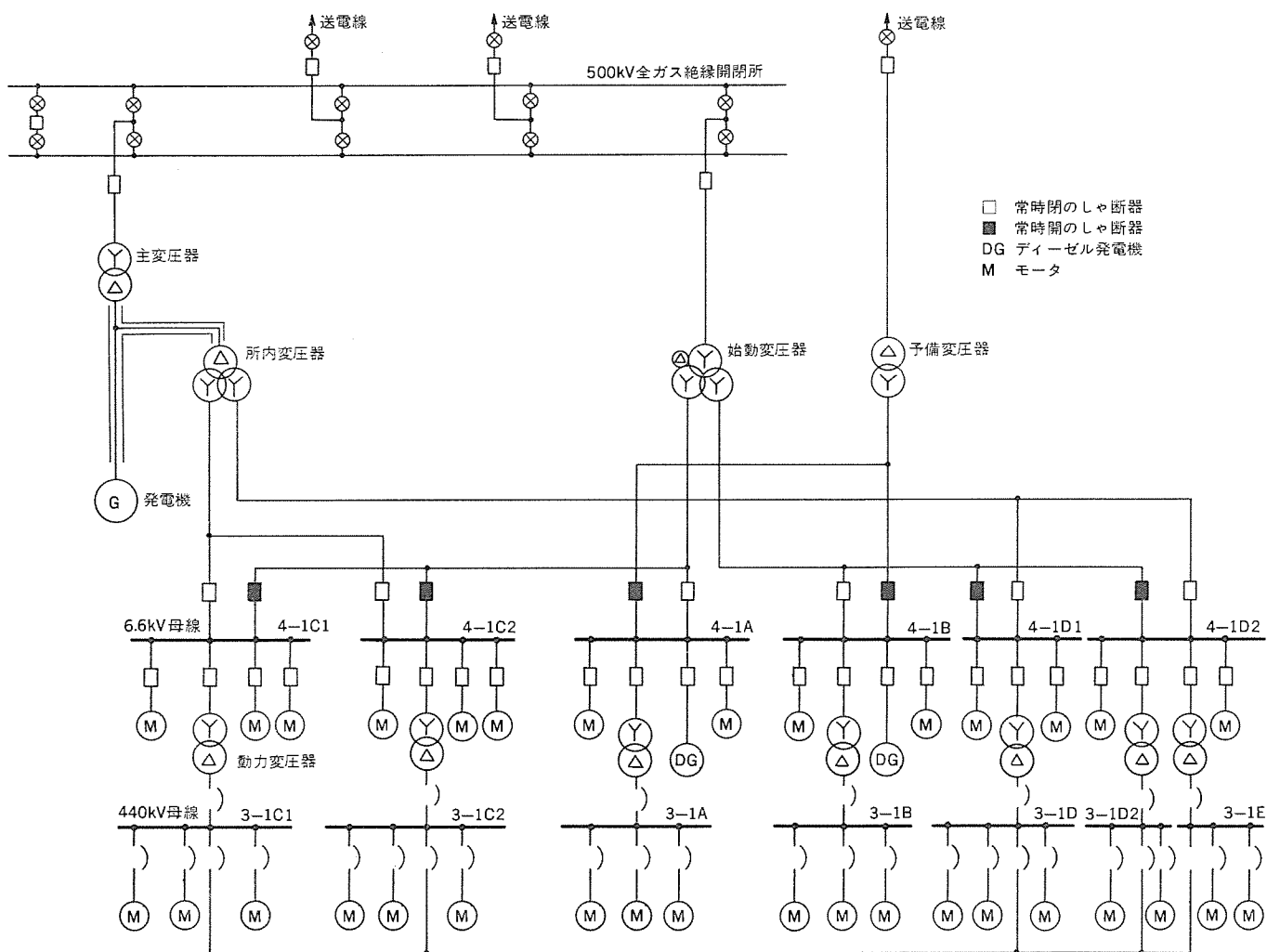


図 2. 所内電力系統構成図

始動変圧器電源喪失の影響を受けないよう考慮されている。

所内母線は 6.6 kV 6 母線、440 V 7 母線から構成されている。6.6 kV 2 母線（4-1 A, 4-1 B）と 440 V 2 母線（3-1 A, 3-1 B）は安全保護系の母線で、原子炉の安全停止、重大事故の拡大防止、放射性物質の拡散抑制に必要な非常用補機が接続されている。安全保護系 6.6 kV の 2 母線にはそれぞれディーゼル発電機が接続され、始動変圧器からの給電、予備変圧器からの後備給電失敗時でも電源喪失がないよう考慮されている。安全保護系の A 系、B 系母線は互いに分離独立しており、片方の故障が他方へ波及しないよう設計するとともに、片系統に故障が発生しても他の片系統で安全保護機能を確保することができるよう、考慮されている。

非安全系は 6.6 kV 4 母線、440 V 5 母線から構成され、4 台の原子炉冷却材ポンプのうちの 1 台の故障又は 1 母線事故でもプラントは直接トリップしないよう考慮されている。

3. 2 特高開閉所設備⁽¹⁾

原子力発電所は狭い臨海地点に建設されるため、開閉所はコンパクトであることと厳しい耐塩害性が要求される。全ガス絶縁開閉所（Full Gas Insulated Substation, 略称 Full GIS）は従来形の開閉所に比べて所要面積で 1/8、容積で 1/100 程度に縮小することができる上、しゃ断器、断路器をはじめ母線、避雷器、計器用変圧器に至るまですべてがガス絶縁され、耐塩害性が極めて良く、信頼性が

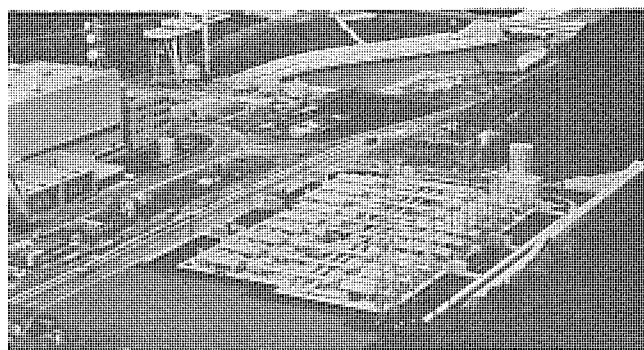


図 3. 関西電力(株)大飯原子力発電所納め
500 kV 全ガス絶縁開閉所

高い。関西電力(株)大飯原子力発電所向け Full GIS は好調運転中である。最近の大容量原子力発電所では Full GIS で計画されているものが多い。(図 3.)

3. 3 主変圧器⁽²⁾

1,000 MVA 級以上の超高圧大容量変圧器の製作にあたっては絶縁、漂遊損失、電磁機械力、大電流対策、冷却など互いに相反する問題をいかに解決するかが高い信頼度を達成するためのカギとなる。

当社が大容量変圧器に標準としている外鉄形構造は交互配置巻線

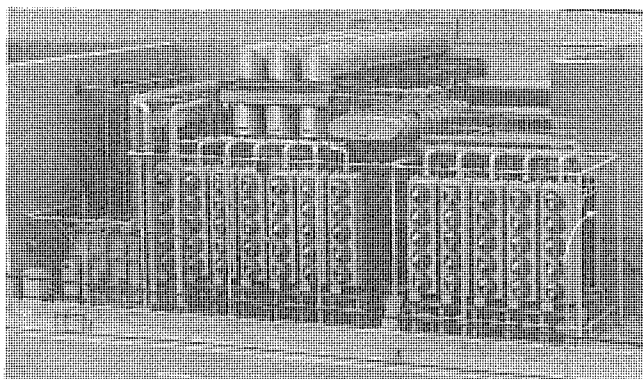


図 4. 関西電力(株)大飯原子力発電所納め
主変圧器 (3 相 500 kV 1,240 MVA)

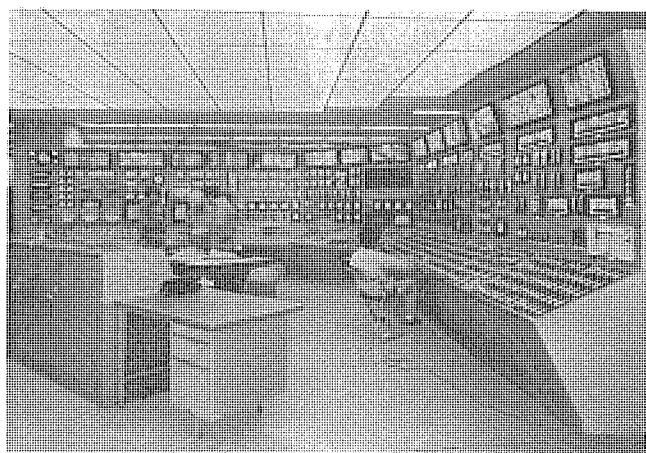


図 6. 関西電力(株)大飯原子力発電所中央制御盤

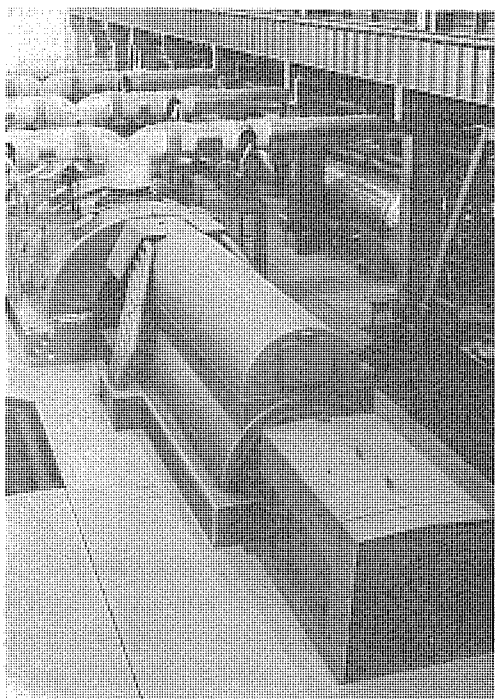


図 5. 関西電力(株)大飯原子力発電所納め
1,300 MVA タービン 発電機

の コイル 群数の選択により漏れ磁束密度を適正レベルに抑えるとともに、コイル、鉄心寸法、電磁機械力なども大容量化によって増大することがなく、超大容量変圧器に特に適する構造といえる。更に大容量変圧器に要求される高い信頼度を確保するため今までの基礎研究をベースとして開発した解析技術をフルに活用するとともに、製作技術、品質管理技術にも一層の向上を図っており実機と同一の実証機を製作し絶縁検証、内部漏れ磁束分布、温度分布などの検証試験を実施し万全を期している。(図 4.)

3. 4 発電機

タービン 発電機の大容量化は、冷却方式の進歩、大電流電磁力対策、振動現象の解明、機械強度や電磁現象の解析等、総合的な技術の裏付けによるものである。

当社で製作した 1,300 MVA 原子力 タービン 発電機等の大容量機では、効果的な冷却方式、大電流に対する固定子 コイルエンド 支持方式、曲げとねじり振動対策を実施した軸系や オイルホイップ 用 ティルティングパ

ッド 軸受、磁気特性を改善する回転子みぞの非対称配置等、かざかずに最新の技術を採用しているが、これらは基礎技術の積重ねとともに長期間の実物大モデルによる検証試験や詳細な解析によりその効果と信頼性を確認してきたものである。

更に発電機の品質確保のため、輸送やすえ(据)付けまでの各製造過程で多くのチェックポイントを設け、最新の装置でその品質をチェックしており、また、発電所運転後の諸データを予防保全活動へフィードバックするなど、運転の維持・確保に万全の注意を払っている。(図 5.)

3. 5 発電主回路接続装置

発電機の出力を主変圧器に送る発電主回路接続装置は、発電機の大容量化に伴って通電容量が増大し、1,000 MW 級発電所では 40,000 A にも達する。大容量機では主導体部の冷却⁽⁴⁾と端末部の電磁誘導対策が問題となる。長年にわたる基礎研究と実証試験により、主導体部の冷却については冷却風の風路として導体・外被間を往路とし、導体内を復路とする Ring-Tube 冷却方式⁽⁴⁾を開発、端子部の電磁誘導対策として発電機と主導体部外被とを接続するアダプタに数分割したステンレス導板を用いるなど強磁界中でのうず電流損の軽減を図っている。

現在空気冷却を採用しているが、更により冷却効率の良い媒体を利用する方法の開発を検討している。

3. 6 中央制御盤

大容量原子力発電所では膨大な情報量の監視、複雑多岐な運転操作を限られた運転員で行わねばならない。また、盤内取付機器、制御回路の分離の徹底が要求される。運転監視が容易で操作性の良い盤面配列計画が可能でかつ安全性を損なわない分離設計可能な制御盤を実現するため、当社では金属外被付モジュールスイッチと金属編組ケーブルを開発、納入した。

更に当社では、プラント運転の監視操作機能の充実をめざし、計算機とカラー CRT の駆使による新しい中央制御システムの開発に取り組んでおり、運転操作の信頼性向上に向かって前進を続けている。

また、原子力発電所の自動化は慎重に信頼性を確認したうえで採用されるべきで、プラントサブシステムへの適用の段階から次第に全体にわたる自動化への検討が進められている。(図 6.)

3. 7 原子炉計測制御装置

原子炉の計測制御装置として、当社では核計装装置、炉内中性子束

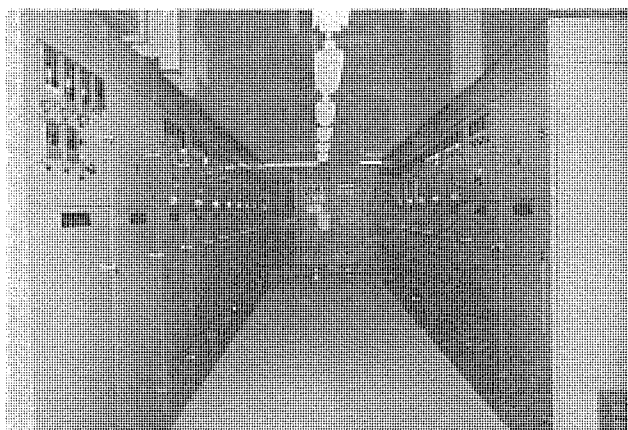


図 7. 関西電力(株)大飯原子力発電所スイッチギヤ室

計測装置、制御棒制御装置、制御棒位置指示装置、原子炉安全保護装置、原子炉プロセス制御装置、放射線監視装置等を製作している。原子炉計測制御機器は特に高度の信頼性が要求されるので、開発に当たっては性能確認テスト、温度テスト、耐震テスト、アイソレーションテスト、耐ノイズテスト等十分な実証テストと、更に現地における長期間のフィールドテストを重ね、製作に当たっては部品、材料に対し1つ1つ細部にわたる検討を加え、設計から製作、試験、試運転に至るまで、品質管理を厳重に行い、品質の保証されたシステムを作り出している。

3.8 タービン発電機の制御装置

発電プラントの単機容量が増大するに従い、ガバナ、AVR等の制御装置は、より高度でかつ高性能な制御を行うことにより、タービン発電機の安全性を確保すると同時に、装置自身の信頼度を増加させて発電プラントの信頼性を向上させることが必要である。

大容量タービン発電機の制御装置として、当社ではEHタービンガバナ、MWTA形AVRが使用されているが、EHタービンガバナは電子制御装置と高圧油装置の組合せによる電気-油圧式ガバナで運転の自動化、精密な負荷制御を容易に行うとともに、負荷シャ断時、タービン発電機速度上昇を安全な範囲内に抑えている。

高圧油装置の使用により、系統安定化のための高速バルブ制御機能の実現も容易となった。

一方、励磁制御に対しては半導体を使用したMWTA形AVRが使用されており優れた直線性と安定かつ応答性のよい電子回路によって通常運転時の安定な励磁制御を行うとともに豊富な付加機能により、低励磁制限制御、過励磁保護などきめ細かな制御及び保護を行っている。また系統安定化が必要な場合には、系統安定装置の追設も容易に行うことができる。

これらの装置には、多くの電子部品が使用されているが、装置自身の信頼性向上のためには、電子部品の不良発生を防止するとともに不良発生時容易にオンラインメンテナンスの可能な装置とすることが重要な課題である。

これらの制御装置に使用される電子部品については、部品の選別使用方法の決定などの設計段階から製作、据付中に至るまでのすべての段階における信頼性管理を実施することにより、運転中の不良発生を極力少なくするとともに、バックアップ装置、多重化回路などによる冗長システムとしフェイルセーフを図ることによって、不良発生時でもタービン発電機が安全に運転継続されるとともに、メンテナンス機能を充実させ、容易にオンラインメンテナンスできる装置となっている。

3.9 その他の電気設備

以上のほかに電気設備の主なものとして所内動力設備、計測制御用交流電源設備、非常用ディーゼル発電機、制御棒駆動装置電源設備、補機用電動機等がある。

安全保護系に属するものは、代表的な構成で耐震検証を行い、機能喪失のないことを確認している。安全保護系のメタルクラッド開閉装置、パワーセンタ、ディーゼル発電機は、プラント運転中でも機能確認のためのシステム試験ができるよう、工夫されている。

原子炉系計測制御用及び計算機用インバータは直流及び交流の2入力無切換合方式を採用し、信頼性を高めている。

制御棒駆動装置電源設備はフライホイール付M-Gセットが2台、並列運転されるシステムとし、外部電源の瞬停や片電源故障では原子炉は安定して運転できる構成となっている。

補機電動機は設置環境、使用条件を考慮し、設計的にも十分な配慮を払っている。(図7.)

4. む す び

大容量原子力発電所に要求される使命は確実な運転継続による安定した電力の供給にある。このために新技術の導入、従来技術の見直し、モデルによる実証などの地道な研究の積み重ねが必要である。加えて膨大な設備のすみずみまで品質管理、品質保証を徹底できる体制を整備せねばならない。当社はこのような諸要求に応じるに十分な技術力の強化と体制の整備を行ったが、更に信頼性の向上を図るため、たゆまぬ努力を重ねている。

参 考 文 献

- (1) 阿澄, 松田: 三菱電機技報, 51, No. 6, p. 377 (昭52)
- (2) 菅, 渡辺: 三菱電機技報, 52, No. 4, p. 303 (昭53)
- (3) 大石, 天笠: 三菱電機技報, 51, No. 6, p. 397 (昭52)
- (4) 笹本, 瀬戸山: 昭和51年電気学会全国大会, No. 930

原子力発電所向け電気計装品の耐震設計

松宮正幸*・武藤 浄**・福地博行*・山田正成*・大谷欣司*

1. ま え が き

原子力発電所が、万一激烈な大地震にみまわれても、放射性物質に対する隔離設備及び原子炉安全保護設備は、その設備の安全機能を維持し、公衆及び従業員に放射線障害を及ぼさないよう耐震設計を行わねばならない。このため原子力発電所の建設にあたっては、計画の段階から構成設備の安全機能の重要度をクラス分けし、その重要度に応じた耐震設計が採り入れられている⁽¹⁾⁽²⁾。原子炉安全保護設備を正常に作動させるに必要な計測制御設備、電気設備もAクラスに属する重要設備であり、大地震時にも安全機能維持が要求される。

このような状況のもとに、我々が行っている検討・施策のうち計測制御装置をとう(搭)載する制御盤の耐震設計について述べる。各種の装置を搭載する制御盤は種々の骨組部材と板材を用いたモノコック構造としており、電気計装設備のなかでも最も複雑な構造の1つである。このため従来は設計段階で解析的な方法によって地震時の挙動を推定することは極めて困難であり、試作段階に入って実装体を加振試験し、耐震性を確認する方法が主であった⁽³⁾。最近このような複雑な構造システムの動的挙動を解析する手法が⁽⁴⁾⁽⁵⁾⁽⁶⁾開発され実験検討との比較研究によってその有効性が立証された⁽⁷⁾。このため開発試作や改良方法の決定にはシミュレーションによる方法が主流となっている。しかしながら精度よく解析するには、使用材料の物性値や挙動が明確には(把)握されていることが必要であり特殊な構造については、部材レベルでの試験研究が必要である。

ここでは、盤框体の剛性強化だけでなく、盤基礎部・盤パネル部の剛性向上、すえ(据)付法の改善等総合的に制御盤の耐震性を向上させる設計手法確立のために実施した部材レベルの解析及び試験の内容並びにその設計手法に基づき、試作した制御盤の動的挙動解析と耐震試験結果について述べる。

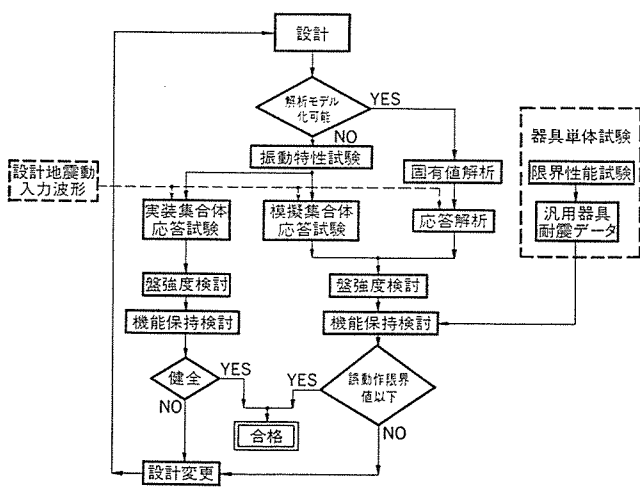


図1. 盤の耐震設計手順 (ただし、Aクラスの盤のみを対象とする)

2. 耐震設計の考え方

原子力発電所における耐震Aクラスの電気機器は安全上特に重要なため機械的強度だけでなく、機能が確実に維持される耐震設計が要求される。このため制御盤のような電気機器では構造要素となる盤構造と機能要素となる計測・制御機器とは別々に耐震性を評価できることが望ましい。これを容易にするため制御盤は固有振動数を建物の固有振動数や、地震動の卓越振動数よりも高くして振動力の増幅が起これないように剛設計をする。しかし制御盤によっては剛設計とすることが困難なものもあるため、実装集合体の振動試験も併用して図1.に示す耐震設計手順によりその耐震性向上の確認を行っている。

3. 構造設計

3.1 基本設計

耐震Aクラスの制御盤は剛設計を基本としているので、構造の骨組と板を溶接し一体化したモノコック構造を採用している。既に行ったモデル制御盤を用いた地震応答解析と実験とから制御盤を剛構造にするためにはせん断パネルの効果が大きい事実が明らかとなっている。この事実をふまえて、種々のタイプの制御盤で板の効果的使用を行っている。また制御盤の剛性は多くの場合解析による推定値より低下するが、これは制御盤下部の固定部にあるアングル材や板が局部的に変形することが原因である。このためアングル材に代えて閉断面材を採用したり、適切な補強板を有する部材を用いて剛性を高めるとともに簡易解析法で挙動を把握し、構造設計を行っている。

3.2 盤基礎部の剛性向上

図2.に従来の盤基礎構造の1例を示す。この盤基礎構造ではボルト結合部のチャンネルベースやアングル材が板材のように立体的に局部変形することによって、ボルト結合部にあたかもばねがあるかのような挙動を示し、制御盤がロッキング振動を起こすことがある。剛設計した制御盤ではこの基礎部の等価ばねが盤全体の動的挙動を大きく支配する。1例として図3.に示すように補強を行った制御盤基礎部分について剛性を検討した。この構造の部分モデルによるLアングル結

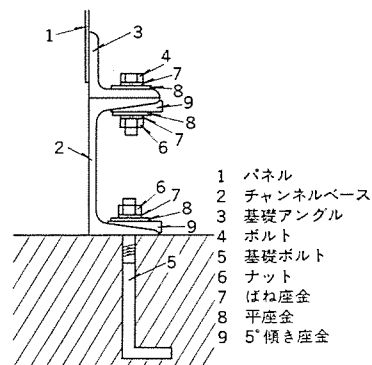


図2. 盤基礎部の構造

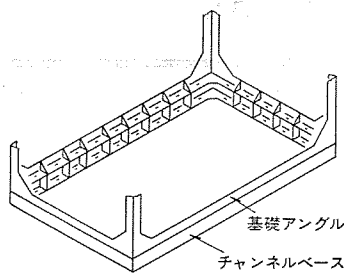


図 3. 補強のある盤基礎部

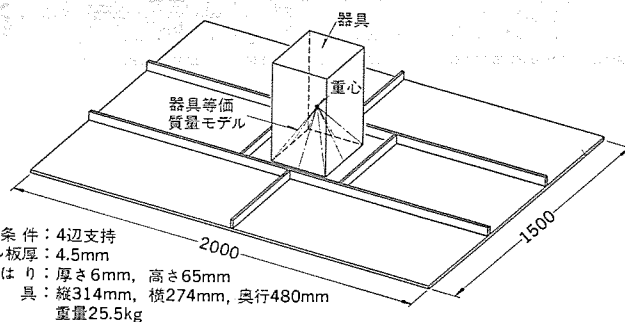


図 5. 補強 パネル の モデル

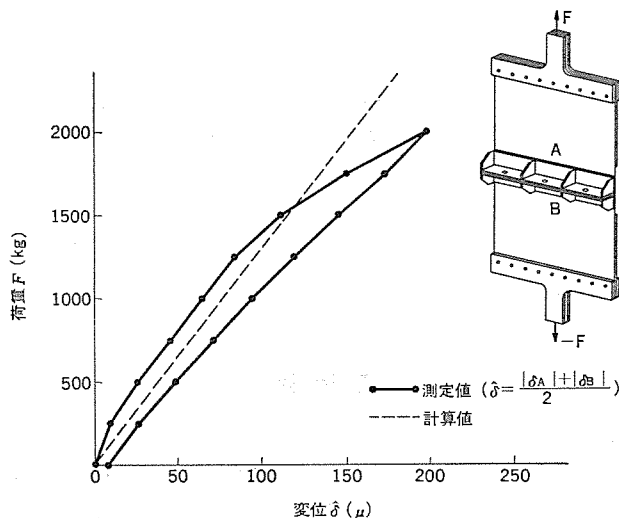


図 4. 基礎部 モデル の荷重 - 変位特性

合部の剛性を求めた静的な引張り実験の結果と有限要素法 (FEM) による計算結果とを比較して図 4. に示す。実験値は弱い非線形性を示しているが、実用的には両者はほぼ合っていると見て差し支えない。この補強では等価ばねの剛性が框体部に比してまだ十分高いとは言えない。

そこで現在では更に剛性の高い部材を用いた補強を行って盤基礎部の剛性を高めている。また、基礎部のボルト結合を溶接結合することで、上記の等価ばねを考慮する必要はなくなり床に完全固定されていると考えることができる。例えば 1 次系 リレーラック 盤の加振実験によると改良された盤基礎構造でボルト結合の場合、1 次固有振動数が 34 Hz であり、一方溶接結合の場合は 55 Hz と高くなっており、溶接強度も十分であることが確かめられた。

3.3 パネル振動の防止

これまでパネル面の振動は局部振動であるため検討例がほとんど見当たらない。しかし、制御機器の誤動作を問題とする場合には全体の振動モードと同様十分考慮を払う必要がある。従来からパネル面のたわみ振動を防止するために種々の補強を行っているが、重量、慣性モーメントの大きい制御機器がつく場合の振動挙動や補強の効果の把握は必ずしも十分ではなかった。そこでパネル面の振動防止の観点から典型的な形状の付加質量を有する補強パネルをとりあげて、数値解析により挙動を検討した。1 例として図 5. に示す補強パネルの解析モデルの計算結果を図 6. に示す。この例では図 6. のように 1 次固有振動数は 38.42 Hz で十分剛であり、1 次固有モードの形状から補強の入れ方も適当であることがわかる。このような数値解析手法により補強はりの形状と配置を適切に定めてパネル面の振動を防止する剛設計を行っている。

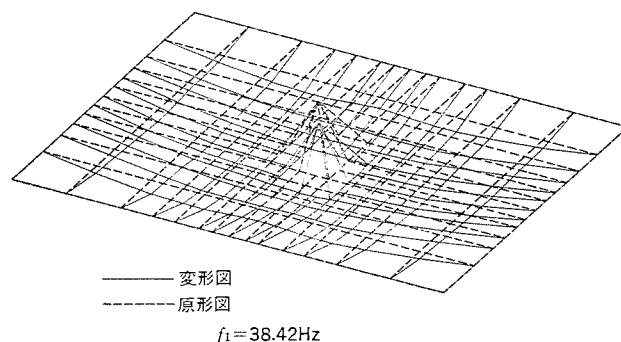


図 6. 補強 パネル の 1 次固有モード図

3.4 制御盤の標準化推進

前記のように解析と実験とから得られたデータを耐震設計に系統的に反映するためには制御盤の設計パラメータの変化範囲が定まっている必要がある。また将来において解析だけによる耐震性の確認を可能にするためには解析モデルの設定条件が大きく変化しないことが要求される。このためには框体の寸法、構造だけでなく基礎部構造、据付法を含めた制御盤の標準化が不可欠である。現在当社ではこのような耐震設計の標準化も考慮した制御盤の標準化を進めている。

4. 耐震性の確証

電気機器の耐震性の確証の手法には図 1. に示したように解析による方法と実験による方法とがある。過去において制御盤構造のような複雑な構造物の解析は不可能とされていたが、有限要素法による動解析理論⁽⁶⁾⁽⁹⁾とはん(汎)用構造解析プログラムの開発により、実用上非常に有効な手段となってきた。しかし汎用であることから特定の構造物の力学的挙動を忠実にシミュレートするための解析モデルの設定に熟練を必要とする。一方、機器を加振台にのせて振動試験を行う実験手法は、実際的であるが対象物が巨大であることや、最近の耐震規制の強化に伴い水平・垂直 2 軸同時加振や高震度での複合加振の必要性が予想され、加振設備の制約から耐震強度試験の実施が物理的にも経済的にも困難になりつつある。解析による手法は実験に比して設計パラメータの変更が機器の振動特性に対してどのような影響を与えるかを把握することが容易であり、制御盤設計に変更が必要となった場合に形状設計へのフィードバックを直ちに行い得るという利点がある。このため当社では剛設計が可能な代表的制御盤については解析の正確さを保証するため解析手法と実験手法の対比を行い基礎データをつみ重ねてきた。その 1 例として溶接据付けとした標準形キュービクルの耐震性についての解析及び試験の結果を以下に示す。表 1. に全体振動モードの固有振動数の比較結果を示す。実験値に対する計算値の差は約 10 % でありかなりよく一致している。図

表 1. 固有振動数の比較

振動モード	計 算 (Hz)	実 験 (Hz)
1 次	58.19	54.8
2 次	105.72	95.6

7. のように第1次固有モードはねじりを伴った左右方向のたわみで、これは実験的にも確認されている。次に図 8. に定常応答の解析結果と自動測定器の測定結果を併記して示す。共振周波数だけでなく全体的特性が一致しており解析モデルが妥当であることがわかる。図 9. に大形加振機による振動特性の実測結果を示す。振幅の大きさが異なるため減衰定数は異なるが固有振動数など基本的挙動は機械インピーダンス測定結果と一致している。図 10. は正弦ビート波による耐震強度確認試験時の応答加速度値の 1 例を示す。この結果から入力力は 0.9~2.6 g の正弦ビート波といった過酷な条件であるが制御盤が剛であることにより応答加速度はパネル上でも 4 g と低いことが認められる。これにより機能上もまた構造上も異常のないことが確認された。一方、応答解析の結果から器具取付点における応答加速度が器具の誤

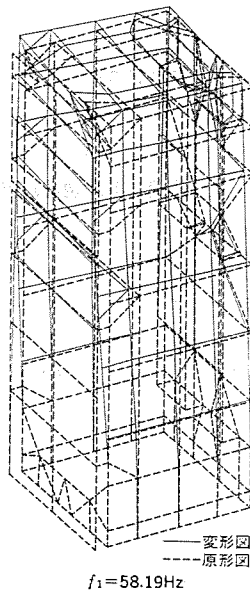


図 7. 標準形キュービクルの 1 次固有モード

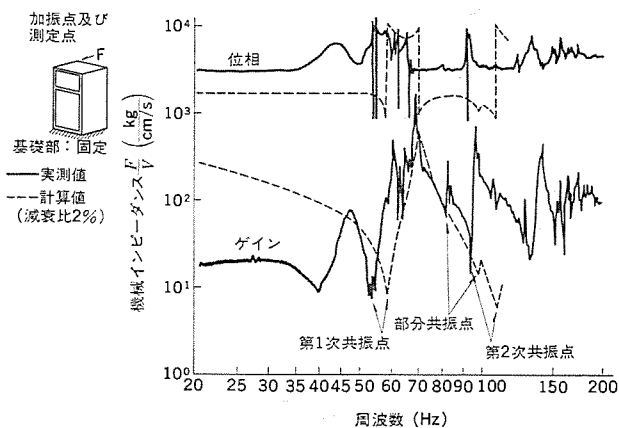


図 8. 定常応答 前後方向加振

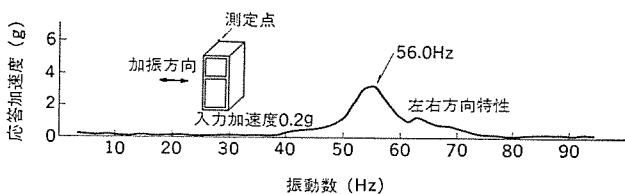


図 9. 標準形キュービクルの振動特性

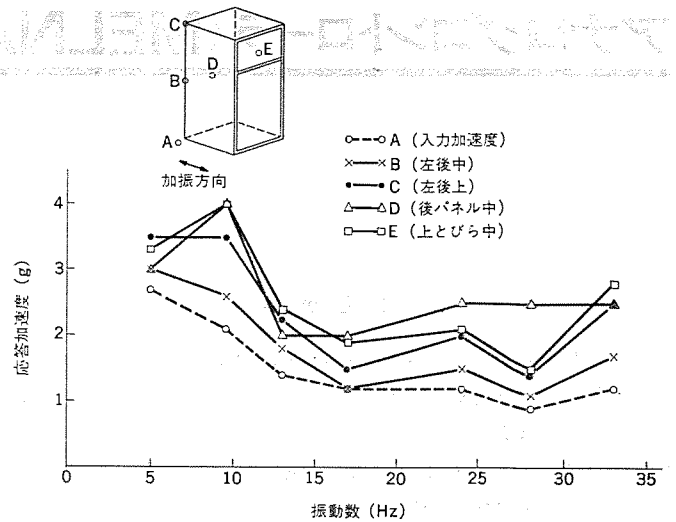


図 10. 正弦ビート波耐震強度試験

動作限界を下回ることを確認している。

5. む す び

以上述べたように原子力発電所向け電気計装品の耐震設計に関し解析シミュレーションにより改良法を決定し、加振試験によりその有効性を実証できた。

また、特殊な構造については部材レベルの試験によって実証されたデータをベースに、解析シミュレーションを行うことにより盤の振動解析精度も向上させることができた。盤振動解析シミュレーション精度の向上は、器具単体の耐震性能試験と組合せることにより機能維持も含めた盤の耐震性検証を可能とするものである。このことは、解析シミュレーションによる設計が、制御盤の耐震性改良とともに耐震性検証に対しても有効であることを示している。

参 考 文 献

- (1) 日本電気協会：原子力発電所耐震設計技術指針，JEAG 4601-1970 (昭 45)
- (2) 日本電気協会ほか：原子力発電所耐震設計の考え方 (昭50-4)
- (3) 八島：三菱電機技報，48，No. 3，P. 351 (昭 49)
- (4) 武藤，川面，池田：日本鋼構造協会 第 7 回 マトリックス 構造解析法論文集 (昭 50-6)
- (5) 三菱電機，三菱総合研究所：VIBRAS Vr. 1 (昭 50-9)
- (6) C. W. McCormic：MSC/NASTRAN User's Manual. The MacNeal-Schwendler Corporation (1976-5)
- (7) 日本電気協会：原子力発電所用計測制御装置の耐震性に関する試験研究 (昭 51-2)
- (8) K. J. Bathe：SESM Rep., 71-20, Civ. Engng Dept., Univ. of Calif., Berkeley USA. (1971)
- (9) K. Taketo, K. Kawamo：Theory and Practice in Finite Element Structural Analysis, Proc. 1973 Tokyo Seminar on Finite Elem. Anal. Univ. Tokyo Press (1973)

1. ま え が き

最近の発電プラントは、大容量化複雑化し、多数のプロセス系統から構成される高度な大規模複合システムとなってきた。したがって、プラントの安全運転高信頼性運転を行っていく上で、種々のプロセスの状態を的確には(把)握し、それに伴い正しく運転制御を行うとともに、プロセスの管理をする必要がある。

特に原子力発電プラントは、電力エネルギーの重要な供給源としてますますその比重が増しており、電力供給面からみても高信頼性を必要とされている。更に安全面から、高耐震性、信号の分離性等、原子力特有の要求事項も重要度を増してきている。

《MELNAC》(Mitsubishi Electric Nuclear Analog Controller)は、プラントアプリケーションとして、最も厳しい原子力発電プラントのプロセス制御システム用として開発されたものである。ここに、《MELNAC》の主な特長、システムの概要、各コントローラカード(略してカード)の概要等について述べる。

2. 主 な 特 長

2.1 高信頼性

《MELNAC》は、次のようなシステム、及びハードウェアの設計により高信頼性を実現している。

(1) 電源系統の2重化

カードに必要なDC電源は、カード内で主電源と補助電源の2系統が冗長化されていて、どちらか一方の系の単一故障では機能を喪失しない。

(2) 各カード内電源回路の具備

カード内で必要な電源電圧は、DC/DCコンバータにより作り、電源コモンと信号コモンを分離しているため、カード間の信号コモンに電源の回路電流が流れることによるノイズの問題はない。

(3) 差動2線入力方式

各カードの入力回路には、差動2線入力のバッファアンプを設け、コモンモードノイズに対し強い回路となっている。

2.2 高耐震性

《MELNAC》は次の2点を重視し高耐震性を実現している。

(1) ラックの全溶接一体化構造

主要フレームポストは、溶接で堅固に組立てられ、5~35 Hzの正弦ビート波、加速度2gに対し十分な性能を有している。

(2) カード化によるコントローラの軽量化

カード化により軽量化を図り、10~50 Hzの正弦波、加速度最大10gに対し十分な性能を有している。

2.3 高精度

多くのカードは、 $\pm 0.1\%$ の高精度であり、プロセス状態の的確な把握ができ運転制御に多くのメリットを与えている。

2.4 フロアスペースの減少

高密度実装のプリントカードを使用することにより、従来に比して大幅にフロアスペースを減少できる。

2.5 配線工期、現地調整試験期間の短縮

(1) プレハブケーブル化

外部接続はフィールドとの接続以外はすべてプレハブケーブルによるコネクタ接続を行なっている。これにより配線工期の短縮が実現でき、さらに誤配線を防止できる。

(2) カードの前面調整

カードの調整(ゲイン、時定数、バイアス、セットポイント等)はカードの前面で可能である。

(3) 信号のモニタリング

カードの前面のテストジャック入出力信号をモニタできる。

(4) 設定値の自動チェック

コンパレータ設定値のチェックをマイクロプロセッサ使用の自動チェック回路で行うことにより、設定値を容易にチェックでき、設定値管理も容易となる。

3. システムの概要

3.1 構成

代表的構成例を図1に示す。測温抵抗体の場合は、ループ電源の代わりにRTDアンプが用いられる。ラック内には、各種コントローラ及びDC電源が収納される。

図2は3 bayラックを示しているが、このほかに2 bayラックも用意されている。

3.2 信号系統

《MELNAC》により原子力プラントのコントロールでは、デジタルとアナログの基本的な2種類の電気信号が使われている。

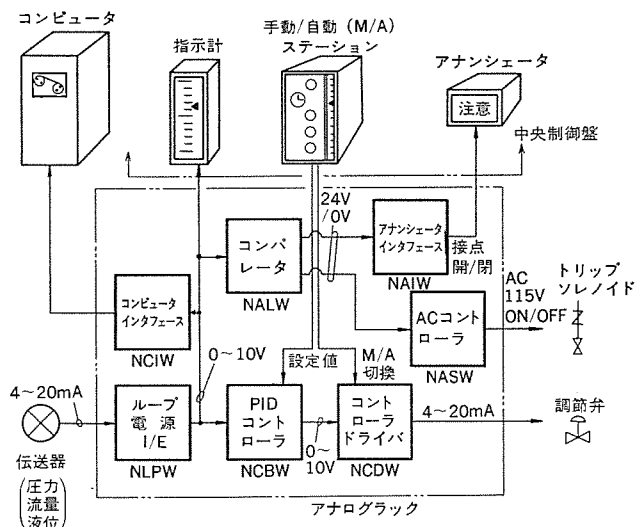


図1. 代表的システム構成例

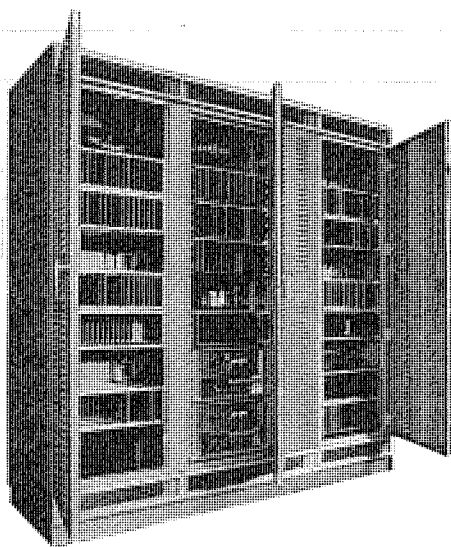


図 2. ラ ッ ク

3. 2. 1 デジタル信号

これはスイッチの ON 又は OFF で代表される。

(1) DIM 信号 (DIM : Director Inter Module)

コントロールシステム内で使用するデジタル信号をいう。

(a) DIM 出力： トランジスタスイッチ（オープンコレクタ）で構成する。

ロジック (0)

最大シンク電流 250 mA

最大出力電圧 +0.7 V DC

ロジック (1)

最大ブロック電圧 +30 V DC

最大漏れ電流 0.1 mA at 30 V DC

(b) DIM 入力： リレー 又は トランジスタスイッチに接続されており、入力を電源 コモンに接地 (0) 又は、開放電圧 +30 V に切換えることができる。通常の信号は、電源 コモンに接地 (0) 又は開放 (1) のいずれかである。

最大入力電圧 -0.5 V DC ~ +30 V DC

最大開放電圧 +30 V DC

ロジック (0) 保証入力電圧 +2 V DC

ロジック (0) 最大入力電流 -15 mA

ロジック (1) 保証入力電圧 +10 V DC

ロジック (1) 最大入力電流 0.1 mA at 30 V DC

(c) ダブルエンド DIM 信号： 高速データ伝送を行う場合に用いる。電源 コモン線と 2 本の信号線で構成され 2 信号は互いにコンプリメンタリとなっている。

(2) DIF 信号 (DIF : Director Inter Field)

コントロールシステムを外部装置の間で使用するデジタル信号をいう。DIM 信号との違いは、高い電力スイッチング容量、耐ノイズ性を持ち、かつコントロールシステムを保護するために電圧のアイソレーションを行っていることである。

(a) DIF 入力： フィールドの押しボタンスイッチ、リミットスイッチ、その他同様な接点から送られてくる。接点状態を検出するための電圧は、コントロールシステム側から供給する。

(b) DIF 出力： コントロールシステムからプラントへの接点出力で、ランプ、アナンシェータ、アラーム、トリップ、電動バルブ等を実行する。

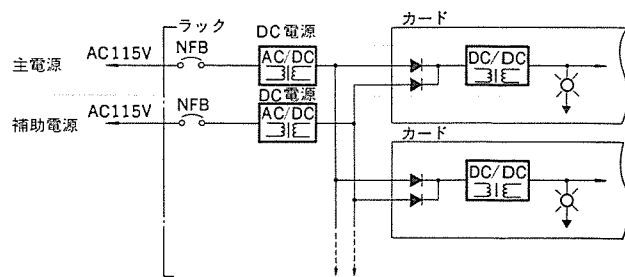


図 3. 電 源 シ ス テ ム

3. 2. 2 アナログ信号

伝送器からは、スパンの 0% ~ 100% に対応して 4 ~ 20 mA のアナログ信号が伝送され、この情報は、圧力・流量・液位等工学的変量を表している。

コントロールシステムからのアナログ出力は、連続的な動作をするポジションをコントロールするのに使用している。

(1) RIM 信号 (RIM : Regulator Inter Module)

コントロールシステム内で使用するアナログ信号をいう。

(a) 差動 RIM 入力： (+) 及び (-) の 2 本線で構成する。

最小入力インピーダンス 20 kΩ

最大入力信号 ±10 V DC

最大コモンモード電圧 ±10 V DC

(b) シングルエンド RIM 入力： 1 本の信号線と信号コモンで構成する。

最小入力インピーダンス 20 kΩ

最大入力信号 ±10 V DC

(c) RIM 出力： 1 本の信号線と信号コモン電位の基準線で構成する。

出力レンジ 0 ~ +10 V

又は -10 V ~ +10 V

最大出力電流 20 mA

(2) RIF 信号 (RIF : Regulator Inter Field)

プロセスセンサとコントロールシステム間、又はコントロールシステムと操作端の間で使用する。

3. 3 電源システム

カードへの電源系統は、主電源と補助電源の完全な冗長性となっている。+26 V 主電源と +24 V 補助電源が、各カード上で競売されていて、AC 電源ライン、DC 電源、又は DC 配線の単一故障では機能喪失しないようになっている。(図 3.)

4. 各カードの概要

カードは、23 種類に統一されている。(表 1.) 各種カードは、いくつかのグループを有しており、グループ間の融通性を持っている。代表的な《MELNAC》カードについて紹介する。(図 4., 図 5.)

4. 1 PID コントローラ及びコントローラドライバ

《MELNAC》のコントローラは、PID コントローラカード及びコントローラドライバカードから構成される。(図 6.)

PID コントローラは、3 モード (P, I, D) の組合せで使用することができる。出力は、トラックモードが選択されると、ある定められた時定数で外部信号にトラックされる。+10 V 基準電圧は、M/A ステーションの設定用ポテンショメータに印加され、分圧設定されてコントローラ

表 1. アナログコントローラカードの概略仕様

No.	カード略称	名 称	機 能	仕 様
1	NAIW	アナンシェータインターフェースカード	NALW カードとアナンシェータとのインタフェース	リレー接点出力 (1a, 1b) : 6 回路
2	NALW	信号比較カード	1. シングル 2. デュアル 3. ダブル	精度 : $\pm 0.35\%$
3	NASW	AC コントローラカード	NALW カードと AC 制御リレーとのインタフェース	無接点スイッチ : 6 回路
4	NCBW	PID コントローラカード	比例 + 積分 + 微分 コントローラ	積分時定数 7.5~2,000 秒 : 微分時定数 1~180 秒
5	NCDW	コントローラドライバカード	NCBW, M/A ステーションと共用	精度 : $\pm 0.25\%$ (電流出力)
6	NCHW	関数発生カード	折線近似	精度 : $\pm 0.25\%$, 折線数 : 6 本又は 8 本
7	NCIW	コンピュータ入力カード	コンピュータ入力用インタフェース	回路数 : 9
8	NCTW	チャンネルテストカード	入出力切替, テストジャック, テストポイント, 警報表示	接点容量 : 10 VA
9	NLLW	リード・ラグカード	リード/ラグ・微分・ラグ・ゲイン	時定数 : 1~2,000 秒, DC ゲイン精度 $\pm 0.1\%$
10	NLPW	ループ電源/アイソレータカード	トランスミッタ用電源, 電流/電圧変換, アイソレータ	電流 : 4~20 mA, 精度 : $\pm 0.1\%$
11	NMAW	ミクシング・アンプカード	加減, 信号選択, 遅れ, 積分, 微分	精度 : $\pm 0.25\%$, 時定数 : 1~100 秒
12	NMDW	乗除演算カード	乗算, 除算, 開平演算	精度 : $\pm 0.1\%$ 又は $\pm 0.2\%$
13	NPCW	ポテンショメータカード	ゲイン調整	回路数 : 4
14	NQPW	4 ループ電源カード	制御ループ電源	回路数 : 4, 電圧 : 26 V DC
15	NRAW	抵抗-電圧変換カード	測温抵抗体アンプ	精度 : $\pm 0.1\%$
16	NRCW	リレーカード	信号切換	回路数 : 4
17	NRSW	制御棒速度カード	制御棒スピードコントロールとのインタフェース	接点容量 : 100 VA
18	NSAW	加減演算カード	4 入力 の加減, 信号選択, 可変リミッタ付	精度 : $\pm 0.1\%$
19	NSCW	信号変換カード	信号変換 (入力 1~5 V, 4~20 mA, 10~50 mA) 出力 0~10 V, 4~20 mA, 1~5 V	精度 : $\pm 0.1\%$
20	NSMW	サービスカード	NCBW, NCDW カードのメンテナンス用	出力 : 4~20 mA
21	NTCW	温度チャンネルテストカード	測温抵抗体入力チャンネル切換用	接点容量 : 100 VA
22	NTPW	テストポイントカード	監視用テスト端子	テスト端子回路数 : 9
23	NVPW	電圧-パルス変換カード	電圧-パルス変換	出力信号スパン : 0.391~400 パルス/分, 精度 : $\pm 0.1\%$

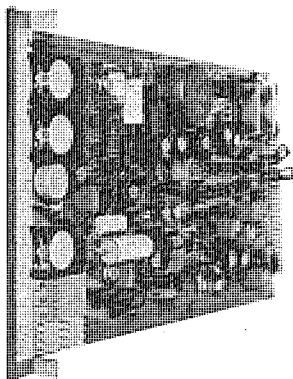


図 4. PIO コントローラ

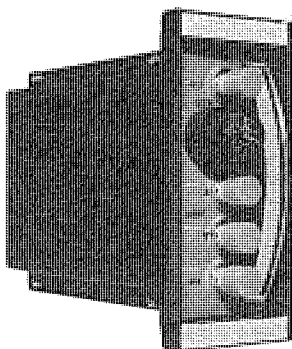
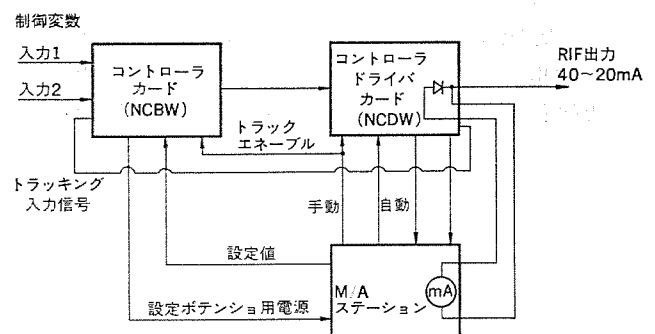


図 5. M/A ステーション

図 6. コントローラカード, ドライバカード
M/A ステーション 接続例

カードに入力される。(図 7.)

コントローラドライバは、コントローラカードの RIM 出力 (0~10 V) を受けて、制御信号としての RIF 信号 (4~20 mA) を出力する。電源投入時、マスタクリヤ動作により手動モードが選択され、カウンタはリセットされる。手動モードでは M/A ステーションの“Raise”及び“Lower”押しボタンの DIM 信号を受けて出力を増減できる。自動モードでは、(+)入力の場合は、UP/DOWN カウンタをカウントアップさせ、(-)入力の場合はカウントダウンさせる。カウントレイトは入力信号の大きさを比例する。UP/DOWN カウンタのデジタル量は、D/A コンバータにより RIF 及び RIM 信号に変換される。コントローラカード、M/A ステーションと組合せて用いる場合は、通常、RIM 出力はプロポーショナルフィードバック端子と接続され、RIM 入力と付き合わされ、そのエラー

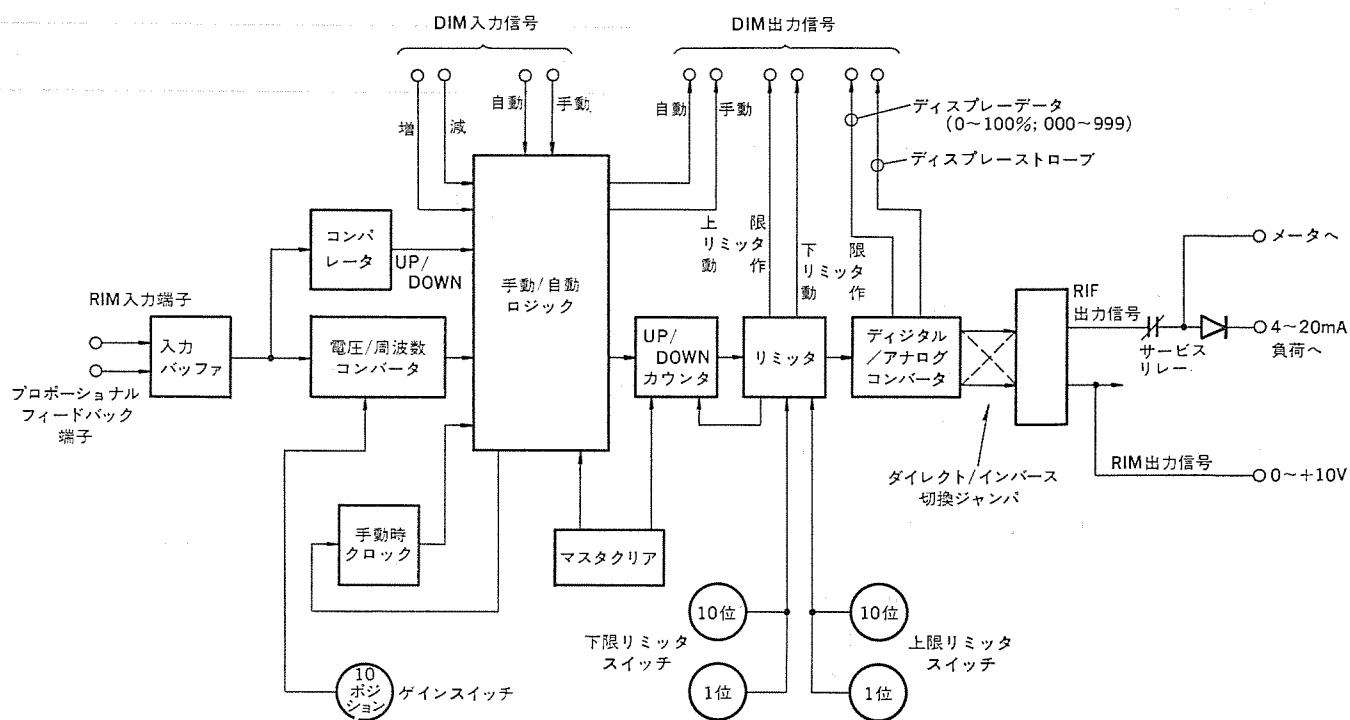
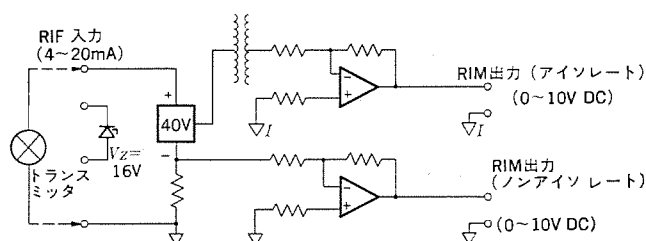


図 7. ドライバカード (NCDW) ブロック図



グループ1には絶縁出力回路はない。ゼナーダイオードはループ電源を24Vで用いる場合使用する。

図 8. ループ電源/アイソレータブロック図

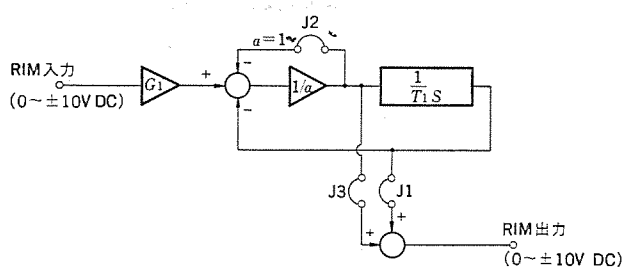


図 9. リード・ラグカードブロック図
J1, J2, J3は選択ジャンパ

表 2. リード・ラグカードモード設定
○印ジャンパあり ×印ジャンパなし

モード	J1	J2	J3	伝達関数
リード・ラグ	○	×	○	$G_1 \left(\frac{1+T_1 S}{1+a T_1 S} \right)$
ラグ	○	×	×	$G_1 \left(\frac{1}{1+a T_1 S} \right)$
微分	×	×	○	$G_1 \left(\frac{T_1 S}{1+a T_1 S} \right)$
ゲイン	○	○	○	G_1

電圧でカウントアップ、ダウンされるので、カウンタのデータは常に RIM 入力と対応している。手動モードに切替える場合、カウンタのデータはホールドされ、ドライバの出力は自動モードの最終出力に保持される。次に“Raise”, “Lower” 押しボタン操作により、その最終出力から徐々に増減できることにより パンプレス 切換えを行っている。

4.2 ループ電源及びアイソレータ

ループ電源及びアイソレータは1種類の NLPW カードで行っている。このカードのグループ1が、ループ電源、非絶縁出力、グループ2が、これに絶縁出力で付加され、グループ3は、電圧/電圧のアイソレータとなっている。(図 8.)

40 V DC は 40 V AC から作っており、絶縁出力の場合は、4 ~ 20 mA AC をトランスを介して伝送し更に整流し、0 ~ 10 V DC を得ている。電圧/電圧アイソレータの場合は、入力電圧 (0 ~ 10 V DC) を交流電流 (4 ~ 20 mA AC) に変換し、トランスで伝送し、更に整流して 0 ~ 10 V DC を得ている。

4.3 リード・ラグカード

リード・ラグカードは、主としてゲイン $1/a$ の DC アンプと伝達関数 $1/T_1 S$ の積分器から構成される。積分器の出力はゲイン $1/a$ で入力に帰還されており、リードあるいは微分機能をもっている。

積分器は、デジタル回路を採用しており長期安定性に優れ、しかも時定数の設定を容易に行うことができる。(図 9., 表 2.)

5. 性能確認

以上、《MELNAC》の特長、システム概要、及び各カードの仕様について述べたが、ここでは性能確認試験の主要な例を述べる。

5.1 カードレベル

(1) 精度： 入力信号を 0～100～0 % と変化させ、これに対応する出力信号を測定する。主なカードの精度は $\pm 0.1\%$ 以下であった。

(2) 周波数特性： 出力信号の DC レベルを 50% に保ち、0.1～250 Hz の正弦波入力を与え、減衰及び位相偏差を測定する。一般的に 12 Hz で 6 dB 以上の減衰量であった。

(3) ドリフト： 動作条件を一定にして、短時間 (24 時間)、長期間 (30 日間) の入出力信号を記録し、出力変動を見る。

短時間ドリフト $\pm 0.05\%$ 以下

長時間ドリフト $\pm 0.1\%$ 以下

(4) 温度特性： 周囲温度を規定範囲内で変化させ、各温度 (0, 20, 40, 60°C) において、精度試験を行う。温度係数は、 $0.009\%/^{\circ}\text{C}$ 以下であった。

(5) 耐湿性： 相対湿度 90～95%，温度 50°C で 100 時間の連続通電を行う。試験前、中、後で、精度が保証されることを確認した。

(6) 耐震性： カードフレームに収納し、周波数 10～50 Hz 正弦波、加速度 10 g で加振し、正常に動作することを確認した。

(7) アイソレーション： アイソレートされた出力端子に、下記の電氣的サージを印加し、入力信号の変化が許容差内であることを確認した。

出力短絡及び開放

$\pm 48\text{ V DC}$

$\pm 130\text{ V DC}$

$\pm 270\text{ V DC}$

130 V AC

480 V AC

各電圧印加は、ノーマルモード及びコモンモードで行った。

5.2 システムレベル

試験は、原子力 1 次系の重要な冷却機平均温度/差温度保護系チャンネルを構成して実施した。

(1) システム精度： システムの入力信号を上昇、下降させてこれに対応する各カードの入出力信号を測定する。その精度は、システム全体にわたって、 $\pm 0.5\%$ ($\pm 50\text{ mV}$) 以内であった。

(2) 温度特性： ラック全体を恒温そう (槽) に入れ、周囲温度を規定範囲内で変化させ精度試験を実施する。許容差内であることを確認した。

(3) 耐震性： 固有振動数及びその前後各 1 点以上で、正弦ビート波、最大加速度 2 g で加振する。ラックに機械的損傷がないこと、

表 3. 耐ノイズ試験結果例

耐ノイズ試験	コンパレータ動作点の最大偏差 (V)	規格
スパイク誘導 入出力ケーブル：2 ターン/m 100 V (p-p), 1 μs , 100 Hz	+0.005 -0.017	$\pm 0.05\text{ V}$
スパイク伝導 電源ライン 100 V (p-p), 1 μs , 60 Hz	+0.001 -0.018	
スタティックノイズ 580 V AC ON/OFF	+0.010 -0.001	
磁気ノイズ 118 V AC 100 Ω 負荷 ON/OFF	+0.002 -0.011	
クロストークノイズ 制御リレー 118 V AC/DC ON/OFF	+0.007 -0.001	
MIL-N-19900 B 3 H, 500 Ω 負荷 (115V DC) 10mH, 2 Ω 負荷 (115V AC) } ON/OFF	+0.013 -0.011	
5 kV アンテナ 5 kV インパルス	+0.007 -0.007	
リングノイズ 3.6 kV (p-p)	+0.002 -0.034	

及び出力信号変動が精度内であることを確認した。

(4) アイソレーション： アイソレーションカード、及びインタフェース用カードに、電氣的サージを印加し絶縁性能を確認した。電氣的サージは、最大 580 V AC, 250 V DC である。

(5) 耐ノイズ試験： 信号ラインへのスパイク誘導、電源ラインへのスパイク伝導、及び非保護系 (アイソレーション出力及びインタフェースカード出力) 側に種々の外乱を与え、保護系 (アイソレーションの上流) 側に影響がないことを確認した。

6. む す び

この論文は、当社が新しく開発したアナログコントローラに関し、主としてシステム構成、ハードウェアの基本仕様及び性能確認について紹介したものである。既に、原子力プラントの一部のループに納入し優れた実績を示しつつある。このシステムは原子力プラントにとどまることなく、火力プラント、その他の計装にも適用していく考えである。

最近のタービン発電機の保護計測システム

羽倉義征*・渡部隆行*・相良辰雄*・田中正昭*・松本忠士*

1. ま え が き

火力発電プラントは、ユニット容量の増大とともに信頼性向上、省力化・自動化への取組みが活発化し、一部では既に相当の実績を上げている。

近年の火力発電プラントの傾向として、ユニットの起動・停止操作の合理化、省力化をねらった自動化がさかんに行われてきたが、最近では事業用発電プラントといえども、いわゆるミドル火力化による起動・停止のひん度の増大、負荷の多様化が進み、運用操作上の保護、監視の強化、保守の合理化が指向されるようになってきた。

本稿では、最近のタービン発電機の保護の概要を述べるとともに保護継電器の近年の動向である静止化の1例として、発電機保護用比率差動継電器と、発電機及び変圧器の過励磁保護用電圧継電器について紹介する。更に、運転の安全性と保守性の向上をねらい、事故の予防監視を目的として当社で開発した、ブラシス励磁発電機の界磁監視・計測装置について紹介する。

2. 最近の発電機保護

ユニット容量の増大化、運用条件の過酷さと相まって、発電機保護も信頼性向上、あるいは保護の確実さに対する要求が厳しいものとな

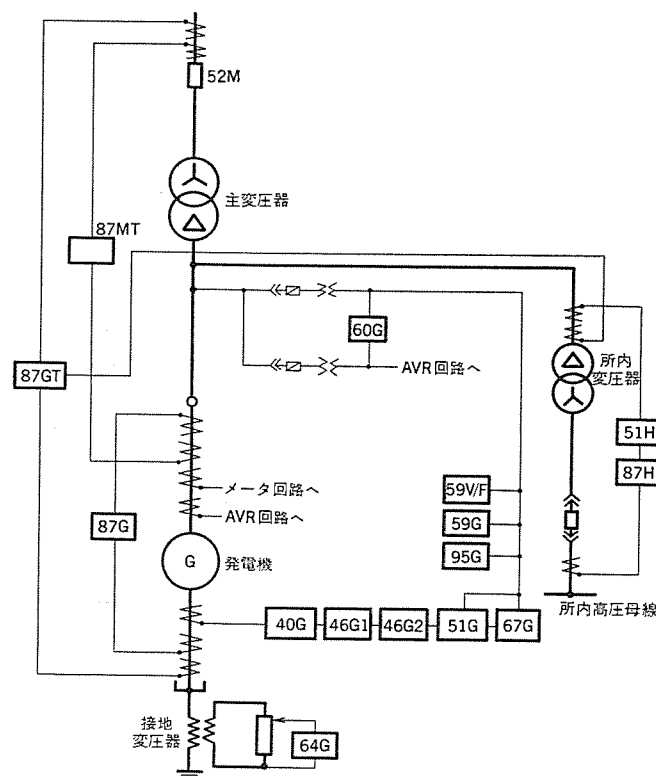


図 1. 電気保護単線接続図

表 1. 発電機保護用継電器一覧

名 称	番 号	形 名	備 考
発電機主変給比率差動	87 GT	HUB-2-D	
主 変 比 率 差 動	87 MT	同 上	
発 電 機 比 率 差 動	87 G	TAG-2-D 又は HAG-2-D	
V/F 特 性 過 電 圧	59 V/F	TVF-1-D	
地 絡 過 電 圧	64 G	CV-8-D	反限時、高調波抑制
逆相過電流 (トリップ)	46 G 1	COQ-D	
" (警 報)	46 G 2	TOQ-2-D	
短 絡 後 備 保 護	51 G	COV-5-D	反限時、電圧抑制付
界 磁 喪 失	40 G	HLF-D	
PT 電 圧 平 衡	60 G	TVM-1-D	
過 電 圧	59 G	CV-5-D	反限時
所内変圧器比率差動	87 H	HUB-2-D	
" 後備保護	51 H	CO-18-D	反限時
低 周 波 数 保 護	95 G	TF-1 B-D	瞬時
電 動 機 化 逆 電 力	67 G	CW-12 B-D	定限時

っている。図 1. は、最近の発電機保護を示す電気単線接続図、表 1. は当社における適用継電器一覧表である。

2. 1 最近の発電機保護方式の傾向

事故発生時の被害を最小限にとどめるために、確実な保護あるいは高速保護をねらった最近の特徴的な動向について述べる。

発電機短絡保護には、主保護として比率差動継電器 87 G、後備保護として電圧抑制付過電流継電器 51 G が適用される。総合比率差動継電器 87 GT は、本来主変圧器保護用であったが、同時に発電機の後備保護も兼ねる。最近単機容量の増大に伴い、主変圧器に対しても保護信頼性の向上をねらって、2重保護が実施される傾向にあり、例えば、総合比率差動継電器 87 GT とは別に、主変圧器専用の比率差動継電器 87 MT を設けることがある。これにより、発電機、主変圧器に対しても内部故障に対する保護の2重化が行われることとなる。

発電機主回路内の地絡故障に対しては、高調波抑制動作付きの過電圧継電器が適用され、第3調波不平衡電圧による誤動作を避ける特性となっている。

発電機の過電圧運転に対しては、過電圧継電器が設置され、自動電圧調整装置 (AVR) の異常等による過電圧運転からユニットを保護する。他方、ユニットが系統から解列された状態において、周波数と電圧との不平衡に起因して発生する、発電機あるいは変圧器鉄心の過励磁を防止する目的で、電圧対周波数 (V/F) 特性をもつ電圧継電器が適用される。最近の AVR の性能・信頼性の向上、あるいは系統容量の増大に伴い、ユニットが系統に並入中は過電圧運転に至る可能性が少ないこと、あるいは過電圧保護の目的が本来発電機あるいは変圧器を過励磁から保護することにあるとの判断より、V/F 特性の過電圧継電器を設置することによって、従来の過電圧継電器は削除する傾向にある。

以上、最近のタービン発電機保護の内、特徴的動向について述べたが、近年の全体的傾向として保護継電器の静止化があげられる。保護継電器を従来の電磁形から静止形に変える目的は、

- (1) 動作性能の安定化
- (2) 動作の高速化
- (3) 耐振性向上による誤動作防止
- (4) 監視、テスト機能の充実化

にあり、今後とも静止化による保護装置全体の性能向上、信頼性向上が期待されている。以下に当社の静止形継電器の中から特に TAG-2-D 形発電機保護用比率差動継電器と、TVF-1-D 形過励磁保護用電圧継電器について説明し、静止形継電器の特長について述べる。

2.2 TAG-2-D 形発電機保護用比率差動継電器

TAG-2-D 形継電器は、従来の電磁形比率差動継電器 HAG-2-D 形の持つ特長はそのままに、更に保守性、耐振性の向上が図られている。図 2. はこの継電器の 1 相分の動作原理図、図 3. は制御回路接続を示す。以下にこの継電器の特長について述べる。

(1) 高調波抑制特性

よく知られているとおり電流差動方式の場合、外部故障時に大電流が流れることにより、検出 CT 自体の相互間の特性差や 2 次負担のアンバランスにより継電器に不平衡電流が流れ誤動作に至る可能性があるため、CT 相互間の特性の統一あるいは 2 次負担のバランスに十分注意を払う必要があるが、更に高速度保護を行う場合には、故障電流中の過渡的な直流分や高調波分に対し十分注意を払う必要がある。この継電器は、このような外部故障や異同期並入等に伴って発

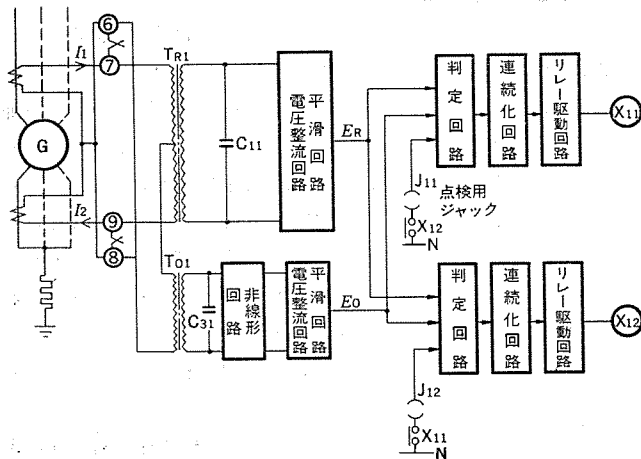


図 2. TAG-2-D 形継電器動作原理回路図

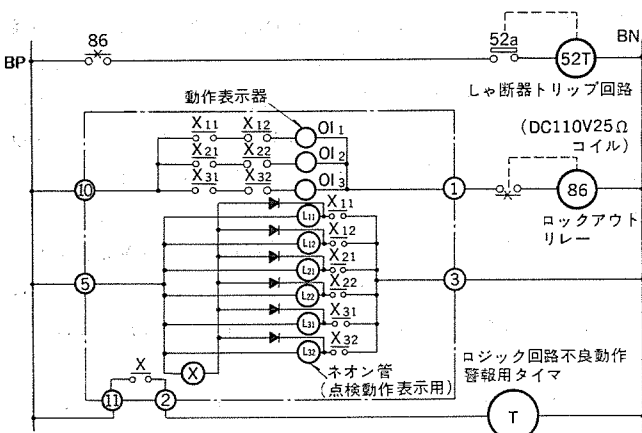


図 3. TAG-2-D 形継電器制御回路接続図

生する直流分や高調波分の誤差差動電流に対しても応動しにくい特性を有し、誤動作に対する信頼性も高い。

(2) 2 重化による信頼性向上

動作判定回路から出力リレー回路までのロジック回路は、各相ごとに完全に 2 重化されており、1 系列だけの誤動作によってはミストリップを起こさないシーケンスとなっている。すなわち各相のロジック回路の 2 系列が同時に動作した場合のみ外部にトリップ信号が出力される。

(3) 2 ロジック回路部誤動作監視

常時使用状態において、各相ロジック部のどちらかの系列が不良動作した場合、リレー X により外部に警報信号が出され、継電器のロジック回路の不良動作を連続監視することが可能である。

(4) 常時使用状態での点検が可能

図 2. に示す点検用ジャックに専用プラグをそう(挿)入することにより各相ロジック回路を 1 系列ずつ点検でき、点検時の動作チェックは継電器前面の表示ランプ L11~L32 により確認できる。万一、2 系列中の 1 系列が何らかの原因で動作している場合には、手動点検によるミストリップを避けるため、他系列の点検はできないシーケンスになっている。点検時にあっても実際に事故が発生した場合には、トリップ信号は優先して出力される。これにより継電器の使用状態で、外部回路でトリップロックを行うことなく、かつミストリップの心配もなく手動点検が可能となっている。

2.3 TVF-1-D 形過励磁保護用電圧継電器

TVF-1-D 形 V/F 特性過励磁保護用電圧継電器は、発電機や変圧器の過励磁状態を検出・保護する目的で開発された静止形電圧継電器である。

発電機あるいは変圧器の励磁状態は電圧 V と周波数 F の比 V/F に比例するため、V/F 値を判定することにより過励磁状態を検出し、漏れ磁束による発電機あるいは変圧器内部の異常過熱を保護しようとするものである。

図 4. はこの継電器の動作原理図、図 5. は制御回路接続図、図 6. は保護されるべき機器の V/F 耐量曲線例とこの継電器の整定例を示す。以下にこの継電器の特長について述べる。

(1) 最適な保護整定

この継電器は発電機及び変圧器の V/F 過励磁耐量特性に十分適合

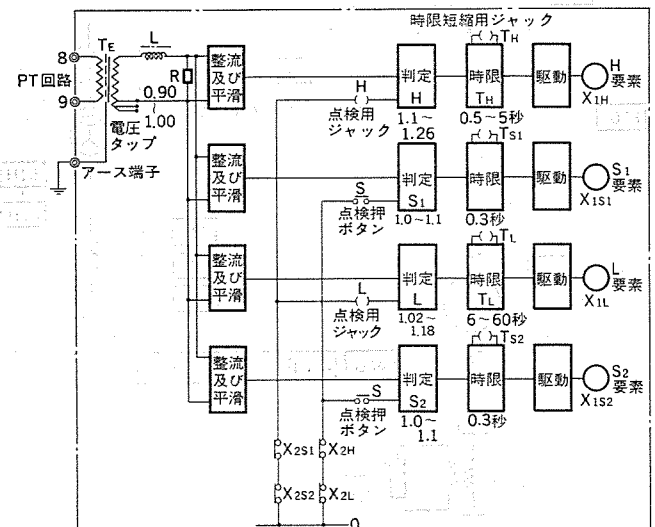


図 4. TVF-1-D 形継電器動作原理図

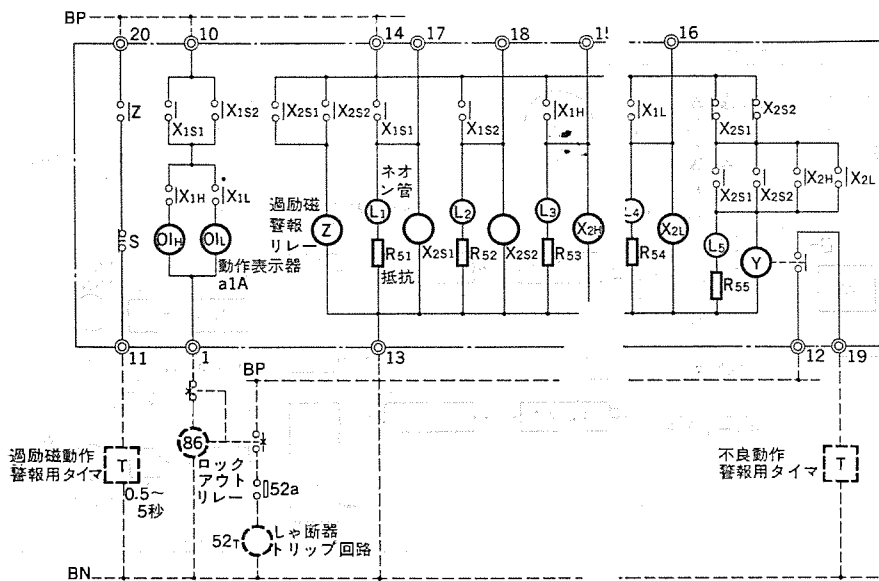


図 5. TVF-1-D 形継電器制御回路接続図

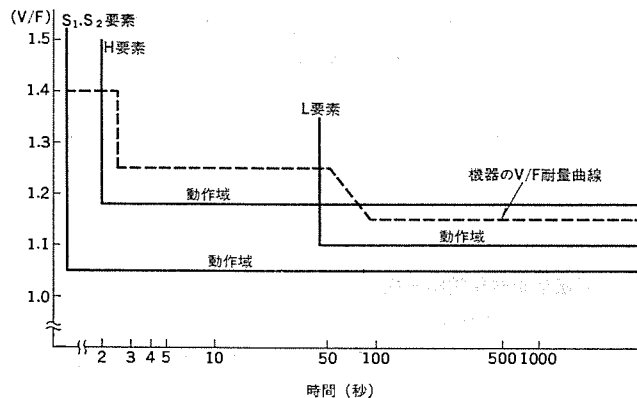


図 6. TVF-1-D 形継電器 V/F 耐量曲線例とリレー 整定例

した保護特性が得られる仕様となっており、トリップ要素としてH要素とL要素の2段整定によりこれを達成しているため整定の自由度が極めて高い仕様となっている。図7. に、この継電器の整定例を示している。

(2) 独立した各要素回路の採用

整流及び平滑回路以降出力リレーまでの回路は、おのおの独立した回路より構成されており、各要素ごとに独立した信頼性を有している。

(3) ストップ要素による誤動作防止

この継電器の外部へのトリップ信号は、単にトリップ要素だけの動作では出力されない。トリップ要素の誤動作防止の目的でストップ要素が設けられており、ストップ要素とトリップ要素が同時に動作した場合のみ外部へのトリップ信号が出力される。ストップ要素はその目的より考えて、誤不動作は絶対に避けなければならないが、このためストップ要素は完全2重化がはかられ、どちらか1系列が動作すればトリップ回路は形成されるようになっている。

(4) 常時使用状態での手動点検が可能
図4. に示すとおり、トリップ要素(H要素、L要素)は、点検用ジャックに専用プラグを挿入し、表示ランプL₃あるいはL₄が点灯することにより動作確認できる。ストップ要素(S₁要素、S₂要素)は、継電器前面に設置されている押しボタン“S”を押し、表示ランプL₁とL₂が点灯することにより動作確認できる。ストップ要素とトリップ要素とは互いにインタロックをとり、どちらかの要素が不良動作時には、手動点検によるミストリップを避けるために他の要素の手動点検はできないシーケンスとなっている。またTAG-2-D 形継電器と同様、手動点検中に発生した事故トリップ信号は、優先して出力される。

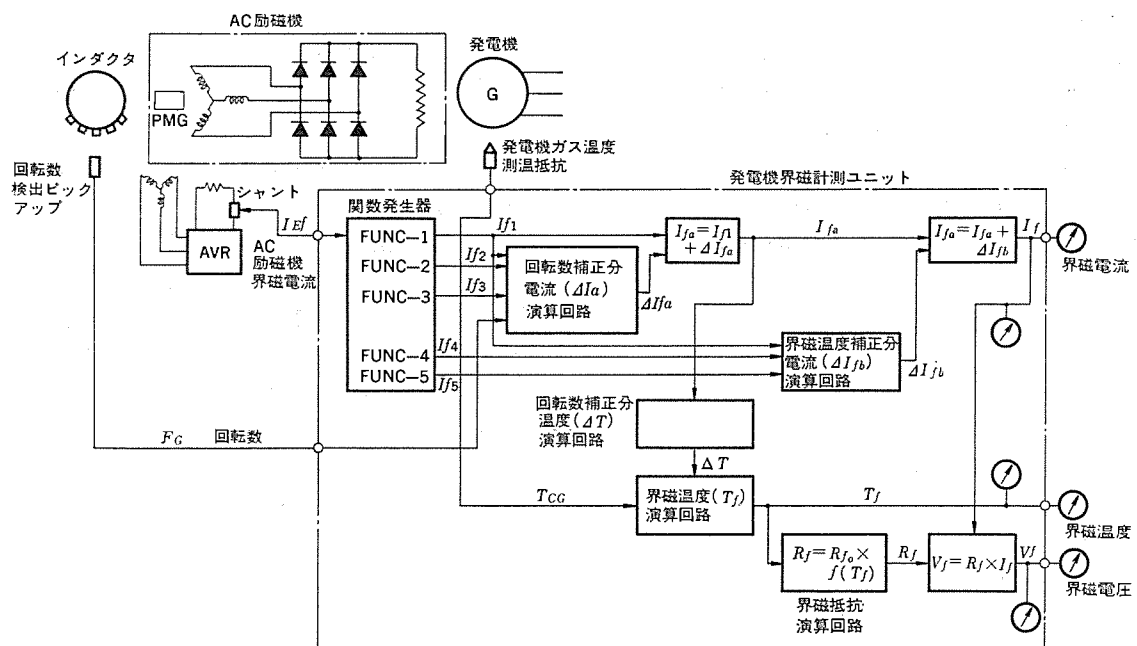


図 7. 発電機界磁計測装置機能ブロック図

3. 発電機の監視・計測

当社は、タービン発電機の励磁方式として種々の観点よりブラシレス励磁方式を推奨し、かつ採用してきており、これまでに多数の製作実績、運転実績をあげてきた。ブラシレス励磁方式は、システムが簡潔であること、しゅう(摺)動部を持たないことなどから、信頼性、保守性の面で十分実績をあげ、評価されてきたが、近年のユニット容量の増大化に伴う信頼性への厳しい要求、あるいは省力化動向

に対処するため、新しくブラシレス励磁方式発電機の界磁状態の監視システムを開発し、既に数ユニットを受注し、内2ユニットを出荷したので以下にその概要について報告する。

3.1 ブラシレス励磁発電機界磁監視システムの構成

この装置は次の構成よりなっている。

(1) 発電機界磁計測装置

(2) 回転整流器異常検出装置

3.2 ブラシレス励磁発電機界磁計測装置

図7.にこの装置の機能ブロック図を示す。

この装置は、AC励磁機の界磁電流 I_{EF} 、発電機回転速度 F_G 、発電機冷却ガス温度 T_{CG} を実測し、アナログ演算により、発電機界磁電流 I_f 、界磁電圧 V_f 、界磁温度 T_f を等価的に求め、外部に指示又は記録用の電気アナログ信号を出力することにより従来検出の困難さから実施されなかったブラシレス励磁発電機の界磁量の連続的な監視を可能としている。

この装置は構造的には、ユニット化され取扱いが容易であり、計測ユニット前面にも各指示計が取付けられているので I_f 、 T_f 、 V_f の計測値を計測ユニット前面で監視することができる。更に、検出装置としては、AC励磁機の界磁電流検出用シャント、発電機冷却ガス温度検出用測温素子、回転数検出用ピックアップを取付けることにより、容易に実現できることから、既設ユニットへの適用も比較的簡単である。

次に各計測量の計測概要を述べる。

(1) 界磁電流 I_f

回転数補正分電流演算回路により、定格回転数、基準界磁温度での界磁電流 I_{f1} をベースにした、回転数変化分による界磁電流変化分 ΔI_{fa} が計算され、更に、界磁温度補正分電流演算回路で、定格回転数、基準界磁温度をベースとした界磁温度変化分による界磁電流変化分 ΔI_{fb} が計算される。こうして最終的な界磁電流は

$$I_f = I_{f1} + \Delta I_{fa} + \Delta I_{fb}$$

となる。

(2) 界磁温度 T_f

前記の回転数補正分界磁電流 $I_{f1} + \Delta I_{fa}$ より基準界磁温度をベース

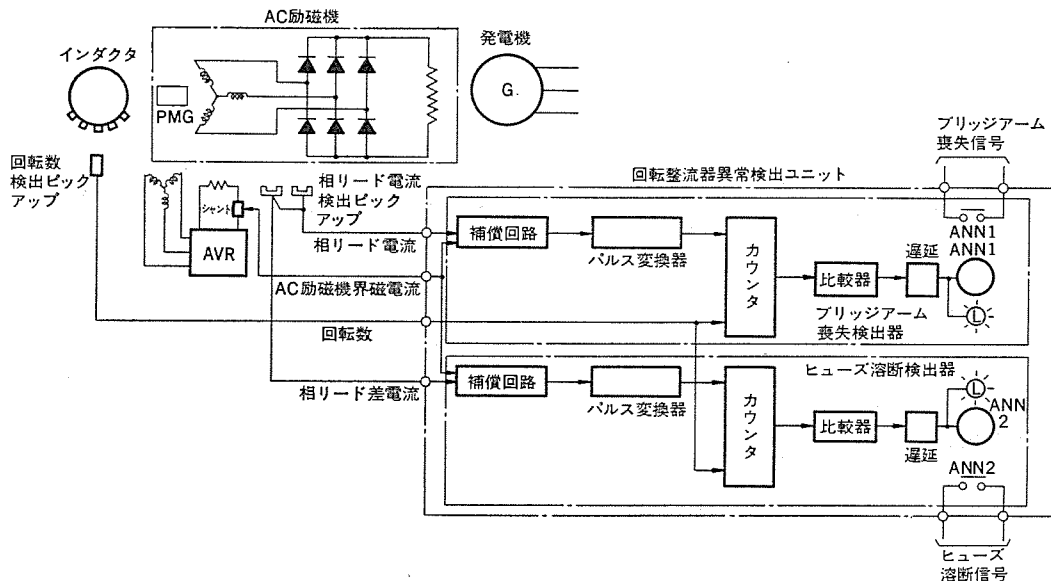


図8. 回転整流器異常検出装置機能ブロック図

にした界磁温度変化分が算出され、実測された発電機冷却ガス温度との所定の演算により、最終的な界磁温度 T_f が導出される。

(3) 界磁電圧 V_f

前記で導出された界磁温度 T_f より、その温度での界磁巻線抵抗 R_f が算出され、界磁電圧 V_f は

$$V_f = R_f \times I_f$$

として求められる。

3.3 回転整流器異常検出装置

図8.にこの装置の機能ブロック図を示す。

この装置は、ブラシレス励磁装置の相リード電流、発電機回転数及びAC励磁機界磁電流から、回転整流器3相全波整流回路のブリッジアームが完全に喪失したこと、及びアームを構成する複数の整流素子回路のヒューズ溶断を検出するものである。これにより従来定期的な巡回作業として実施されていた回転整流器回路のヒューズ断点検を中央制御室において連続的に監視することが可能となった。

この装置は、標準ユニット化されており取扱いも容易である。また、検出器として、AC励磁機からの相リード電流検出ピックアップ、AC励磁機界磁電流検出シャント、発電機ロータ回転数ピックアップを取付けることにより容易に検出可能であることより、既設ユニットへの適用も比較的簡単である。

次に検出方法について述べる。

(1) ブリッジアーム喪失 (BAF) 検出器

ブラシレス励磁装置は、図9.に示すとおり、発電機ロータに直結されたAC励磁機の電機子出力をロータに組込まれた3相全波整流回路により整流し、発電機を励磁する。

AC励磁機の出力は各相ごとに位相リングに導かれ、位相リングから相リードにより、各相のブリッジアームを形成する1つ1つの整流子回路に導かれる。この位相リング、相リード、整流子の関係例を図10.に、また相リードの配置例を図11.に示す。2個の相リード電流検出ピックアップは常に同相の相リード電流を検出する位置に配置し、このピックアップより得られる正弦波に近い出力波形をパルス変換し、このパルス数が規定値より減少した場合にブリッジアーム喪失と判定し、外部に警報信号を出力する。

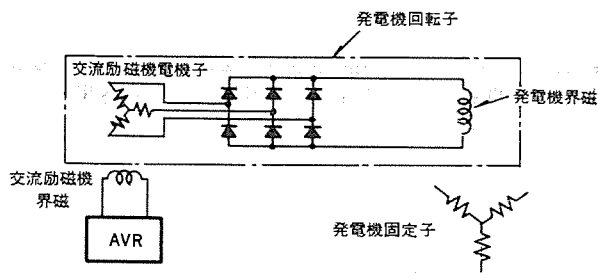


図 9. ブラシレス励磁システム

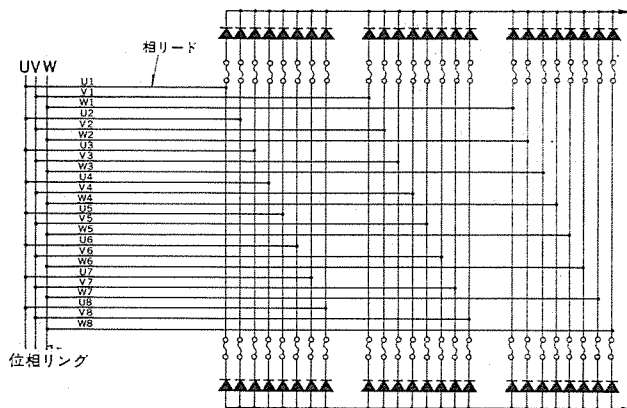


図 10. ブラシレス励磁機の位相リング、相リング、整流子

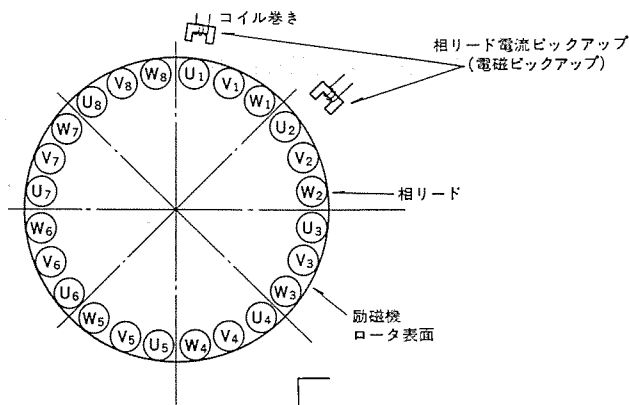


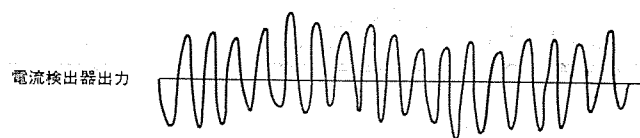
図 11. ブラシレス励磁機の相リード配置図

図 12. に正常時及びブリッジアーム喪失時のパルス変換回路の出力特性の 1 例を示す。

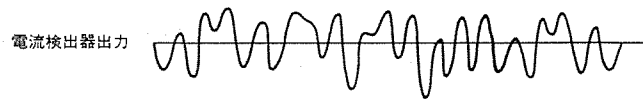
(2) ヒューズ溶断検出器

前述の 2 個のピックアップ出力電圧の差電圧をパルス変換し、1 パルス/1 回転のパルスが発生した場合に整流素子を構成するヒューズの溶断、又はダイオードの異常と判定し、外部に警報信号を出力する。

図 13. に正常時及びヒューズ溶断時のパルス変換回路出力特性の 1 例を示す。

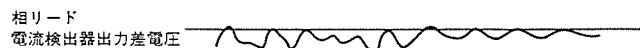


(a) 正常時

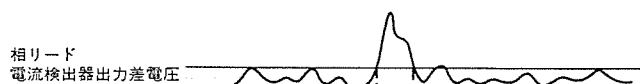


(b) ブリッジアーム喪失時

図 12. ブリッジアーム喪失検出信号波形



(a) 正常時



(b) ヒューズ溶断時

図 13. ヒューズ溶断検出信号波形

4. む す び

タービン発電機の監視・保護技術は、これまで比較的古典的な技術として扱われてきた傾向があるが、単機容量も増大し、ユニット運用がますます過酷になってゆくと考えられる今後においては、より高速、より高信頼性の保護システムが要求されると同時に、過酷な運用条件に対しても少数の運転員で、より安定した運転が維持されるよう、電氣的・機械的な監視は更に完全なものが必要となってくると思われる。本稿で、当社のタービン発電機に対する保護監視装置のねらいもここにあることをご理解いただければ幸いである。

超超高压大容量変圧器

青木俊之*・三浦良和*・池田五郎*・但馬常夫*・谷黒文弥*

1. ま え が き

昭和27年に275kV送電が開始されて以来、我が国の主幹系統は超高压で運用されてきたが、その間の電力需要増加は著しく、これに対処するため昭和48年に500kV送電が開始された。その後あいこいで500kV系統の建設が行われており、間もなく各電力会社の送電系統が500kVで連けいされようとしている。また変圧器の単器容量も図1.に示すように飛躍的に増大しており、発電所用変圧器では1,240MVA器(図4.)が、変電所用変圧器ではバンク1,500MVA(図6.)の記録品が既に運転されている。

当社は国内の500kV送電に先がけて昭和33年に超超高压変圧器の開発に着手し、翌年から400kV試作変圧器による絶縁検証試験を開始した。更に昭和35年には新形絶縁の開発に着手して、従

来のサージブルー絶縁構造をベースに大幅な改良と新技術を取り入れてコナ特性と絶縁の均一性に優れたE形絶縁構造を開発し、いち早く超超高压変圧器の製作技術を確立した。

昭和41年には我が国で初めて製作された超超高压変圧器でもある400kV変圧器を多数メキシコに納入した。更に昭和47～48年にかけてアルゼンチン(チョコンP/S)に単相540/3MVA 500kV変圧器を、また東京電力(株)房総S/S及び関西電力(株)猪名川S/Sに1,000/3MVA 500kV単相単巻変圧器を納入して本格的な500kV送電を迎えた。以来当社は超超高压変圧器のトップメーカーとして常に業界に先んずる記録品の製作及び台数、容量における最多の製作実績を堅持してきた。

今後も電力需要の増加に伴う電力系統の拡大は必至であり、更に上位の次期送電電圧の検討が各方面で既に始められているが、当社もこれに対応して1,100kV級のUHV変圧器の開発を鋭意進めており、今後の電力業界の発展に更に貢献できるものと確信している。

以下に超超高压大容量変圧器における新しい技術を中心に、三菱外鉄形変圧器の構造及び特長についてその概要を紹介する。

2. 超超高压大容量変圧器の技術的課題

変圧器の運転電圧が高くなれば当然巻線やその他に対する絶縁を強化する必要がある。超超高压変圧器の技術的課題は絶縁技術の開発にあるとも言える。しかし、一方では経済性及び高効率化の点から前述のように単器容量も飛躍的に増大しており、これに伴う漂遊損の増大、短絡機械力の増大などの課題も同時に解決しなければならない。しかもこれらの課題は、絶縁性能を重視すればコイルの冷効果が低下するというように、互いに相反する特徴を持っている場合が少なくないので、それぞれを別個の課題として解決することは不可能であり、これらをいかにバランスよく総合的に解決するかが超超高压大容量変圧器を製作するうえで重要なポイントとなる。これらの課題の概要をまとめると表1.のようになる。これから超超高压大容量変圧器の技術開発は、超超高压化による絶縁技術と大容量化による熱的・機械的課題の総合的な解決にあると言える。

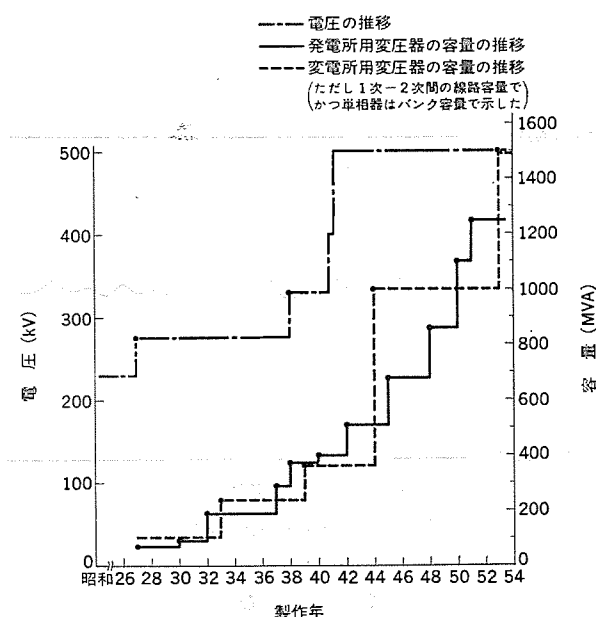


図1. 三菱外鉄形変圧器の電圧と容量の推移

表1. 超超高压大容量器の技術的課題と設計上の配慮

基本課題	顕著になる現象	具体的な問題	設計上の配慮
(1) 絶縁の強化	超超高压巻線の絶縁寸法増大	○輸送が困難になる ○経済性及び効率の低下	E形絶縁つづみ形コイルを採用(4.2節参照)
(2) 電気装荷の増大	空間漏れ磁束密度の増大	○コイル内漂遊損, 短絡機械力の増大	容量に適したコイル群数により空間漏れ磁束密度の増大を抑える。
		○タンク, 鉄心面の漂遊損の増大	磁気シールドを施して漂遊損の増大を抑える。
		○タップコイル, タップリードの漂遊損の増大	並列巻タップコイルの採用やタップリードの分割により漂遊損を低減。
(3) 磁気装荷の増大	鉄心断面積, 外形寸法の増加	○鉄心温度の上昇 ○輸送が困難になる	容量に適したコイル群数により磁気装荷の増大を抑える。 3相五脚鉄心構造を採用。
(4) 電流の増大	コイル内電流の増大	○コイルの製作が困難になる	多並列接続により各コイルの電流を抑える。
	大電流による空間磁束密度の増大	○大電流端子部, タンクの漂遊損の増大	非磁性銅や導電シールドを施して漂遊損の増大を抑える。

当社はこれらの課題を解決するために基礎的研究から高度な解析にいたるまで広い範囲にわたってたゆまざる研究と開発を行っているが、その技術開発状況は参考文献(5)、(6)に詳しく報告されているので参照されたい。

3. 外鉄形変圧器の特長

当社は超超高圧大容量変圧器をすべて外鉄形フォームフィット構造で製作してきたが、外鉄形変圧器は鉄心構造、交互配置巻線構造及びフォームフィットタンク構造など独得な構造の特長が超超高圧化及び大容量化に本質的に有利であり、新しく開発したE形絶縁構造の特長とも相まってかずかずの優れた記録的製品を納入してきた。これらの特長を簡単にまとめると表2.のようになる。

表2. 三菱外鉄形変圧器の特長

	特 徴	利 点 お よ び 説 明
(1) 外鉄形鉄心構造	(1) 鉄心断面はく形で同一幅の鉄心を使用	○大容量器でも鉄心冷却がよい。
	(2) コイルは鉄心で囲まれている	○短絡時の機械的強度が大きい。
(2) 交互配置巻線構造	(1) コイル群数の選択が任意	○短絡機械力及び空間漏れ磁束密度の増加を抑えることが容易。
	(2) コイルの並列接続が容易	○電流が過大にならずコイル製作が容易。
	(3) タップの引出しが容易	○タップ切換器付変圧器の製作が容易。
	(4) コイル配置の自由度が大きい	○低インピーダンス、高インピーダンスの仕様に対応が容易。
(3) E形絶縁構造	(1) 巻線内のサージ電位分布がよい	○超超高圧変圧器、単巻変圧器の製作に適している。
	(2) 絶縁バリヤを合理的に配置	○絶縁の信頼性高く、寸法が過大にならない。
(4) フォームフィットタンク構造	(1) 鉄心をタンクで強固に締付け	○機械的強度大きく、振動、騒音が低い。 ○鉄心締付けにボルト等を使用しない。 ○横倒し輸送も可能。
	(2) タンクがコンパクト	○油量少なく防災上有利。 ○据付スペースが小さい。 ○輸送が容易。
(5) 冷 却	(1) コイル面が垂直	○コイルの冷却効果が大きい。
(6) その他一般構造	(1) リード結線は上部タンク内で行う	○現地でのリード組立時、コイルは油浸されるので吸湿がない。

4. 超超高圧大容量変圧器の構造

4.1 絶縁構造

超超高圧変圧器の重要課題とも言える絶縁構造は、既に述べたように超高圧以上の変圧器を対象として開発したE形絶縁構造を使用している。これは従来のサージプルーフ形絶縁構造(C形絶縁構造)をベースに、技術及び設備の両面で下記のような大幅な改良と新技術を取り入れたものである。

- (1) 抵抗紙による電界模写や電子計算機を用いた電界計算の検討により、絶縁バリヤを電界に沿って合理的に配置して電界の緩和をはかった。
- (2) バリヤの接続はテープ接続として不要な油げき(隙)をつくらないようにした。
- (3) コイル端部や鉄心端部などシャープエッジを形成しやすい箇所には、シールド線やプレスボードではさみ込んだ曲率の大きいしゃへい板

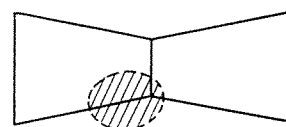
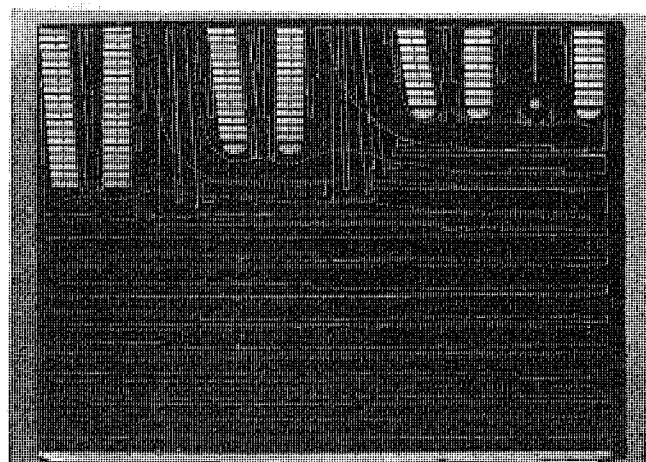
を設けて電界を緩和した。

(4) 絶縁物の加工、成形及び組立ては恒温、恒湿に管理された空調室で行い品質の安定をはかるとともに、加工設備を自動化するなどして加工精度の向上をはかった。

この絶縁構造は数多くの絶縁破壊試験やコロナ測定によりその性能を十分検証したのち、140号以上の変圧器に標準的に採用して既に10年余を経過したが、この間の運転実績が示すとおり高い信頼性を実証している。

4.2 コイル配置と群数

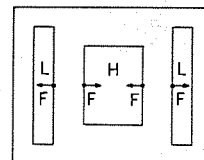
当社超超高圧変圧器のコイル配置における大きな特長は、高圧線路



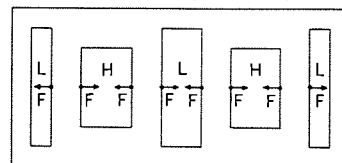
斜線部を模写

図2. つづみ形コイル線路端付近の電界模写例

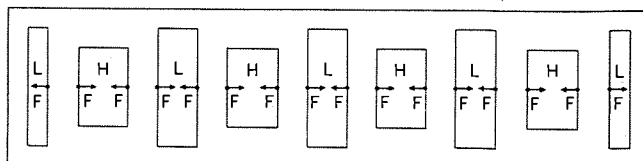
2HL (300MVA, MVA/HL= 300/2=150)



4HL (600MVA, MVA/HL= 600/4=150)



8HL (1200MVA, MVA/HL= 1200/8=150)



外鉄形変圧器の主短絡機械力は図中矢印の方向に働くこの機械力 F とコイル群数 q との関係は変圧器の容量を P とすると、 $F \propto p/q$ となる。したがってコイル群数の増加により短絡機械力の増大が抑えられる。

図3. コイル群数と短絡機械力の関係

群に「つづみ形コイル」を標準的に採用していることである。一般のコイル配置では高圧線路端の絶縁寸法を大きくする必要があるので、重量・寸法が増大し輸送が困難になることがあるが、つづみ形コイルを採用すると、

- (1) 高圧線路端が低圧コイルと対向しない。
- (2) 高圧線路端付近は図2.に示すように電界の分布が良好である。

などの理由から絶縁寸法を合理的に縮小できるので、超超高圧化による絶縁強化が少なく済み長所がある。

また大容量器になると漏れ磁束密度及び漏れ磁束量の増加による漂遊損の増加、局部過熱の発生、短絡機械力の増大が大きな問題となるが、図3.に示すように容量の増加に対応してコイル群数を増して1群あたりの実質的な容量を適正レベルに抑えている。

5. 代表的な超超高圧大容量変圧器

当社が現在までに製作納入した記録品など代表的な超超高圧大容量変圧器について、その概要を紹介する。

5.1 関西電力(株)大飯発電所納め 1,240 MVA 変圧器

この変圧器は発電所用主変圧器としては国内最大容量の変圧器で、2次電圧を調整するため中性点に別置式負荷時電圧調整器が設置されており、実質容量は1,303 MVAである。コイルは8群構成として漂遊損失や短絡機械力などが過大にならないよう考慮している。1次相電流は18,100 Aで非常に大きな電流であるが、多並列接続を

行って各コイルの電流を低く抑えている。また1次端子は25 kA用ブッシングを各相に2本ずつ設け、各相別々に引き出し相分離母線接続部で三角接続している。なお相分離母線との取合い部については、図5.に示すように実変圧器の低圧端子部分を完全に模擬した組合せ試験で、風冷45 kAまでの検証を行った。

なおこの変圧器の詳細については参考文献(7)で報告しているので参照されたい。

5.2 東京電力(株)房総変電所納め 1,500/3 MVA 変圧器

この変圧器は単巻変圧器としては国内はもちろん、世界的にも最大のものである。コイル配置は既に多数の納入実績がある1,000/3 MVA 500 kV 単巻変圧器の4群構成に対して1.5倍の6群構成としており、漏れ磁束密度や短絡機械力などが1,000/3 MVA変圧器と同じレベルである。1次電圧の調整は中性点に別置式負荷時電圧調整器を設置して行う。(図6.)

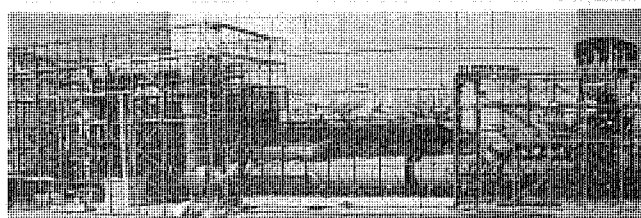
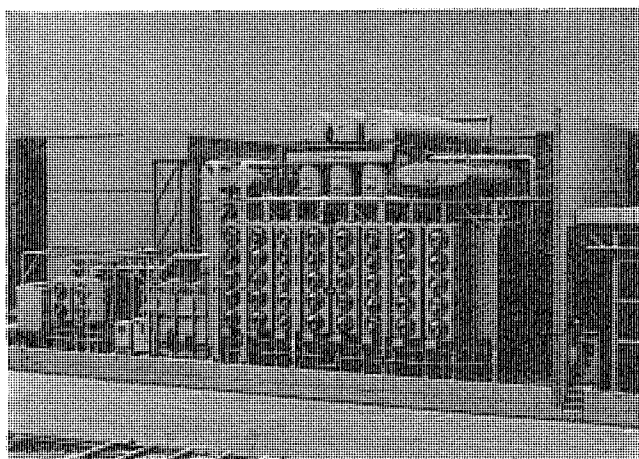
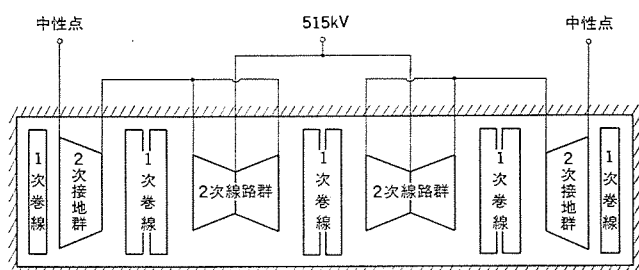


図 5. 低圧端子部と相分離母線組合せ試験



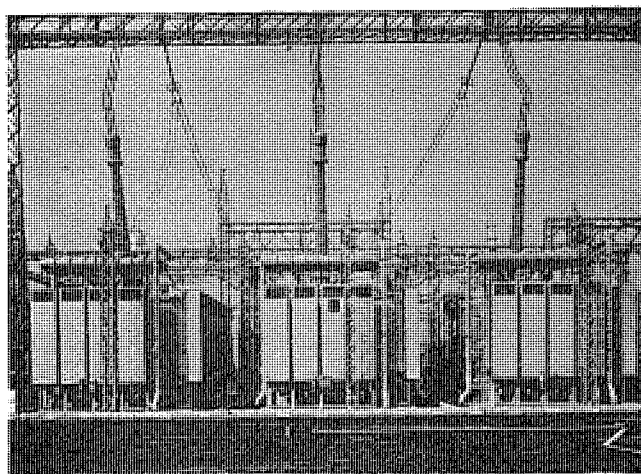
(a) 外 観



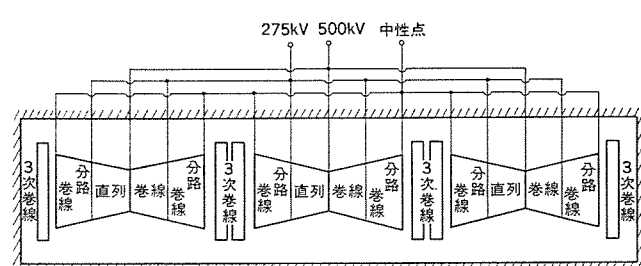
(b) コイル 配置

3 相 60 Hz 1,240 MVA 屋外用送油風冷式 別置式負荷時電圧調整器付
1 次電圧: 24 kV 三角 20 号
2 次電圧: 515 kV 星形 500 L-30 号

図 4. 関西電力(株)大飯原子力発電所納め 515 kV 1,240 MVA 3 相変圧器



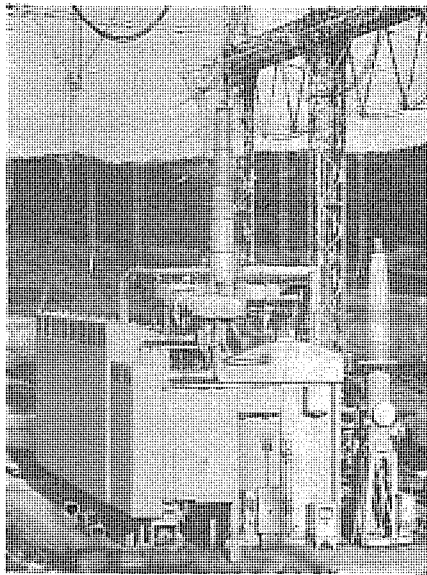
(a) 外 観



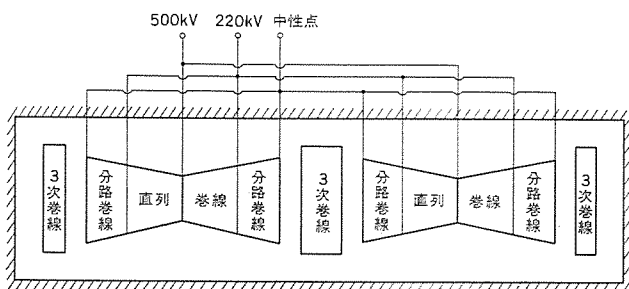
(b) コイル 配置

単相 50 Hz 屋外用送油風冷式 別置式負荷時電圧調整器付
1 次: 500 V/3 kV 1,500/3 MVA 500 号 L
2 次: 275 V/3 kV 1,500/3 MVA 200-60 号
3 次: 63 kV 450/3 MVA 60 号
低騒音形 70 ホン

図 6. 東京電力(株)房総変電所納め 500 kV 1,500/3 MVA 単相単巻変圧器



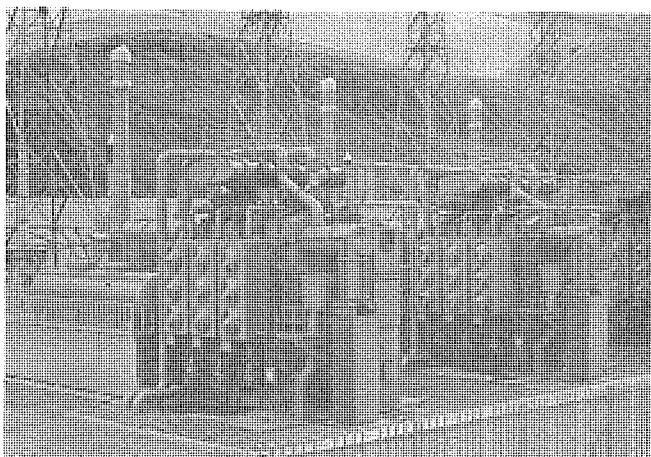
(a) 外 観



(b) コイル 配置

単相 60 Hz 屋外用送油風冷式 別置式負荷時電圧調整器付
 1 次 : $500/\sqrt{3}$ kV 1,000/3 MVA 500 号 L
 2 次 : $220/\sqrt{3}$ kV 1,000/3 MVA 170—30 号
 3 次 : 63 kV 300/3 MVA 60 号
 低騒音形 65 ホン

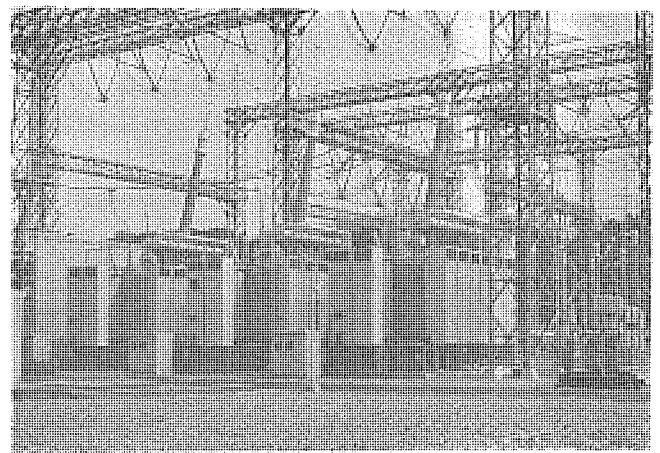
図 7. 九州電力(株)西九州変電所納め 500 kV 1,000/3 MVA 単相単巻変圧器



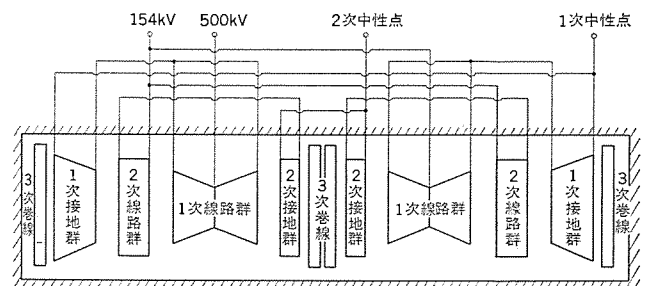
(a) 外 観

単相 50 Hz 屋外用送油風冷式
 1 次 $287.5/\sqrt{3}$ kV / $525/\sqrt{3}$ kV 580/3 MVA 500 号 L
 2 次 $187/\sqrt{3}$ kV / $187/\sqrt{3}$ kV 580/3 MVA 140—60 号
 3 次 11.5 kV / 21 kV 116/3 MVA 20 号

図 9. 電源開発(株)奥清津発電所納め 525 kV 580/3 MVA 2 分割輸送単相単巻変圧器



(a) 外 観



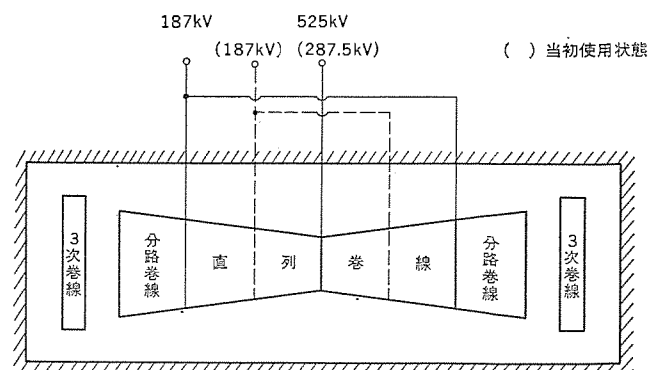
(b) コイル 配置

単相 60 Hz 屋外用送油風冷式 負荷時タップ切換器付
 1 次 : $500/\sqrt{3}$ kV 750/3 MVA 500 L—30 号
 2 次 : $154/\sqrt{3}$ kV 750/3 MVA 140—100 号
 3 次 : 22 kV 150/3 MVA 20 号
 低騒音形 68 ホン

図 8. 関西電力(株)信貴変電所納め 500 kV 750/3 MVA 単相変圧器

5. 3 九州電力(株)西九州変電所納め 1,000/3 MVA 変圧器

この変圧器は西部地域で最初の 500 kV 系統と 220 kV 系統を連結する単巻変圧器で、コイル配置は既に多数の納入実績がある 500 kV 単巻変圧器と同じ 4 群構成である。1 次電圧は中性点に別置式



(b) コイル 配置

負荷時電圧調整器を設置して行う。1次及び2次端子は油-ガス貫通形ブッシングでガス絶縁アレスタと直結する構造である。(図7.)

5.4 関西電力(株)信貴変電所納め 750/3 MVA 変圧器

この変圧器は500 kV系統と154 kV系統を連けいする分離巻線式変圧器であり、変電所用分離巻線式としては国内最大クラスである。分離巻線式変圧器では図8.に示すように電圧の異なる高圧と低圧コイルが対向するので、この間絶縁寸法が大きくなる。そこで高圧線路群はつづみ形コイルとし、かつコイル配置を6群構成として1次コイルと2次コイルが対向する部分の電位差を下げて、この間の絶縁寸法を縮小している。

5.5 電源開発(株)奥清津発電所納め 580/3 MVA 変圧器

この変圧器は輸送制限が非常に厳しいため単相2分割方式を採用しており、共通の上部タンクにより1相分を形成する構造である。コイル配置は1/2相(580/6 MVA相当)分が2群で構成されている。また、1次電圧は当初287.5 kVで使用し、将来525 kVに昇圧する特殊仕様のため図9.(b)のようなコイル構成としている。

6. 輸 送

変電所用変圧器はほとんどが内陸部に設置されるため輸送は鉄道あ

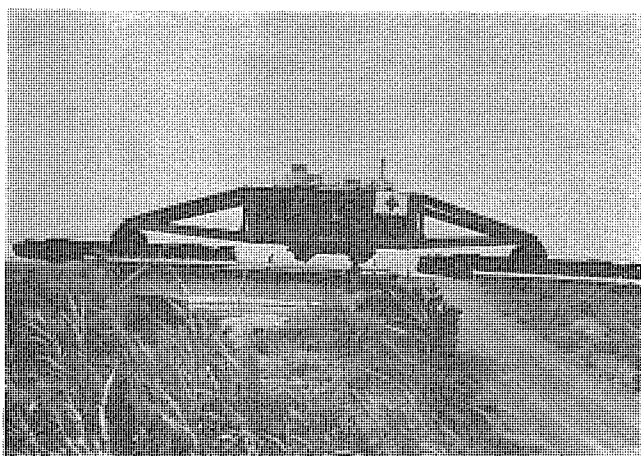


図10. 中部電力(株)浜岡発電所納め 275 kV 910 MVA
3相変圧器の自走式キングキャリアによる輸送

るいはトレーラによっており、超高圧化・大容量化するほど輸送制限が設計に影響してくる。当社は前述のように輸送に有利なフォームフィットタンク構造を採用しているため輸送制限を有効に利用できる特長があるが、変電所用変圧器で現在までの最大輸送容量は単巻変圧器で500 kV 1,500/3 MVA 単相変圧器を、分離巻線式変圧器で500 kV 750/3 MVA 単相変圧器を輸送した実績がある。また5.5節で述べたように単相2分割方式とすることにより、更に2倍の容量まで輸送が可能である。

一方、臨海地帯に建設される火力及び原子力発電所向け変圧器は船による海上輸送のためほとんど制限がなく、最適設計が可能である。また海上輸送では荷揚げ地点から据付地点までは距離が短いのでコソ引きが一般的であるが、この間の距離が長いと運搬路のこう配がコソ引きに不適な場合は、図10.に示すように自走式キングキャリアで輸送することにより、運搬時間を短縮する。

7. む す び

超超高圧大容量変圧器の概要について述べてきたが、超超高圧変圧器は最も重要な系統で使用される高い信頼性を要求される変圧器であると同時に、あらゆる点で厳しい条件が要求される変圧器でもある。当社は常にこのことを念頭において信頼性をより一層向上させるべく新技術の開発及び基礎技術の研究に取り組んでいくとともに、設備面においても開発された新技術の特長が余すところなく製品に反映できるよう万全の体制を確立していく所存である。

今後ますます高電圧化・大容量化していく要求に対し、当社の最新技術を駆使した信頼性の高い変圧器を供給することにより電力業界の発展に貢献したく、関係各位のより一層のごべんたつとご指導を賜りたい。

参 考 文 献

- (1) 田村ほか：三菱電機技報，45，No. 9，p. 1,071 (昭46)
- (2) 青木ほか：三菱電機技報，45，No. 9，p. 1,078 (昭46)
- (3) 武智ほか：三菱電機技報，46，No. 7，p. 777 (昭47)
- (4) 但馬ほか：三菱電機技報，50，No. 11，p. 613 (昭51)
- (5) 平井ほか：三菱電機技報，50，No. 12，p. 675 (昭51)
- (6) 渡辺ほか：三菱電機技報，51，No. 3，p. 220 (昭52)
- (7) 菅ほか：三菱電機技報，52，No. 4，p. 303 (昭53)

電力用真空スイッチ式負荷時タップ切換器のシリーズ

松本 進*・古川一弥*・吉田和夫*・伊藤克明*

1. ま え が き

発・変電所用主変圧器に負荷時タップ切換変圧器、あるいは負荷時電圧調整変圧器が使用され始めてから既に久しく、長年の歴史と実績を持ち、これからはますます多く採用される傾向にある。しかし、従来の負荷時タップ切換器（以下、LTCと称す）では、切換開閉器として、絶縁油中で開閉する、いわゆる並切形接点機構を採用するものがほとんどであり、特殊な試みが種々提案されてはいるが⁽¹⁾、最近の大容量変圧器用には既にしゃ断性能的に限界に近くなっている。また、接点の消耗や油の汚損があるのでひん繁に保守点検を要するとともに、活線浄油機の併設を要してきた。

当社では、こうした従来形のLTCの欠点を解消し、電力用変圧器では変圧器の寿命期間中にほとんど保守を要しない真空スイッチ式LTCの研究・開発に長年取り組んできた⁽²⁾。近年の真空スイッチ本体の信頼性に飛躍的な向上が見られたこと、及びその応用技術の進歩により、もはや完全に従来形LTCに代わり得る段階に達したと考えられる。この論文では、電力用変圧器に使用される真空スイッチ式LTCについての当社の基本的な考え方を述べるとともに、当社製真空スイッチ式LTCの概要を報告し、おおかたのご参考に供する次第である。

2. 真空スイッチ式LTCの歴史と現状及びその将来性

2.1 海外の動向

真空スイッチをしゃ断器に使用することが検討され始めてから既に50年に近い。この真空スイッチをLTCの電流開閉素子として使用すれば、LTCに次のような特長を付与することができ、画期的な性能をもったLTCができるであろうという着想は相当古くからあった。

(1) しゃ断能力が優れており、大容量LTCの製作が容易。

(2) 接点寿命が著しく長いので、無保守化が可能。

(3) 絶縁油の汚損がないので、絶縁信頼度が高い。

しかし、実際に製品化されたものが市場に出たのは、約10年ほど前のことである⁽³⁾。昔からリアクトル式を使用してきた米国において、現在では一部の小容量器を除き、ほとんどすべてのLTCが真空スイッチ式で製造されている。ユーザにもその特長がよく認識され、真空スイッチ式LTCを特に指定して変圧器を購入するユーザも出てくる状況になっている。

欧州では、元来、コンパクトな設計がなされた抵抗式LTCが使用されているので、普及が遅れているが、上記のような特長に着目した開発報告が多数なされている。

2.2 国内の状況

国内では、1967年に当社が世界に先駆けて抵抗式真空スイッチLTCを試作し、当誌に発表したのが最初であろうと思われる⁽²⁾。その後、公表された限りでは、1975年に当社が製品化を行ったのが、実用化の始まりである。このLTCは、その後、30数台が運転に入り、

表 1. 各種電流開閉素子の価格比

回路方式 タップ 切換器の 定格 ステップ 電圧 / 通過 電流	サイリスタ式	真空スイッチ式	従 来 形
2000V/ 400A	30	2	1
2000V/ 1200A	15	0.9	1

(□内の開閉素子の価格比従来形を1とする)

中には既に30数万タップ切換回数に達したものもある⁽⁴⁾。このように、日本では欧州と同様にこれから実用化が急ピッチに進められる段階にあると考えられる。

2.3 将来性

石油危機を契機として始まった低成長時代を迎え、各界においては、その対応策として各種合理化努力がなされている。このような状況にあって、電力機器もまた、その要求に添うものでなければならない。従来のLTCにおける難点は、切換開閉器部でアークが発生して接点の損耗あるいは絶縁油の汚損が起こるので、ひん繁に点検を行う必要があることである。この点についての解決策として現在考えられていることは、真空スイッチを使用する方法と、サイリスタを使った無接点化方式とである。いずれの方法も技術的には可能であるが、将来の動向を左右するものは製造コストであると考えられる。表1.に2種類の定格のLTCについて、サイリスタ式と真空スイッチ式及び従来方式の、それぞれ最も簡単な回路を使ったときの電流開閉素子のコスト比を示した。この表から分かるように、真空スイッチ式は、ほぼ従来形と同等のコストになるが、サイリスタ式は10数倍ないし30倍程度のコスト比になることが分かる。したがって、サイリスタ式については、特殊な用途、例えば低電圧大電流LTC、極めて早い応答を要求されるもの、あるいは電車・電閥⁽⁵⁾などに使用されるLTCのように超高ひん度切換を要求されるもの以外は、実用的でないと考えられる。したがって、少なくともここ四半世紀の間にサイリスタが特に電力用変圧器のLTCとして一般的に使用される見込みはなく、従来方式に代わり得るとすれば、真空スイッチ方式であると考えられる。

3. 真空スイッチ式LTCにおける切換方式

3.1 リアクトル式と抵抗式との利害得失

変圧器に負荷電流が流れている状態で巻線のタップを切換えようとする場合、切換えの途中で現在運転中のタップと、次に切換えよう

* 伊丹製作所

とするタップとの間が一時的に橋絡される。LTC では、このタップ間電流を安全な値に制限するため、リアクトルや抵抗器などの限流インピーダンスをそう（挿）入する方式を取っていることは周知のとおりである。真空スイッチ式 LTC でもこの原理に変わりはないので、この2つの方式の利害得失は従来方式におけるものと大差はない。しかし、リアクトル式で真空スイッチを導入すれば、特に次の点で有利になる。すなわち、リアクトル式では、限流インピーダンスにリアクトルを使用するので、LTC の電流開閉素子がしゃ断しなければならない電流と電圧の位相差が 90° になり、同相でしゃ断できる抵抗式と比べ、従前にははるかに複雑な消弧メカニズムを要した。しかし、真空スイッチを使用すれば、そのしゃ断能力が極めて大きいので、画期的にコンパクトな設計が可能になる。このことがリアクトル式 LTC を主として使用している米国で真空スイッチ式 LTC を普及させた理由と思われる。

真空スイッチを使用した LTC における、リアクトル式と抵抗式との利害得失は表 2. のとおりであり、用途に応じて適宜使い分けられよいと考えられる。

3.2 リアクトル式の回路例

リアクトル式には、並列区分リアクトル式と単回路リアクトル式とがある。その各種回路例を表 3. に示す。表 3. の回路の中で最もよく使われている回路は、a-2 あるいは a-4 の方式である。a-2 は、1 相当あたり真空スイッチ 2 本を要するが、構造が簡単になる特長を有している。a-4 は、1 相当あたり真空スイッチ 1 本でよいが、通電スイッチがあるので若干構造が複雑になる。その代わり、真空スイッチに連続通電能力を必要としないので、大容量 LTC に有効である。

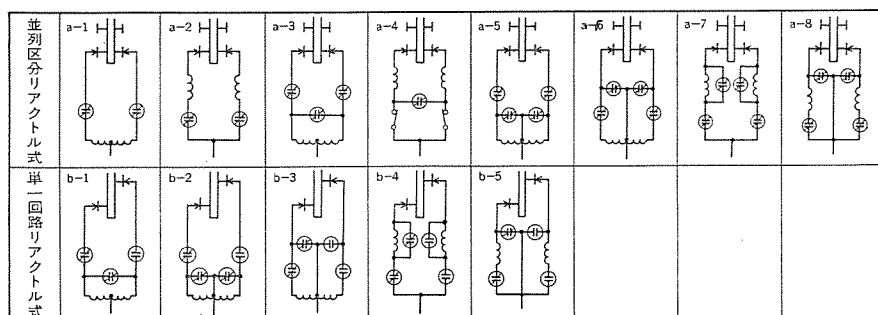
3.3 抵抗式の回路例

抵抗式 LTC では、1 抵抗式から多抵抗式まで種々の切換方式があり、その変形回路あるいはシーケンスの違いまで含めて紹介することはこの論文の趣旨でないので省略する。表 4. に、単回路で 2 抵抗式までを限度にしてその変形回路を含めて紹介する。基本回路と記してあるものが、通常に使われている周知の回路である。変形回

表 2. リアクトル式と抵抗式との利点と欠点

	リアクトル式	抵抗式
利点	(1) 中間タップが利用できるため、タップ点数が多い場合に有利 (2) シャ断用接点が 1 相あたり 2 個又は 1 個で済む (3) リアクトルを連続定格にすれば、速切動作不要で簡単な機構になる	(1) 抵抗器は安価である (2) 抵抗器は対地絶縁が取りやすい (3) 切換開閉器全体がコンパクトにまとまる
欠点	(1) リアクトルは高価 (2) 特にリアクトルの対地絶縁を高くすると、大形になる	(1) シャ断接点が通常 1 相あたり 3 個以上必要。3 個以下にすることも可能だが、その場合には、補助スイッチを要し、機構が若干複雑になる

表 3. リアクトル式 LTC の回路例



路は、基本回路に無電流状態で動作する補助接点を追加し、アークしゃ断を行う接点を順次に減らした回路であり、そのほとんどが真空スイッチ式 LTC 開発のために当社で考案されたものである。表 4. の回路は、それぞれが特長を有しているが、その中でどれを選ぶべきかは適用される変圧器の用途によって異なる。その例として、電力用変圧器とは非常に異なる使われ方をする電気炉用変圧器と対比しながら、電力用変圧器に適用する真空スイッチ式 LTC の回路の選定を行ってみる。

従来方式では、1 つの接点にかかる責務をできるだけ下げるため、2 抵抗式・4 抵抗式あるいは 6 抵抗式などが考えられてきた。しかし真空スイッチは、本来極めてしゃ断容量が大きいので、上記のような配慮は無用であり、むしろ 1 本のスイッチに積極的に責務を集中させ、できるだけ真空スイッチの使用本数を少なくするほうがむしろ経済的になる。

一方、真空スイッチを LTC に適用する上での難点は次のことにある。単回路方式では、運転中のタップに接続された切換開閉器の端子と、その隣接タップに接続された端子との間に常時、1 タップ間の電圧が印加されている。通常、LTC の 1 タップ間のコイル巻数は、全巻数の 1~2% 程度であるので、この端子間は運転状態で回路電圧の 1~2%、変圧器の試験時においてもその 2 倍程度の電圧に耐えればよいが、インパルス的にはコイルの電位振動があるので、外雷侵入時には 10~20%、巻線構造によってはそれ以上の電圧に耐えなければならない。他方、一般の単体で使用される電力機器における AC 耐電圧に対するインパルス耐電圧の比は 3 倍程度であるが、LTC の場合には上述のように 5 倍程度になる。真空スイッチも一般の電力機器と同様にインパルス比が 3 程度に製作されているので、LTC に適用するには外雷侵入に対するインパルス耐圧の面で不足する場合が生ずる。したがって、単回路抵抗式 LTC に真空スイッチを適用する場合には、外雷侵入時にタップ間短絡を起こさないように、真空スイッチに直列に断路スイッチを入れるか、あるいは開極状態の真空スイッチで外雷による極間絶縁破壊が起こっても限流抵抗器を介した短絡にしかなり得ないような回路構成を取ることが肝要である。限流抵抗器を介した短絡は、抵抗器で電流値が負荷電流程度の値に抑制されるので、次の商用周波零点で消弧される。したがって、この橋絡は自動的に除去され、切換開閉器は何らの影響も受けないので、極めて好都合である。また、断路スイッチを挿入する場合には、回路の動作上に必要な補助スイッチが、結果的に断路スイッチの役割を果たすような回路を選定するほうが経済的である。

以上のことを考慮し、表 4. の回路のうちの c-1 と c-12 について具体的な比較を示す。図 1. にそれぞれの回路の動作順序を示す。また、表 5. に上記 2 つの回路について真空スイッチにかかる責務の比較表を示す。表 5. に示すように、c-1 の回路と比べて

c-12 の回路では、真空スイッチの電氣的寿命は 1/2 になり、真空スイッチの動作回数は 2 倍になる。当社の LTC 用真空スイッチ管 3L2C を定格通過電流 400 A の LTC に使用した場合、c-1 の回路では約 100 万回、c-12 の回路では約 50 万回の電氣的寿命になる。また c-12 の回路は、回路自体に断路スイッチを含んでいるので、外雷に対する保護スイッチを追加する必要がない。

以上の検討から、電力用として考えるとき、

表 4. 抵抗式 LTC の回路例

方式	基本形		展開形(接点の兼用により基本形より真空スイッチ数を減じた形)									
			真空スイッチ3本				真空スイッチ2本				真空スイッチ1本	
			主接点 同志兼用	抵抗接点 同志兼用	主接点と抵抗接点兼用		主接点同志、 抵抗接点同志兼用	主接点と抵抗 接点同志兼用	同志兼用		全接点兼用	
	回路	動作 シーケンス	M1+M2	R1+R2	M1+R1 (M2+R2)	M1+R2 (M2+R1)	M1+M2 M1-R2, R1-R2	M1-R M1-R1, M2-R2	M2+R M1-R2, M2-R1	M1+M2+R M1, M2, R1, R2		
1 抵抗式	c-1											
	c-6											
	c-11											
2 抵抗式	d-1											
	d-2											
	d-3											
	d-4											
	d-5											
	d-6											
	d-7											
	d-8											
	d-9											
	d-10											
	d-11											
	d-12											
	d-13											
	d-14											
	d-15											
	d-16											
	d-17											
	d-18											
	d-20											
	d-21											
	d-22											
	d-23											

c-12の回路の上記の電氣的寿命は、必要にして十分であり、変圧器が寿命に達するまで接点交換が不要になる。また、電力用変圧器のタップ間電圧は相対的に高いので、上記のように外雷侵入に対する特別な処置が不要な c-12の回路が適当になる。上記の2つのことから c-12の回路は電力用変圧器の LTC に適していると考えられる。

また c-1 の回路は比較的低電圧であるが、年間数万ないし 20 万 タップ 切換え程度の高ひん度切換えが要求される電気炉あるいは電解炉等に使用される LTC に適しているといえる。

4. LTC 用真空スイッチ

LTC に使用される真空スイッチには、特に機械的寿命の面で高い信頼度が要求される。当社では、LTC 用として特に製作された真空スイッチを使用しているが、真空スイッチ本体の詳細を紹介するのが本稿の主旨ではないので省略する。

真空スイッチの機械的信頼度を高く保つためには、真空スイッチ自身の性能が良いことはもちろんであるが、その応用技術と十分によくか(噛)み合うことが不可欠である。当社製 LTC 用真空スイッチを当社 LTC に組合せた場合の真空スイッチの機械的寿命は、500 万タップ切換え以上の能力を有しており、

表 5. 真空スイッチにかかる責務

回路		C-1			C-12		
動作シーケンス							
N回切換時の各スイッチのしや断責務	スイッチ	しや断電流 i_s	回復電圧 V_R	しや断回数 回	しや断電流 i_s	回復電圧 V_R	しや断回数 回
	A	i	e	$N/2$	$2i$	$2e$	$N/2$
	B	i	e	$N/2$	0	0	N
	C	$2i$	$2e$	$N/4$			
電氣的寿命に關して	黄務の最も大きいスイッチと N回切換時のその $\sum i_s^2 N$	C			A		
		$i^2 N$			$2i^2 N$		
	具体壽命 例 3L2Cを使用、 $i=400A$ のとき	100万回			50万回		
機械的寿命に關して		$N/2$ 回			N 回		

注) (1) A, B, C=真空スイッチ, a, b=補助スイッチ, R=限流抵抗器
(2) 抵抗値 $\cdot R=e/i$ の場合で、定格負荷切換えの場合を示す。ただし、 e =ステップ電圧, i =定格通過電流を示す。

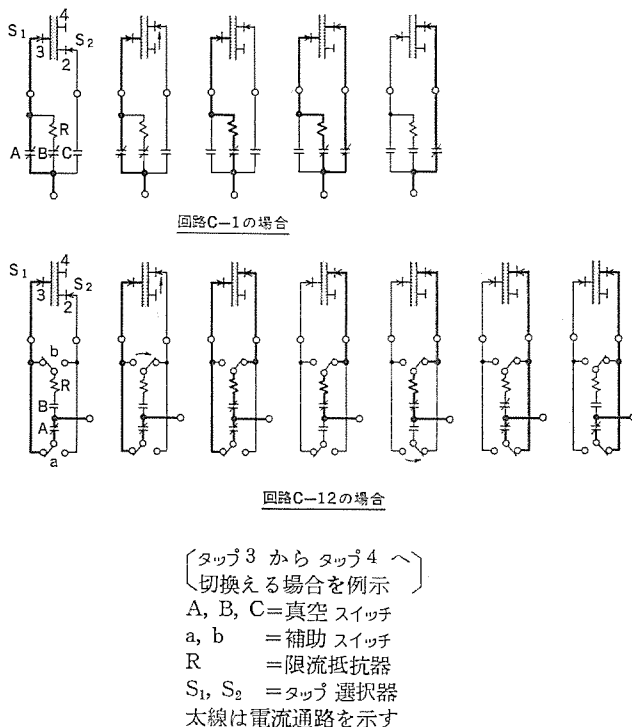


図 1. タップ 切換 動作 図

表 6. 当社製真空スイッチ式 LTC 一覧

形 名		VSO-1 形	VSO-2 形	VSO-3 形	VRE 形
限流インピーダンス		抵 抗 式	抵 抗 式	抵 抗 式	リアクトル式
切換開閉器室の絶縁媒体		絶 縁 油	絶 縁 油	絶 縁 油	空 気
定 格	定格ステップ電圧	2,000 V	1,500 V	2,000 V	1,500 V
	定 格 通 過 電 流	1,200 A	600 A	400 A	400 A
＊試験結果	電 気 的 寿 命	50 万タップ	100 万タップ	50 万タップ	100 万タップ
	機 械 的 寿 命	100 万タップ	500 万タップ	100 万タップ	500 万タップ
	過負荷切換試験	1.5 倍	2.0 倍	1.5 倍	2.0 倍
用途及び適用変圧器		電 力 用 275 kV 450 MVA 以下	工業用高ひん 度切換 変圧器	電力用及び一 般工業会社 154 kV 60MVA 以下	工業用高ひん度 切換 不燃仕様変圧器 地下変電所用

* いずれも試験を実施した回数であり、試験完了後も十分な余裕があるので、実用上には更に厳しい条件まで使用できるものと思われる。

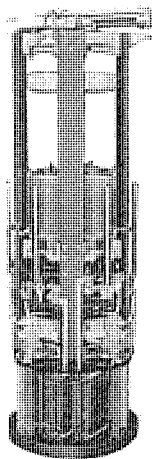


図 2. 2,000 V/1,200 A 用抵抗式真空スイッチ LTC

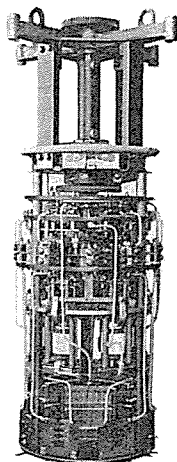


図 3. 2,000 V/400 A 用抵抗式真空スイッチ LTC

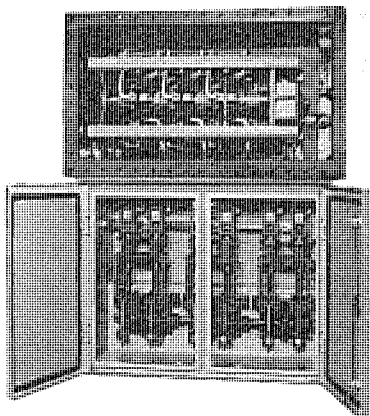


図 4. 1,500 V/400 A 用リアクトル式真空スイッチ LTC

LTC としては十分な寿命と考えられる。

5. 当社製各種真空スイッチ式 LTC

現在までに当社で開発・製品化された各種真空スイッチ式 LTC の概要を表 6. に示す。同表の中で VSO-1 形、VSO-3 形の切換開閉器部の外観を図 2. 及び図 3. に示す。また、VRE 形 LTC の全景を図 4. に示す。どの LTC も切換開閉器室を有しており、真空スイッチはその中に設置されている。真空スイッチ式 LTC では、アークによってその周囲媒体を汚損することがないので、本質的には特に切換

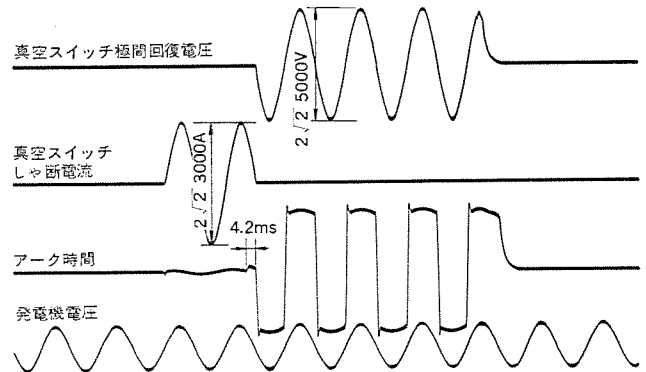


図 5. 2,000 V/1,200 A 用 LTC の過負荷しゃ断試験 オシログラム

開閉器部を変圧器本体と仕切る必要はないが、点検の便をはかるために別室にしてある。表 6. に示すように、どの LTC もその試験結果は、JEC 186 に定められた電氣的寿命：20 万回、機械的寿命：80 万回の要求を大幅に上回る良好な成績を納め、各種試験後でもまだ十分に使用に耐える状態にあり、更に高い性能を有するものと判断された。特に、VRE 形 LTC は、前述のように、既に 30 数台の納入実績を有し中には既に 30 万タップ切換え以上の運転回数に達したのものもあるが、好調にか(稼)動中である。

図 5. に、VSO-1 形の 50 万回負荷開閉後に行った過負荷試験時のオシロを示す。

6. む す び

真空スイッチ式 LTC は、日本あるいは欧州では、これからその実用化についての検討が始まるものと考えられ、その参考までに真空スイッチ式 LTC についての基本的考え方、及び当社の現状を紹介した。

LTC に真空スイッチを使用することにより、電力用変圧器ではその寿命期間中にほとんどメンテナンス不要な LTC を実現することが可能であり、また絶縁油が汚損されることもないので、絶縁信頼度も大きく向上するものと考えられる。したがって、従来と比べて格段の省力化・運転信頼度の向上に貢献することができるものと考えられる。

終わりに、各種真空スイッチ式 LTC の開発・製品化に終始多大なご指導・ご協力をいただいた各位に厚くお礼を申し上げる。

参 考 文 献

- (1) A. Bleibtreu et al. : Resent state and trends in developing tap changers of high speed transition resistor type with special regard to operating reliability, CIGRE Session, No. 12-07 (1976)
- (2) 嶋ほか：真空スイッチを用いた負荷時タップ切換器，三菱電機技報，42，No. 8 p. 510～516 (昭 43)
- (3) H. A. Fohrhalz : Load tap changing with vacuum interrupters, IEEE Trans. PAS 86, 4, p. 422～427 (1967)
- (4) 樋口ほか：真空スイッチ式負荷時タップ切換器，三菱電機技報，51，No. 2, p. 161～165 (昭 52)
- (5) W. Stein : Stufenschalter mit Thyristorlast-umschalter für Wechselstrom-Triebfahrzeuge, Siemens-Z, 39, 4, p. 269～271 (1965)

不燃性・難燃性の電力用変圧器

佐藤辰夫*・白井 満*・伊奈照夫*

1. ま え が き

近代化が進み、高層ビル・地下街などが増えて防災に対する考え方が厳しくなるにつれ、変圧器を不燃化あるいは難燃化したいという要求は年々増えてきている。この要求に答えるためにH種乾式変圧器及び不燃性油入変圧器を長年製作してきたが、昭和47年にPCB（ポリ塩化ビフェニル）の使用が禁止されて不燃性油入変圧器の製作ができなくなり、それ以来、従来のH種乾式変圧器に加えてSF₆ガス絶縁変圧器、シリコン油入変圧器をも本格的に製品化し、更に2年前からエポキシ樹脂を注型したモールド変圧器も、《キャストホーマ》という商品名で製作を開始した。

まとめると、表1. のようになるが、ここではこれらの変圧器について、おのおのの特長を中心に述べる。

表1. 不燃性又は難燃性変圧器一覧

種 類	製 作 範 囲	説 明
H 種 乾 式 変 圧 器	33 kV クラス以下、10 MVA 程度以下	H種材料とワニスを主体にしてコイルを製作
モールド変圧器	同 上	コイルをエポキシ樹脂で注型
ガス絶縁変圧器	77 kV クラス以下、30 MVA 程度以下	鉱油の代わりにSF ₆ ガスをタンク内に封入
シリコン油入変圧器	同 上	鉱油の代わりにシリコン油を使用

2. H 種乾式変圧器

H種乾式変圧器は、不燃性変圧器のうちでも一番歴史が古く、当社では、昭和29年から生産を開始し、現在までに約1万台の実績を有し、長年にわたって改良を加え、その安全性（不燃性）・信頼性が高く評価されている。

乾式変圧器は、一般に絶縁種別と温度上昇限度とにより、表2. のように分類されているが、近年、どのメーカーもH種が主流で、当社でも電力用乾式変圧器はH種で製作されている。

2.1 特 長

(1) 豊富な実績と信頼性

25年の歴史と、多数の実績を有し、その信頼性は高く評価されている。

(2) 不燃性の程度が高い

耐熱性の高い絶縁物（ポリアミド紙・マイカ・ガラス繊維・磁器など）と、H種ワニスとを使用しているため、不燃度が高く、万一事故が生じても爆発や火災の心配がない。

(3) 周囲温度の高いところに最適

温度上昇限度が高いので、周囲温度が規定値より高い分だけ温度上昇限度を下げて、普通品との差は少ない。

表2. 絶縁種別と温度上昇

(単位 °C)

絶縁の種類	許容最高温度			絶縁体系	巻線平均温度上昇限度				周 囲 温 度			
	JEC	JEM	IEC BS		ANSI	JEC	JEM	IEC BS	ANSI	JEC	IEC BS	ANSI
A	105		105	105	55	55	60	55	最 高	40	40	40
E	120		120	—	70	70	75	—				
B	130		130	150	75	75	80	80				
F	155		155	185	95	—	100	115	日間平均	日間平均	日間平均	
H	180	200	180	220	120	140	125	150	35	30	30	
C	>180		>180	>220			>150		年間平均	年間平均		
									20	20		

- 注) (1) ANSI 規格には「絶縁の種類」という分類はなく、絶縁体系(Insulation System)で分類されており、220°C Insulation System というように呼ばれるが、ここでは便宜上、該当する絶縁の種類に分類した。
(2) JEM 規格には、JEC と同一値のものと両方あるが、一般に、本表の値のほうが使用されているので、JEC と同一値は省略した。

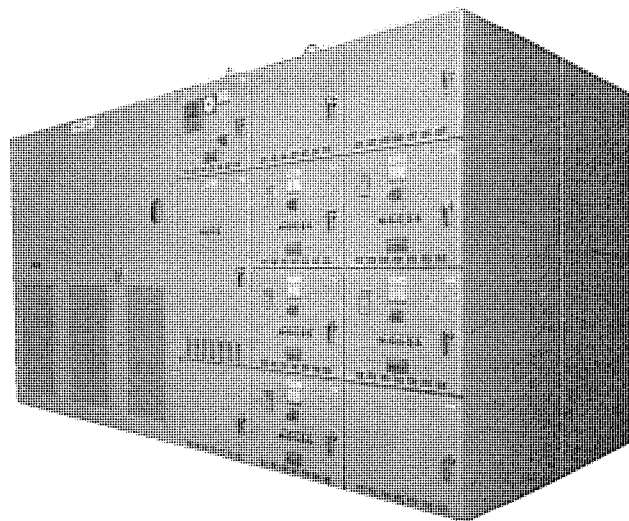


図1. 閉鎖配電盤（パワーセンタ）

(4) 外観が優美で小形の受配電設備にすることができる
閉鎖配電盤に収納する構造にすれば、外観が優美で小形の設備にできる。図1. はその1例で、盤の左側部分に変圧器が収納されている。

2.2 製作範囲・構造

電圧 33 kV クラス 以下 (BIL は 150 kV 以下)、容量は 10 MVA 程度まで製作している。

形式は、通風形の自冷式又は風冷式、密封形の自冷式又は風冷式又は水冷式（水冷冷却器付き）である。通風形は一般の屋内環境に、密封形は特に環境の悪い屋内あるいは屋外に適する。自冷式は 2 MVA 以下に多く採用されている。また、通風形の場合の外箱の構造

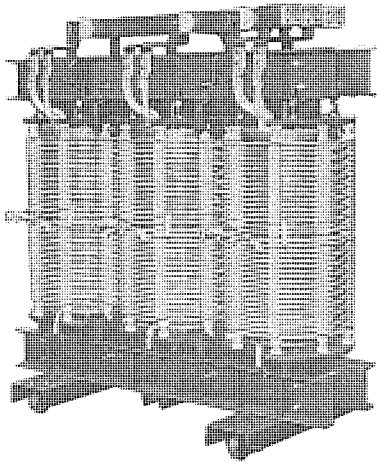


図 2. H種乾式変圧器

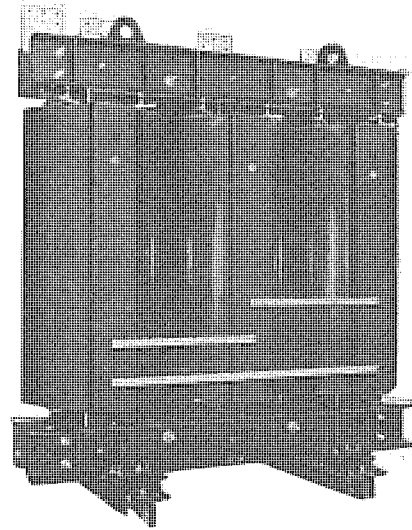


図 3. 2,500 kVA モールド変圧器

として、図 1. に示したような閉鎖配電盤に収納される場合と、変圧器のみの簡単な箱の中に入れられる場合とがある。

本体の構造は、図 2. に示すような内鉄形構造で、低圧コイルを内側に、高圧コイルを外側に巻くことが多い。コイルの構造は、円盤形連続巻線、円盤形高直列容量巻線、円筒巻線（小容量のものは断面が長方形）のいずれかで、電圧によって使い分けている。特に電圧の高い巻線には、円盤形高直列容量巻線を採用し、コイルの直列静電容量を大幅に増加させるとともに、コイルの端に静電板を配置して衝撃電圧侵入時の電位分布を改善し、絶縁耐力の向上を図っている。

鉄心とコイルとは、短絡時の電磁機械力、輸送中の振動等に対して十分に耐えられるよう強固な構造にしている。

3. モールド変圧器

三菱《キャストホーム》は、コイル導体まわりに、電気特性の高いエポキシ樹脂を高真空下で含浸させ、更にそのまわりに機械的強度の高いエポキシ樹脂を注型して同時に熱硬化（含浸同時注型方式）したもので、絶縁性・耐湿性・難燃性に優れたモールド変圧器である。現在、33kV クラス以下、10 MVA 程度まで製作している。

モールド変圧器は、H種乾式変圧器と同じようなところに使用されるが、すえ（据）付工事期間中の吸湿対策が不要である、ほこりが付着しても絶縁低下が少ない、コイルがエポキシ樹脂で注型されているのでインパルス電圧に対して優れた絶縁性を持っている、などのH種乾式変圧器には無い特長がある。ここでは、紙面の都合もあるので注型法とコイル構造、耐湿性と耐汚損性についてのみ述べる。

3.1 注型法とコイル構造

含浸同時注型法は、含浸方式と注型方式とのそれぞれの特長を生かして、より信頼性の高い製品を製作すべく当社で開発した注型方法である。コイル導体まわりにエポキシ樹脂を高真空下で含浸する含浸方式を採用することにより、シリカ充てん材を配合したエポキシ樹脂を注型する方式と比べて1.5～2倍の絶縁強度を得ることができる。更に、この含浸樹脂層の外表面に、充てん材を配合したエポキシ樹脂を注型することによって耐クラック性を向上させることができる。この注型樹脂層は、短絡機械力などの力に対する補強と、外気温度の変化、あるいは運転休止などによる温度変化に起因して発生する熱応力に対する補強の役割をする。

大容量の変圧器では、コイルの中に冷却ダクトを設けて冷却効果を上げる構造にしている。これにより、コイル内部と表面との温度差

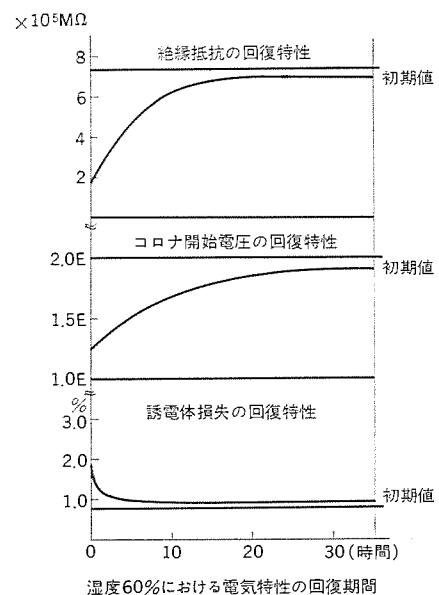


図 4. モールド変圧器の電気的特性の回復特性

が小さくなり、温度上昇によって生ずる熱ひずみをより小さくすることができる。また、冷却ダクトまわりには、高強度繊維質材料を必要厚さに入れて耐クラック性の向上を図り、変圧器を長期間使用するにあたって高い信頼性が得られるようにしている。図 3. に、製品の 1 例を示す。

3.2 耐湿性と耐汚損性

巻線は、エポキシ樹脂で包まれているので、吸湿による絶縁低下が少なく、湿気・じんあい・汚損に強い。約 20℃ の水に 24 時間浸し（漬）したときのエポキシ樹脂の吸水率の測定結果は、0.04% であり、かなり小さい値である。

また、22 kV クラスのモールド変圧器を使って耐湿性と耐汚損性の試験を行った。まず、高圧コイルの全表面に、塩分付着密度が 0.023 mg/cm² になるように、との粉を混合した塩水溶液を塗布し、相対湿度を 100% に保った密閉キュービクル内にこの変圧器を 48 時間放置する。次に、普通の屋内の状態（湿度 60%）にもどし、コロナ開始電圧・絶縁抵抗・tan δ の回復特性を測定した。

試験結果を図 4. に示す。コロナ開始電圧・絶縁抵抗・tan δ は、

いずれも 20 時間でほぼ初期値まで回復した。この実験結果から、モールド変圧器は耐湿性・耐汚損性に優れており、運転を長時間休止しても、コイルの除湿及び乾燥を行わないで使用できることが分かった。

4. ガス絶縁変圧器

ガス絶縁変圧器は、不燃性・非爆発性で、無毒・無臭の安全性の高い電気絶縁ガス (SF_6) を変圧器外箱内に密封した不燃性変圧器である。 SF_6 ガスは、開閉装置やガス絶縁変電所 (GIS) などに広く使用されている優れた電気絶縁用ガスである。ガス絶縁変圧器は、77 kV クラスまで製作可能であるので、特に従来の不燃性油入変圧器が使われていた特高受電用に適している。

4.1 特長

(1) 不燃性の程度が高い

不燃性・非爆発性のガスが封入されているので不燃度が高い。

(2) 屋内・屋外共に使用できる

(3) 据付作業が容易

油を取扱う必要がなく、ガスボンベから直接にホースで SF_6 ガスを封入すればよく、作業が簡単で清潔である。

(4) 運転・保守が簡便

密封構造であるので、外部の湿気やごみによって内部の電気絶縁が低下することがない。運転時の内部のガス圧は、 20°C で 0.5 気圧 (ゲージ圧) であるので、ガス漏れの心配は少なく、万一、ガス漏れによってガス圧が大気圧まで低下しても、常規運転ができるような絶縁設計にしてある。したがって、日常巡視点検時にガス圧力を監視する程度の保守点検でよい。

(5) 騒音を比較的小さくできる

変圧器の鉄心から発生する騒音は、変圧器の外箱を透過して外部に拡散されるが、油入変圧器のように油中を伝わってきた音をしゃ音する場合より、ガス中を伝わってきた音をしゃ音する場合のほうが、変圧器外箱のしゃ音率が優れているので、油入変圧器と比べて騒音が小さい。

4.2 製作範囲・構造

ガス絶縁変圧器は、絶縁性の優れた SF_6 ガスを使用されているので、77 kV クラスまで製作することができ、また SF_6 循環風冷式にすれ

ば、30 MVA 程度の容量まで製作することができる。

構造は、外箱内にガスが封入されていること以外は、油入変圧器と大差なく、図 5. にその 1 例を示す。

5. シリコン油入変圧器

変圧器に用いられる絶縁油には、防災面から不燃性又は難燃性のものが望ましく、表 3. に示す絶縁油が市販されている。シリコン油 (ポリジメチルシロキサン) は、これらのうちで一番広く使われているもので、車両用変圧器に、また海外では、受配電用変圧器に数多く使用されている。

5.1 特長

シリコン油の特長は、

(1) 鉱油と同程度の電気的特性と熱伝導性があること

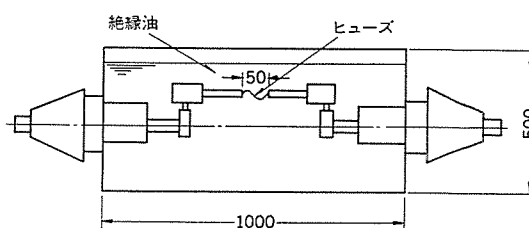
(2) 難燃性であること

絶縁油の難燃性の判別法には明確なものはないが、例えば JIS C 2101 (電気絶縁油試験法) によって難燃性とみなされ、また表 4. に示すように、大電流アークにさらした場合の燃焼性によっても示

表 3. 難燃性絶縁油

項目 \ 絶縁油	鉱油	シリコン油	アルキルナフタレン油	りん酸エステル油	フロン油
名 称	JIS 2 号油	KF 96-50	KIS-500	TXP	FC-75
比 重	0.889	0.960	0.955	1.121	1.760
引 火 点 ($^\circ\text{C}$)	130	310	150	215	不 燃
流 動 点 ($^\circ\text{C}$)	-27.5	-50	-37.5	-32	-93
粘 度 (30°C cst)	12	50	20.1	85.6	0.8
誘 電 率	2.14	2.72	2.46	5.59	1.94
$\tan \delta (80^\circ\text{C} \%)$	0.01	0.01	0.03	0.95	0.03
体 積 抵 抗 率 ($80^\circ\text{C} \Omega \cdot \text{cm}$)	1.5×10^{14}	1×10^{14}	4×10^{15}	5×10^{13}	1×10^{15}
破 壊 電 圧 (kV/2.5 mm)	70	50	60	51	54
難 燃 度 合	可 燃	難 燃	可 燃	難 燃	不 燃

表 4. 大電流アークによる燃焼性



試 料	電 圧 (kV)	電 流 (kA)	通 電 時 間 (秒)	電 極 間 距 寸 法 (mm)	油 中 深 さ (mm)	油 温 ($^\circ\text{C}$)	アーク 電 圧 (V)	燃 焼 状 況
鉱 油	26	20	10	50	50	100	725	飛散油が燃焼
シリコン油	26	20	10	50	50	148	725	燃えず
鉱 油	26	20	10	50	50	113	775	油が燃焼
シリコン油	26	20	10	50	50	178	646	燃えず

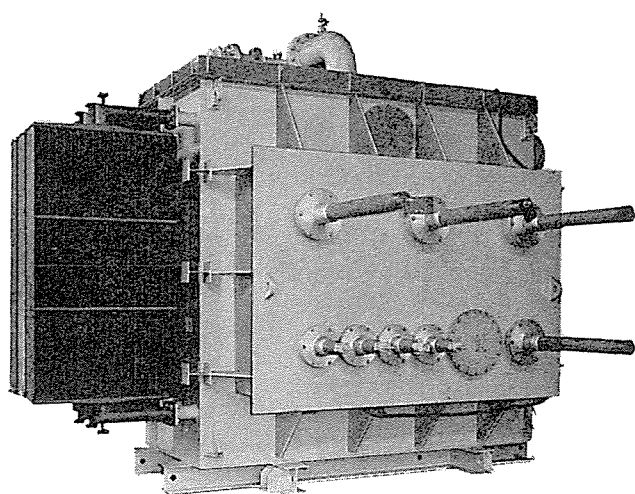


図 5. ガス絶縁変圧器
3 相 60 Hz 3,000 kVA 77 kV/3.3 kV 自冷式

され、油面上に生ずるシリカ(SiO₂)を主体にした白い固形物で油面が覆われ、燃焼しにくくなることが知られている。

(3) 無毒であること

(4) 耐熱性が優れていること

このシリコン油を使った変圧器の特長は、次の点である。

(1) 鉱油入変圧器と酷似

油が変わっただけと考えてもよいほど同じで、プッシング・温度計などの付属品も同様のものを使用できるので、簡便な難燃性変圧器である。

(2) 屋内・屋外共に使用できる

(3) 寒冷な所にも使用できる

流動点が-50°Cと低いので、寒冷な場所で使用できる。

5.2 製作範囲・構造

シリコン油の絶縁特性と冷却特性との良さから、77 kVで30 MVA程度まで製作可能である。

構造上、鉱油入変圧器と違う点は、シリコン油は非常に高価であるので、使用油量を少しでも減らすために節油形の外箱になることと、シリコン油は吸水性が高く、ガス溶解度が大きいことなどから密封形の外箱になることである。これ以外は、鉱油入変圧器とほとんど変わるところはない。

6. む す び

このような変圧器が必要とされる場所は、ビル・デパート・地下街・ホテル・劇場・病院／原子力・火力・水力発電所／鉄鋼プラント・化学プラント／食品工業・薬品工業／水処理場／地下鉄、及びトンネル内の変電所・駅舎／クレーン・船などである。このような場所にどのタイプの変圧器を採用するかについては、種々の考え方があるが、一般に次のように考えられる。

シリコン油入変圧器は、どの電圧クラスにも適用できるが、液体入りであるので、この処理対策が必要である。

シリコン油入変圧器が不適当な場合にどれにするかは、まず電圧と容量とに左右される。33 kVクラス以下、10 MVA程度まではH種又はモールド変圧器が使用でき、それを超えるとガス絶縁変圧器になる。H種とモールド変圧器は、耐電圧のレベル(特にインパルスレベル)が油入変圧器と異なるので、規格及び必要とされるレベルに注意を払う。現在では、BIL 150 kVまでが製作できる。ガス絶縁変圧器は、絶縁性の良いSF₆ガスが封入されているので、油入変圧器と同一レベルである。

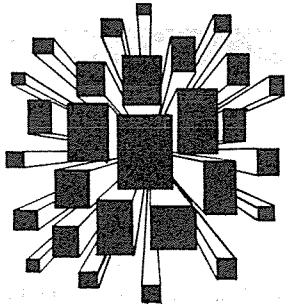
これらのほかに、法規、設置場所の環境、大きさ、美観、経済性などを加えて総合的に判断して決める。

なお、あまりに高電圧・大容量のもの(77 kV, 30 MVA程度を超えるもの)については、これらの変圧器を使うと非常に不経済になるので、設置場所・消火設備で対処するのが得策であろう。

変電設備の不燃化に役立つH種乾式変圧器・モールド変圧器・ガス絶縁変圧器・シリコン油入変圧器を、紙面の都合もあって簡単に紹介した。今後も、時代の要請に適合した変圧器の開発に心掛けていく所存である。

参 考 文 献

- (1) 福田ほか：三菱電機技報，41，No. 11，p. 1,365～1,369 (昭42)
- (2) 福田：電設工業，48年2月号 p. 60～70
- (3) 鶴田ほか：三菱電機技報，52，No. 2，p. 155～158 (昭53)
- (4) 伊奈ほか：モールド変圧器の汚損吸湿試験，昭和53年電気学会関西支部連合大会
- (5) 白井ほか：三菱電機技報，49，No. 9，p. 638～642 (昭50)
- (6) 白井：電気計算，44，No. 10，p. 13～16 (昭51)
- (7) 藤本ほか：電気計算，45，No. 10，p. 21～25 (昭52)
- (8) 桑原ほか：三菱電機技報，49，No. 3，p. 269～275 (昭50)



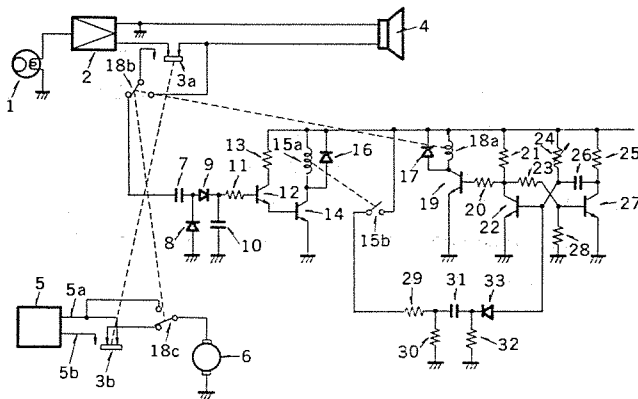
特許と新案

磁気録音再生装置のテープ走行制御装置 (実用新案 第1104815号)

考案者 光永佳正・福山敬治

この考案は、磁気トラックに録音された数曲の音楽の曲間の無録音状態を検出することによって、自動的に曲の最初を選択させるようにしたものである。

図において、ある曲目を選択しようとするとき、連動のスイッチ(3a)、(3b)を操作すると、(3a)の切換えにより、モータ(6)は高速駆動状態となり、同時に(3a)の切換えにより、再生増幅器(2)とスピーカー(4)は切断され再生音がなくなる。再生出力は、リレー接



点(18b)を通じてコンデンサ(7)から整流回路に送られ、直流電圧に変換される。このため、抵抗(11)を通してトランジスタ(12)のベース電流が流れ、トランジスタ(12)は導通状態となる。したがってトランジスタ(14)へベース電流が供給されることになり、トランジスタ(14)も導通状態となり、リレー(15a)に励磁電流が流れ、そのリレーの接点(15b)が閉じる。これにより抵抗(29)、(30)による分圧された電源電圧でコンデンサ(31)が充電される。このとき抵抗(32)の両端には正のパルスが得られるが、ダイオード(33)により阻止され単安定マルチバイブレータには何ら影響を与えない。

録音テープ(39)が曲と曲との間の無録音のところに来ると、再生増幅器(2)の出力がなくなるので、前記整流回路の出力直流電圧が得られなくなり、リレーコイル(15a)に電流が流れず接点(15b)は開放状態となる。この時抵抗(32)の両端に負のパルスが得られ、結局、リレーコイル(18a)に電流が流れ、リレー接点(18b)、(18c)が切換わる。したがって、モータ(6)は定速駆動の状態になり、曲の最初の部分から再生音を発生する。このときスイッチ(3a)、(3b)を操作し、もとの状態に復帰させれば、正常な再生状態を続ける。

以上のように、この考案は1つの磁気トラック中に含まれる曲目を、任意にかつ簡単に選択することができる。

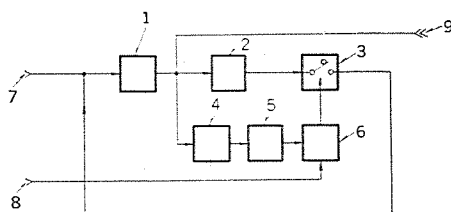
同期発振装置 (特許 第790535号)

発明者 田原清一・水野谷徹・田中安敏

この発明は、特に逆探知装置受信機における相手側レーダ送信周波数を探知する同期発振装置に関し、入力パルス変調波の励振によって高周波の入力波のキャリア周波数とほぼ等しい周波数で連続発振させることを目的とする。

図はこの発明の1実施例を示し(1)は補償増幅器、(2)は遅延線、(3)はスイッチ、(4)は検波器、(5)はビデオ増幅器、(6)は双安定マルチであり、上記補償増幅器(1)、遅延線(2)、スイッチ(3)で帰還回路が構成されている。

そしてかかる帰還回路において、入力端子(7)に入力される入力



波は帰還利得が1以上になるように補償増幅器(1)により増幅される。そして上記遅延線(2)はパルス変調された入力信号波(周波数 f_0)の最小パルス幅(τ_0)にほぼ等しい遅延時間(t_d)を有するように構成されている。

このように構成した帰還回路では、補償増幅器(1)により遅延線(2)及びスイッチ(3)の減衰を補償して帰還利得を1以上に行っているため、遅延線(2)の遅延時間(t_d)により定まる周波数($1/t_d$)の整数倍で、かつ入力パルス変調波のキャリア周波数(f_0)に最も近い周波数(f_0)で発振することになる。

更に、入力信号のパルス区間が過ぎても、スイッチ(3)が導通状態を保持しているために、その発振はパルス区間と同一の周波数で行われる。

このようにして得た発振出力は端子(9)より取り出され、この発振出力に基づいて入力パルス変調波のキャリア周波数を検知することができる。なお上記発振周波数は遅延線の遅延時間により定まるため、安定な周波数基準として利用することができる。

カム式リミットスイッチ装置 (実用新案 第1149598号)

考案者 久保田 寛

この考案は、2枚のカムを重ねて使用し、かつ常開接点と常閉接点の両方を持ったリミットスイッチを使用することによって、動作位置と動作範囲を任意に調整することができるカム式リミットスイッチである。

図1、図2に示すように、カム(1)はとつ部角度とおう部角度がほぼ半々すなわち約180°ずつになっており、そのような形状のカム2枚が重ねられてカム軸(2)に装置されている。ただし両者は相対

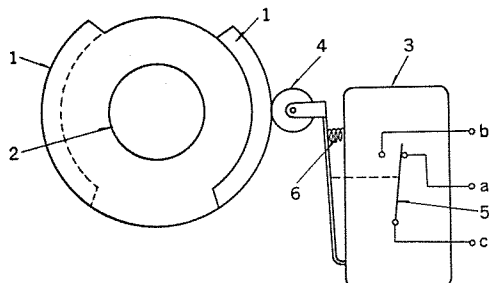


図1

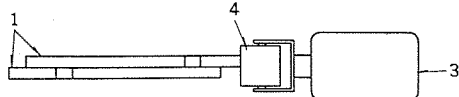


図2

的に回転し得るようになっている。図示のようにリミットスイッチ(3)のローラバー(4)がカム(1)のとつ部に当たっている状態では、ローラバー(4)とこれと機械的に連動している接点レバー(5)を右方に押しつけ、右方の接点を閉成し端子a-c間を閉成している。また、軸(2)が回転してローラバー(4)がカム(1)のとつ部から外れた時には、スプリング(6)の力によりローラバー(4)は左方へもどり、接点レバー(5)も左方へ移動して左方の接点を閉成し端子b-c間は閉成する。なお、端子aは常開接点端子、端子bは常閉接点端子である。

さて、本考案によるカムはとつ部角度とおう部角度がそれぞれ180°になったカムを2枚重ねてあるので、おう部角度は0°~180°の任意の角度に設定できる。また逆にいえばとつ部角度は180°~360°の任意の角度に設定できる。

したがって、もし0°~180°のある動作範囲が必要な場合には、端子b-cを、またもし180°~360°のある動作範囲が必要な場合には、端子a-cをというふうに使いわければ、動作範囲が0°~360°の任意の角度について、すべて同一形状のカムでよい。

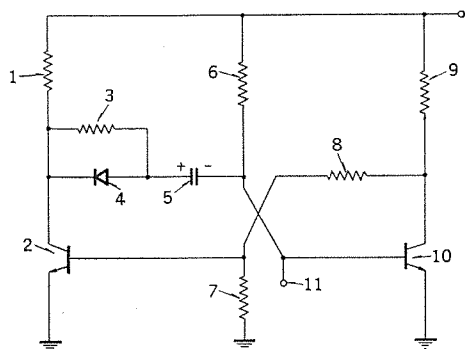
以上のように本考案によれば、数種類の異なった動作範囲に対しても、カムの形状が統一できるので、カムの標準化及び量産化が可能となり、原価低減及び工期短縮、現地調整等に大きく貢献することができる。

パルス幅制御装置 (実用新案 第1170731号)

考案者 才田 敏和

この考案は単安定マルチバイブレータの非安定時間を制御してその出力パルス幅を制御するパルス幅制御装置に関するものである。

図において、(1)、(3)、(6)、(7)、(8)、(9)は抵抗器、(2)、(10)はトランジスタ、(4)は抵抗器(3)に並列に接続されたダイオード、(5)はコンデンサである。ダイオード(4)は抵抗器(3)がコンデンサ(5)に対する充電時定数のみに関係し放電時定数に関係しないように設けたものである。(11)はトリガ信号が与えられるトリガ端子である。



このような構成の装置において、安定状態では、トランジスタ(2)はシャ断、トランジスタ(10)は導通状態にあるので、コンデンサ(5)は抵抗器(1)、(3)を介して図示の極性に充電される。一方、単安定マルチバイブレータがトリガされて非安定状態にあるときは、トランジスタ(2)は導通、トランジスタ(10)はシャ断状態となり、抵抗器(6)を流れる電流はトランジスタ(10)のベースに与えられずコンデンサ(5)の放電電流となる。

単安定マルチバイブレータの非安定時間は、ほぼコンデンサ(5)の放電時間で与えられる。しかるに非安定時間に放電される電荷は安定期間にコンデンサ(5)に蓄積された電荷である。

したがって、抵抗器(3)により充電時定数を大きく設定して、トリガ信号の発生時からコンデンサ(5)が満充電されるまでの時間をトリガ周期より大きく選定しておけば、コンデンサ(5)の充電進行中(満充電に達していない期間中)でトリガ信号が到来し、単安定マルチバイブレータは非安定状態となる。故にトリガ周期が変化するとコンデンサ(5)の充電電荷量も変化し、非安定時間がトリガ周期に応じて変化するようになり、簡単な構成で単安定マルチバイブレータの出力パルス幅を変化させることができる。

《MELCOM》350-50 A2100システムコンポーネントプロセッサ(SCP)

長沢一嘉*・波多野保*・村木克己*・香取和之*・河合一洋*

1. ま え が き

工業用計算機システムの応用分野は、低成長時代を迎えて省資源、省力の観点よりますます拡大しているが、計算機ハードウェア技術の著しい進歩に比して、計算機システム技術、ソフトウェア技術の効率化についてはまだ決定的なものがなく、人件費の上昇とともに深刻な問題となりつつある。

工業用計算機システムは、歴史的にデジタル制御を目的とした制御用計算機システムより発展してきたこと、またその発展時期がハードウェアのOEM販売を主体とした汎用ミニコンピュータの成長期と同時期にあったため、中央処理装置に汎用ミニコンピュータを採用したシステムが多く発表された。

システム規模の拡大、機能向上とともにミニコンピュータの性能も向上してきたが、ソフトウェアについてはいわゆる上位互換性を持たせるとい程度の配慮で成長を続けてきた。このため必ずしも上位機と下位機とがソフトウェア生産性面、保守性面より見て経済的、効率的にシステム機能を分担するようになっていないシステムが多く見られるようになった。

一方、LSI技術、自動設計技術(CAD)、及びマイクロプログラム技術の発達、従来のIC主体に構成されていたミニコンピュータ技術にインパクトを与えつつあり、カスタムLSI化によるハードウェアの量産が中心となる従来からのOEM販売指向とは別に、汎用LSI、リードオンリーメモリなどを組合せることにより応用指向の専用プロセッサを経済的に実現する道が開かれつつある。

当社では《MELCOM》350-50工業用計算機システム(M-50と略す)の高性能プロセッサとしてA2400/A2300プロセッサを発表し、各方面に使用されているが、A2400/A2300の下位に位置し、上位機のソフトウェア体系を活用し、生産性・保守性に優れたシステムを顧客に提供するために、ビットスライスLSIとファームウェア技術を利用したシステムコンポーネントプロセッサA2100(SCPと略す)を開発、製品化した。

2. 開 発 思 想

システム開発の効率化、ソフトウェア生産性、保守性の向上を実現するために以下に述べるような思想に基づいて開発した。

- (1) システム開発、ソフトウェア生産、保守の効率化と経済性を最も重視し、上位機M-50 A2400/A2300で開発した高位言語、準ベシックソフトウェアをすべて適用可能とした。
- (2) ソフトウェアの生産性、保守性の見地から、小形機ではあるが命令数(130種)、メモリのリケーション機能、リアルタイム機能など上位機と同等程度の機能を持たせた。また浮動小数点演算機構を標準装備とし、アナログデータの演算などに対しても十分な精度を確保するようにした。
- (3) システムコンポーネントとして高速多量のデータの処理に耐えられること、またマシンインタフェースとして不可欠な高密度プロセスディスブ

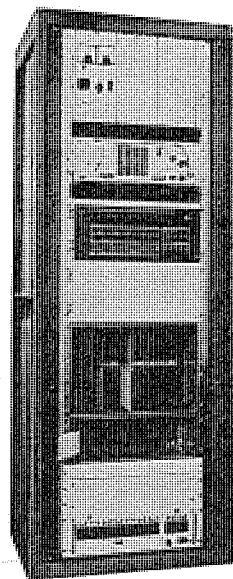


図 1. 《MELCOM》350-50 A2100 SCP

レーなどに対しても上位機をそん色のないサービスを行えるようにするため、主メモリ128K語、コモンメモリ128K語、4M語までの固定ヘッドディスク装置など大容量のメモリが使用できるようにした。

(4) 上位機の結合に対しては、M-50シリーズ間だけでなく、IBM 370など他機種との通信回線接続など多様な結合ができ、また上位機からのダイレクトローディング機能、サポートソフトウェアによる上位機でのソフトウェア開発、保守を可能とした。

(5) RAS機能については、上位機A2400/A2300では固定故障だけでなく瞬時故障に対しても再試行機能を充実し、ノンストップ運転時間の増大をはかったが、SCPについてはコンポーネントプロセッサとしてのシステム規模、ハードウェア量を考えて簡潔なRAS機能とし、万一の故障時にはカードベースの交換により迅速な復旧を可能とした。またシステム運転上は大容量メモリによりデータ回復、故障までのデータ解析を容易に行うことができるようにした。

(6) 入出力チャンネルは上位機と互換性を持たせ、SIAチャンネルに単能化し、ハードウェアの単純化をはかり、また入出力制御装置、プロセッサ入出力装置は上位機と互換性を持たせた。

(7) 実装の融通性と耐環境性を重視した構造とした。

3. ハードウェアシステム

概略システム構成を図2.に、仕様を表1.に示す。

3.1 A2100処理装置(CPU)

(1) ビットスライスマイクロプロセッサ/マイクロシーケンサ、及びPROMなどの汎用LSI、高実装多層基板の採用、自動設計技術(CAD)などによる高性能、小形な処理装置である。図3.にCPUカード、図4.にメモ리카ードを示す。

* コンピュータシステム工場

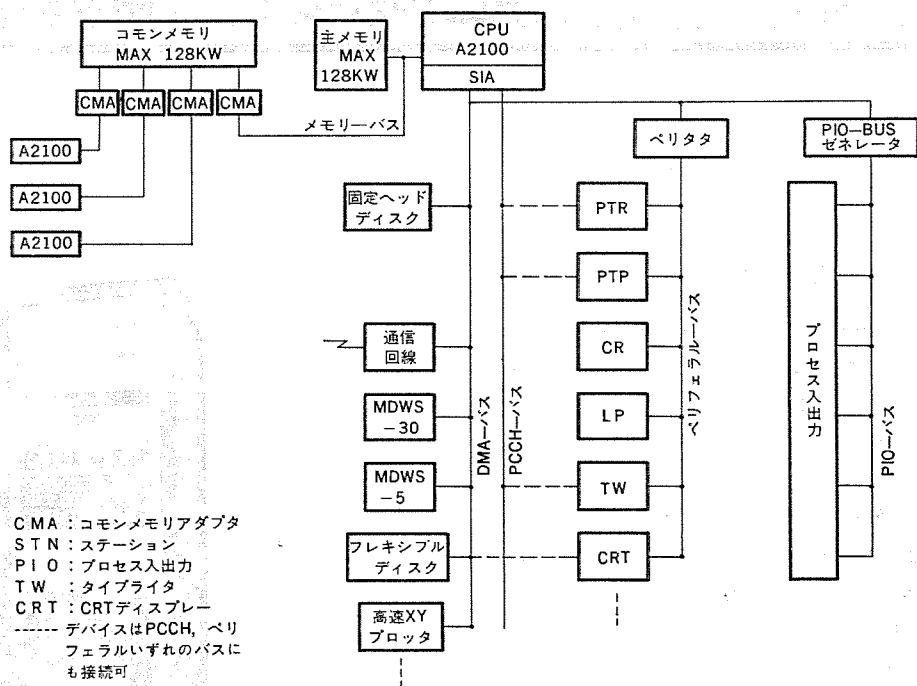


図 2. SCP ハードウェア システム 概略構成図

表 1. A 2100 SCP 仕様

中央処理装置		入出力チャンネル	
制 御 方 式	マイクロプログラム制御	プログラム制御	4~25 K 語/秒
命 令 語 長	1, 2, 3 語	ダイレクトメモリアクセス	1.1 M 語/秒
命 令 数	130 種	リアルタイム機能 (標準装備)	
アドレス方式	バウンダリ/リロケーション方式 (直接, 相対, インデックス, 間接)	システムタイマ, ウォッチドグタイマ (WDT)	
汎用レジスタ	10	外部接点割込, 特権命令チェック	
加 減 算 (単 長, 固 定)	1.2 μ s	アドレスサーチ, 不正アドレスチェック	
乗 算 (単 長, 固 定)	9.45 μ s	不正命令チェック, ブランチトレース	
加 減 算 (単 長, 浮 動)	13.95 μ s	IPL (AUTO/REMOTE)	
乗 算 (単 長, 浮 動)	20.6 μ s	コモンメモリ	
主記憶装置		記 憶 素 子	MOS IC
記 憶 素 子	MOS IC	サイクルタイム	600 ns/2 バイト
サイクルタイム	600 ns/2 バイト	語 長	16 ビット+1 パリティビット
語 長	16 ビット+1 パリティビット	容 量	32~128 K 語
主メモリ容量	32~128 K 語	メモリ保護	1 K 語単位, 書込み保護
メモリ保護	1 K 語単位, 書込み保護	接 続	4 台の CPU から共有可能
停電対策	バッテリー (オプション)	停 電 対 策	バッテリー (オプション)
割込機能		装 置 条 件	
割込制御優先レベル	7 レベル	外 形	480 W×450 D×400 H mm
最大要因数	7×16 サブレベル	周囲温度, 湿度	0~40°C, 20~80 % RH
		AC 入力電源	AC 100V \pm 15 %

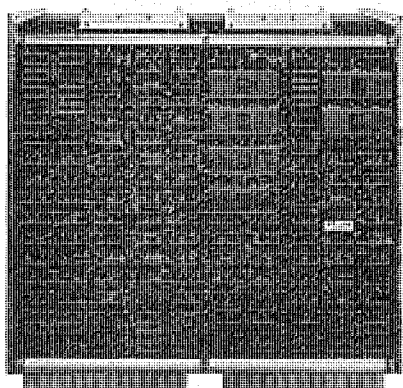


図 3. CPU カード

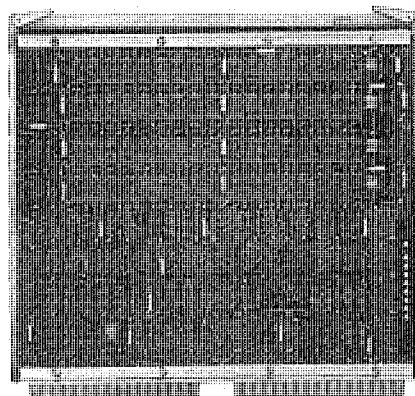


図 4. 主記憶カード (64 K 語実装)

(2) 命令は上位機 A 2400/A 2300 と上位方向への互換性を持ち、命令形式は 4 種 (RR, RS, RI, RX)、命令数は 130 種と豊富である。

(3) アドレス方式はバウンダリ/リロケーション方式を採用し、ダイナミックリロケーション機能により多数のプログラムの効率的運転が可能である。

3.2 主記憶装置

(1) サイクルタイム 600 ns, 16 K ビット MOS-IC メモリの採用により小形化と低消費電力化をはかり、また 1 ビット誤り検出 (パリティチェック) と、パリティ時の読出し再試行により高信頼化をはかった。

(2) アドレス空間は 256 K 語であり、128 K 語までのコモンメモリを接続することができ、コモンメモリによるマルチコンピュータシステムにより並列処理による処理能力の向上、また同一処理多重化により高信頼度化などをはかることができる。

(3) 記憶保護機能は 1 K 語単位のキーロック方式であり、1 K 語単位で実アドレス空間 256 K 語までの保護が可能である。

3.3 リアルタイム機能

前述の記憶保護機能の外に、特権命令チェック、アドレスサーチ機能、ランチトレース機能、システムタイマ機能、ウォッチドグタイマ機能、エマゼンシ出力機能、オートリスタート機能などのリアルタイム機能を標準装備している。

3.4 入出力チャンネル、入出力制御装置

入出力チャンネルは上位機 A 2400/A 2300 と共通チャンネルである SI A チャンネルに単能化し、ハードウェアの単純化をはかった。入出力制御装置はマイクロプロセッサの採用によるインテリジェント化、統一インタフェース方式により CPU 負荷の軽減、ソフトウェア生産性向上をはかっている。

3.5 周辺機器、プロセス入出力

周辺機器については高性能のものから軽負荷用のものまでシリーズ化し、プロセス入出力についても重負荷・標準・軽負荷シリーズをそろえ、用途に応じた最適な選択をすることができる。

3.6 実装、構造

コンポーネントプロセッサとして小形化と耐環境性に重点を置くと同時に、オンサイトにおける変更・拡張に対し融通性を持つ実装、構造としている。

(1) CPU カード配置は、OEM 指向のミニコンピュータがそれ自体の小形化のために採用している水平配置方式を取らず、入出力制御装置、プロセス入出力と統一した垂直配置とし、また CPU と電源を熱的に分離するなど、架組込状態における実装効率向上、及び冷却効率の向上、じんあい付着防止などの耐環境性向上をはかっている。

(2) 変更、拡張はカード又は JIS パネル寸法のシャーシの変更、追加で可能であり、特にペリフェラル多重制御装置接続の制御装置、及びプロセス入出力カードは通電カードそう (挿) 抜が可能であり、拡張が容易であると同時にオンライン保守性向上をはかっている。

(3) 主メモリ専用システムにおいては、CPU シャーシに入出力制御装置を実装でき、1 架構成でプロセス入出力を含んだシステムを構成することができる。キャビネットへの実装例を図 5. に示す。また三菱データウエーシステムによる広域分散システムにおいて、小規模のプロセス入出力点数を有するシステムなどでは図 6. に示すようにオペレータズコンソール内に CPU 及び PIO シャーシを実装することができる。

4. ソフトウェアシステム

M-50 のソフトウェアシステムは、オペレーティングシステム (OS と略す) と、

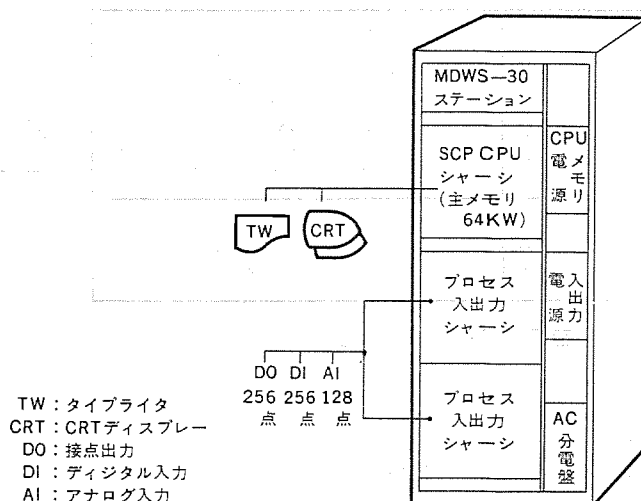


図 5. SCP システム 構成例 (キャビネット実装)

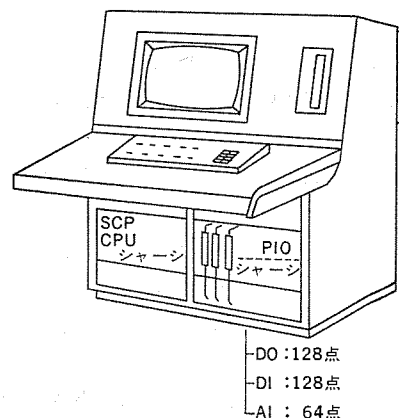


図 6. SCP システム 構成例 (オペレータズコンソール実装)

いわゆる標準ソフトウェアと呼ばれる基本応用ソフトウェアを有し、SCP はこれら M-50 のソフトウェアの財産をすべて流用できることを最重要視して、命令の互換性ととも OS のユーザインタフェースの互換性をも実現させている。その上、SCP はフロントエンドプロセッサとしても、上位 M-50 や他社計算機 (例えば IBM) とデータウエーや通信回線を介して結合し、階層システムを構成し、上位でのプログラム開発、ダイレクトローディング、エラー解析及び保守ができる。

4.1 ソフトウェアシステムの特長

SCP のソフトウェアシステムは、M-50 の OS として実績のある TSOS (Time Sharing Operating System) をそのまま継承しており、オンラインリアルタイム専用処理、又はオンライン/バッチ併行処理のいずれにも使用でき、次のような特長をもっている。

- (1) コンパクトで高速応答性のある主メモリ専用の TSOS-C を備えている。
- (2) 上位 M-50 と全く互換性のあるディスク形 OS で、主メモリ 128 KW まで制御できる TSOS-D を備えている。
- (3) M-50 の高位言語がすべて使用できる。
- (4) ユーザプログラムの開発の負担を軽減できる M-50 の基本応用ソフトウェアを使用できる。
- (5) 各 OS 間でアプリケーションプログラムの互換性を有する。
- (6) データウエーや通信回線により階層システムを構成し、システムの機能・負荷の分散がはかれるとともに、ソフトウェアの開発・保守を容

M-50オペレーティングシステム	TSOS	A2400/A2300	TSOS-R 主メモリ形OS
			TSOS コンパクト形OS
			TSOS-E 拡張形OS
			TSOS-M マルチシステム形OS
	A2100		TSOS-C 主メモリ形OS
			TSOS-D ディスク形OS

図 7. M-50 オペレーティング システム レポートリー

易にできる。

(7) ソフトウェアの生産性・保守性をサポートするOSのサービスプログラムが豊富である。

4.2 オペレーティングシステム

SCPのOSであるTSOSは、図7.に示すようなレポートリーを有して、各応用システムに適したものを選択できる。TSOS-Cは、主メモリ専用のOSでコンパクトで高速応答性を備えており、DDC制御及び入出力装置の多いシステムのフロントエンドプロセッサとして適している。また、TSOS-DはリケーションレジスタをもつSCPの特長を生かして、プログラムの主メモリへのローディングにアドレスを全く意識しなくてよいM-50と同等のフリーエリアスケジュール方式を実現しており、ユーザの設計・製作を容易にするとともに、128 KWまでの主メモリ管理、エリアの完全分離方式によるオンラインリアルタイム/バッチ併行処理、優先タスク制御によるダイナミックなローインアウト処理、1 KW単位のキー/ロック方式による4モードの書き込み保護のサポートなどの中形機並の機能を備えている。

4.3 言語システム

SCPでは、プログラムの実行モジュール構造がM-50と同じにしてあるため、M-50で開発された言語システムをすべて使用できる。すなわち、マクロアセンブラのほかに、コンパイラとして制御用FORTRAN“CONFORM”、ANS規格のPL/I形制御用言語“ESPRIT”とそのソースレベルでのデバッグツール“SOLDA”が開発されている。また、これらの言語を含むM-50のユーティリティ全体をIBM 370上でサポートできるホストプロセッシングが使用できるので、先行開発・保守が容易となる。図8.に言語システム構成を示す。

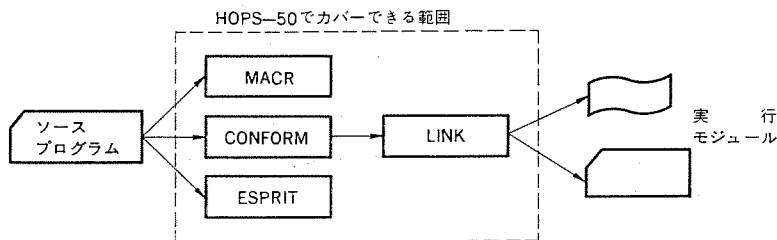
4.4 基本応用ソフトウェアパッケージ

M-50のソフトウェアシステムでは、ユーザの開発を軽減するため、OSとユーザプログラムの間げき(隙)を埋める各種の基本応用ソフトウェアパッケージを用意している。詳細は、参考文献(2)に譲るが、ユーザはシステムに応じて任意にこれらのパッケージを組み込むことができるようになっている。

5. 分散形ネットワークソフトウェアシステム

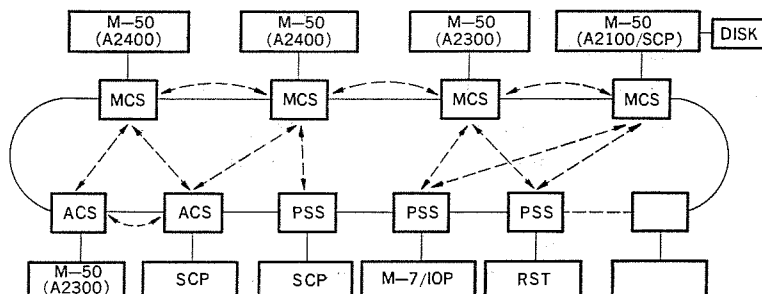
制御対象の広域化によるシステムの分散と集中化が促進されつつあるが、当社では三菱データエーモデル30(MDWS-30)を開発し、かつサポートソフトウェアとして分散形ネットワークソフトウェアシステム(DNSS: Distributed Network Software System)を開発した。ハードウェア構成を図9.に、ソフトウェア構成を図10.に示す。

DNSSは、以下の特長をもっている。



注) MACR : MACRo Assembler
CONFORM : translator for basic industrial CONTROL FORMula
ESPRIT : ESential PRograming language for Industrial Tool
LINK : LINKage editor
HOPS-50 : HOst Processing System-50 on IBM370

図 8. 言語 システム 構成



注) MCS : Master Computer Station
ACS : Active Station
PSS : Passive Station
RST : Remote Station
M-7 : MELCOM350-7
IOP : IOプロセッサ

図 9. 分散形 ネットワーク システム の ハードウェア 構成

MCSとACSは、任意のステーションと通信が可能であり、MCSは特にダイレクトローディング/バックアップシステムを構成する。PSSはそれ自身送信権はないが、MCS又はACSに割込みを入れるか、要求を受けて通信ができる。

- (1) マスタのコンピュータのタスクは、自系内やSCPを問わず、入出力装置の接続先を意識せずに入出力サポートができる。
- (2) ダイレクトローディングの機能が充実している。SCPにディスクが付いていない場合、SCPのプログラムをM-50のディスクファイルに登録しておき、M-50又はSCPのどちらからでもワンタッチでIPLができる。SCPの異常発生時は、SCPの主メモリイメージをM-50のディスクにスキャンアウトしてからダイレクトロードすることもできる。スキャンアウトデータは、エラーダンプリングにより解析することができる。
- (3) 各コンピュータ間のデータ伝送量は、任意に設定できる。
- (4) ネットワーク内の各コンピュータの主メモリは、各タスクで自由にファイルとしてアクセスすることができる。
- (5) システムタイプライタのないSCPでは、エラー情報をメッセージマクロを介して、M-50のタイプライタに出力できる。

6. 応用システム

6.1 MDWS-30による分散形システムのフロントエンドプロセッサ

図11.に構成例を示す。データエー上にサブステーションを配置し、SCPは上位計算機のコンポーネントプロセッサとして、データの収集、加工及びDDC制御を行い、重要データは上位に送信する機能を持っている。このシステムのプログラム管理はすべて上位のM-50/A2400で行わ

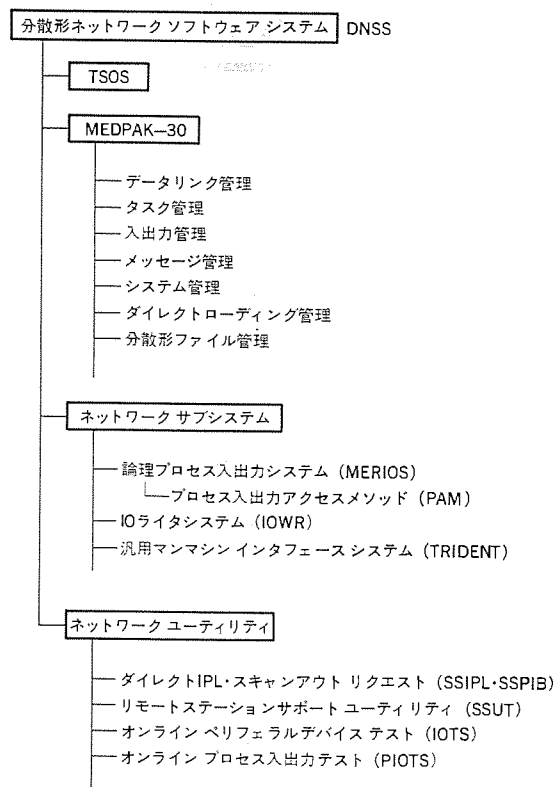


図 10. 分散形ネットワークシステムのソフトウェア構成

れ、SCP のプログラム作成、保守のためのアセンブル/リンケージエディットなどでは上位の OS の機能を用いて行っている。ダイレクトローディングは上位、下位いずれからも可能であり、特に下位の重故障による自動 IPL 時には、主メモリ内容をすべて上位補助記憶にスキャンアウトしてから IPL が実行されるので、故障解析を容易に行うことができる。

6.2 主メモリ専用スタンドアロンシステム

データウエーによる接続なしのスタンドアロンシステムとしても SCP は十分な性能をもち、標準装備の浮動小数点演算機能による演算処理システムや小規模のプラント監視システムなどを経済的に実現することができる。

6.3 ディスク付システム

上位 M-50 と同等の機能を持つ TSOS-D と豊富な準ベシックソフトウェア、及び広範なレパートリーをもつ周辺機器、プロセス入出力になり、中小規模のシステムを構成することができる。

これらスタンドアロンシステムは当初からトータル管理を求めず各拠点にスタンドアロンとしてシステムを構成していき、最終的には上位に M-50/A 2400/A 2300 を配置したトータル管理システムにまで拡張す

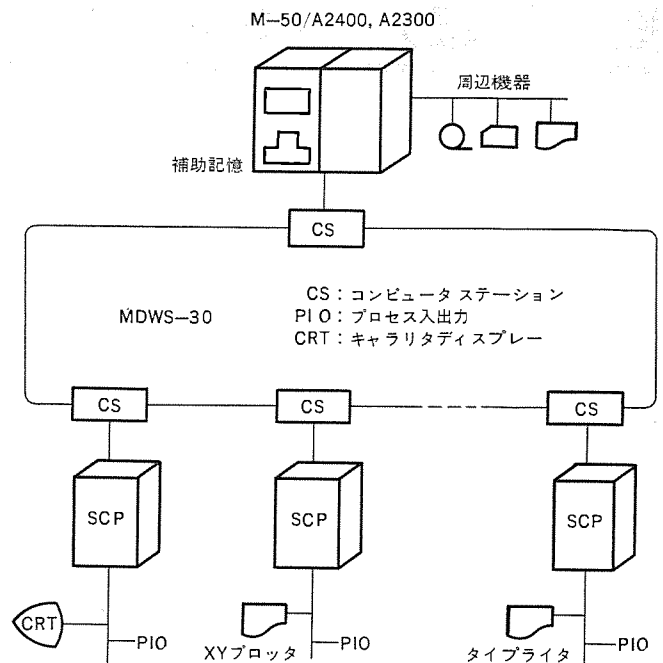


図 11. 応用システム構成例

ることが可能である。

7. む す び

システム開発におけるソフトウェアの生産性向上、効率化、及びシステムの広域分散化に適したハードウェア及びサポートソフトウェアの充実という顧客の要求に答える目的で、M-50 システムのシステムコンポーネントとして、最近の LSI 技術、ファームウェア技術を利用して、A 2100 形システムコンポーネントプロセッサが開発、製品化された。今後は、データウエーを含め、更にハードウェア、ソフトウェア面での性能向上を図り、工業用計算機システムを使用される顧客のシステム開発、ソフトウェア生産性がより効率的、経済的に行われるよう努力していきたい。

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) 紺田ほか:ソフトウェア生産性と《MELCOM》350-50 ソフトウェアシステム, 三菱電機技報, 52, No. 3 (昭 53)
- (3) 春原ほか:《MELCOM》350-50 工業用計算機高位言語システム, 三菱電機技報, 52, No. 3 (昭 53)
- (4) 池田ほか:制御用コンピュータにおけるデータウエー, 三菱電機技報, 51, No. 6 (昭 52)

医療情報データベースシステム《MELCOM-MUMPS》

出口博章*・武田浩良*・峰崎秀生*・古家俊幸*・和田雄次**

1. ま え が き

MUMPS (Massachusetts General Hospital Utility Multi-Programming System) は、複雑なデータを処理するために開発された高水準の会話形コンピュータ言語を持つプログラミングシステムである。マサチューセッツ総合病院で1967年に研究が開始されてからわずか数年で急速な発展を遂げ知名度を高めた背景には、《MUMPS》が、コンピュータ専門外のだれにでも容易に理解できる簡易言語と、文字操作やファイル処理の簡便性を持ち合わせたシステムであることがあげられる。医療機関のように多部門の多くの人達が膨大なデータを取扱う分野では、《MUMPS》を利用することによって最適な医療情報のシステム化が実現できる。今日、日本の医療分野においても《MUMPS》の普及度は著しく高く、大病院を中心に数多くの需要が見込まれている。

当社では、多くの医療部門にコンピュータシステムを提供して来たが、ユーザ各位の意見を反映させて、今回情報処理振興事業協会 (IPA) から委託開発システム名「ミニコンオンラインデータベースシステム」として開発の委託を受け、《MELCOM》70 ミニコンピュータによる《MUMPS》(《MELCOM-MUMPS》)を開発した。本稿では《MELCOM-MUMPS》の紹介を兼ね、その概要、特色、技術方式について論ずる。特に2章ではシステムの概要と構造について、3章では言語の特徴とプログラミングについて、4章ではファイルの特徴と構造について述べる。

2. システム構成

《MELCOM-MUMPS》は、高性能ミニコン《MELCOM》70を基礎に、医療情報システムの多分野に適用し得る会話形データ処理システムである。図1.に《MELCOM-MUMPS》のシステム構成例を示す。ディスプレイ端末は医療事務や臨床検査等の各部所に配置され、事務員や医師によって操作される。これらの端末から送られて来たデータは、中央処理装置で解析処理され、高速ディスク上に蓄えられる。一方端末からの要求により、必要なデータがディスクから取り出され中央処理装置上で編集されて端末に表示される。ディスク上に格納され

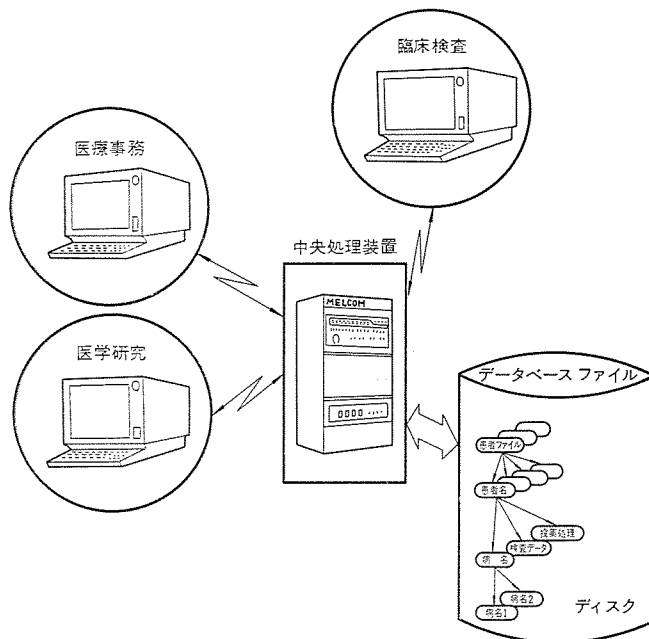


図1. 《MELCOM-MUMPS》概要

たデータは、要求に高速応答できるようツリー構造で管理される。また、これらのデータ処理に対しては《MUMPS》言語が使われ、コンピュータとエンドユーザ間でインタプリティブに会話処理される。

2.1 システムの特徴

《MELCOM-MUMPS》には、以下の特長がある。

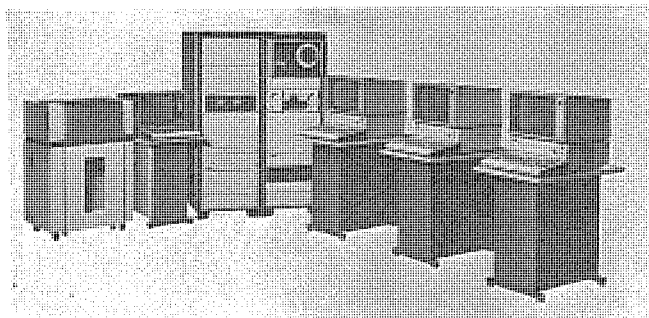
- (1) 《MUMPS》言語は、《MUMPS》開発委員会 (MDC) の標準に準拠しているのではありません(汎)用性をもっている。また、完全な高級会話形言語であるため、エンドユーザによるプログラムの開発、変更、デバッグ及び実行が容易にできる。
- (2) 高速大容量ディスク(10~400メガバイト)を使用したダイナミックなツリー構造のファイル制御により、高速データ処理を実現している。
- (3) マルチユーザを対象としたTSS機能により、センタ及び遠隔地の複数のユーザが、同時に1つのコンピュータシステムを有効利用できる。また、これらのユーザに対しては豊富な入出力機器がサポートされている。
- (4) プログラム、データ、機器など、システムリソースの有効利用により、コンパクトで効率の良い医療情報システムの実現を可能にしている。

2.2 ハードウェア構成

《MELCOM-MUMPS》は、主記憶容量: 32 K 語、ディスク: 10 MB、端末: 1台より構成可能で、主記憶容量: 128 K 語、ディスク: 400 MB、端末: 64台まで拡張できる。また図1.以外にも、多くの入出力機器が接続できる。

2.3 ソフトウェア構成

《MELCOM-MUMPS》を構成しているソフトウェアは、モニタ、インタプリタ及びデータベース管理の3大要素が中心で、これにマクロ、テーブル、



《MELCOM-MUMPS》システム

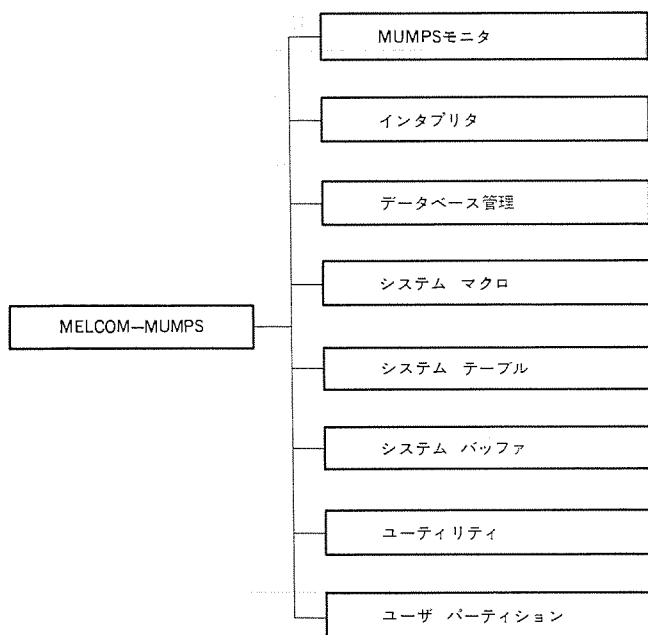


図 2. 《MELCOM-MUMPS》基本構成要素

バッファ及びユーティリティ等の各要素が付加されてシステム全体を構成している。図 2. に《MUMPS》を構成している基本要素を示し、以下に機能の説明を行う。

(1) 《MUMPS》モニタ

システム全体の流れの制御を行い、インタプリタやデータベース管理の処理に必要な機能（TSS、入出力制御、割込み制御等）の提供を行う。

(2) インタプリタ

《MUMPS》言語の解説、実行及び端末ユーザに対するログオン処理を制御する。解説制御、実行制御、パーティション管理、ログオン制御の 4 つの機能から構成される。

(3) データベース管理

グローバルファイル制御を統括する。変数の生成、更新、削除、プログラムのロード、バッファ管理及びディスク管理を行う。

(4) システムマクロ

モニタとインタプリタ、データベースの中間に位置し、両者のインタフェースをとる。マクロ機能として、情報伝達、プロセス制御、入出力制御、ロールイン/アウトがある。

(5) システムテーブル

《MUMPS》を管理するすべてのテーブルの集合体である。テーブルには、プロセス制御テーブル（時間監視、スケジューリング、タスク管理）、入出力機器制御テーブル、実行制御テーブル（UCI（ユーザクラス識別）管理、パーティション管理、データベース管理）等が存在する。

(6) システムバッファ

《MUMPS》の制御に必要なすべてのバッファをいう。入出力データバッファ、データベースバッファ、ブロッキング・デブロッキングバッファ等がある。

(7) ユーティリティ

システム管理者だけが使用できるシステムユーティリティと一般利用者が使用できるライブラリユーティリティの 2 種類から成り、日付けの設定、システムスタートアップ、シャットダウン、グローバル表示、システム生成等の機能を持つ。

(8) ユーザパーティション

ユーザプログラムの実行領域で、実行プログラムの存在するプログラムバッ

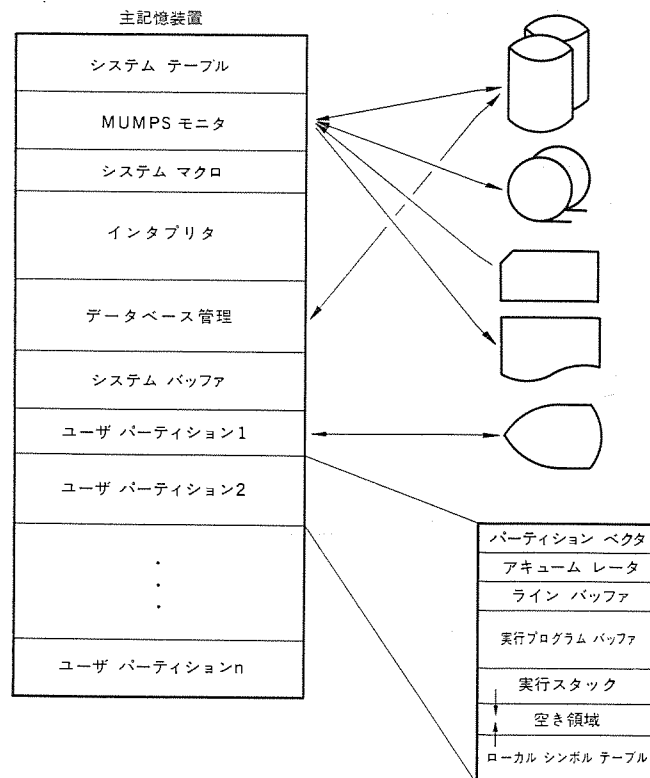


図 3. 主記憶上の構成

ファや、実行に要するスタック領域等から構成される。実行プログラムは、インタプリタによって解析され実行される。

以上の《MUMPS》を構成している基本要素は、《MELCOM》70 の主記憶領域上に、図 3. のように構築される。

2. 4 システム動作

図 4. は、《MELCOM-MUMPS》の基本動作を示したものである。

(1) エンドユーザである端末からログオンを行うと、モニタはインタプリタを起動する。

(2) インタプリタは、1つのパーティションを割当て、エンドユーザに対して《MUMPS》言語の入力を要求する。

(3) 端末から入力されて来た言語は、そのままのコードでパーティション内に保持され、インタプリタが端末からの入力完了時点でこれを解析し、実行する。

(4) 必要に応じて、データベース管理に対しグローバルファイル処理を要求し、ディスク上に書出しを行う。

(5) 逆に、グローバルファイルの読み込みも行う。モニタはインタプリタやデータベースから出される論理要求に対し、入出力装置を対象にした物理的処理を行う。

(6) ユーザが1つのジョブを終了すると、インタプリタはログオフ処理を行い端末とパーティションを切り離す。また、端末とパーティションを解放する。

(7) 複数のユーザが《MUMPS》を同時に利用する場合は、モニタによって時分割スケジューリングがなされ、各ユーザ（パーティション）は均等サービスされる。

3. 《MELCOM-MUMPS》言語

《MELCOM-MUMPS》言語は、MDC が定めた標準《MUMPS》の言語仕様に準拠している。

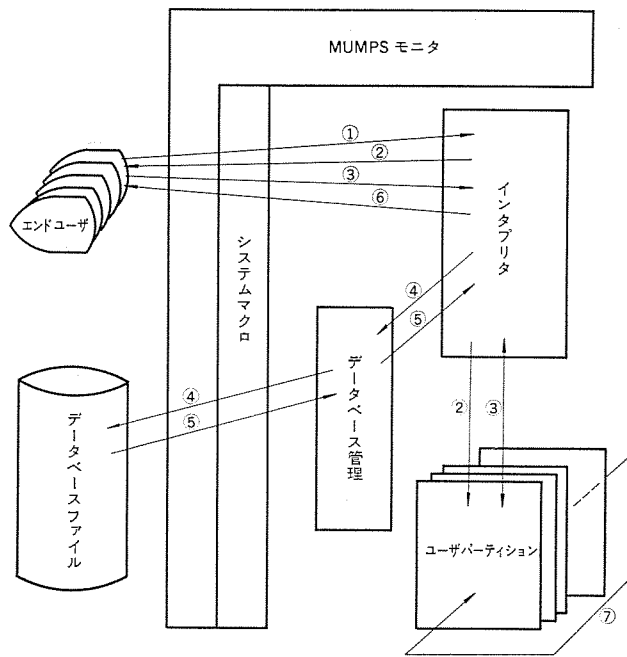


図 4. 《MELCOM-MUMPS》の基本動作

3.1 言語の特長

《MELCOM-MUMPS》プログラムの実例を図 5 に示す。図のプログラム例からも分かるように、《MELCOM-MUMPS》言語は自然言語に似たコマンドから成るインタプリタ言語であり、以下の特長を持っている。

- (1) 自然言語に似たコマンド、関数、特殊変数を中心とした明快な構文を持つプログラミング言語である。(表 1. 参照)
- (2) 会話形プログラミングを目的とするエンドユーザ言語であるので、各種業務担当の人が自分でシステムを作成できる。
- (3) オンラインインタプリタ言語であるので、プログラムの逐次解釈と即時実行により直ちに応答を返すことができる。
- (4) 会話形式の言語であり、更に直接モードと間接モードの 2 つの

表 1. 主な《MELCOM-MUMPS》言語のコマンドと関数

コマンド	機 能	関 数	機 能
SET	変数の生成, 更新	\$NEXT	次に大きい添字値の抽出
KILL	変数の削除	\$EXTRACT	指定文字位置の文字列の抽出
DO	ルーチンの実行	\$FIND	指定文字列の文字位置の抽出
FOR	繰り返し実行	\$LENGTH	文字列のけた数の抽出
IF	条件付き実行制御	\$PIECE	区切り子で区分した文字列の抽出
OPEN	デバイスの占有	\$ASCII	文字の数値への変換
CLOSE	デバイスの解放	\$CHAR	数値の文字への変換
READ	データの入力	\$DATA	データ形式の抽出
WRITE	データの出力	\$SELECT	真となる論理式の決定
FILE	プログラムのファイル化	\$TEXT	指定ステップ番号をもつプログラムラインの抽出
LOAD	プログラムのロード	\$VIEW	指定番地の主記憶装置の内容の読み込み

実行モードを持っているので、プログラムの作成、修正、デバッグを効率よく行うことができる。

更に、言語そのものに以下の機能を持たせている。

- (1) コマンド、関数名、特殊変数名の短縮表現が可能である。
- (2) 優れた文字列処理機能と論理処理機能が用意されている。
- (3) 文字列と数値の融合した処理が可能である。
- (4) 変数は宣言自由形式である。
- (5) 変数にはローカル変数とグローバル変数の 2 種類があり、変数名の先頭に“^”印を付けるとグローバル変数となる。
- (6) グローバル変数はツリー構造をしており、オンラインによる生成、参照、更新、削除が容易である。
- (7) プログラムのファイル化が容易である。

3.2 プログラミングの方法

《MELCOM-MUMPS》言語を用いてプログラミングするとき、適切な実行モードを選択することが重要である。端末装置からプログラムを打込みながら、デバッグしたり、簡単な計算やグローバル変数へのアクセスを行うには直接モードが適している。

一方、プログラムをファイル化したり、逆にファイル化されているプログラムをロードし、実行させるには間接モードが適している。

以下に主要な機能のプログラミングにつ

```

1.1 W 1. "ROOT TABLE" = 1.2 RELEASE VALUE (F,T)9.1.1
1.2 S F=$P(F,T,"^",1)+1.3 T=$P(F,T,"^",2) D 3.0 3.0 W 4.740,"ROOT TABLE",1.1.1
1.3 F 1.0:1.39 W 7.1+1.10.1
1.4 W 1.1 F 1.0:1.39 W 7.1+1.10.1 F 1.0:1.39 W 7.1+1.10.1 F 1.0:1.39 W 7.1+1.10.1
EDF

```

ROOT TABLE 1										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	1	1	1.41	1.73	2	2.23	2.44	2.64	2.82	3
10	3.16	3.31	3.45	3.6	3.74	3.87	4	4.12	4.24	4.35
20	4.47	4.58	4.69	4.79	4.89	5	5.09	5.19	5.29	5.38
30	5.47	5.56	5.65	5.74	5.83	5.91	6	6.06	6.16	6.24
40	6.32	6.4	6.48	6.55	6.63	6.71	6.78	6.85	6.92	7
50	7.07	7.14	7.21	7.28	7.34	7.41	7.48	7.54	7.61	7.68
60	7.74	7.81	7.87	7.93	8	8.06	8.12	8.18	8.24	8.3
70	8.36	8.42	8.48	8.54	8.6	8.66	8.71	8.77	8.83	8.88
80	8.94	9	9.05	9.11	9.16	9.21	9.27	9.32	9.38	9.43
90	9.48	9.53	9.59	9.64	9.69	9.74	9.79	9.84	9.89	9.94
100	10	10.04	10.09	10.14	10.19	10.24	10.29	10.34	10.39	10.44

図 5. 《MELCOM-MUMPS》プログラムの例

```

1.1 SET A=10      → ローカル変数Aに10を代入する
1.2 SET A(1,1)=5  → ローカル変数 A(1,1)に5を代入する
1.3 SET ^G(2)=1   → グローバル変数 ^G(2)に1を代入する
EOP

```

図 6. SET コマンドの実例

```

1.1 SET A=23456
1.2 SET B=A?5N      パターン照合
EOP

```

→ ローカル変数Aが5けたの数字データであるか否かをチェックする

A=23456
B=-0.01 → Aが23456であるので、パターン照合の結果は真(-0.01)となる

```

1.1 SET TEXT="ABCDEFGHJKLMN"
1.2 WRITE !,$EXTRACT(TEXT,2)
EOP

```

→ 文字列の変数TEXTの第2文字の抽出

B ←

```

1.1 SET TEXT="ABCDEFGHJKLMN"
1.2 WRITE !,$FIND(TEXT,"C")
EOP

```

→ 文字列変数TEXT内の文字"C"の次の文字位置の抽出

4 ←

図 7. 文字列処理の実例

```

1.1 SET J=3
1.2 SET A(1)="Y(I)=J*I"
1.3 SET A(2)="Z(I)=J/I"
1.4 FOR I=1:1:2 SET @A(I)
EOP

```

→ 間接構文

A =
(1)=Y(I)=J*I → 間接構文の第1回目の実行内容
(2)=Z(I)=J/I → " 第2回目の実行内容
I =2
J =3
Y =
(1)=3
Z =
(2)=1.5

} 実行結果

図 8. 間接構文を用いたプログラムの例

```

1.1 DO 4      WRITE !, "RETURN"      メインルーチン
4.1 WRITE !, "BRANCH"
4.2 QUIT
EOP

```

→ サブルーチン(ルーチン4)のコールとリターン

BRANCH → サブルーチン(ルーチン4)の実行結果
RETURN → メインルーチンへリターンしたときの実行結果

図 9. サブルーチンの呼出しともどり

いて述べる。

(1) 変数の自由宣言

変数は事前に、その名前や属性(データの形式や長さ)を宣言する必要はない。図 6. に SET コマンドを用いて、ローカル変数やグローバル変数に数値を代入する例を示す。

(2) コマンド、関数名、特殊変数名の短縮表現

コマンド、関数名、特殊変数名は、その先頭の1文字に短縮することができるので、プログラムサイズをより小さくすることができる。例えば、コマンド“SET”は“S”に省略することができる。

(3) 文字列の処理

文字列処理用の演算子や関数が豊富に用意されている。別々の文字列を1つに連結したり、文字列を指定された間隔に区切ったり、またある特定の文字や文字列が現れた箇所を任意に分解する処理が容易である。図 7. に文字列のパターン照合、文字列の抽出、文字位置の抽出のプログラム例を示す。

(4) ネイキッドシンタックス

フルシンタックスを用いて、グローバル変数をアクセスしたときは必ずディレクトリブロックから探索が開始される。しかし、ネイキッドシンタックスを用いるならば、最後にアクセスされたブロックのレベルから探索が開始されるので、ファイルへのアクセス時間が大幅に減少する利点がある。

(5) 間接構文

間接構文の技法を利用することにより、データのプログラム化やプログラムのデータ化ができる。図 8. に、変数にプログラムを文字列データとして代入し、間接構文を利用してデータをプログラムとして実行させる例を示す。間接構文を利用すると高等なプログラミングも可能であるが、プログラムの内容が作成者以外には非常に理解しにくくなるので注意しなければならない。

(6) プログラムのサブルーチン化

ひん繁に使われるルーチンはサブルーチン化しておくとう便利である。このサブルーチン化には、DO コマンドと QUIT コマンドが用いられる。図 9. の例では、DO コマンドで指定されたルーチン4がサブルーチンとして実行され、QUIT コマンドに出会うとメインルーチンにリターンすることが示されている。

(7) 後付け条件を用いた実行制御

コマンドやアークギュメントの後に条件式(後付け条件)を指定することにより、その実行を制御することができる。

4. 《MELCOM-MUMPS》ファイル

《MELCOM-MUMPS》ファイルの主要構成要素は、グローバルファイル、プログラムファイル、ビットマップファイルである。以下に、このシステムで採用したファイルの構造とその実現法について述べる。

4.1 ファイルの構造

ファイルは論理的な単位(論理ユニット)に分割されており、更に1つの論理ユニットはグローバルファイル、プログラムファイル、ビットマップファイルに分割されている。こうしたファイルはすべて複数のブロックに分割されている。

(1) 論理ユニット

ファイルは複数個の論理ユニットから構成されているので、個々の論理ユニットごとに効率的なスペース管理が行われている。1つの論理ユニットは1つのビットマップファイル、複数個のグローバルファイルとプログラムファイルから構成されている。

(2) グローバルファイル

1つのUCIのもとで閉じている構造単位であり、多数のグローバルディレクトリブロックとグローバルデータブロックから成る。グローバルファイルは、例えば図 10. のようにレベル付けされたツリー構造をしている。レベルが等しいブロックは後続ポイントによりチェーンされ、一方レベルが異なるブロックはダウンポイントにチェーンされて、ファイルに格納される。

(3) プログラムファイル

グローバルファイルと同様な構造(ただし、ツリー構造は2レベルである)

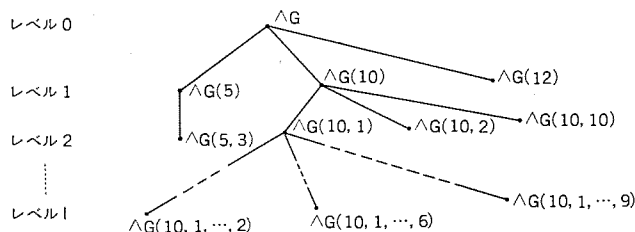


図 10. グローバルファイルのツリー構造

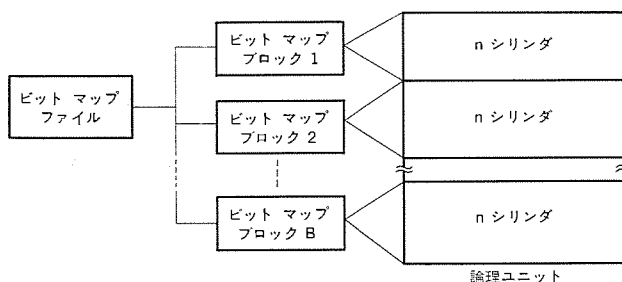


図 11. ビットマップファイルの構成

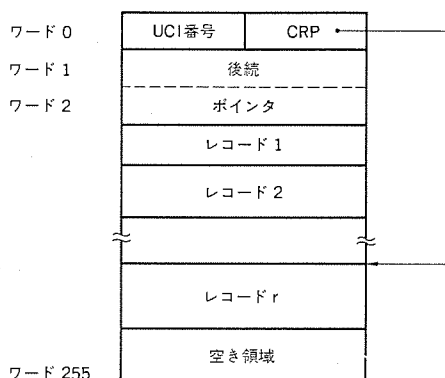


図 12. ブロック構造

をしている。

(4) ビットマップファイル

複数個のビットマップブロックから成り、該当論理ユニット内の全ブロックの利用状況を管理する。図 11. に示すように、1つのビットマップブロックは n シリンダ (n は整数) 内の全ブロックを管理する。

(5) ブロック

ブロックは、図 12. に示すように 256 ワードの固定長であり、UCI 番号、最終レコードポインタ CRP、データレコードから構成されている。データレコードは変数名 (添字)、データの形式と長さ、ダウンポインタ、データ値などから成る。

4.2 ファイルの実現法

《MELCOM-MUMPS》ファイルはアクセス効率を高めるために、ブロック配置方法やバッファ管理に種々の工夫がなされており、またデータ

の安全を保証するための手段も講じられている。

以下にその実現方法について述べる。

(1) ブロックの配置方法

ブロックの配置方法には次のような工夫がなされている。チェーンする次のブロックの位置を予測するために、ディスクの回転待ちやシークの時間を考慮する。例えばブロック A からブロック B へチェーンするとき、そのチェーン処理時間と回転待ち時間 (シリンダを横切るときはシーク時間を加える) が同期するように、ブロック A から回転とは逆向きに数ブロック先のブロックがチェーンの対象 (すなわち、ブロック B) として決定される。

(2) バッファ管理

バッファはシステムエリアにプールされており、そのサイズはブロックサイズの整数倍である。バッファの中のブロックにはその内容に応じた優先順位が与えられ、それは最新アクセスブロック、そのヘッダブロック、ディレクトリブロック、高レベルのグローバルブロック、低レベルのグローバルブロック、プログラムブロックの順に低くなる。バッファはこの優先順位に基づいて管理され、優先順位の高いブロックのほうがより長時間バッファに保存される。したがってバッファがすべてふさがっている時は、最も優先順位の低いバッファが解放されて、その内容が置き換わる。

(3) データの安全性

グローバルファイルやプログラムファイルは UCI 単位に管理されているので、異なる UCI を持つ利用者からはアクセスされない。更に、グローバル変数やプログラムはアクセス許可コードを指定されるので、その内容の機密が保護される。

5. む す び

本稿では我々の開発した《MELCOM-MUMPS》の概要を限られた紙面の許す範囲で述べた。《MUMPS》は医療業務における窓口会計業務、病歴管理、患者カルテ管理、検査データ管理、薬剤管理等に利用されている。医療に限らず一般のオンラインデータ処理、例えばホテル予約管理、工場在庫管理、伝票発行/管理、研究所データ収集等への利用が大いに期待される。今後の我々の課題としては言語仕様拡張、標準化へのフォローと性能上でのシステム構築法の改良が掲げられる。性能、特にファイルアクセスでの性能を問題とする時、高度のデータ構造の導入や種々のアクセス法の導入によって生じる効率管理能力の低下、最適アクセス法選定の複雑化、システム部での規模増大は防がねばならない。ユーザ各位の有益な助言を基に今後の改良を進めたい。

最後に開発作業に協力、助言をいただいた各位に感謝する。

参 考 文 献

- (1) A. I. Wasserman and D. D. Sherertz : Implementation of the MUMPS Language Standards
- (2) 若井ほか訳 : 標準 マンプス 言語 マニュアル, コロナ社 (昭和 52 年)

FF式石油ガス化給湯機と冷暖房給湯システム

野間口有*・西 敦義**・牛越 諒**・桑沢宏康**

1. ま え が き

三菱石油気化式温風暖房機石油《クリーンヒーター》の出現で石油燃焼のイメージは大きく変わった。従来の石油燃焼機器はすすとにおいのイメージがあり、バーナでは低周波の振動音による騒音があった。石油《クリーンヒーター》は石油を気化して空気と予混合して完全燃焼させる技術の確立によってクリーンな燃焼を可能とし、熱利用効率の面でも、運転音の面でも大幅な技術革新がなされている。この技術に応用した貯湯式給湯機“FF式石油ガス化給湯機”CB-200形を開発した。

湯は豊かな家庭生活には不可欠のものであり、今後その必要性はますます増大する傾向である。我が国では従来よりガス・石油・深夜電力等を熱源とするいろいろな給湯機が使われている。ガス瞬間湯沸器は設置と使用の簡便さで、石油給湯機はランニングコストの面で、また深夜電力利用電気温水器は安全性と低騒音の点が特長である。新開発のCB-200形給湯機は前述の燃焼方式により従来の石油給湯機を上回る経済性・簡易設置性、深夜電力利用電気温水器と同等の安全性とそれに近い低騒音で、かつ貯湯式による便益性を兼ねそなえたものである。

以下この新方式の給湯機並びにこれを含めた家庭冷暖房給湯システムについて述べる。

2. FF式石油ガス化給湯機CB-200形

この給湯機の仕様は表1.のとおりである。この特長として、

- (1) 石油《クリーンヒーター》技術を応用したFF式バーナにより高熱効率で、かつ低騒音である。煙突工事不要である。
- (2) 保温措置を十分施した貯湯式で、比較的小容量のバーナ(6,000

kcal/h)を用い、時間をかけ効率的に湯を作る。湯量(85°C, 200 l)は平均的家庭では十分であり、かつ自動追だき(焚)式である。

(3) フェイルセーフの安全措置が施されている。

2.1 構 成

構成は図2.のようである。円筒形のシンプルな形状で、上部の貯湯そう(槽)とその底部球面形の鏡板で囲まれた形で下部に位置するバーナ装置部よりなる。燃焼用空気は燃焼用送風機によって外部より給排気トップ・給気ホースを経て燃焼室に導入され、排気ガスは燃焼室より低い位置にある排気口より直径50 mmの排気パイプ・給排気トップを経て外部に排出される、いわゆるFF式(Forced Flue System)である。出湯はタンク上部より、また給水はタンク下部より行い、水道圧による押上方式の先止め式である。

(1) バーナ装置

バーナ装置は、灯油を気化し1次空気と混合するいわゆる気化予混合室、安定な予混合炎をつくるためのバーナヘッド、火炎検知等のセーフティデバイスからなっている。気化予混合室において、電磁ポンプにより供給管の先端から吐出される灯油は、1次空気により吹き飛ばされ微粒子となって1次空気とともに熱板に衝突する。そのため熱板上における灯油のガス濃度の濃い部分の層が極めて薄くなり気化に要する時間は極めて短縮される。このことは、点・消火時の歯切れのよい燃料供給の制御につながり、点・消火の際に排出されて臭気の原因になる不燃成分の低減をはたすことができる。点火時の気化燃料の供給率を単純化して示したのが図4.である。図に示すように、過渡期において時間(t)に対する燃料気化率(dF/dt)の変化 $d^2F/dt^2=a$ (一定)とすると、気化率が点火可能レベルに達する時間(τ)は

$$\tau = (1/a) (dF/dt)_{criti.}$$

表 1. FF式石油ガス化給湯機CB-200形仕様

貯湯量(l)		200	バーナ形式		ガス化式スリットバーナ
能 力	熱入力(kcal/h)	6,000	安 全 装 置 及 び 機 能 部 品	湯温調節	ディスク形サーモスタット 85°C OFF 65°C ON
	灯油消費量(l/h)	0.728		過熱防止(湯温)	ディスク形サーモスタット 95°C OFF 手動復帰形
	給湯出力(kcal/h)	5,100		燃焼器過熱防止	ディスク形サーモスタット 95°C OFF 手動復帰形
	加熱効率(%)	85		燃焼器異常過熱防止	温度ヒューズ 150°C OFF
	沸上り時間15°C→85°C	2時間 45分		火災検知	フレイムロッド+IC回路
	運転音	35 ホン		点火安全装置	風圧スイッチ
電 気 特 性	電 源	AC 100 V 50/60 Hz	機 能 部 品	停電時安全装置	停電時燃料シャ断式
	消費電力	点火時 550(W) 燃焼時 24/25		対震自動消火装置	落球式燃料シャ断形 100~170 cal 動作
缶 体 構 造	缶体容量(l)	200	機 能 部 品	燃焼用送風機	2段ターボファン 2極コンデンサモータ
	缶内面仕上	グラスライニング処理		給油装置	電磁ポンプ+オイルレベラー
	缶体防食	外部電源防食法 (白金めっきチタン線φ1.6)		油タンク	別置タンク(別売り)
	伝熱面積(m ²)	0.32		重 量	100 kg
造	配管接続径(A)	20(PT3/4)	大 き さ		直径 690 mm 高さ 1,412 mm
	最高使用圧力(kg/cm ²)	1.0	壁貫通穴径		65 mm
	缶体試験圧力(kg/cm ²)	17.5			
保温効率(%)		90%以上 (沸上り後13時間放置)			

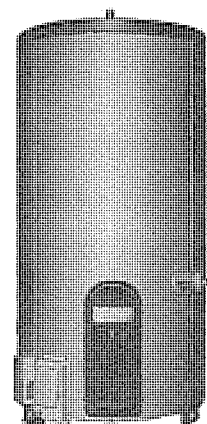


図 1. CB-200 形外観

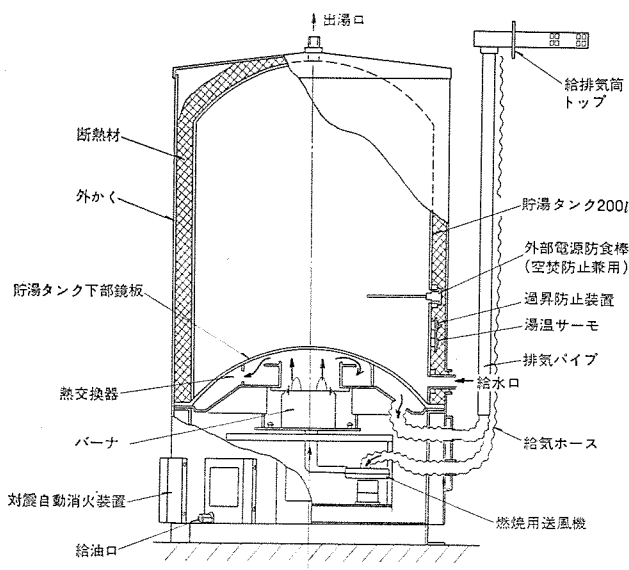


図 2. CB-200 形構造図

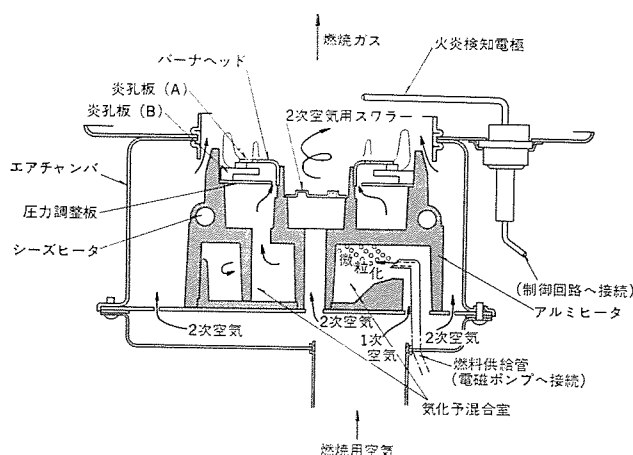


図 3. CB-200 形燃焼機構

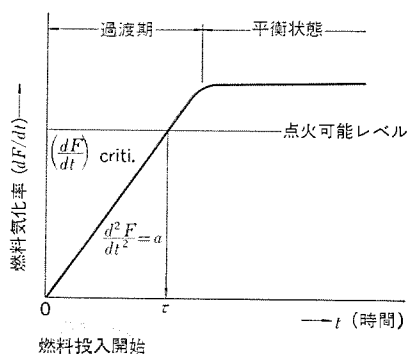


図 4. 点火時の気化燃料供給率

この時間までに投入された燃料の総量は、

$$\int_0^t F dt = (1/6a^2) (dF/dt)_{\text{criti.}}$$

となる。これは、点火に際して排出される不燃成分の量である。この量を低減するためには、過渡期における気化燃料の増加率をあげることが効果的であることが分かる。さて、1次空気の量は、予混合炎の全域で、炭素原子数と酸素原子数との比 $[C]/[O]$ が

$$[C]/[O] \leq 0.5$$

になるように設定されている。この条件は灯油の火炎から黄炎を完全に除去し、すすの生成を完全に抑えるために必要である。バーナ

ッドは、灯油予混合炎の リフト、バックファイア に十分な耐力をもつように設計され、また燃料の気化に必要な熱を燃焼熱より得るために都合がよい構造となっている。したがって燃料の気化に要する熱量は、燃焼中はほとんどすべて燃焼熱より得られ電力は予熱時に必要とされるだけである。

現在、石油給湯機用 バーナ として最も広く使用されている ガンタイプの バーナ では、灯油はおよそ 7 気圧の高圧で ノズル から噴出され直径およそ 100 ミクロンの微粒子となって燃焼空間に供給される。灯油の微粒子は火炎中で、火炎から加熱され気化蒸発して周囲の空気と混合し燃焼する。燃料の気化と、空気との混合、燃焼の 3 つのプロセスが同じ空間で行われるということは、燃焼機構が簡単明瞭のように一見都合の良いことのように思われるが、さきに述べた炭素、酸素の原子数比 $[C]/[O]$ は ガンタイプの バーナの 燃焼空間では大幅に分布し特に火炎中では 0.5 < の領域が多く、火炎のすす生成や CO (一酸化炭素)・HC (未燃炭化水素) の排出濃度の点で、気化・混合・燃焼のプロセスが分離され、お互いに干渉することなく常に所定の機能を発揮することができる気化予混合バーナに比肩できない。

(2) 熱交換器

貯湯タンクの下部鏡板で、バーナを上から取り囲むような球面形状と関係位置をもつ熱交換器は、比較的小出力のバーナとのつり合いにおいて十分な熱交換面積を有しており、85%の高い熱交換効率をもつ。このシンプルな構造は材料の耐熱応力性並びにグラスライニングの寿命に好結果をもたらしている。

(3) シーケンス 回路

シーケンス 回路を図 5. に示す。

- 貯湯タンクに満水し、電源プラグをコンセントに差し込めば、防食回路 (外部電源防食棒) が働き、防食ランプが点灯する。
- 対震自動消火装置をセットし、点火スイッチを投入すると確認ランプが点灯する。
- 気化ヒータの予熱が開始され、所定の気化面温度に達すると、ヒータサーモがこれを検知して C 接点は H から L に切換わる。この時、燃焼用送風機が回転し、リレー X_2 が動作して接点 X_{2-1} を閉じる。
- 燃焼用送風機始動後、数秒経過すると風圧スイッチが NO から NC に切換わり、点火トランス及び電磁ポンプが動作する。この間数秒間がプレバース時間となる。
- 正特性サーミスタを用いたタイマ PT は通電後一定時間で接点 X_{T-1} と X_{T-2} を OFF し、一方燃焼検知装置は炎の導電性を利用して、リレー接点 X_{F-DI} を ON する。所定時間内に点火しない場合には X_1 , X_2 回路は OFF となり、燃料供給停止となる。また燃焼途中、何らかの原因で失火した場合は燃焼検知装置が働き X_{F-DI} , X_1 , X_2 が OFF となり、燃料供給停止する。
- 消火動作は、貯湯タンク側面下部に取付けられている湯温サーモにより 85°C に湯温が達すると消火する。また給湯により湯温サーモが 65°C 以下になったとき、燃焼を再開する。

(4) 安全装置

前述の対震自動消火装置・燃焼検知装置のほか、温度過昇防止装置・空焚防止装置がある。いずれも異常に際しては、これをす速く検知して気化部への燃料の供給を停止し燃焼を停止させる。すべて自動復帰しない機構であるが、停電時だけ例外で、再通電とともに湯温サーモの動作により燃焼を再開する。

上記安全機能のうち空焚き防止は外部電源防食棒が兼用される。

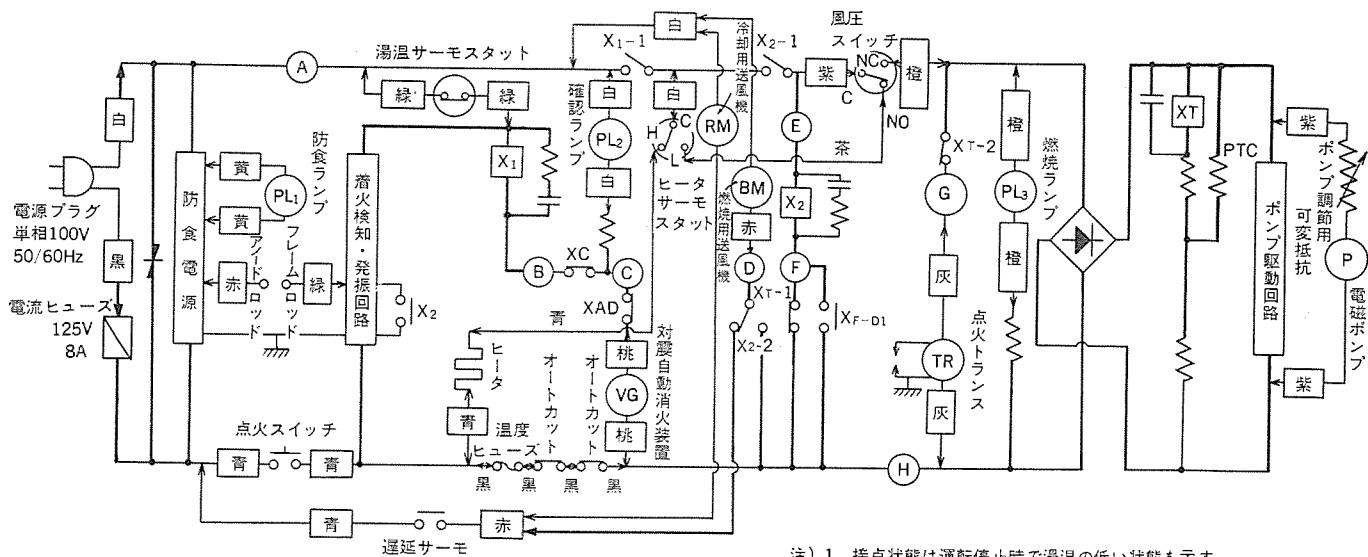


図 5. CB-200 形 シーケンス 回路図

- 注) 1. 接点状態は運転停止時で湯温の低い状態を示す。
 2. □ は基板上接続のリード線 (色) を示す。
 3. 一基板内配線、→ 端子接続、— はリード線
 4. 図中のC, H, L, NC, NOはスイッチに書かれている表示。

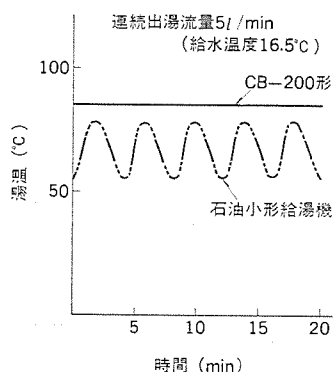


図 6. 連続出湯性能

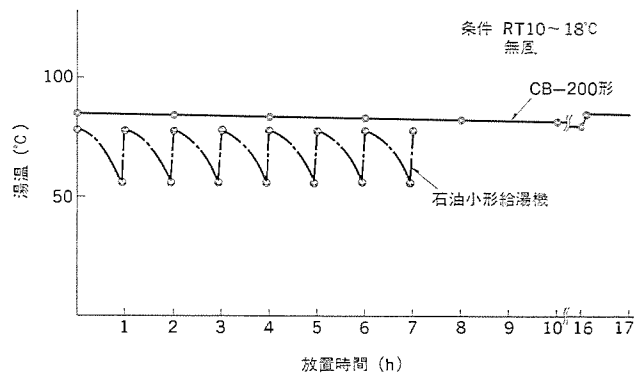


図 7. 保温 特 性

白金めっきしたチタン線電極に DC + 3 V の電圧を印加し、これが貯湯に浸し (漬) している時はそれを経てゼロ電位のタンク壁に微小防食電流が流れるが、貯湯のない場合 (空焚き状態) では電流が流れない。これを検知して動作する。

(5) 貯湯タンク

85°C, 200 l の容量をもつ貯湯タンクは 2.3~3.2 mm 厚鋼板よりなるシンプルな円筒形状で、溶接箇所も極力少なくしており、水道法で定められた 17.5 kg/cm² の圧力に耐え、水道直結が可能である。

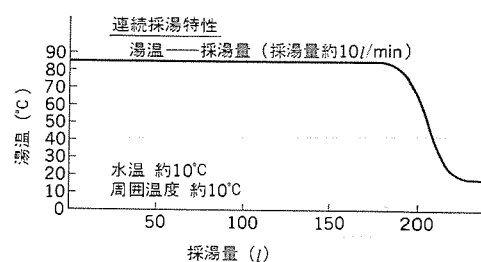


図 8. 連続採湯特性

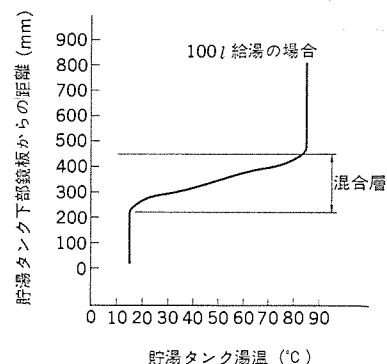


図 9. 貯湯タンク内湯温分布

また、内面は耐熱水熱性のグラスライニング処理を施し、更に外部電源防食装置により万全の防食措置を行っている。また外周部はガラス繊維の断熱材で保温されている。

2.2 給湯特性

(1) 湯温の変動が少ない

200 l 貯湯タンクを設けているため、湯温は常に安定し、シャワーをはじめ、少湯量のときでも、膚に適温の湯が得られる。これに対し、ガン式バーナを採用し貯湯量を最少におさえ、瞬間性を具備した石油小形給湯機においては湯を使う速度と、水から湯になる時間が不均等のため、少湯量時に出湯温度差が 10~25°C と大きく変化し、快適な給湯が得にくい。(図 6. 参照)

(2) 保温力が優れている。(図 7. 保温特性参照)

使用しない夜間とか外出時、85℃の湯を200ℓのままで13時間放置しても湯温の低下はほとんどない。これはタンク回りに保温材としてグラスウール50mmで十分断熱をしていることと、更にFF式燃焼構造をとっているため煙突がいらず、自然放熱がないためである。ガン式バーナを用いた石油小形給湯機は煙突が必要なため、煙突のドラフト効果により冷気の流れが発生して放熱するため、CB-200形に比べ、5～6倍の放熱量となっている。このことは、燃焼効率の差とともに維持費の差としてあらわれている。

(3) 湯切れのない自動追焚きができる

貯湯式の問題点として「湯切れ」があるが、CB-200形は、湯温サーモと連動して、給湯分の補充給水による水温低下を検知して燃焼を自動的に再開し、常に85℃、200ℓの湯が蓄えられるよう動作する。

(4) 高温湯が有効に使える

85℃の高温湯を上部から取り出し、その補充は下部より水道圧により自動給水される。湯と水との温度差が20℃以上あれば密度差で混合・対流は起こりにくいので、いつも85℃の湯が取り出せる。

3. 新しい暖冷房給湯システム

国民が描く理想的な暖房給湯方式の1つに、温水式セントラルヒーティングがある。安全・清潔・快適に全室暖房できるこの方式は徐々に

あるが普及率を高めてきている。

この市場要請に答え、かつ省エネルギーになる新しい暖房給湯方式として、当社の誇る前述の石油《クリーンヒーター》とその燃焼技術を用いたFF式石油ガス化給湯機とを組合せたシステムを提供する。更に《クリーンヒーター》の代わりに、これにクーラユニットを組み込んだ三菱冷暖房機《クリーンヒーターエアコン》を用いると暖冷房給湯が可能となる。

3.1 新しい暖冷房給湯方式の特長

(1) 高効率で省エネルギーの要請に答えられる

《クリーンヒーター》・《クリーンヒーターエアコン》はいずれも熱交換効率は90%以上の高効率であり、かつ個別に運転ができるので必要な部屋だけ冷暖房が可能でありむだを省くことができる。また両機種には自動室温調節機能が標準装備されているので温めすぎによる燃料のむだ使いも防止できる。給湯機については詳述したとおり熱利用効率は放熱を加味しても80%以上である。したがって年間を通して暖冷房、給湯の総合的な熱利用効率は85%以上が期待できる。

(2) 設置工事が簡単

暖房機については個別に設置でき、FF方式であるので面倒な煙突工事也不要で、既設の住宅に手軽に設置できる。したがって家族構成に応じて機器の設置移動も可能で、柔軟なシステムといえる。

(3) 保守が手軽

すべての機器が石油ガス化燃焼方式ですすのトラブルがなく、保守が容易である。暖房期における配管等の凍結防止運転、メンテナンスも不

表 2. 《クリーンヒーター》及び《クリーンヒーターエアコン》仕様

機 種	ガ ス ク リ ー ン ヒ ー タ ー			
形 名	VGB-40 L			
電 源	単相 100 V 50/60 Hz			
消 費 電 力	強風 83/78 弱燃焼時 58/60 W 弱風 68/70,			
ガ ス 種 類	都 市 ガ ス			LPG
	13A, 11A, 7C, 6A, 6B, 5A, 5B, 5C, 4A, 4C	6C, 6B	12A	
ガス消費量 (強燃焼/弱燃焼/OFF燃焼)	4,000/2,500/250 kcal/時	3 820/2,380/240 kcal/時	3,810/2 330/240 kcal/時	0.3/0.20/0.02 kg/時
暖 房 能 力	3,600 kcal/時	3,440 kcal/時	3,430 kcal/時	3,240 kcal/時
暖房可能面積	10～17 m ² (6～10 畳)			
熱利用効率	約 90%(石油換算 93%)			
風 量	強燃焼時	強風 6.0 弱風 5.2	弱燃焼時	3.8 m ³ /分
騒 音 (Aレンジ 1 m×1 m)	強燃焼時	強風 37/38 弱風 34/35	弱燃焼時	31/31 ホン
室 温 調 節	サーミスタにより、メインガス量、強、中 OFF の 3 段階制御			
バ ー ナ 名	バインドバーナ			
点 火 方 式	高圧トランス連続放電			
燃 焼 制 御 方 式	自動 3 段階制御			
燃 焼 用 送 風 機	12.5 cm 2 段ターボファン			
温風循環送風機	13 cm シロッコファン			
加 湿 装 置	内蔵(手動給水)、容量 1,500 cc、蒸発量 200 cc/時			
安 全 装 置	電流ヒューズ、口火安全装置、停電安全装置、爆発点火防止装置、過熱防止装置、冷風循環防止装置			
本体外形寸法 (高×幅×奥行)	557×800×230 (背面カバー付で 316)			
製 品 重 量	32 kg			

機 種	石 油 ク リ ー ン ヒ ー タ ー	
形 名	VKB-40 ET	
電 源	単相 100 V 50/50 Hz	
消 費 電 力	点火時 550 W, 平均消費電力 70 W (ルームサーモ 60% 運転時) 燃焼中消費電力 62/61 W	
暖 房 能 力	3 540 kcal/h	
暖 房 可 能 面 積	6～14 畳 (9.9～24 m ²)	
熱 利 用 効 率	93%	
温 風 循 環 風 量	強 5.3/5.8 m ³ /min, 弱 4.6/5.0 m ³ /min	
騒 音 A レンジ (前方 1 m 上方 1 m)	強 39/42 ホン, 弱 37/39 ホン	
室 温 制 御 方 式	ON-OFF 方式	
バ ー ナ 名	丸形 MICS. ストイキバーナ	
使 用 燃 料	白灯油 (JIS 1 号)	
灯 油 使 用 量	0.46 l/h	
点 火 方 式	高圧放電点火、自動式	
燃 焼 制 御 装 置	正常炎電流回路	
燃 焼 用 送 風 機	φ12.5 cm × 3 段ターボファン、2 極コンデンサモータ	
温 風 循 環 用 送 風 機	φ9 cm × 45 cm 金属羽根ラインフローファン、4 極コンデンサモータ	
加 湿 皿	手動注水 容量 1,500 cc	
タ イ マ	50 Hz 地区 12 h, 60 Hz 地区 12 h ON スイッチのみ	
油 タ ン ク	9.8 l タンク内蔵	
安 全 装 置	電流ヒューズ、点火安全装置、停電安全装置、爆発点火防止装置、過熱防止装置、燃焼検知装置、対震自動消火装置、自己保持回路	
本 体 外 形 寸 法 (高×幅×奥行)	554 mm × 800 mm × 230 mm	
製 品 重 量	33.5 kg	

ク リ ー ン ヒ ー タ ー エ ア コ ン										
機 種		石油温風タイプ		ガス温風タイプ						
形 名	室内ユニット	VKC-422 E		VGC-422 LC, LP						
	室外ユニット	VGU-22 LR		VGU-22 LR						
電 源	電 圧	単相 100 V 50/60 Hz		単相 100 V 50/60 Hz						
	ヒューズ又はブレーカ容量	15 A		15 A						
	コンセント定格及び形状	125 V 15 A㊶形専用回路とすること		125 V 15 A㊶形専用回路とすること						
暖 房	使 用 燃 料	白灯油 (JIS 1号灯油)		都 市 ガ ス		LP ガス				
	燃 料 消 費 量 (kcal/h)	0.46 l/h. 発熱量3,800kcal/h		4C, 5A, 5B, 5C, 6A, 6B, 7C, 13A	4B, 6C	12A	C ₂ H ₆			
	暖 房 能 力 (kcal/h)	約 3,540		約 3,600	約 3,400	約 3,400	約 3,300			
	暖房可能面積	10～23 m ² (6～14 畳)		10～23 m ² (6～14 畳)						
	熱 利 用 効 率	約 93%		約 90% (石油換算 93%)						
	消 費 電 力 (50/60 Hz)	点火時 550/550 W 燃焼時 (強) 68/70 W		(強) 63.5/65.5 W						
	タ イ マ	50 Hz 地区 12 h, 60 Hz 地区 12 h, ONスイッチのみ		――						
	燃 料 タ ン ク	別置方式 (別売)		――						
	温 風 切 換	強弱 2 段切換		強弱 2 段切換						
	加 湿 皿	手動注水方式 (容量1,500cc)		手動注水方式 (容量 1,500 cc)						
冷 房	風 量 (m ³ /min)	強 6		強 6						
	冷房能力 50/60Hz (kcal/h)	急 2,000/2,240		急 2,000/2,240						
	冷房可能面積 50/60Hz (m ²)	急 11～16/12～18		急 11～16/12～18						
	消 費 電 力 50/60Hz (W)	急 850/1,000		急 850/1,000						
	冷 風 切 換	急, 強, 弱 3 段切換		急, 強, 弱 3 段切換						
	除湿量 50/60Hz (l/h) (専用除湿回路なし)	強 1.4/1.6		強 1.4/1.6						
	風 量 50/60Hz (m ³ /min)	急 9.1/9.8		急 9.1/9.8						
	出 電 動 力 機	圧 縮 機 用 (W)	600		600					
室内ファン用 (W)		40		40						
室外ファン用 (W)		20		20						
騒 音 (dB)			急	強	弱	急	強	弱		
	暖房	室内 50/60 Hz	強 35.5/35		弱 33/32.5		強 35.5/35		弱 33/32.5	
	冷房	室内 50/60 Hz	44.5/46	34.5/34.5	30/29	44.5/46	34.5/34.5	30/29		
		室外 50/60 Hz	――	43/45	41/42	――	43/45	41/42		
重量 室内/室外 (kg)		43/41		43/41						
室内本体寸法 (高×幅×奥行)		755×840×230 mm		742×840×230 mm						

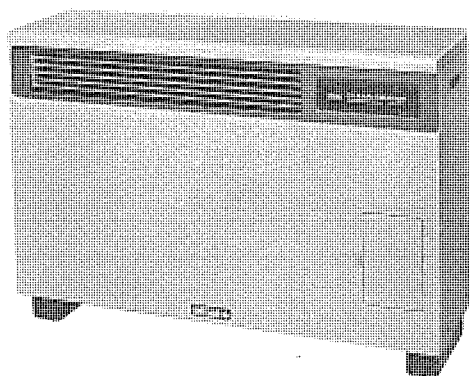


図 10. 《クリーンヒーター》

要である。

3.2 経済性比較

比較機器はセントラル方式としては一番経済的なものを選択した。セントラル方式はファンコイルユニットリビングヒーターと石油ボイラ及びルームエアコンの端末機器を取り上げ、新しい暖冷房、給湯システムとの経済性比較を行った。表 3. に結果をまとめた。

FF 式石油ガス化給湯機と冷暖房給湯システム・野間口・西・牛越・桑沢

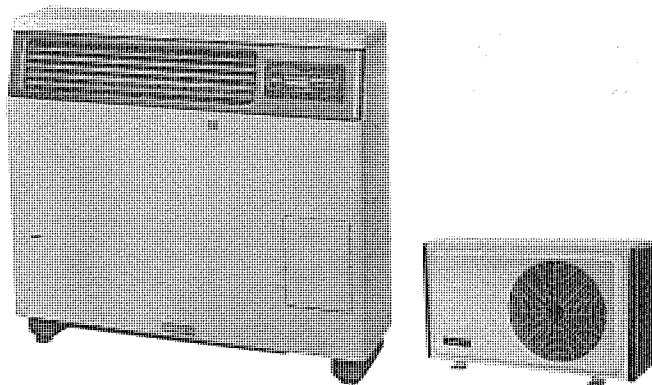


図 11. 《クリーンヒーターエアコン》

表 3. 経済性比較

方式		セントラル方式	個別方式 (CB-200 中心の新システム)
費用内訳※			
機 器 (イニシャルコスト)	本体価格 (円)	808,600	981,000
	概略工事価格 (円)	690,000	300,000
	合計価格 (円)	1,498,600	1,281,000
冷 (ランニングコスト)	電気代 (円/3 か月)	12,900	12,900
暖 (ランニングコスト)	灯油代 (含電気代) (円/5 か月)	82,000	57,000
給 (ランニングコスト)	灯油代 (含電気代) (円/年)	65,200	43,800

※比較前提条件

		セ ン ト ラ ル 方 式				個 別 方 式	
設 備 対 象		洋 8 畳	洋 8 畳	和 8 畳	食堂 8 畳	4 か所 (炊事・洗面・浴室・浴槽)	
		冷・暖	暖	暖	暖	給湯 (4 人家族)	
冷 房 負 荷		100~150 kcal/hm ² (3 か月)					
暖 房 負 荷		150~170 kcal/hm ² (5 か月)					
給 湯 負 荷	冬 (6 か月)	(5°C→45°C 85°C 換算で) 熱ロス分含む 13,500 l×6				熱ロス分含む 9,712 l×6	
	夏 (6 か月)	(25°C→45°C 85°C 換算で) 熱ロス分含む 9,000 l×6				熱ロス分含む 6,810 l×6	
機 器	給 湯	温水ボイラ及び付属品 1				FF 式石油ガス化給湯機 (CB-200) 1	
	暖 房	ファンコイルユニット (リビングヒーター) 4				FF 式石油温風暖房機 (クリーンヒーター) 3	
機 器	冷 房	ルームエアコン (冷専) 1				石油クリーンヒーターエアコン (クリーン) 1	

4. む す び

《クリーンヒーター》の石油燃焼機を用いることにより、騒音の低下、高効率、工事の簡易化などの多くの特長を具備した石油給湯機が完成した。今後、質向上を求められる住宅設備機器のニーズがますます高まるものと思われるが、これらの声に十分こたえられるよう、努力を重ねてゆきたい。なお《クリーンヒーター》・《クリーンヒーターエアコン》については紙面の都合上詳細に触れることができなかったが既に発表されている論文(1)~(3)を参照されたい。

参 考 文 献

- (1) 野間口, 齊藤, 下島, 中村: ガス温風暖房機《クリーンヒーター》, 三菱電機技報, 52, No. 9, p. 674 (昭 53)
- (2) 野間口, 松野, 西, 八代, 桑沢: 気化予熱混合式石油燃焼技術とその応用《クリーンヒーター》, 三菱電機技報, 51, No. 10, p. 672 (昭 52)
- (3) 古屋, 西, 八代, 桑沢, 川淵: 石油温風暖房機《クリーンヒーター》の制御, 三菱電機技報, 51, No. 10, p. 676 (昭 52)

1. ま え が き

近年、電力系統運用の総合自動化の一環として発電所等の集中制御化が押し進められている。一方、既設の発電所の多くは既に遠方監視制御装置（以後、テレコンと記す）が導入され無人化となっており、集中制御化に当たってはこれら既設テレコンの有効利用が重要な課題となる。しかし、従来はハード回路により全ビットパラレルにデータを入力しており、中継データ量の増加に伴って入力ハード回路が増加し装置は大形化していた。更に、既設テレコンの改造及び装置間の膨大な信号線の接続等で多くの費用、時間を必要とするほか、既設テレコンの信頼度の低下を伴うなどの問題点があった。

そこで、マイクロプロセッサを応用した情報伝送システム《MELFLEX》装置を適用して、既設テレコンのデータをモデムインタフェースで全ビットシリアルに入力する、小形低廉で信頼性の高いデータ中継装置を完成したので、ここにその概要を紹介する。

2. 《MELFLEX》システム

2.1 システムの概要

最近の電力用情報伝送装置は従来にまして、システムの拡張性・増設変更性の容易さ、データの前処理機能、マンマシン処理機能、ホスト自動処理装置とのインタフェース機能等の充実が要望されている。これらの要望に対処すべく開発されたものが、マイクロプロセッサを応用した新情報伝送システム《MELFLEX》である。以下に、開発における基本設計思想を示す。

- (1) 限定種類の定形機能ハードウェアモジュールとプログラマブルモジュールにより要求される多様な機能を実現。
- (2) 上記のハードウェアモジュールは信頼性保証の低消費電力要素子を主要構成要素とし、高密度かつ自然空冷の実装が可能。
- (3) システム拡張、増設変更を容易とする徹底したバス構造形ハードウェア。
- (4) システム規模に応じた専用機能分散形マルチプロセッサ方式。
- (5) プログラム構造をロジック部とデータ部に分離し、増設変更に対して基本的には、データ部テーブル変更により対処。

《MELFLEX》のシステム構成例を図1.（中規模システム）及び図2.（大規模システム）に示す。

2.2 ソフトウェア構成

《MELFLEX》システムの機能を実現するためのプログラムはすべてROM (READ ONLY MEMORY) に格納され、そのソフトウェア構成は次の原則に従い構成されている。

- (1) プログラム部とデータ部(可変)とを分離し、プログラム部をROM領域にデータ部をRAM (RANDOM ACCESS MEMORY) 領域にそれぞれ格納する。
- (2) 機能プログラムとデータ部の結合はインデックステーブル(コントロールワード)を介して行う。したがって、データの増設・変更に際して機能プログラムやデータ部を変更することなく、インデックステーブルの変更により対処できる。
- (3) 機能プログラム群はそれぞれモジュールを介して結合され、その機能によりレベルという実行優先順位を割りあてる。また、機能プロ

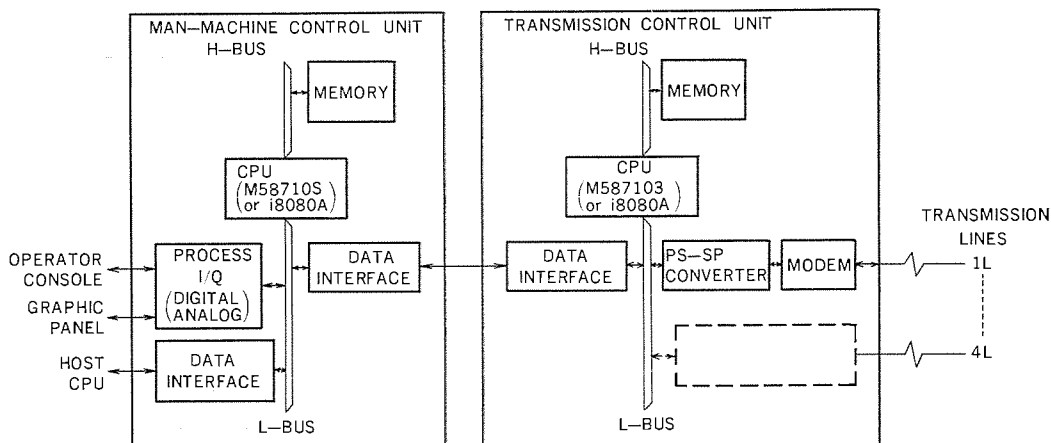


図 1. 《MELFLEX》システム構成（中規模システム）

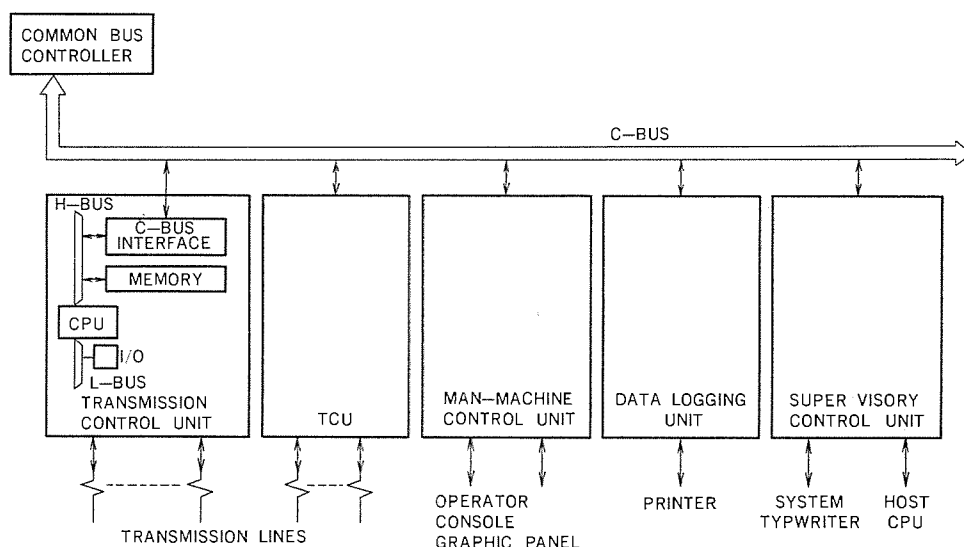


図 2. 《MELFLEX》システム構成（大規模システム）

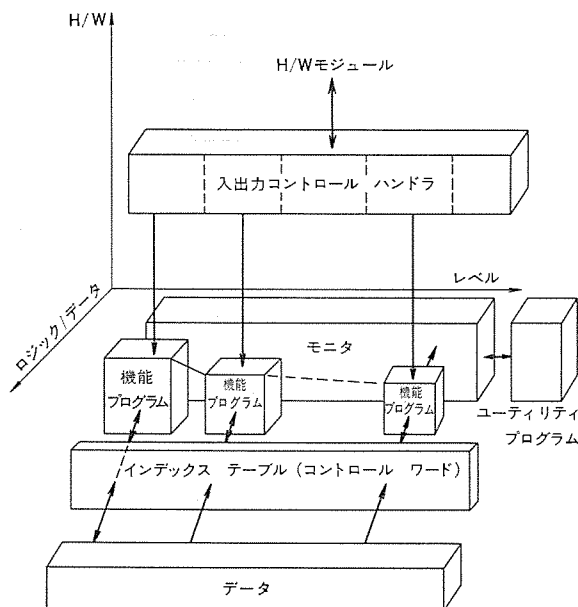


図 3. ソフトウェア 構成図

ラムは各プログラムモジュールのツリー (TREE) 構造により構成されている。したがって機能の追加・変更の際には、機能プログラムやプログラムモジュールの変更・交換・追加により対処できる。

(4) 《MELFLEX》ハードウェアモジュールと機能プログラムの結合は各種入出力コントロールハンドラを介して行い、インタフェースの統一を図る。以上のようにソフトウェア構成は、モニター機能プログラム—インデックステーブル—データ、機能プログラム—入出力コントロールハンドラ—ハードウェアモジュールという3次元配列で構成されており、増設・変更に対して柔軟・容易な構造となっている。

以上のソフトウェア構造を図 3. に示す。

3. 《MELFLEX》“データ中継 CDT”

3.1 データ中継 CDT の構成

前章に述べた《MELFLEX》システムを適用したデータ中継 CDT 装置の構成を図 4. に示す。この装置は、搬送波レベルで全ビットシリアルに入力した既設テレコンのデータをマイクロプロセッサにより多重処理し、アナログデータ入力モジュール (AIC) 及びデジタルデータ入力モジュール (DIC) により入力した所内データとともにデータ編集や各種処理を行った後、P-S 変換して上位制御所へ全ビットシリアルにしてデータ中継を行うものである。この装置の構成上の特長は次のとおりである。

- (1) 1 台のマイクロプロセッサにて、中継データ及び所内データの入力、データ編集と各種処理及び上位制御所へのデータ出力を行うため非常にコンパクトとなり、通信箱体内のクレート 1 段にロジック回路部がすべて実装できる。
- (2) 高インピーダンスレピータトランスを使用して既設のテレコンのレピータトランス入力へ平行接続して信号を入力するため、既設テレコンの改造は全く不要であり、接続時の装置停止も僅少時間でよい。
- (3) プログラム部を IC-ROM にテーブル部をコアメモリにそれぞれ実装しており、コストの低減と増設・変更の容易性を配慮してある。
- (4) シリアル—平行変換器 (SPC) 及び平行—シリアル変換器 (PSC) において、同期検出及び同期作成、2 連送照合及び 2 連送符号作成、パリティ検定及びパリティ作成等はハードウェアモジュールにて行い、マイクロプロセッサソフトウェアの負荷低減を図っている。

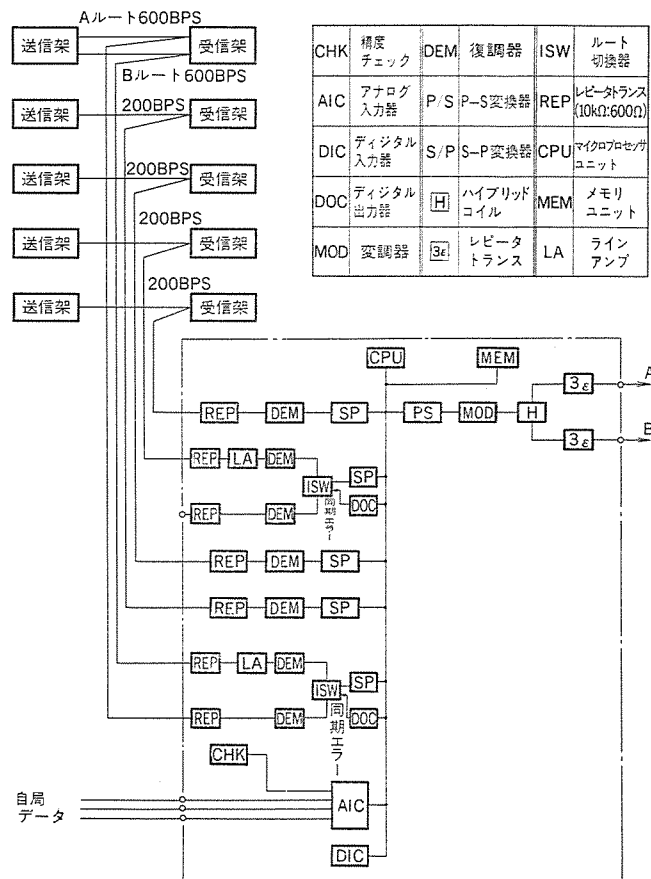


図 4. データ中継 CDT 装置図

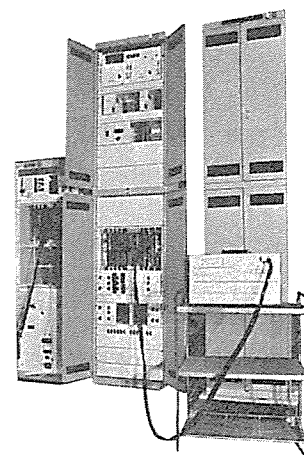


図 5. データ中継 CDT 装置

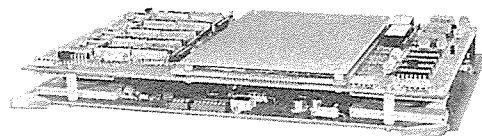


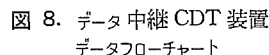
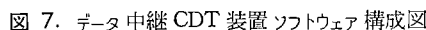
図 6. カード (コアメモリ モジュール)

この装置の外観を図 5. に、コアメモリモジュール (MEFZ-30) の外観を図 6. に示す。

3.2 データ中継 CDT の処理機能

データ中継装置のソフトウェア構成を図 7. に示す。この装置のソフトウェアの重要部は、SP データ入力タスク、PS データ出力タスク、データ変換処理タスクによって構成されている。前に述べたように、《MEL-

このデータ中継 CDT は 2 章で述べた《MELFLEX》システムの標準



(5) プログラム部を IC-ROM にテーブル部をコアメモリに実装しており、最大容量の範囲での増設及び変更はプログラムを変更することなくコアメモリ内のコントロールワードテーブル及びコントロールフラグテーブルを書

き換えることによって容易に行うことができる。このことより、ひん繁に行われる中継データの増設及び変更については現地工事が不要となり、維持経費の低減が期待される。

3.4 《MELFLEX》適用上の留意点

マイクロプロセッサを応用した《MELFLEX》システムでは中央処理部の異常がシステムダウンに波及するので、以下に述べる点に留意して設計を行いシステムダウン危険の低減を図った。

(1) 耐ノイズ性

雑音が原因でマイクロプロセッサが暴走することを防ぐため、以下の対策を取り耐ノイズ性を高めている。

(a) CPU 信号バス(高速バス)とI/O 信号バス(低速バス)とを分離し、入出力回路の悪影響が中央処理部へ波及しないように考慮した。

(b) 外部入出力端子は必ず絶縁化してデータ中継装置の信号線を外部へ延長しないようにし、外部よりのノイズを防いだ。

(c) 電源よりのサージを防止するためのサージ抑制回路を取付けた。

(d) CPU 信号バスにノイズが侵入した場合のプログラムの暴走を防ぐために、CPU 信号バスにはパリティを付加してあり、プログラムの実行ごとにパリティの検定を行い、誤動作を防止する。

(2) データ中継回路と所内データ入力回路の分離

所内データ入力回路(AIC 及び DIC)の独立電源の異常が発生した場合にも、中継データ処理には影響しないよう考慮した。

また、入出力回路監視用モジュールが実装されており、SPC、PSC、AIC 及び DIC 等が不良となった場合にも該当部位のデータのみが不良となり、影響が全体に及ばないよう考慮した。

3.5 保守に対する配慮

CPU バス用の試験器としてプログラムチェッカ(PCFZ-01)が、I/O バス用の試験器として CDT 試験器(TSFZ-01)があり、必要に応じて使い分けることにより、保守性を高めた。

(1) プログラムチェッカ

可搬形で CPU モジュール(CPFZ-01)に接続して、プログラムのチェック変更等を行うことができる。CPU モジュール前面のコネクタにフラットケーブルをそう(挿)入することによって容易に接続することができる。また、電源は CPU モジュールより供給するので CPU モジュール前面のチェッカ用電源スイッチを切るにより、オンラインでケーブルの着脱ができる。チェッカの機能の概要を以下に述べる。

(a) 任意番地からのプログラム実行開始、任意時点でのプログラム実行停止、設定番地でのプログラム実行停止、プログラムのステップ実行、レジスタ内容表示及び変更、メモリ内容表示及び変更等を行うことができ、プログラムの動作チェックを行うことができる。

(b) オンライン及びオフラインでのメモリ内容の表示及び変更(コアメモリの場合のみ)ができ、システムの増設・変更時にはコントロールワードテーブル等の書き換えを行うことができる。

(c) カセットテープレコーダを接続することができ、カセット MT ベースでメモリ内容ロード、ダンプ及びコンパイルができる。

(2) CDT 試験器

可搬形であり、必要時に I/O バスへ接続して使用する。電源は I/O バスより供給される。ソフトウェアでコントロールを行うので、製造者及び伝送フォーマットの異なる回線入出力データを、同一ハードウェアで表示・設定することができる。CDT 試験器の処理の概要を以下に述べる。

(a) 任意の回線入力システムデータの表示及び設定。これには、試験器前面のアドレス指定スイッチで指定されたアドレスのデータだけを表示又は設定する選択項目モードと選択されたシステム全データを表示又は設定する全項目モードとがある。

(b) 回線出力データの表示及び設定。同様に、選択項目モード又は全項目モードを選ぶことができる。

3.6 データ中継装置の発展

今回は発電所などの集中制御化・自動化を行う場合の集中制御所へ適用することを考え、既設テレコン等の有効利用を主題としてデータ中継 CDT を開発し、初期の目的を達することができた。しかし、将来、電力系統運用の自動化が更に押し進められた場合にはデータ中継装置には更に多くの機能が要求され、将来の発展が期待される。ここに《MELFLEX》システムを適用したデータ中継装置の簡単な応用及び将来の発展について述べる。

(1) データ中継装置の応用

今回のデータ中継 CDT は計測信号・表示信号のみの中継であるがこの考え方を応用して、制御信号を取扱う“多重化テレコン”を構成することができる。また、所内データ(AIC、DIC)を増量させて、テレコンの遠方監視部(SV)機能や CDT 機能を兼ねさせることは、ハードウェアモジュールの増設のみで対処できる基本的応用である。

(2) データ中継装置の発展

2章で述べたように《MELFLEX》システムは、システム規模に応じた専用機能分散形マルチプロセッサ方式を特長としており将来のデータ中継装置に要求される機能に応じてそのシステムを発展させることができる。専用機能ユニットとしては、2.1 節の図 2. に示したような以下のユニットがあり必要に応じて共通バス(C-BUS)に追加できる。

(a) マンマシンコントロールユニット

系統監視盤・制御卓へのデータ表示及び信号入力を行う。

(b) データロギングユニット

必要に応じて、データを印字記録する。

(c) 監視制御コントロールユニット

システムタイプライタへのデータの入出力及び、上位コンピュータへのデータの入出力を行う。

4. む す び

以上、マイクロプロセッサを利用した情報伝送システム《MELFLEX》装置を適用して、小形低廉で高信頼性、かつ既設の改造を伴わないデータ中継装置を完成した。データ中継装置は情報の多重化・集中化に伴って今後ますます重要となり多様化するものと思われる。そこで、上位制御所への適用を考慮した共通部の2重化等による高信頼度化、及び多様化するニーズに対応したマルチプロセッサ化等を考慮して、更によりよいデータ中継装置の実現に努力する所存である。

AFS形空冷式冷凍クーリングユニット

原 明*・川井 治*

1. ま え が き

冷凍冷蔵庫の冷却装置については、空調装置と同様にパッケージ化が進み、当社では、庫内温度 $+15^{\circ}\text{C} \sim -50^{\circ}\text{C}$ 、圧縮機定格出力 0.4 kW \sim 120 kW の各種の冷凍冷蔵クーリングユニット HC 形、ACL 形、ACS 形等をそろえている。

当社では先に発表した 25 \sim 80 HP の空冷式 AFS 形冷凍クーリングユニットに引き続き、8 \sim 15 HP の小形機種の空冷化を完成したので、この概要と運転特性について紹介する。

2. 概 要

F 級 (-20°C 以下) 冷蔵庫用の低温用クーリングユニットは、2 段圧縮式冷凍サイクルで除霜方式としてはホットガスバイパス方式を採用している。

このユニットは外気温度 $-25^{\circ}\text{C} \sim +40^{\circ}\text{C}$ の範囲まで安定した冷却運転、除霜運転を保証するために、次の機能をもっている。

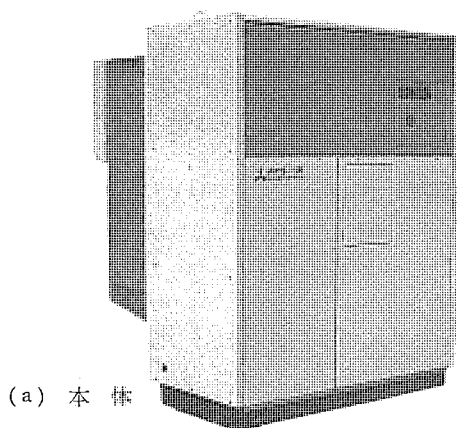
(1) 外気温度の変動に対して常に安定した運転

温帯地方のように年間の外気温度差の大きい地域、又は昼夜の温度差の大きい地域では、外気温度の低い場合、空冷式では凝縮圧力が極端に低下し、蒸発器への冷媒供給量が減少し、冷却

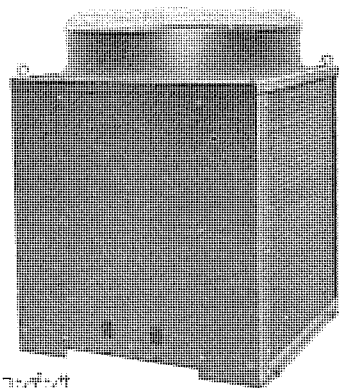
能力が低下したり低圧側圧力の保護装置が作動して運転不能に至ることがあるので、凝縮圧力を適正に制御する必要がある。これには冷却用送風機の回転数制御とかダンパ制御等風量制御の方式があるが 0°C 以下の低外気に対しては凝縮圧力を維持しにくいので、AFS 形では既に発表している AFL 形冷蔵クーリングユニットで実績のあるホットガスバイパス方式の凝縮圧力調整弁を採用した。

(2) 外気温度が低い場合でも確実な除霜

AFS 形はホットガスバイパス方式の除霜方式を採用したユニットであるが、空冷化した場合、低外気温時に除霜能力をいかに維持するかにある。ホットガスバイパス方式の除霜方式では圧縮機吐出ガスの顕熱及び凝縮潜熱で冷却器の霜を加熱融解するが、空冷式で外気温度が低い場合、冷却器に流れなければならない高圧ガスが低温の凝縮器内に液化して寝込んでしまう恐れがあるため圧縮機吐出圧力が適正なる



(a) 本 体



(b) リモートコンデンサ

図 1. AFS-15 形外観

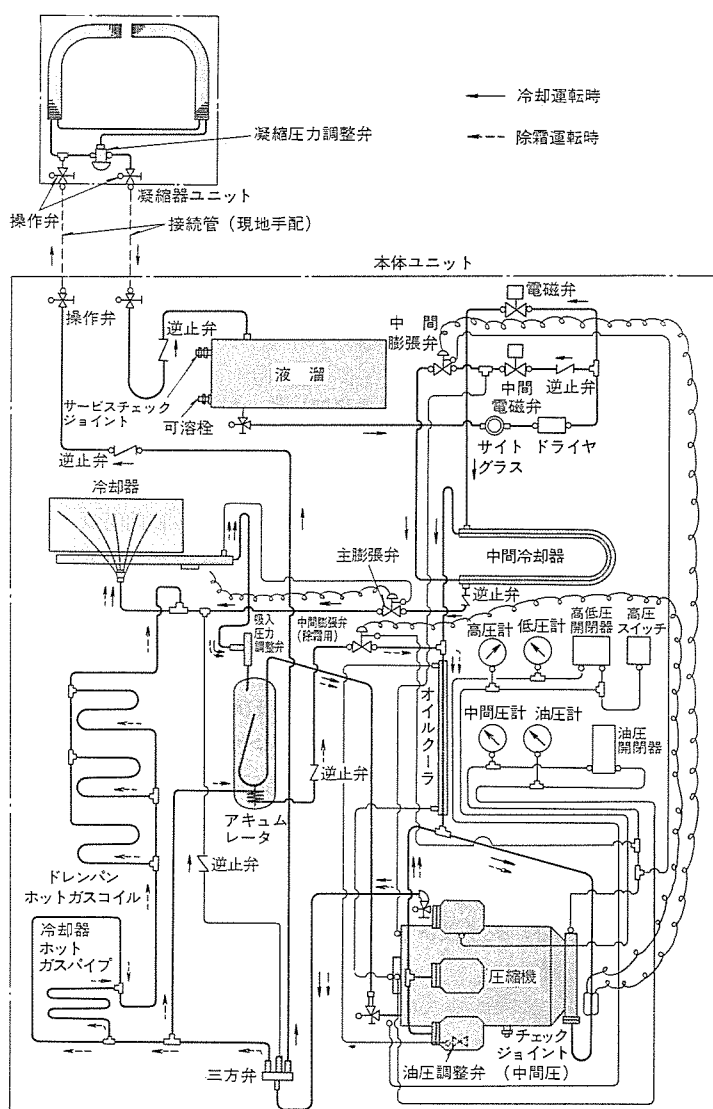


図 2. AFS-15 形冷媒回路

値に維持できなくなり、除霜能力を十分に発揮できない。そこで吐出ガス制御弁として三方弁を採用し、除霜回路と凝縮器回路を完全に分離することにより、除霜運転中の吐出ガスの寝込みを防止した。

(3) 除霜運転中の高段吸入ガス温度の安定

このユニットは2段圧縮式冷凍サイクルを使用しているが、先に述べたように三方弁により除霜回路を凝縮回路と完全に分離させているため、数10分間続く除霜運転中分離された液溜中の冷媒量は限られており連続的に安定して2段圧縮の中間回路へのインジェクションを持続することが困難となる。

AFS形ではこのため、除霜用ホットガス回路より除霜時のインジェクション専用の凝縮器をアキュムレータ内に設け、除霜運転中はアキュムレータ内の液冷媒の蒸発潜熱で吐出ガスの一部を冷却液化して、専用膨張弁で低段吐出ガスにインジェクションし、常に安定した高段吸入ガス温度を維持できるようにしている。

この結果、除霜運転中のアキュムレータ内の液冷媒の蒸発が促進され、圧縮機への液冷媒のもどり量も減少し、圧縮機の信頼性を向上できる。

(4) 除霜運転中の冷媒量の適正

確実にホットガス除霜運転を行うため、三方弁により凝縮回路と完全に分離しているが、低温冷凍装置のため蒸発器内圧力が低くガス密度が小さいため、そのまま除霜運転を行うとサイクル内のガスが不足となり、必要な高圧が維持できず除霜不良となる。このため除霜運転中の吐出圧力を検出し、圧力が設定値以下の時は中間回路用電磁弁を開き、液溜中の冷媒をサイクル中に導入する方式を採用している。

これらの制御方式の採用により、従来の水冷方式以上に安定した冷却運転及び除霜運転の特性を得ることができた。

図1. は AFS-15 形の外観、図2. は冷媒回路図を示す。

3. 仕様、構造及び据付け

3.1 仕様

主要仕様を表1. に示す。

(1) リモートコンデンサ方式

従来の小形空冷式の冷却ユニットは放熱部を圧縮機部と一体化した製品が一般的であるが、15 HP クラスになると12,000 kcal/h 程度の排熱があり、屋内にすえ(据)付けた場合排熱の処理が問題となる。対策として冷却器を分離あるいは凝縮器を分離する等の方法があるが、AFS 形の場合、本体の制御機器が複雑なため、雨天時のサービス性等も考慮してリモートコンデンサ方式とした。

(2) 低騒音形送風機

空冷式の場合、圧縮機と冷却器用送風機の運転音以外に室外ユニットの凝縮器用送風機音もできるだけおさえなければならない。

冷却器用送風機については、従来の ACS-B 形は4極モータ、50 cm 羽根の組合せを使用していたが、AFS 形では6極モータ、45 cm 羽根の組合せで更に低騒音化をはかり、プレハブ冷蔵庫外3 m の位置で45 ホン を切るようにした。築造冷蔵庫では庫内ダクトを据付ける仕様もあるが、この場合は特殊品として受注生産を行う。

次に凝縮器用送風機は屋外に据付けられるため、特に低騒音が要求されるが、実績のある AFL 形冷蔵クーリングユニットのリモートコンデンサを使用して、ユニット正面1.5 m の点で56 ホン(A) を達成した。

図3. は AFS 形本体及び RMA 形リモートコンデンサの騒音値、図

表 1. AFS 形冷凍クーリングユニット標準仕様

形 名			AFS-8	AFS-10	AFS-15
項 目			〈マンセル 10 B 8/2・マンセル 5 PB 5/8〉 ツートンカラー		
本 体	塗 装 色	高 さ	mm	1,723	1,823
		幅	mm	1,232	1,442
		奥 行	mm	1,250	1,350
	性 能	庫内温度範囲		-20~-45°C	
		冷却能力 (*1)	kcal/h	2,900/3,500	5,300/6,100
	電 気 特 性	電 源 電 圧		3 相 200 V 50/60 Hz	
		消費電力 (*1)	kW	4.4/5.3	8.4/10.0
		運転電流 (*1)	A	22.7/22.2	43.2/41.0
		力 率 (*1)	%	56/69	56/70
		最大始動電流	A	166/144	304/276
機 体	圧 縮 機	形 式		密閉形 2 段×1	
		始 動 方 式		直入方式	
	機 名	形 名		WB-21 S	WB-42 S
		電動機定格出力	kW	5.5	10.8
		法定冷凍トン		1.7/2.0	3.4/4.0
	空 気 冷 却 器			プレートフィンチューブ式	
	送 冷 却 器 機 用	形 式 × 台 数		プロペラファン×2	
		電動機定格出力	kW	0.1×2	0.2×2
	風 量	風 量	m ³ /min	64/80	82/100
				100/120	
保 護 装 置	除 霜 方 式			ホットガスバイパス式	
	高 圧 制 御			ホットガスバイパス式	
	保 護 装 置			高低圧開閉器、油圧閉閉器(*2)、温度開閉器(圧縮機)、温度開閉器(吐出ガス)、過電流継電器、可溶栓、異常ブザー	
	冷 媒			R-22 (充填済)	
	冷 凍 機 油			スニソ 3 GS (充填済)	
	ドレン配管寸法(×2)			PT 1 B (25 A)	
	重 荷 造 重 量	kg	640	835	890
		製 品 重 量	kg	580	760
	据 付 条 件			屋内設置・壁貫通形・周囲温度 0~+35°C	
凝 縮 器	形 名			RMA-5	RMA-8
	塗 装 色			マンセル 2.5 Y 5/4	
	外 形 寸 法	高 さ	mm	927	965
		幅	mm	860	990
		奥 行	mm	860	990
	熱 交 換 器 形 式			プレートフィンチューブ式	
	送 風 機	形 式		プロペラファン	
		電動機定格出力	kW	0.16	0.36
	重 荷 造 重 量	kg	95	125	160
		製 品 重 量	kg	85	110
冷 媒 配 管 寸 法	据 付 条 件			屋外設置・周囲温度 -15~+40°C	
	ガ ス 配 管	mm	15.88	19.05	22.2
		液 配 管	mm	12.7	15.88

*1 条件 庫内温度 -30°C、凝縮器吸込空気温度 35°C 冷却能力は発熱となる冷却器用送風機の入力を差し引いた有効能力

*2 AFS-10、AFS-15 のみ付属

4. は AFS-15 形をプレハブ冷蔵庫に据付けた時の各部の騒音値(推定)を示す。

(3) オイルクーラ

水冷式凝縮器の場合は、凝縮器で過冷却された冷媒液により圧縮機の冷凍機油を冷却するが、空冷式の場合凝縮圧力調整弁の特性で過冷却が約 1.5 deg 程度しか得られないためこの方式は採用できない。そこで AFS 形では中間のインジェクションの回路にオイルクーラを設け、

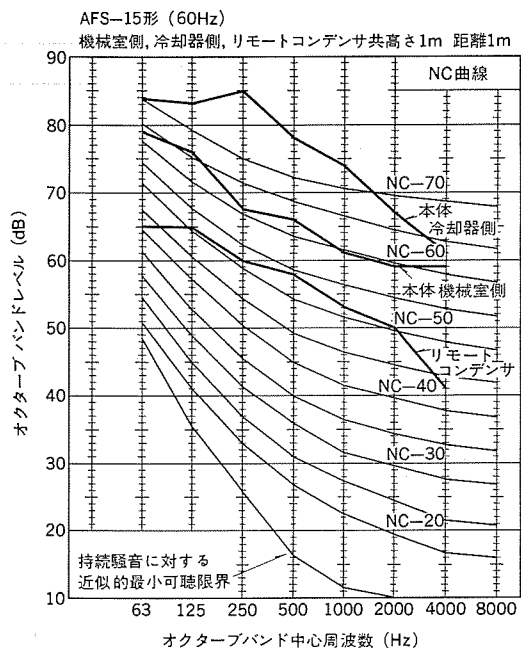


図 3. AFS-15 形騒音値

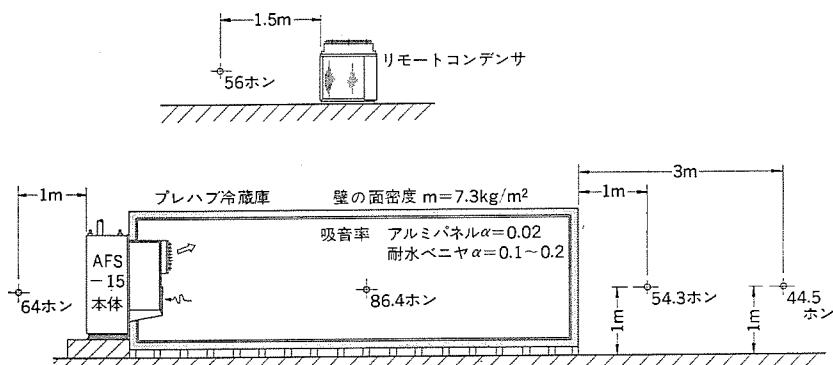


図 4. AFS-15 形騒音分布 (A スケール)

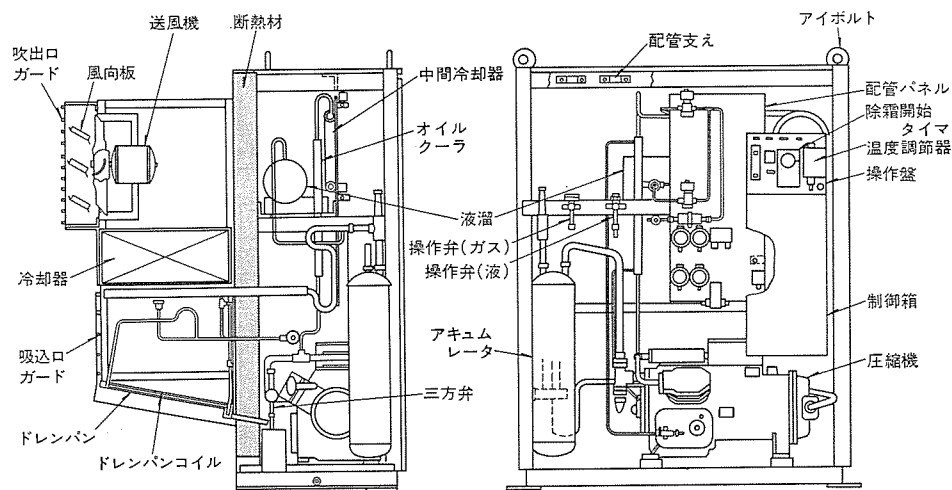


図 5. AFS-15 形構造図

冷媒の蒸発潜熱で冷却している。

(4) 冷却器用送風機の制御

冷却器用送風機の機能は、冷却器の熱交換の促進、被冷却物と冷気との熱交換の促進及び庫内温の均一化であるが、庫内温度調整サーモにより圧縮機が停止している時は庫内温が均一に保持されればよ

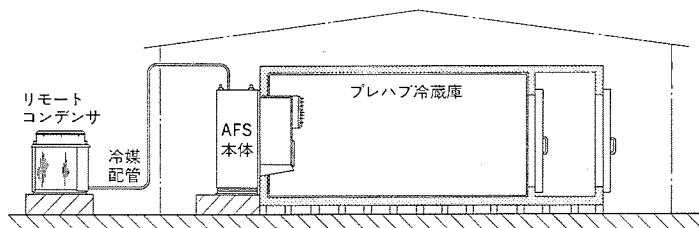


図 6. AFS 形据付例 (プレハブ 冷蔵庫)

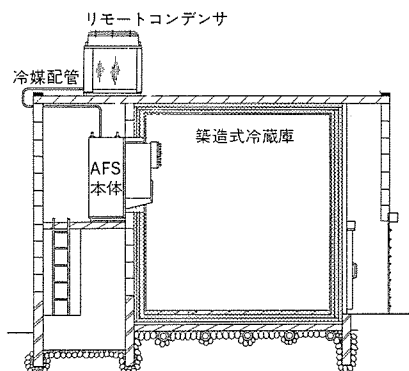


図 7. AFS 形据付例 (築造式冷蔵庫)

く、特に庫内温 -40°C 程度の冷蔵庫の冷凍機では COP は約 1 程度であり、15 HP クラスの小形冷凍機では冷凍機馬力当たりの能力は約 $400 \text{ kcal/h} \cdot \text{HP}$ で送風機入力力は約 700 W あり、冷凍能力の 10~15% を消費しているため、圧縮機停止中に不必要な送風量を減少させることは相当な省エネルギー効果を持っている。

そこで AFS 形の場合、2 台の送風機を使用し圧縮機停止中は 1 台の運転を停止する方式を採用している。

3.2 構造

図 5. に AFS-15 形の構造を示す。

リモートコンデンサ方式を採用しているため本体側は従来から製作している水冷式とほぼ同一である。水冷式の 2 重管凝縮器の位置にリモートコンデンサを接続するための操作弁を設け、配管スペースを確保している。また液溜は大きくなるため横形とし配管パネルの裏に収納している。

3.3 据付け

図 6., 図 7. にプレハブ式冷蔵庫及び築造式冷蔵庫の据付例を示す。

リモートコンデンサの据付けは本体と同一レベル以上で、高さ 10 m 以内、配管総延長 30 m 以内とする。この範囲

であれば圧力損失も少なく能力補正も必要ない。

4. 運転特性

4.1 冷却運転

図 8. に外気温度に対する冷却運転特性を示す。

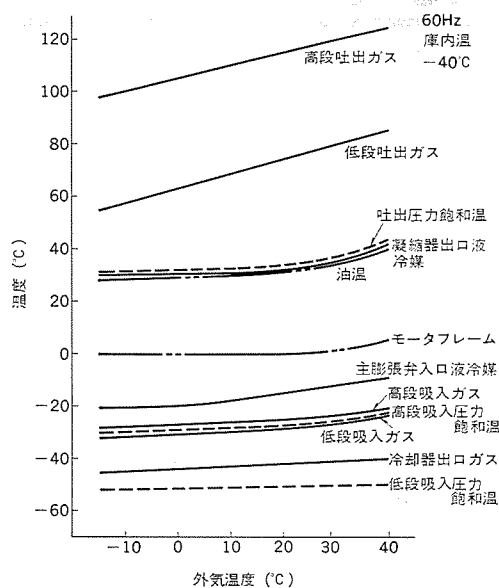


図 8. AFS-15 形冷却運転特性

外気温度 30°C 以上では凝縮温度と外気温度の差は約 6 deg となっている。30°C 以下では凝縮圧力調整弁が作動し、凝縮温度をほぼ 35°C に維持している。この弁は凝縮器内部に液を溜めて有効伝熱面積を減少し凝縮圧力を維持すると同時に、吐出ガスの一部を過冷却液に混合し出口冷媒液をほぼ 30°C に維持している。

冷凍機の潤滑性能を確保するため、油温を適性値に保つことが信頼性向上の条件となっている。AFS 形ではオイルクーラを中間冷却器の下流に接続し、冷媒をインジェクションして冷凍機油を冷却している。図 8. の場合、高圧は凝縮圧力調整弁で 12.5~16.5 kg/cm²G、低圧は 0~40 cmHgV であり、中間圧が 1.2~2.6 kg/cm²G と比較的安定しているため、油温もほぼ 30°C~40°C に安定状態で維持される。

圧縮機停止中は油をクランクケースヒータで加熱し油温を維持するが、AFS 形は凝縮圧力調整弁の特性で冷媒封入量が過大となるため、冷凍機油の温度が低い時、油中への冷媒の寝込み防止対策が必要となる。そこでクランクケースヒータの断線チェック回路を設け、断線による油温低下を防いでいる。

4.2 除霜特性

除霜運転の 1 例を図 9. に示す。

除霜運転の開始は 24 時間タイマで信号を出し、三方弁を切換えて圧縮機を運転し、ホットガスはドレンパン加熱コイルから冷却器に流れ込み除霜を行う。冷却器内で霜と熱交換し一部液化した冷媒は、吸入圧力調整弁で 1 kg/cm²G に減圧され、アキュムレータに入り気液分離され、ガス状の冷媒は低段側圧縮機に吸入される。

ホットガスの一部は分岐して、アキュムレータ内の下部に設けられた補助コンデンサで低圧側の液と熱交換して液化し、除霜用膨張弁で減圧され、冷凍機油の冷却、低段吐出ガスへインジェクションして除霜運転中の高段吸入ガス温度の安定化及び低段液冷媒の蒸発の促進を行っている。

除霜運転中は液ラインの電磁弁は当然しゃ断状態になるが、除霜運転回路内の冷媒不足により、吐出圧力が十分上昇しない間は液溜中の高圧冷媒を供給するよう中間回路の電磁弁を圧力開閉器により

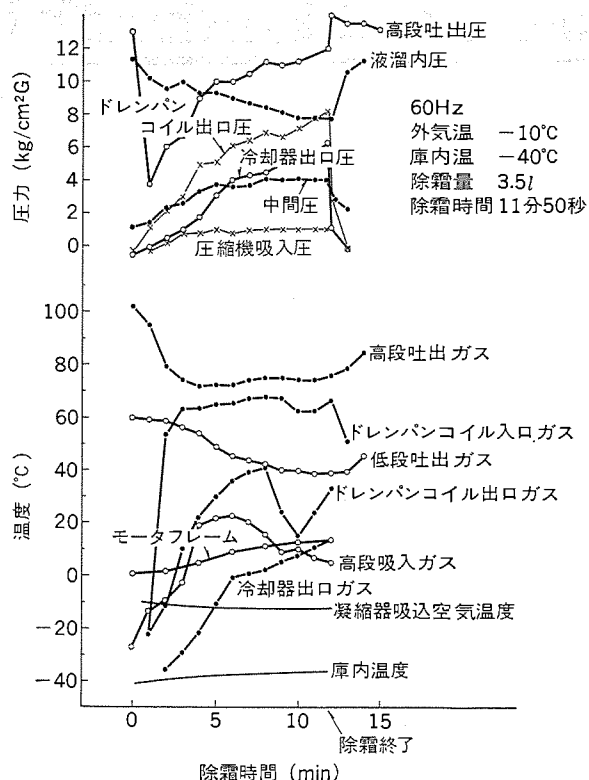


図 9. AFS-15 形除霜運転特性

制御し、常に安定した除霜能力を維持している。

図 9. の例は外気温度 -10°C、庫内温度 -40°C、着霜量 3.5 l (冷却器全面着霜の 50~60 %) の条件であるが、除霜開始後 3 分まで吐出圧力が 7 kg/cm²G 以下のため中間回路電磁弁を開いて、9~10 kg/cm²G の圧力に保たれている液溜から中間回路を介して冷媒を供給している。約 8 分後、冷却器の霜がゆるみ、ドレンパン上に落下し始め、12 分後に冷却器出口冷媒温を感知している除霜終了温度開閉器により除霜終了の信号が出ている。ただし着霜状態が左右に不均一な場合など短時間の除霜運転では一部に残霜が生じる可能性があるため、タイマにて最低 15 分の除霜運転が確保される回路を採用している。

この間、低段吐出ガスは最低 45°C、高段吸入ガス 5~23°C、モータハウジング 1~13°C とほぼ安定した状態に維持されている。

AFS 形で採用している三方弁はパイロット作動形スライド弁で、差圧がないと確実に作動しない。したがって庫内温度調節器により圧縮機停止中に除霜開始信号が出た場合は高低圧がバランス状態にあるため、強制的に 5 分間の冷却運転を行い、その後に三方弁を作動させ信頼性を向上させている。

5. む す び

2 段圧縮式冷凍サイクルを使用した低温用冷凍クーリングユニットに関する諸問題とその対策について述べた。現状ではユニットに要求される仕様は満足しているが、今後は更に省エネルギーに焦点を絞り改善していきたい。すなわち、現在の冷凍機は冬期の低外気温、低水温時には凝縮圧力調整弁等を使用して何らかの高圧維持方法をとっている。これは省エネルギー化からみると改良の余地があり、検討を進めより優れたユニットを開発していきたい。

500kV用三菱酸化亜鉛式避雷器《MOA》

富永正太郎*・今滝満政*・渋谷義一**・宇治田克*・桑原 宏***

1. ま え が き

電力機器の異常電圧保護・絶縁協調の基本になる電力用避雷器は、電力機器の発展とともに性能の改善が試みられてきたが、酸化亜鉛(ZnO) (以下、ZnOと略す)を主体にした焼結体材料の出現は、一挙に理想避雷器時代到来を可能にしたと言えるであろう。

三菱酸化亜鉛式避雷器《MOA》(以下《MOA》と略す)は、常規対地電圧では絶縁体であるが、約1mA以上の電流に対してはある電流レベルでカットオフ特性をもつ理想避雷器であるので、在来形避雷器のように商用周波電圧に基づく続流が無い。したがって直列ギャップが不要になり、放電の遅れが無い迅速な応答特性を有するとともに、高エネルギー吸収用として優れた特性が発揮できるので、ケーブル系、来るべきUHV用避雷器、また直流避雷器として《MOA》への期待が大きい。

当社では、既に超高圧級以下の《MOA》の製品シリーズを完成⁽¹⁾したが、引き続き500kV基幹系統重責務用がいし形及びタンク形《MOA》の開発を完了したので報告する。

2. ZnO素子の特性

ZnO素子は、《MOA》の特性を決定する重要な部品であるので、品質管理体制、生産体制の確立が重要である。

当社では、既に専用焼成炉・大形造粒機・混合機などのZnO素子生産設備を完備していたが、500kV用《MOA》の開発及び製品化に際し、これらの設備を増強するとともにしょう(秤)量・成形・試験工程などに自動化ラインを導入し、更に一層の品質の安定化を図った。特に、試験工程ではコンピュータの導入によって自動選別・ロット管理などが可能になり省力化が達成できた。

2.1 電圧-電流特性

ZnO素子は、ZnOを主成分に、微量の Bi_2O_3 、 CoO 、 MnO 、 Sb_2O_3 などの添加物からなる高温焼成体である。微細構造は $1\sim 10\Omega\cdot\text{cm}$ の比抵抗をもつZnO粒子と、 $10^{10}\Omega\cdot\text{cm}$ 以上の比抵抗をもつ高抵抗層とからなり、後者が電圧-電流特性の非直線性を示す⁽¹⁾。JEC 203(1978)に規定されている開閉サージ動作責務静電容量 $25\mu\text{F}$ 、 $50\mu\text{F}$ 用のZnO素子については、既に製品化し、実稼働に入っており好評を博しているが、500kV用ZnO素子として $78\mu\text{F}$ 用の素子を

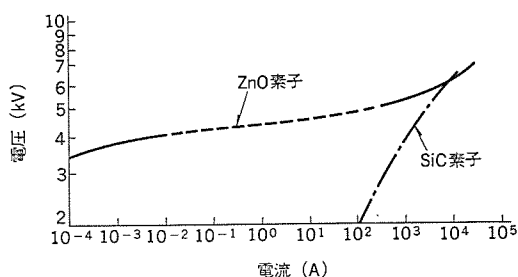


図1. 重責務用($78\mu\text{F}$ 用)ZnO素子特性

新たに開発した。 $78\mu\text{F}$ 用ZnO素子は世界的に見ても類のない 105mm という大直径のもので、面積を大きくしたことによる特性改善のほかに、在来の素子の基本材料配合に若干の添加物を追加して非直線性を改善している。図1.は、500kV用ZnO素子の特性を示している。

急しゅん波電流応答特性、温度依存性などは従来の素子と同等の特性を示す⁽²⁾。特性の管理は、1mAの電流が流れたときの制限電圧で行うが、この値は、素子が大きくなっているために直流電圧と交流電圧とでは、同一の電圧値を印加しても交流電圧の抵抗分電流のほうが大きくなる。これは、誘電体損の影響が大きいことを示している。

2.2 放電耐量性能及び課電寿命

ZnO素子は、《MOA》に課せられる動作責務に対応して大形化すれば、素子の並列使用に関連する管理が不要になるばかりでなく、構造面で簡単になって信頼性の向上が期待される。しかし、反面大形化に伴う素子の均一性が要求される。

均一性は、ZnO素子製造工程のうちでも造粒工程・成形工程などによって最も影響されるが、当社では造粒粉の形状、造粒粉のサイズなどの検討、及び成形方法の検討の結果、極めて均一性の高いZnO素子を製造することに成功した。

ZnO素子の検査は、表1に示す項目について放電耐量試験・均一性試験は抜取りで、他の試験は全数について実施している。図2.は均一性試験装置である。ZnO素子の $V_{1\text{mA}}$ (1mA流れるときの制限電圧……始動電圧と称す)の分布の1例を図3.に示す。放

表1. ZnO素子の検査項目

検査項目	全数は抜取り	内 容	備 考
寸 法 検 査	抜取り	素子の直径及び厚さを測定する	図面指示寸法を満足すること
外 観 検 査	全 数	目視によって外観検査を行う	ピンホール、欠け、割れ、クラック、汚れ、異物付着等のないこと
素子の内部検査	全 数	非破壊検査法によって素子内部欠陥の有無を検査する	ボイド、クラック等がないこと
電圧-電流特性試験		各素子のV-I特性を測定する 10 A DC 1 mA DC 400 A(8×20μs波)……抜取り 10 kA(8×20μs波)……全数	各特性が規定の範囲内にあること
放 電 耐 量 試 験	抜取り	継続時間2msのく形波電流、規定の波高値を2分間隔で10回通電する	貫通、せん断等を生ぜず、前後の特性に変化がないこと 不良発生の場合にはロット不良とする
均 一 性 試 験	抜取り	素子の上下の電極面に対向して小電極を設け、1mA DC通電時の電圧($V_{1\text{mA}}$)を測定する。電極を移動させて $V_{1\text{mA}}$ の測定を行い、 $V_{1\text{mA}}$ の分布を求める	$V_{1\text{mA}}$ のばらつきが規定の範囲内であること 不良発生の場合にはロット不良とする

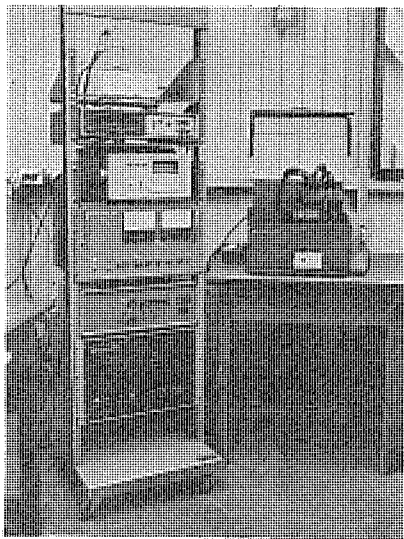


図 2. ZnO 素子用均一性試験装置

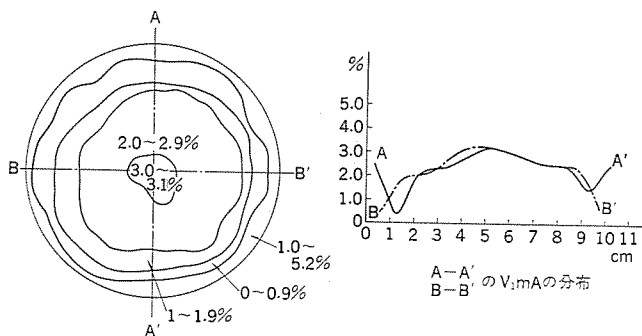


図 3. 78 μ F 用 ZnO 素子の V_{1mA} の分布の 1 例

電耐量性能と V_{1mA} の分布との関係について多数テストピースで試験した結果、 V_{1mA} のばらつきが 0 ~ 3 % 以下に入る面積が全体の素子面積の 90 % 程度の面積であれば、放電耐量性能はほぼ ZnO 素子の容積に比例して向上することがわかった。14 kV ユニット当たりの開閉サージ耐量は約 210 kJ である。

課電寿命については、素子単体で課電電圧・周囲温度をパラメータにした試験を実施したが、25 μ F、50 μ F 用素子以上の性能が確認された⁽³⁾。420 kV 定格のタンク形《MOA》については、500 kV 実系統で長期課電試験中である。寿命については周囲温度 40°C を考えて 100 年以上の課電寿命がとれるように設計してある。

2.3 動作責務特性

JEC 203 に規定されている 20 kA 雷サージ動作責務試験、断路器サージ動作責務試験及び 78 μ F 開閉サージ動作責務 (B) 試験 (500 kV 用しゃ断器の抵抗投入失敗時の投入サージを抑制する試験) について、14 kV ユニット供試器で試験を実施した⁽⁴⁾。いずれも供試器は異常なく耐え、試験前後の特性の変化はなかった。《MOA》は無統流であるので、雷サージ動作責務、断路器サージ動作責務は処理エネルギーには軽微である。

開閉サージ動作責務試験は、系統の異常電圧に対応して電流が流れるので、処理エネルギーも大きい。この試験では、送電側及び受電側に避雷器を設置して、実施する必要があるが、回路の短絡電流、つまり電源側のインピーダンスで避雷器に課せられる責務が違ってくる。このため、種々の電源短絡電流について、しゃ断器の投入位相を変えて処理エネルギーを計算した。その結果、送電側設置よりも受電端設

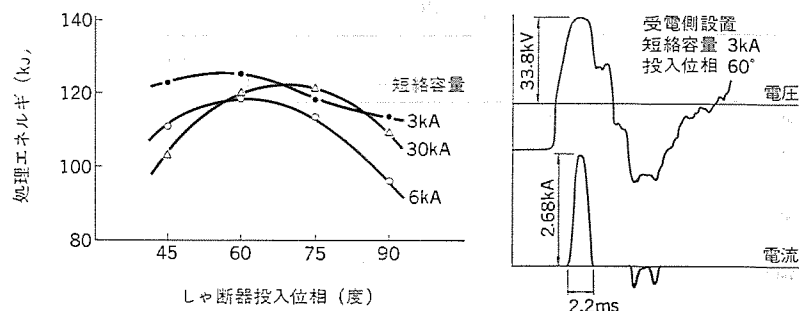
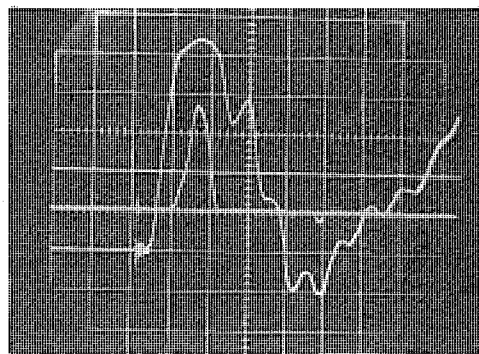


図 4. 再閉路サージ動作責務の処理エネルギーと計算による波形



条件：受電側設置、短絡容量 3 kA、投入位相 60°
上から《MOA》端子電圧、電流を示す。
電圧：10 kV/div、電流：1.0 kA/div
時間：2 ms/div

図 5. 再閉路サージ動作責務試験 オシログラム

置のほうが処理エネルギーは大きく、電源短絡電流 3 kA、しゃ断器投入位相 60° のときが最も過酷であることがわかった。図 4. に受電端設置の場合の計算結果、及び投入位相 60°、電源短絡電流 3 kA のときの計算波形を示す。また、送電側設置でも電源短絡電流が 3 kA の場合が最も厳しい条件であった。これらの計算結果は、各試験結果とよく一致した。図 5. に代表的な試験結果のオシログラムを示す。この試験では、2.7 kA の電流値を 2.3 ms でしゃ断し、処理エネルギーは約 120 kJ であった。

3. 《MOA》の構造及び試験結果

3.1 主要定格

三菱 500 kV 用《MOA》シリーズは、ガス絶縁変電所 (GIS) (以下、GIS と略す) に使用されるタンク形 (形名：MAH-T) と標準形がいし形 (形名：MAH-P₁) 及び耐汚損・活線洗浄形がいし形 (形名：MAH-P₃) から構成する。表 2. に主要定格を示し、直列ギャップの無い JEC 203 規格適合品である。

3.2 タンク形 (GIS 用) 《MOA》の構造

タンク形には、超高圧級以下の《MOA》と同様、ZnO 素子の電圧分担改善用に分圧シールド⁽⁵⁾を用いた。タンク形では、接地タンクと ZnO 素子との間に浮遊容量があるので、課電側になるほど ZnO 素子に流れる電流が大きくなり、その結果、課電側の課電の割合が大きくなる。しかし、図 6. に示すような分圧シールドを設けることによって ZnO 素子と分圧シールド間の浮遊容量を通じて前述の接地タンクへ流れる電流を補償して ZnO 素子の課電状態を一定にすることができる。

ZnO 素子は FRP パイプ内に収納し、3 円柱に配置し、電氣的に

表 2. 三菱 500 kV 用《MOA》主要定格

形 名	GIS 用タンク形 MAH-T	がいし形標準形 MAH-P ₁	がいし形耐汚損形 MAH-P ₂
定 格 電 圧 (kV)	420		
定 格 周 波 数 (Hz)	50/60		
公 称 放 電 電 流 (kA)	10		
開閉サージ動作負荷静電容量 (F)	78		
制限電圧(kV)	10 kA において	1,220 以下	
	20 kA において	1,340 以下	
始動電圧(kV)	商 用 周 波	600 以上	
	直 流	660 以上	
耐 電 圧(kV)	商 用 周 波	750	
	雷 イ ン パ ル ス	1,550	
	開閉インパルス	1,175	
封 入 ガス (kg/cm ²)	定 格	SF ₆ ガス	4.0
	低 圧 警 報	20°C において	3.0
		窒素ガス大気圧	
適 用 規 格		JEC-203(1978)	

は直列に接続される。SF₆ガス管理方式は GIS と同等である。付属品としては、記録器・カウンタ・漏れ電流測定端子などを標準装備にしている。

図 6. に示すように、GIS などへの接続は、分圧シールドから引き出せるので縦形の避雷器にすることができ、在来形と比べてすえ(据)付面積は 1/6、また容積は約 1/4 になるので、GIS への適用の自由度が大きくなった。

3.3 がいし形《MOA》の構造

図 7. にがいし形《MOA》の構造図を示す。MAH-P₁、MAH-P₂形ともこのユニット2個で構成する。ZnO 素子は、FRP パイプ内に収納してばねで圧縮する。また、FRP パイプは別のばねで引張り力を加えて剛性を上げるようにしてある。全体の分圧補正には、セラミックコンデンサを使用し、ユニット上下にはアルミ合金製の放圧板を設けている。内部には窒素ガスを封入し、下段ユニットの底には絶縁引出しの構造を採用して漏れ電流が測定できるようにしてある。また、密封方式は、GIS と同等の方式にして信頼性を上げた。外形寸法は、在来形と比べて高さが 15% 低くなり、容積は 1/3~1/5 になった。

3.4 試験結果

3.4.1 分圧測定

分圧測定は、特殊分圧器、ネオンランプによる電位比較法などによって実測した。ネオンランプ法は、《MOA》の1スタックにネオンランプ又は低圧真空避雷器を取付け、電圧を徐々に上昇させ、ネオンランプの点灯信号を光伝送回路を経てオシロスコープに伝達させ、ネオンランプの点灯電圧を測定する方法である。各供試器の ZnO 素子の電圧分担は、いずれも理想状態と比べて最大電圧分担部分は 1.05 倍以下であった。この値は、あらかじめ縮小モデルで行った電解液そう(槽)法による電圧分担測定結果とよく一致した。

3.4.2 耐汚損試験結果

《MOA》は直列ギャップが無いので、従来の避雷器のようにギャップの放電電圧の低下、シャ断性能の低下を考える必要がなく、本質的に優れた耐汚損性能を持っている。

がいし汚損時のがいし表面の低抵抗化に基づく漏れ電流の増加は、がいし表面に接地電位部が近づいたことと等価であることを意味し、ZnO 素子とがいし表面との間に浮遊容量が存在するようになる。このため、ZnO 素子にパルス電流が流れて ZnO 素子の温度を上げる

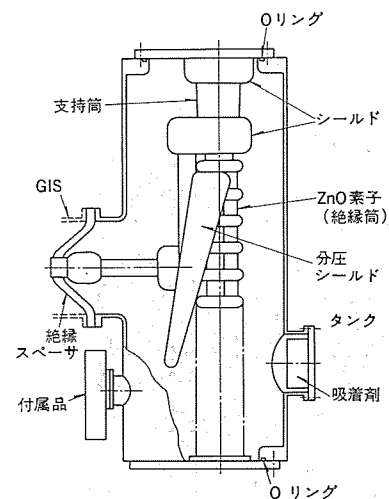


図 6. タンク形 420 kV 《MOA》構造図

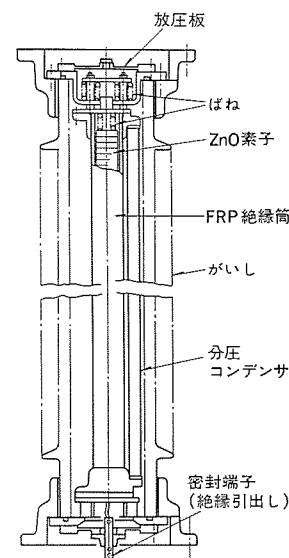


図 7. がいし形 420 kV 《MOA》構造図

働きをする。したがって、《MOA》の耐汚損性能は、がいし外部汚損耐電圧性能、ZnO 素子の温度上昇値、パルス電流による内部コロナの有無などによって評価される。温度上昇、内部コロナなどは、主としてがいし径と ZnO 素子とのクリアランスに関連するため、設計に際しては十分に検討を行った。

がいし形《MOA》は、JEC 203 に基づく試験パターンで汚損試験を実施した。耐汚損・活線洗浄形については汚損度 0.03 mg/cm² で試験を実施し、《MOA》内部の温度上昇はサーモパルで測定し、最大温度上昇 15 deg 以下、また内部可視コロナの無いことを確認した。

3.4.3 その他の試験結果

その他の試験を JEC 203 に基づいて実施し、いずれも良好な結果を得ている。

がいし形の放圧試験では、50 kA では通電開始後約 6 ms で、3 kA では同じく約 60 ms で放圧板が動作して内部圧力を放出するとともに、50 kA では外部せん絡に移行して良好な結果を得た。

耐震試験では、0.3 g 共振 3 波の試験以外にエルセントロ地震、宮城県沖地震などの実際の地震波による加振をし、問題のないことを確認した。タンク形については、縦据付け及び横据付けを模擬して試

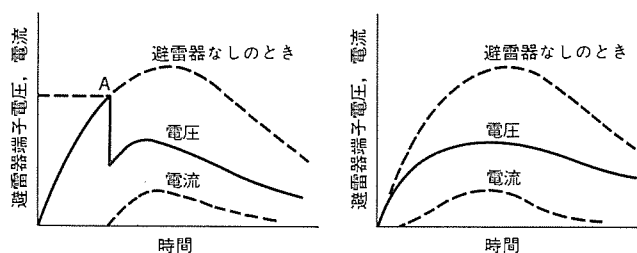
験を行った。がいし形の共振周波数は、標準形で3.2 Hz、耐汚損形で2.9 Hzで、共振3波に対して最も厳しく安全率1.3以上、タツク形では内部部品の共振周波数が8 Hz以上で、安全率4.3以上であり実地震に対しては全く問題にならない。

4. 保護性能

在来形のいわゆる直列ギャップ付避雷器の保護性能の評価は、放電開始電圧及び公称放電電流10 kAにおける制限電圧の2つで表される。言いかえると、直列ギャップが放電するまでは“電圧の現象での評価”，その後は避雷器に流れる電流によって生ずる制限電圧，すなわち“電流の現象での評価”になる。一般に、直列ギャップは急しゅん波電圧に対しては放電遅れ現象があり、緩波頭電圧と比べて高い放電電圧を示す。図8. (a) は、在来形避雷器の動作の概念図であり、A点の電圧は、発変電所に進行波として侵入して過電圧を発生させる恐れがある。

《MOA》は前述のように、直列ギャップがないのでこのような現象はなく、図8. (b) に示すように応答を示すものと考えられるので保護性能の向上が期待される。しかし、《MOA》は常時系統に接続されるという意味で、従来ほとんど問題にされなかった特性要素の電流波形に対する応答性が“電流の現象での評価”として要求される。図9. は、ZnO素子の急しゅん波電流に対する応答特性を示している。ZnO素子は、従来のSiC（炭化けい素）の特性要素と比べて優れた特性をもっており、例えば1 μ sの波頭の電流に対して約7%の保護性能の向上が期待できる。

これらの保護性能を検討するため、計算機を使用してサージ計算を行った。検討対象を500 kV系のGISの母線とし、計算条件は(財)電力中央研究所報告の耐雷設計ガイドブック⁽⁶⁾によった。避雷器の特性は、JEC 203の420 kV避雷器の特性と同じとし、《MOA》の制限電圧は10 kAで1,220 kVとした。



(a) 在来形避雷器

(b) 《MOA》

図8. 在来形避雷器と《MOA》との動作概念図

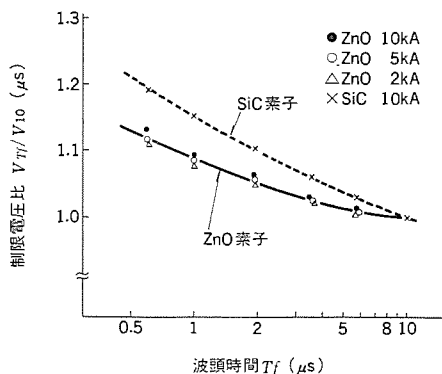


図9. 急しゅん波電流に対する応答性

	《MOA》	在来形避雷器
0.5 μ s 放電開始電圧 (kV) :	—	1,340
標準放電開始電圧 (kV) :	—	1,220
制限電圧 (kV) :		
0.5 kA	990	—
2 kA	—	1,020
10 kA	1,220	1,220
20 kA	1,310	1,350

避雷器の設置場所を変圧器の端子及び引込口にした場合の計算結果をそれぞれ図10., 図11. に示す。雷撃電流が150 kA, $(2 \times 70) \mu$ sのときには《MOA》のほうが在来形と比べて6~13%, 100 kA, $(2 \times 70) \mu$ sのときには同じように6~11%低い保護特性が得られる。代表的な例として、 $L=80$ m, 雷撃電流として150 kA, $(2 \times 70) \mu$ sの条件における電圧・電流の変化を示すと、図12., 図13. のようになる。電流の立上りが大略0.8 μ sとすると、前述の図9. に示される急しゅん波電流応答特性が更に考慮できるので、在来形避雷器と比べて保護性能は13~20%《MOA》のほうが優れている。

諸外国では、発変電機器の経済性から絶縁レベルを下げる目的で、DLR (Discharge Level Ratio=10 kAにおける制限電圧/避雷器の定格電圧)の値を下げる努力がなされているが、急しゅんな電圧領域では直列ギャップの放電遅れの影響が大きく、DLRの低下の効果はあまり期待できない。諸外国で使われている在来形避雷器の特性の1例を適用して、この特性より10 kAにおいて180 kV高い制限

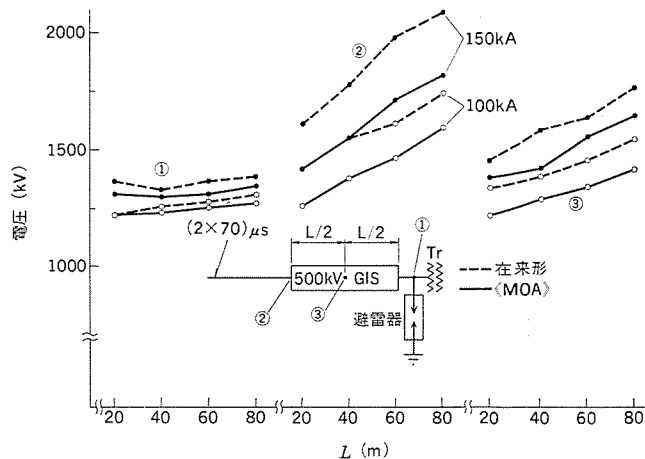


図10. 変圧器に設置したときの最大電圧

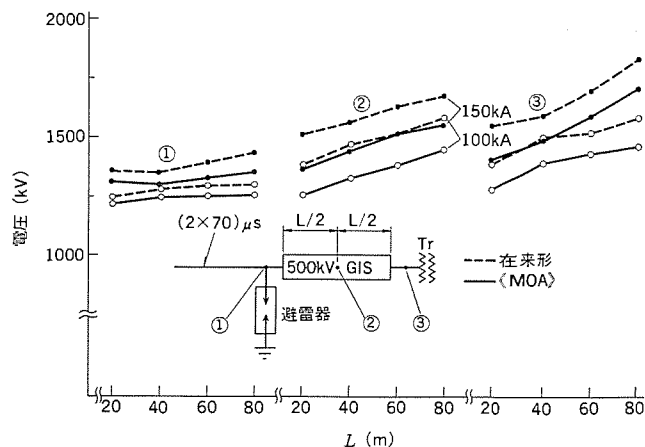


図11. 引込口に設置したときの最大電圧

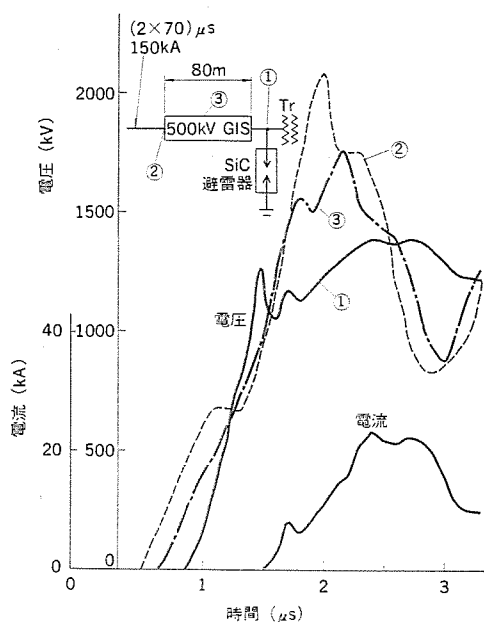


図 12. 在来形避雷器を使用したときの電圧・電流

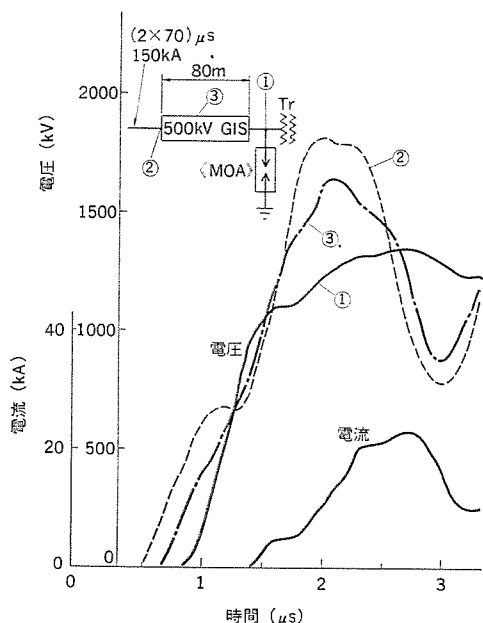


図 13. 《MOA》を使用したときの電圧・電流

電圧の《MOA》との保護性能の比較を行った。次表は避雷器特性の比較である。

	《MOA》	在来形避雷器
0.5 μs 放電開始電圧 (kV) :	—	1,230
標準放電開始電圧 (kV) :	—	980
制限電圧 (kV) :		
0.5 kA	960	685
10 kA	1,100	930
20 kA	1,210	1,070

図 14. に計算結果を示す。《MOA》の制限電圧は、10 kA におい

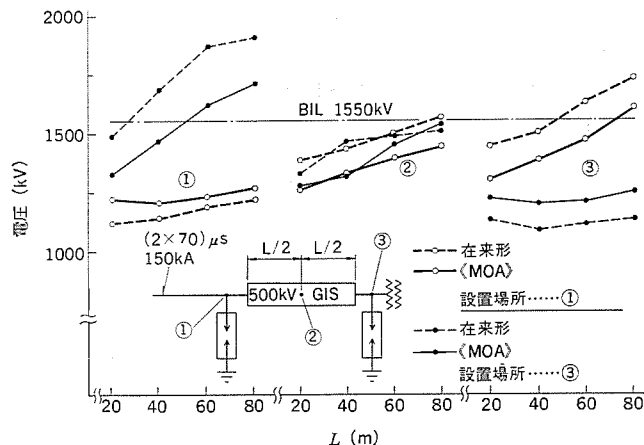


図 14. 在来形と《MOA》との保護性能の比較

て在来形より 18% 低い値にかかわらず、《MOA》の保護範囲が大きい。例えば GIS の入口に避雷器を設置した場合、1,550 kV BIL の機器における保護範囲は《MOA》で 70 m、在来形で 50 m である。この差は、電流の応答特性 (図 9) を考慮すると更に大きくなる。

これらの計算には、 $(2 \times 70) \mu s$ の雷電流波形を使用した。更に急しゅんな雷電流を想定すると、在来形では急しゅん波電圧領域における放電開始電圧が上がるので、系統に侵入する初期過電圧が大きくなる。したがって、急しゅんな雷電流に対して《MOA》の保護性能は一層有利になる。

5. む す び

電力用酸化亜鉛式避雷器は誕生して間もないが、国内外での使用が急速に増えつつあり、多数の発電所で良好に稼働している。やがて近い将来避雷器の主流は酸化亜鉛式避雷器に変わるであろうと考えられる。

《MOA》は、直列ギャップが無いソリッドステートタイプの理想避雷器で、本文に述べたように、保護特性が優れている。《MOA》適用上の研究が今後更に進められるであろうが、規格を含め、《MOA》の長所を生かせる適用について絶縁設計の基本に立ちもどって検討していく必要がある。

今回開発した 500 kV 用《MOA》は、電力機器保護の信頼性向上に寄与するものと確信している。

最後に、この避雷器の開発製品化に当たってご尽力願っ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) 富永ほか：三菱電機技報，52. No. 5, 371 (昭 53)
- (2) S. Tominaga et al. : IEEE, A 78595-1 (1978)
- (3) 富永ほか：開閉保護装置研究会資料 (電気学会)，SPD-78-2 (1978)
- (4) 富永ほか：昭和 53 年電学会関西連大，G 3-59 (昭 53)
- (5) S. Tominaga et al. : IEEE, F 78703-1 (1978)
- (6) 電中研報告：研究報告 175034

プラントコントローラ《MELPLAC》10

岩永俊之*・片岡猪三郎*・江上憲位*・山本 修**・松村雅司***

1. ま え が き

高度成長経済における生産設備の大形化、複雑化の時代から、今日の減速経済における省資源、省エネルギーの基に生産効率、か(稼)動率の向上が叫ばれプロセス制御の分野に多様な要求が出ている。その1つは制御装置自身の有用性の再確認であり、他の1つは、制御装置のマシインタフェースの改革である。ここに紹介する《MELPLAC》10はその理念の基に製作したもので以下その概要について説明する。

2. 《MELPLAC》10の基本設計思想

《MELPLAC》10は《MELPLAC》50の下位機種として中小規模用に開発されたものでその基本思想を以下述べる。

2.1 シーケンス制御と算術演算の同時処理ができること

算術演算といえども従来のシーケンスの考え方で処理できるもので、初期の計算機DDC(Direct Digital Controller)が負っていたソフトウェアの特質ともいえる可視性(Visibility)の低さ、情報伝達効率の低さをファームウェア(ハードウェアのソフトウェア化)により吸収し、従来のソフトウェア偏重による弊害を克服している。

2.2 高信頼性の実現と充実した故障診断を提供すること

高信頼性のマイクロプロセッサをはじめ、各種のLSI、MSIの採用、非破壊形不揮発性メモリの採用、プロセス入出力部のノイズマージン対策などハードウェア単体の信頼性の向上をはかっている。更にメモリCPU入出力部での充実した故障診断を行い、システムダウンに直結するCPU、及びメモリの故障に対する強力なるバックアップ処置を完備し、システムの信頼性を高度に増強している。

2.3 プログラミングが容易であること

計算機を取扱ったことのない技術者にも容易に理解できるソフトウェア体系である高位言語、しかもプログラムの機能がデータ中心の考え方のため単純なフローで構造的なプログラムを作成しやすくなっている。一方プログラム処理手順を中心に考える計算機システムでは、データベースの破壊、処理機能の麻痺などソフトウェアの信頼性に大きな影響を与える障害が起りかねない。《MELPLAC》10はソフトウェアの信頼性、及び生産性向上の手段としてデータ中心の考え方を命令やハードウェアアーキテクチャに埋め込み、プログラムを単に入出力間のデータの流れとして捕える言語体系となっている。

2.4 だれでもがメンテナンスできること

一般に計算機のメンテナンスの難しさは、プロセス入出力、計算機ハードウェア、ベーシックソフトウェア、アプリケーションソフトウェアなどの機能と機構が複雑に絡み合うことにある。《MELPLAC》10はソフトウェアとハードウェア、つまり機能と機構が1対1に対応する言語体系となっており、しかも高位言語を機械語として直接実行させることによりプログラム作成と現場でのプログラム修正の効率化をはかっている。更にプログラミングパネルが直接現場でプログラム、データの書込み、読出しのほか、プログラム編集、索引、オンラインでの各入出力の状態及びプログラムに基

づくその動の直接監視ができるようになっており、更に各種演算のパラメータなど機器を動かしながらデータ設定ができるので計装分野でも広く活躍が期待される。なおプログラム及びデータの保存のツールとしてカセット磁気テープ・プリンタ(MT・PR)を用意している。

2.5 コストパフォーマンスの向上ができること

当初分散した小さなものから始まり、スケールメリット追求の過程で集中/巨大化し、それが行きづまって分散化に移行する傾向はあらゆるシステムに共通した歴史といっても過言ではない。《MELPLAC》10は機能単位の分散化システムを指向し、プロセスとの結合を直接的とすること、及び自立性の高い言語体系を有し、しかもシステム機能を実現する中心のCPU更にプログラムメモリのミニマム化をはかりシステムの単純化ができることで経済性を更に向上させている。

3. 特 長

3.1 システムの特長

2章の設計基本思想のもとに製作した《MELPLAC》10をその実現のためシステムの特長をまとめたのが表1.である。

3.2 バックアップシステム

次のバックアップシステムが実現できる。

(1) メモリバックアップ(もちろんメモリ・A及びメモリ・Bのプログラム

表1. 《MELPLAC》10システムの特長

分 類	特 長
自立性の高い制御向き高位言語の採用	(1) ビット演算(シーケンス制御)とワード演算(算術演算、論理演算)の並行処理 (2) Conditional LoadとCompare命令の採用によるフローの単純化 (3) ビット変数とワード変数のエリア共用のためデータ→パターン、パターン→データとしての識別が容易 (4) ソース指定のためソフトとハードウェアの関連が1対1で明確 (5) 通常直接アドレッシングによるプログラム、特殊関数はサブルーチン化によりプログラムの明確化
信頼性を上げる	(6) CPUの完全バックアップを実現 (7) メモリの完全バックアップを実現 (8) CPU-メモリ両者完全バックアップを実現
プロセスとの結合を直接的にする	(9) 入出力命令によるメモリアクセスと入出力動作の一元化 (10) ソース採用による制御対象の直接指定
容易なデバッグ	(11) データフロー主体のプログラム構造とコントロールフローの単純化 (12) プログラミングパネルによる現地デバッグ (13) 各種オンライン、オフラインデバッグ機能
ハードウェア	(14) マイクロプロセッサの採用 (15) マイクロプログラミング制御方式 (16) バイブライン制御方式 (17) データは16ビット (18) メモリはワイヤ
周辺機器接続	(19) 周辺機器制御部(ターミナルプロセッサ)はデータハンドリングを得意とし本体とは確な情報結合とする (20) 会話が平易 (21) リモートIO、データウェアとの結合が簡単
適 用	(22) シーケンスとして採用 (23) アナログ処理を含めたDDCコントローラとして採用

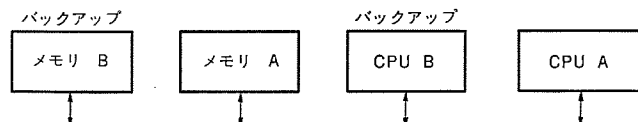


図 1. CPU メモリ バックアップ

の内容は同一とする)

(2) CPU バックアップ

(3) CPU メモリ バックアップ

通常はイメージ的に CPU・A—メモリ・A で制御運転をしておりメモリ・A 及び CPU・A の診断機能により異常が検出された場合自動的に CPU・A→CPU・B あるいはメモリ・A→メモリ・B に切り替わり制御運転を続行する。

なお、不良になった CPU 及びメモリには警報表示ランプが点灯する。(図 1.)

4. ハードウェア

《MELPLAC》10 の基本ハードウェア構成を図 2. に、制御盤実装例を図 3. に示す。

4.1 CPU 部

当社の高信頼性マイクロプロセッサを採用しマイクロプログラミングによる制御が行われ、プラント制御向けの高位言語体系の永続性を保有し、更にシーケンス制御(ビット演算)・算術演算処理(ワード演算)の同時処理機能を行うコントローラの中核部である。なお、タイマ 64 点、カウンタ 16 点も内部に実装されている。

なお、その CPU 前面パネルには正常表示、パリティエラー表示、応答無エラー表示、ウォッチドッグタイマエラー表示、ロジックエラー表示など

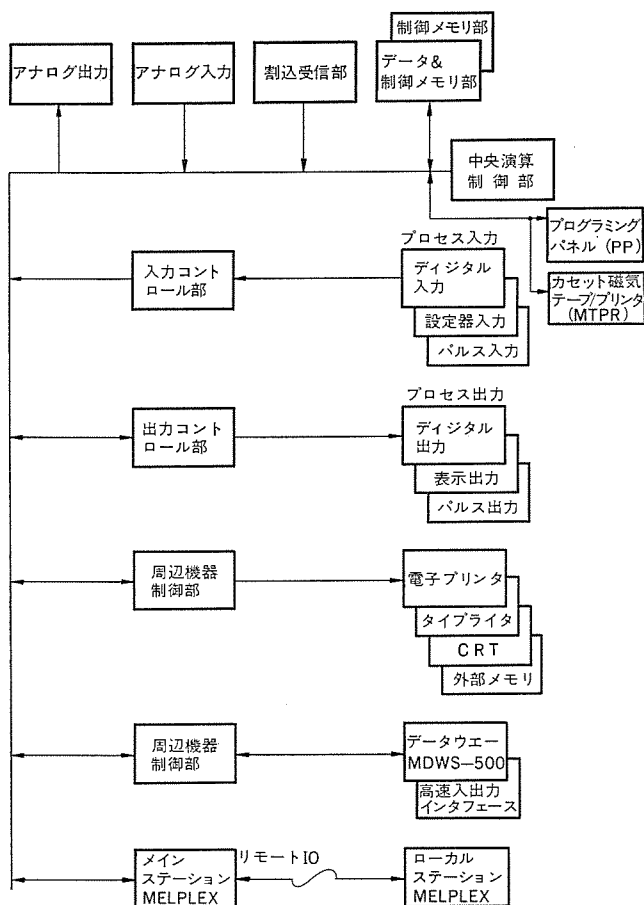


図 2. ハードウェア構成

CPU に関する状態表示がすべて出力ランプとして点滅する。

4.2 メモリ部

プログラム及びデータメモリは 2KW×17 ビットのカード単位からなり、最大 5 ユニットまで実装できる。

オンライン中に読み書きできるデータ領域は最初の 0.5KW でありその他のすべてはプログラム領域として使用できる。データ領域は一時記憶としてプログラム上使用できるデータメモリ(ソース MW/M)が 384 W, その他割込発生及びサブルーチン時の退避エリア、プログラム先頭/もとり番地の記憶領域として使用される。

非破壊形不揮発性メモリの採用により RAM/ROM 切換機能・自己診断機能を備えている。

前面にパリティエラー表示、ガードエラー表示のメモリに関する状態表示ランプが実装されている。なお、これらの主仕様を表 2. に示す。

4.3 割込受信部

シーケンス制御におけるサイクリック走査のほかに、外部要因によるプログラム優先制御が可能で、外部割込 7 点を実装する。割込要因に応じたプログラム先頭番地及び規定の退避は割込受信部からの信号に基づきマイクロプログラムが処理する。

4.4 アナログ入力部

8 点/カードのアナログ入力を取り込み、入力選択、A/D 変換を行う。このカードは CPU モジュールに実装でき、小容量のアナログ入力時に有利となるよう製作されたものである。大容量の場合は《MELPL

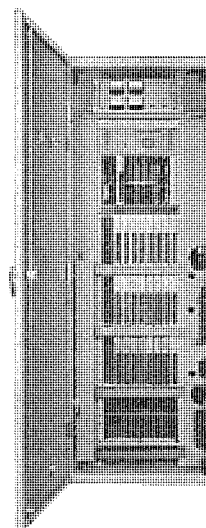


図 3. 《MELPLAC》10 制御盤

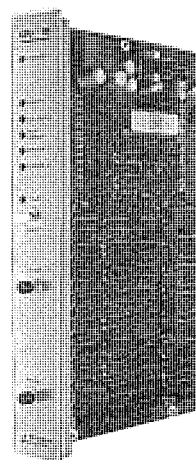


図 4. CPU カード

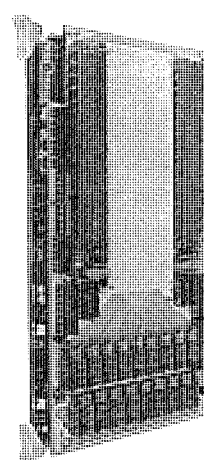


図 5. メモリカード

表 2. 主仕様

演算制御部	演算方式	ソース指定によるワード/ビット処理制御
	ワード処理	2連並列 固定小数点演算 1語=16ビット
	ビット処理	シーケンシャル演算 1語=1ビット
	制御方式	マイクロプログラミング方式
	命令	23種 命令一覧参照
	割込制御	割込要因自動判別方式 1レベル7点
入出力部	サブルーチン	3重ネスト処理まで可
	シーケンスカウンタ	プリセットダウンカウンタ方式 16点 計数値有効 14ビット 0~16,383
	タイマ	プリセットダウンカウンタ方式 64点 時間値 0~1638.3s 0.1s単位
主記憶部	プログラムメモリ データメモリ	ワイヤメモリ又はICメモリ 2K語単位 (最大9.6K語まで拡張可) 384語
入出力部		
システムデバッグ装置		
環境条件		

AC》50 に準じた方式となる。

4.5 アナログ出力部

4点/カードのアナログ出力で出力データ保持器、D/A変換器から構成される。このカードはアナログ入力部と同様、CPUモジュールに実装でき小容量のアナログ出力時に有利となる。大容量の場合は《MELPLAC》50 に準じた方式となる。

なお、上記アナログ入出力部は計装用バックアップ操作器と直接信号のやりとりができる。

4.6 プロセス入力部

リミットスイッチ、操作デスクの押しボタンなど直接プロセス側から送られてくる信号を受信するものでおのの信号のON-OFFを前面のパネル表示で確認することができる。またシミュレータ用としてPISWが用意され現地の入力状態を模擬することができる。

4.7 プロセス出力部

モータのコンタクト、バルブ操作などコントローラからプロセス側の制御対象へ制御情報(信号)を送信するものでおのの信号のON-OFF指令を前面のパネル表示で確認することができる。

入出力部のアーキテクチャを表3.に、また標準として準備されているプロセス入出力ユニットの仕様は《MELPLAC》50を参照していただきたい。

4.8 周辺機器制御部

プラント側から見た場合、プラントに何らか働きかけを行う機能として制御と監視(モニタリング)がある。

一般に制御では応答性を重視し、モニタリングは情報量が重視される。つまり前者はリアルタイム処理を後者はデータハンドリングを得意とするものでなければならない。《MELPLAC》10はシーケンス制御を母体としたDDCを行うものでデータハンドリングは次に述べる端末側のターミナルプロセッサ(TP)で行わせる分散形構成をとる。《MELPLAC》10とTP間はデータベースの疎な結合となっており、互いの情報授受の

表 3. プロセス入出力部アーキテクチャ

プロセス出力部仕様

デジタル入力	実装点数	ワード	最大 224 語 (16 ビット/語)
		ビット	最大 384 点 (拡張 512 点)
	種類と仕様	《MELPLAC》50 を参照	
	入力ユニット 収納フレーム	128 点/フレーム……入力専用 64 点/フレーム……入出力混在 64 点単位	
デジタル出力	実装点数	ワード	最大 224 語 (16 ビット/語)
		ビット	最大 256 点 (拡張 512 点)
	種類と仕様	《MELPLAC》50 を参照	
	出力ユニット 収納フレーム	128(64)点/フレーム……入力専用 64 (32) 点/フレーム……入出力混在 64 (32) 点単位 () 内は出力ユニットの種類による	
アナログ入力	実装点数	8 点増設単位	
	変換精度	±0.5 %	
	変換値	4〜20 mA, 0〜5 V, −10 V〜+10 V→12 BIT	
	絶縁アンプ 実装点数	高抵抗絶縁方式の場合 8 点単位	
アナログ出力	実装点数	4 点単位	
	変換精度	±0.5 %	
	変換値	12 BIT→4〜20 mA, 0〜5 V, −10 V〜+10 V	
	点数	1 レベル 7 点	
割込入力	プロセス信号	プロセス入力ユニットと共用	

※ ビット入出力はすべてワードとしても使用可能である

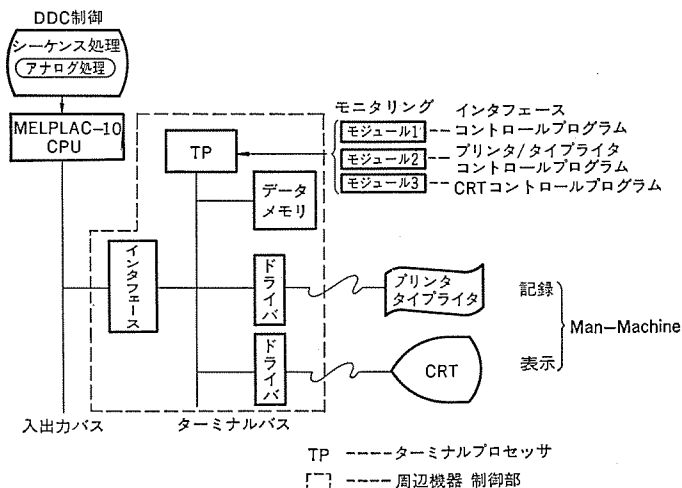


図 6. 周辺機器 インタフェース

ためのオーバーヘッドをなくし制御の応答性に支障なきよう配慮されている。図 6. にその構成を示す。

TP、インタフェース、データメモリ、ドライバは各自《MELPLAC》10のカード形態と全く同じ最小単位で自立性を持っており、制御する周辺機器により最小構成のコンパクトな組合せができるよう準備されている。また、つながる周辺機器によりTPのコントロールモジュールが決定され、そのモジュールをTPのカードに実装することでその制御運転を可能とする。つまりデータハンドリングを担当する周辺機器制御部も《MELPLAC》10の入出力部として結合でき、全くハードウェアのアーキテクチャは変わらない。つまり《MELPLAC》10は設計思想で述べたとおり、すべての制御対象とデータベースでの制御を行う。

5. ソフトウェア

プラントコントローラ《MELPLAC》10 が中小規模 DDC として制御機能を実行処理するためには論理演算、算術演算及びこれらの混合を有効にかつ容易にプログラムできる必要がある。

5.1 制御向き高位言語の採用

一般の計算機は算術演算を主体に作られているためシーケンス制御にそのまま使用する場合、プログラムのコントロールフローが複雑でかつデバッグが困難である。そのため計算機では高位言語の導入によりこの問題を回避しているが、実行時間やメモリ容量の犠牲のほかに言語プロセッサを抱えなくてはならない問題があった。《MELPLAC》10 はその点を踏まえ、表 4. に示す命令を有し 1 ビットの論理演算（ビット処理）と 16 ビットの算術演算（ワード処理）の両者を備え、全く独立に処理できる。更に、混合演算に有効に対処するため数値の大小により論理値をセット・リセットする比較命令、論理値により数値情報を選択する条件ロード命令を設けることにより混合演算を単純

表 4. 命令一覧

分類	シンボル	機能	ワード処理	ビット処理	制御
転送	;	Load	○	○	—
	§	Invert Load	○	○	—
	,	Conditional Load	○	—	—
	→	Store	○	○	—
	LON	Latch On	—	○	—
	LOF	Latch Off	—	○	—
算術演算	+	Add	○	—	—
	—	Subtract	○	—	—
	*	Multiply	○	—	—
	/	Divide	○	—	—
			○	—	—
論理演算	AND	Logical AND	○	○	—
	ANI	Complement AND	—	○	—
	OR	Logical OR	○	○	—
	ORI	Complement OR	—	○	—
			—	○	—
分枝・比較	CAL	Subroutine Call	—	—	○
	END	Mainroutine End	—	—	○
	END 1	IT-routine Return	—	—	○
	END 2	Subroutine Return	—	—	○
	>	Compare Greater Than	○	—	—
	=	Compare Equal	○	—	—
	<	Compare Less Than	○	—	—
特殊命令	SL	Arithmetic Shift Left	○	—	—
	SR	Arithmetic Shift Right	○	—	—
	PLS	Positive Differential	—	○	—
	NOP	No Operation	—	—	○
			—	—	○

表 5. ソース一覧

分 類		ワ ー ド 処 理 用			ビ ッ ト 処 理 用		
		シン ボル	レンジ (語)	指 定	シン ボル	レンジ (語)	指 定
I/O	プロセス入力	IW	256	IW 0～IW 255	I	512	I 00～I 31 F
	プロセス出力	OW	256	OW 0～OW 255	O	512	O 00～O 31 F
A/I	アナログ入力	IW	64	IW 32～IW 255	—	—	—
A/O	アナログ出力	OW	64	OW 32～OW 255	—	—	—
I/O	周 辺 機 器	OW	1.8	OW 128～OW 255	—	—	—
メ モ リ	一 時 記 憶	MW	384	MW 0～MW 383	M	512	M 00～M 31 F
	タ イ マ	TW	64	TW 0～TW 63	T	64	T 0～T 63
	カ ウ ン タ	CW	16	CW 0～CW 15	C	16	C 0～C 15
命 令	定 数	K, H	—	K 0～K±4095 H 000～HFFF	—	—	—

なフローで実現できる。また命令に対しオペランド部は表 5. に示したようなソースで表現し制御対象とそのソースが、つまりハードウェアとソフトウェアが 1 対 1 で結びつけられ、プログラム上の入出力情報を直接制御対象として容易に判断できるかたちとなっている。プロセス入力、プロセス出力、一時記憶（データメモリ）、タイマ、カウンタ、直接数値が一目

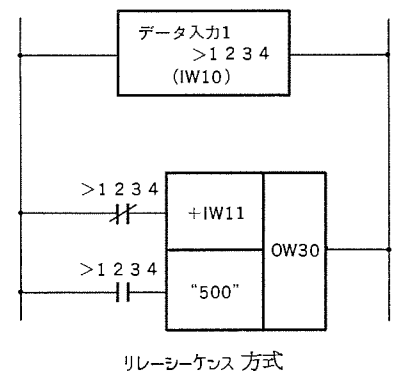
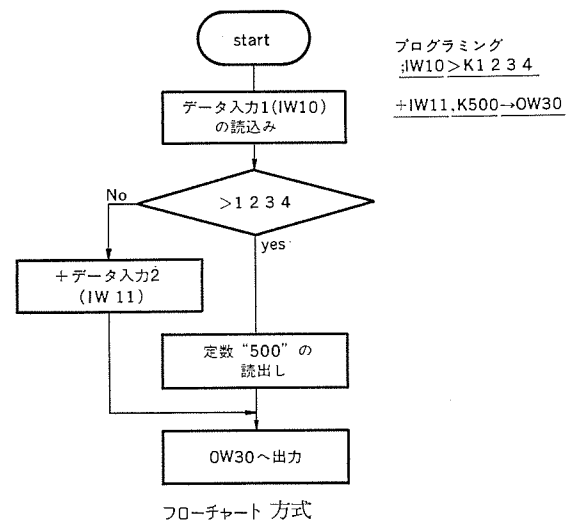
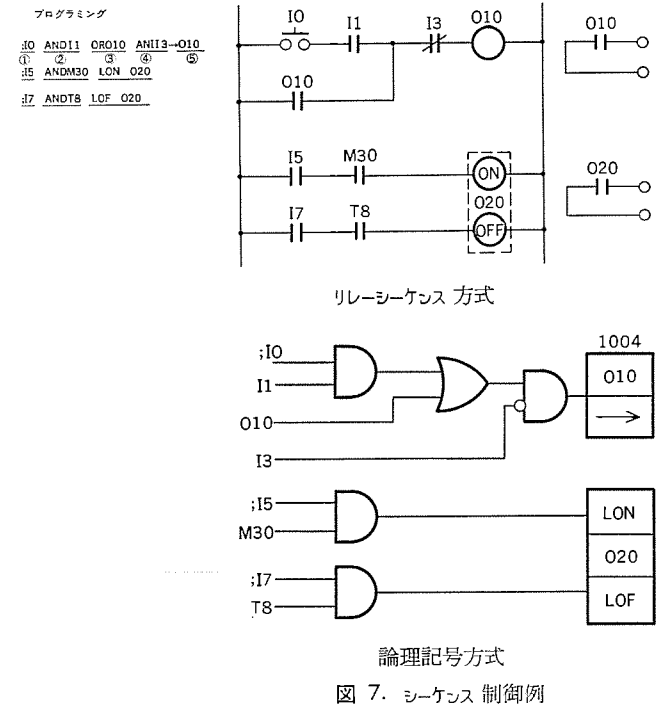


図 8. 算術演算プログラミング例

りよう然に判断できる シンボル とその ハードウェア の位置を示すナンバ
によってソースを構成し、更にシンボルの変化により1ビットデータと16
ビットデータを区別して取扱いができる。

5.2 高位言語の直接実行

シーケンス制御やDDCを受持つ《MELPLAC》10は現場で制御システ
ムの運転、調整を行いつつプログラムのデバッグ、修正を行う必要があ
る。このために高位言語を直接機械語として実行できるアーキテクチャ
を採っている。

5.3 プロセスとの結合

計算機の入出力操作は入出力プログラムやモニタなどのベーシックソフト
ウェア及び計算機内で扱われるプロセス情報の名称及びアドレスなどの
知識を必要とするが《MELPLAC》10では制御対象とソフトウェアア
ドレス(オペランド)が1対1に対応しているので入出力操作はメモリや
その他のロード、ストアと全く同一の命令で実行できる方式とした。

5.4 プログラミング例

(1) シーケンス制御のプログラミング例

(2) 算術演算のプログラミング例

データ入力1(IW 10)の値と定数1234(10進)とを比較してデータ
入力1の値が大きければ定数“500”を出力(OW 30)し、もしそう
でなければデータ入力1(IW 10)にデータ入力2(IW 11)を加算し
て出力(OW 30)せよ。

6. メンテナンス

《MELPLAC》10では各ハードウェアのユニット単位の状態表示ランプ
により局部の異常検出ができる。その他システムデバッグ用機器として、
プログラミングパネル(PP)及びカセット磁気テーププリンタ装置(MTPR)
を準備している。

6.1 プログラミングパネル(PP)

PPはCPUモジュールと接続して使用し、プログラミング及びモニタリング
等を能動的に処理できる専用のマンマシンインタフェース装置である。計
算機の知識を一切必要とせず現場でシステムデバッグ、メンテナンスの諸機
能を能率的に行うことを目的とし可搬性及びCPUとのオンライン着
脱など操作性を配慮した装置である。次の機能によりオペレータが要
求するメンテナンスをすべて実行でき、人を通常のオペレータから指揮
官に変える唯一のマンマシンツールともいえる。

- (1) プログラム及びデータの読出し、書き込み機能
- (2) プログラムのシングルステップ実行(1命令ごとの動作チェック)
- (3) アドレスサーチ(任意のプログラムブロックを連続実行させる機能)
- (4) ソースサーチ(指定される任意のソースがプログラム上どこにどう
いう形でプログラムされているかを探す機能……索引)
- (5) プログラムシフト(プログラムを上/下に走査して空き領域を探しプ
ログラムのチューニングができるプログラム編集機能)
- (6) オンラインプログラムモニタ(オンラインでのプログラム及びそれに付随
する各種データの監視機能)
- (7) オンラインソースモニタ(オンライン中、指定される任意のソースのデ
ータ内容の監視機能)
- (8) オンラインデータ書き込み(オンライン中、指定する任意の出力部に任
意のデータを設定する機能)

図9.にPPを示す。

6.2 カセット磁気テーププリンタ装置(MTPR)

MTPRはプログラム及びデータを保持するメモリのハードコピーの機能の
ほかに保存、交換、修正、照合及び操作記録に用いられる。

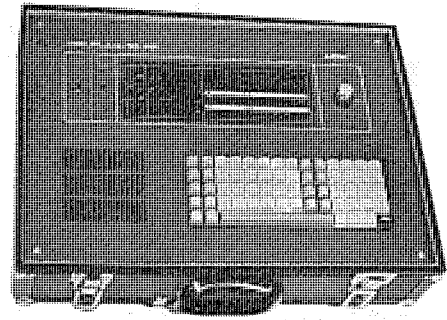


図9. プログラミングパネル

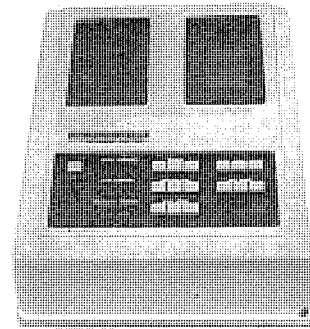
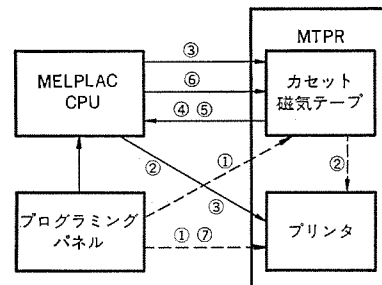


図10. MTPR



点線の機能はMELPLAC・CPUを介さずに行うことができる。

(-)機能・プログラム及びデータの①作成、②確認、③保存、④修正、
⑤交換、⑥照合、⑦操作記録

図11. 機能

図10.にMTPRの外観、図11.にその機能の関連を示す。

7. むすび

以上ソフトウェア及びメンテナンス上の生産性、ハードウェア信頼性の向上
を指向し、機能単位の分散化システムに適するDDCコントローラ及び
シーケンスコントローラとして開発された《MELPLAC》10システムの概略
を述べた。リレーシーケンスに電卓を結合させたイメージのDDCコント
ローラ《MELPLAC》10が各種プラントに広く適用され、所期の目的を
達成するためにユーズ、OEMメーカ等関連分野諸氏のご批判、ご指導
を仰げれば幸いである。最後に《MELPLAC》10を開発するにあ
たり有益なご意見をいただいた関係諸氏に厚く感謝する。

参考文献

- (1) 千葉、山内ほか：プラントコントローラ《MELPLAC》50ハード
ウェアシステム、三菱電機技報、51、No.3(昭52)
- (2) 真鍋、山下ほか：プラントコントローラ《MELPLAC》50の方式
とソフトウェア、三菱電機技報、51、No.3(昭52)

高効率メタルハライドランプ 「三菱マルチスター」1000W

三菱電機では、かねてより照明の省電力化に努めてまいりましたが、このほど発光効率120lm/Wの高効率メタルハライドランプ「三菱マルチスター」1000Wの開発に成功し、54年1月から発売いたしました。このランプはきわめて高い効率と、白色けい光ランプなみの演色性をもち、大光束を必要とするグラウンドや工場など広い場所の照明に最適な省エネルギー光源です。なお、「三菱マルチスター」1000W専用安定器も同時に発売いたしました。

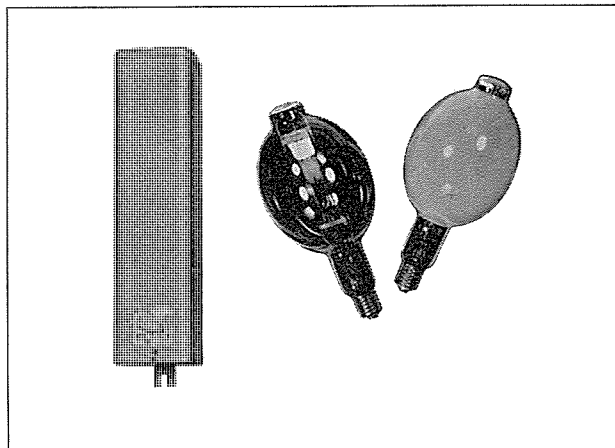
特長

●発光効率120lm/Wの高効率

マルチスターは、発光物質にスカンジウム (Sc) とナトリウム (Na) のハロゲン化物を用いて120lm/W(1000W)という従来のメタルハライドランプの約1.5倍、水銀ランプの約2倍の高効率です。このため同じ明るさを得るのに、ランプの使用灯数および消費電力が少なくてすみ、省電力光源として最適です。

●白色けい光ランプなみの演色性

マルチスターは、白色けい光ランプなみの演色性(平均演色評価数 Ra65) と光色 (色温度4000K) ですから快適な照明ができます。



安定器 三菱マルチスター ランプ

用途

●大光束を必要とする広い場所の照明に最適です。

競技場 (野球場、サッカー場、テニスコート、スキー場など) やプール、駐車場、道路、空港、広場などの屋外照明に。体育館、工場、発電所などの屋内照明に。

仕様

形名	M-1000B-U (透明形)	M-1000BF-U (拡散形)
項目		
大きさ (W)	1,000	1,000
ランプ電流 (A)	4.5	4.5
ランプ電圧 (V)	250	250
全光束 (lm)	120,000	118,000
効率 (lm/W)	120	118
平均寿命 (時間)	6,000	6,000
点灯方向	鉛直 (口金上側) ±80°	鉛直 (口金上側) ±80°
外管	BT-178	BT-178
口金	E39	E39
価格 (円)	25,000	26,000

※特注品として鉛直 (口金下側)、水平 (口金横側) タイプもあります。

マルチスター用安定器定格表

項目	形名	MD-IBRA200-5	MD-IBRA200-6
定格電源電圧 (V)		200	
力率		高	
定格周波数 (Hz)		50	60
適合ランプ (W) × (灯)		M1000B × 1	
電源電圧タップ (V)		200	220
入力電流 (A)	始動時	2.8	
	安定時	5.8	
入力電力 (W)		1,110	
二次電圧 (V)		420	
ランプ電流 (A)	始動時	5.1	
	安定時	4.5	
重量 (kg)		25	
価格 (円)		65,000	

高効率メタルハライドランプ「マルチスター」と従来品との比較例

典型的な市民グラウンド (グラウンド面積 9,000m²
平均照度 内野 500 lx、外野 200 lx
年間点灯時間 600時間
電力料金 19円/kWh
償却年数 8年) の条件で比較すれば下表の通りになれます。

照 明 方 式	ラ ン プ	灯 数	効 率 lm/W	演色性 Ra	色温度 K	費 用 比 較				特長及び用途	
						設備費	保守費	電力費	* 照明費		
1000Wマルチスター(新製品)	M1000B	73	120	65	4000	64	93	52	58	効率演色性ともに優れたすべてのグラウンド照明に適する。	
1000W'BOC(従来品)	M1000C・BOC・H	110	80	90	6000	104	123	77	91	カラーテレビ放送を行なう公式球場に特に適する。	
1000W BOCランプと700W高圧ナトリウムランプによる混光照明(従来品)	M1000C・BOC・H NH700	(55) (50)	105	98	65	3200	90	101	78	86	照明設計にあたっては、混光ムラのないよう注意が必要である。
1000W高圧水銀ランプと700W高圧ナトリウムランプによる混光照明(従来品)	H1000 NH700	(77) (50)	127	77	37	3300	87	123	63	76	小・中規模の省エネルギーを考慮したグラウンド照明に適する。
1000W高圧水銀ランプ(従来品)	H1000 HF1000	159	59	45	4500	100	100	100	100		学校のグラウンド等の小規模な照明に適する。

* (設備費 + 保守費 + 電力費)

引出式の野菜専用室を独立させた タテ形3ドア冷凍冷蔵庫



冷蔵庫市場が年々大形化し多様化してきている中で、最近野菜専用室を別扉形式で独立させた野菜専用室つき3ドア冷凍冷蔵庫が注目されはじめてきました。三菱電機ではこのニーズにお応えすべく、冷蔵庫開発の基本姿勢である“使い勝手の良さ”をテーマに開発を進め、3ドア冷凍冷蔵庫を3機種発表し順次発売しております。野菜専用室つき3ドア冷凍冷蔵庫には、一般的にフリーザー、冷蔵室、野菜室を上下に積み重ねたタテ形3ドアと、冷蔵室を上段に配置し、野菜室とフリーザーを下段の左右に並べた横形3ドアとが考えられますが、当社では十分なる市場調査結果をもとに、顧客のニーズに最も合致した使い勝手の良いタテ形3ドアを採用いたしました。

主な仕様

項目	形名	MR-343FVG	MR-343FVA	MR-373FVG
有効内容積 (ℓ)	合計	281	316	
	フリーザー	70	70	
	冷蔵室(うち野菜室)	211(70)	246(70)	
外形寸法 (mm)	高さ	1555	1685	
	幅	638	638	
	奥行	673	673	
製品重量 (kg)		83		
冷却方式	フリーザー	フ	ア	ン 式
	冷蔵室	フ	ア	ン 式
電動機消費電力 (W) 50/60Hz	運転時50/60Hz	146/151		
	停止時	154/159		
	霜取時	14		
	霜取時	166		
消費電力量 (kWh/月) 50/60Hz		62/63		
キャビネットカラー		グリーン	アーモンド	グリーン
発売時期		53年10月		54年3月

特長

●大形志向のタテ形3ドア

上段にフリーザー、中段に冷蔵室、下段に野菜専用室を配したタテ形3ドアです。特に使用頻度の多い冷蔵室を最も使い易い中段に配置した親切設計です。内容積は281ℓと316ℓの2種類で色調も市場の先行性を示すアーモンドとグリーンの大形志向の新機種です。

●野菜専用室は使い易い引出式扉

下段の野菜専用室については、扉を引出式にし、野菜ケースを扉と連動して引出すことにより使い勝手の向上をはかっています。引出式扉ですから必要なだけ引出し、野菜類の出し入れをすることが可能です。また野菜専用室には小物類の保存に便利なフルーツケースが上部左右に2個、扉と連動した大きな野菜ケースが1個ついていますから小物類が大きな野菜類の下や、かげになったりすることもなく、食品別に分類保存できます。扉引出機構には高級ベアリングを使用していますので作動が軽く、野菜専用室扉も簡単にとり外せる親切設計です。

●独自の間接冷却方式

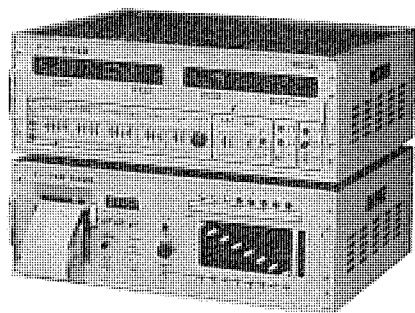
野菜専用室は天井、背面、底面をアルミ冷却板で覆い、その裏側に冷気をめぐらせる当社独自の冷却方式を採用しています。直接冷気を送りこむ方式と異なり、おだやかな冷気が野菜専用室を包みこみ野菜のみずみずしさを保ちます。

●冷蔵室扉にはジャンボポケットを採用

すでに2ドア冷凍冷蔵庫でご好評のジャンボポケットを冷蔵室扉に採用し、小物類が整理しておけるなど、大きく使えるくふうをしています。

●2つの低温ケース

冷蔵室には2つの低温ケースを配し、冷気を直接導くことにより、低温貯蔵に適した温度にコントロールしています。肉・魚とそれぞれに分けて貯蔵できます。



三菱デマンド監視・制御・記録装置で、電力料金の節約と省力化がはかれます。

契約電力オーバーの不安からも解放され、電力管理を充実させることができます。

特長

●より正確で豊富なデマンドのデータ表示

- デマンド監視に必要な各種表示は、大きく明るいデジタル表示で監視が容易です。
- 表示項目は現在の状況を示す現在デマンド値、時限終了時点における予測デマンド値、負荷制御を必要とする調整電力値、デマンド時限の残り時間など。
- 演算の基礎となる平均電力算出のためのデータ蓄積時間を1～5分間で任意に設定することができますので、需要家の負荷変動にマッチした正確な監視ができます。

●2段階の警報と8段階の自動ピークカットでデマンド超過が未然に防止できます。

- 予測デマンドが目標デマンドをオーバーすると第1段階警報発生。
- 調整電力が目標値をオーバーする緊急時には第2段階警報発生。
- 第2段階警報発生時には8回路の負荷を順次自動しや断。

●印字データの豊富な自動プリンターにより、デマンドの状態に応じた適切なデータ記録ができます。

- デマンド時限終了時のデータを記録します。——時刻、デマンド、デマンド超過の有無。
- 任意時点のデータを記録します。——上記データの他に残り時間、予測デマンド、調整電力。
- 負荷制御した回路名を記録します。——時刻、回路名称、状態(ON-OFF)。

●時間遅れをもつピンボード式負荷制御

- 負荷制御の設定はピンボード式で設定や変更が簡単にできます。
- 制御禁止、制御順序の変更、2回路以上の同時制御など可能。
- 負荷制御を行なうまでの制御遅延時間が0～3分の範囲で任意に設定でき、不必要な負荷制御は行ないません。
- 優先順位制御とサイクリック制御のいずれか選択できます。

●設置しやすいセパレート形

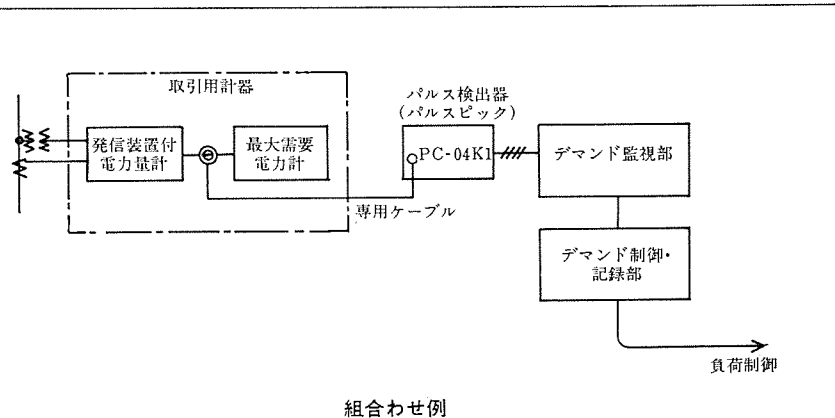
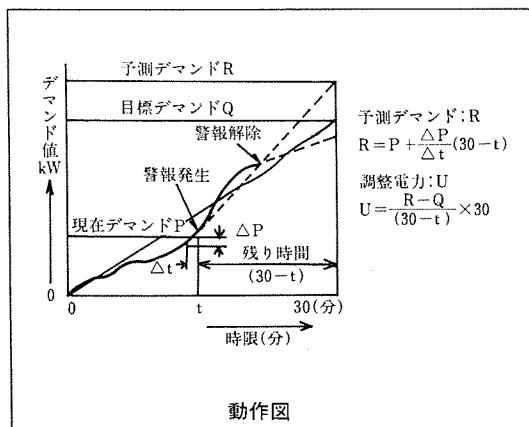
- 入力パルスの種別を選ばませんから既設の設備にも接続できます。(K1形パルス、a接点形パルスいずれも接続可能)
- セパレート形ですから、予算に応じた計画的導入ができます。(監視部のみ先行設置し、制御記録部の追加設置が可能)

●高負荷警報機能付き

- デマンド時限内のいかなる時刻においても、負荷の瞬時電力が目標電力に対する設定値を一定時間継続して超過すると警報を出し、異常な高負荷を監視できます。

●三時間帯別契約の需要家にも一台で対応可能

- 目標デマンドは三時間帯用と一時間帯用があり、選択して使用が可能です。
- 時間帯別の切替えは外部のタイムスイッチにより制御可能。



登録番号	名 称	考 案 者	登録番号	名 称	考 案 者
1163852	プラスチックモールドパッケージ	村上 謙二	1163889	飯びつ兼用炊飯器	{ 橋本潤一・宮内正之 大沢和夫・宇佐見 忠
1163853	救命かいろ用容器	田島尚志・梅沢明良	1163890	冷凍圧縮機	保坂征宏
1163854	空気調和機	鈴木太八郎	1163891	照明器具用 ガード	日山数久・村井正近
1163855	鋼帯の取り取り装置	河上英典・東嶺良旺	1163892	循環ろ過装置	{ 板谷芳之・福田博人 伊藤義樹・山岸義正
1163856	軸受装置	野田祐久	1163893	一槽式脱水洗濯機	竹谷康生
1163857	軸受装置	野田祐久	1163894	合成樹脂埋込用金具	小鯛正二郎・藤井範秋
1163858	掛け金装置	{ 服部信道・岩田尚之 杉田 信	1163895	電動工具	本告寿男・隈本定宏
1163859	カセット式ビデオテープレコーダのプッシュボタン装置	橋本公佑	1163896	半導体装置のケース	西村征治・森田 豊
1163860	カセット式ビデオテープレコーダのプッシュボタン装置	橋本公佑	1163897	除塵装置	桜田 武
1163861	照明器具用 セード	{ 二木盈行・宮本時夫 武田輝明	1163898	冷水容器等のバルブ装置	望月雅之
1163862	照明器具用 セード	鈴木政勝・武田輝明	1163899	冷水器付冷蔵庫	望月雅之・木南 勤
1163863	半導体装置	三井 茂	1163900	冷水器付冷蔵庫	小林協三・望月雅之
1163864	機関用点火装置	才田敏和	1163901	冷水器付冷蔵庫	望月雅之
1163865	空気調和機の吸込口グリル取付装置	西沢敏造・鈴木太八郎	1163902	電磁調圧弁の制御機構	坂田保男
1163866	空気調和機の電動送風機取付枠	渡辺雅典・鈴木太八郎	1163903	電気調圧器	岡部 勇
1163867	暖房装置	{ 岩崎善彦・渡辺 靖 河原隆夫	1163904	器具の外筐体	岡部 勇
1163868	点火装置	熊谷健司	1163905	電気調圧器	岡部 勇
1163869	送風機	永野間勝国	1163906	給湯機	樋田 勝・白金義康
1163870	アーク溶接用 トーチ	後藤洋治	1163907	過熱防止器付燃焼装置	{ 牛越 諒・樋田 勝 高相泰幸
1163871	液相成長用 ボード	瀬川和明	1163908	給湯暖房器	{ 藤田喜助・根岸宣匡 小南 貢
1163872	内燃機関点火装置	山本一智・日野利之	1163909	蝶番	{ 中島 勇・小泉 鏖一 田中 毅
1163873	シロッコ形換気扇の吸排装置	今井純英	1163910	ジュースミキサー	{ 丸山 泰・杉田 信 鶴谷嘉正
1163874	機関の異常回転防止装置	大西正義	1163911	ジュースミキサー	{ 丸山 泰・杉田 信 鶴谷嘉正
1163875	換気扇	今井純英	1163912	ジュースミキサー	杉田 信・宇佐見 忠
1163876	半導体装置	高貝良典・平井義行	1163913	支持装置	中浜恒幸・藤井鼎一
1163877	テレビカメラ用カメラケース	松島純治	1163914	自動溶接制御装置	鶴飼 順・平松正毅
1163878	濾体	加藤 悟	1163915	エレベータの速度制御装置	寺沢宏保
1163879	炊飯器	{ 高橋正晨・大沢和夫 石井寛夫	1163916	リングカウンタ	喜多興一
1163880	照明器具のカバー着脱装置	石川孝司	1165884	ドア装置	伊藤弘道
1163881	照明器具用笠	長沼真吾	1166073	棚支え装置	小西 勝
1163882	蓄熱式暖房装置	岩崎善彦	1166074	電子機器等のパネル機構	{ 白川善信・花輪一男 西 健一
1163883	放熱片	大島征一	1166460	水銀放電灯	大盛真次・土橋理博
1163884	掛け金装置	岩田尚之・杉田 信	1166505	電気スイッチ	石田秀樹・寺田光彦
1163885	炊飯器	{ 大沢和夫・石井寛夫 宇佐見 忠	1166506	電磁粒子式クラッチ	車戸秀男
1163886	炊飯器	{ 高橋正晨・大沢和夫 石井寛夫・宇佐見 忠	1166507	両面放熱形平坦封止サイリスタ	船川 繁・山本 勇
1163887	原子炉内計装用検出器通路選択装置	三富至道	1166508	連結装置	井上 馨・堀 幸輝
1163888	照明器具用カバー	藤原三男・鷹木一仁	1166509	歯形電磁連結装置	小林良治
			1166510	単相誘導電動機	前原利昭
			1166511	限流しゃ断器	渡辺陸夫・石田秀樹
			1166512	コンデンサ形計器用変圧器	玉置栄一・塩見 実

登録番号	名 称	考 案 者	登録番号	名 称	考 案 者
1166513	定寸駆動装置	浅野 哲 正	1167189	自動車用暖冷房機	水田 和 幸
1166514	照明器具の取付装置	橋本武雄・今 里 稔	1167190	電気掃除機	長 嶺 元・福田興司
1166515	抵抗付信号灯	立石 俊 夫	1167191	変圧器 タップ 巻線	富樫義弘
1166516	変圧器用 プッシング 端子	小林 忠 雄	1167192	燃焼機の吸排気筒	牛 越 諒・中 村 進
1166517	集積回路検査装置	服部信広・田島俊和	1167193	エレベータ 報知装置	石 嶋 進・中 田 稔
1166518	自動調節装置	渡 辺 一 弘	1167565	コイル回転形電磁粒子式連結装置	中田幹雄・播木昭男
1166519	密封形端子接続装置	大日方興信	1167566	回転方向検出装置	池田勝敏
1166520	半導体素子の試験装置	鷺谷明宏	1167567	回転体横送り装置	松山幸夫・加藤道明
1166521	電気誘導装置の鉄心	藤岡泰治	1167568	電気機器の保護装置	宇佐美勝洋・平 岩 勝
1166522	カソード 電流制限回路	小島正典	1167569	リレー 素子	{中堀一郎・淡野光章 赤松昌彦
1166523	磁気ディスク記憶装置における駆動系の位置決め制御装置	角田正俊	1167570	回路の動作表示装置	渡 辺 重 彦
1166524	放射線照射装置	三富至道・津田栄一	1167571	ガス封入開閉器	松尾憲一
1166525	るつぼ形誘導炉の湯洩れ検出装置	広川利雄	1167572	短形状大電流通電および反転電圧印加回路	飯田隆彦・石堂道治
1166526	船舶用機関操縦装置	永岡克彦・高田省吾	1167573	押しボタン式チューナ選局つまみ機構	{植竹勝人・虫賀一夫 田中克幸
1167183	固定 コイル の接続線接続装置	竹 俣 茂・鍋井秀一	1167574	可潜形電動機のケーブル接続装置	山本作衛・星野博賢
1167184	スターティングモーター	高田省吾	1167575	半導体素子測定装置	西村征治・木下 剛
1167185	食品調理機	岩田尚之・杉田 信	1167576	機関点火回路における失火検出装置	才田敏和
1167186	内燃機関の点火装置	本庄由尚	1167577	電気掃除機の塵落とし装置	加藤 悟・菊池俊男
1167187	サイリスタの点弧回路	矢野昌雄			
1167188	放電 ネジ 加工装置	佐藤国彦・加藤幸夫			

〈次号予定〉 三菱電機技報 Vol. 53 No. 3 エレベータ特集

特集論文

- 高級乗用エレベータのソリッドステート制御システム
- 京都大学理学部附属飛騨天文台納め特殊油圧昇降装置
- 新しい三菱寝台用エレベータ
- エレベータの緊急時運転と故障自動通報システム

普通論文

- 最近のホットストリップミル DDC システム
- 分散処理指向のコンピュータネットワークアーキテクチャ MNA とその応用

- 蓄熱式冷房装置の研究
- 電子同調カーラジオへのマイコン応用
- 三菱真空スイッチ管“Relia Vac”の特長と適用
- 半導体素子におけるはんだ接合部の熱疲労強度の評価
- ハニカム三層構造のスピーカ振動板への応用
- 新形ノーヒューズしゃ断器、漏電しゃ断器とその技術的考察
- 同期電動機駆動軸系の過渡現象のデジタルシミュレーションによる解析
- 日本道路公団納め中国自動車道東城一三次間遠方監視制御装置

三菱電機技報編集委員				三菱電機技報 53 巻 2 号	
委員長	樫本俊弥	常任委員	久保田伸夫	(無断転載を禁ず)	
副委員長	浦徳太郎	“ 員	平林庄司		
“	後藤正之	“	遠藤裕男	昭和 54 年 2 月 22 日 印刷 昭和 54 年 2 月 25 日 発行	
常任委員	佐々木二郎	“	村上卓弥		
“	荒川信雄	“	神谷友清	編集兼発行人 本 間 吉 夫	
“	葛野信一	“	橋爪 基		
“	武藤 正	“	吉田 太郎	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	
“	奈川敏雄	“	土井貞春		
“	瀬原田三郎	“	貴志清志	発 行 所 東京都千代田区大手町 2 丁目 6 番 2 号 (〒 100) 菱電エンジニアリング株式会社内 「三菱電機技報社」Tel. (03) 243 局 1785	
“	高橋広光	“	小野勝啓		
“	忍足 博	幹 事	本間吉夫	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 オーム社書店 Tel. (03) 233 局 0641, 振替口座 東京 20018	
“	武田克己	“	足立健郎		
“	清田 浩	2 号特集担当	林 重 雄	定 価 1 部 400 円送料別 (年間予約は送料共 5,200 円)	
“	福家 章				

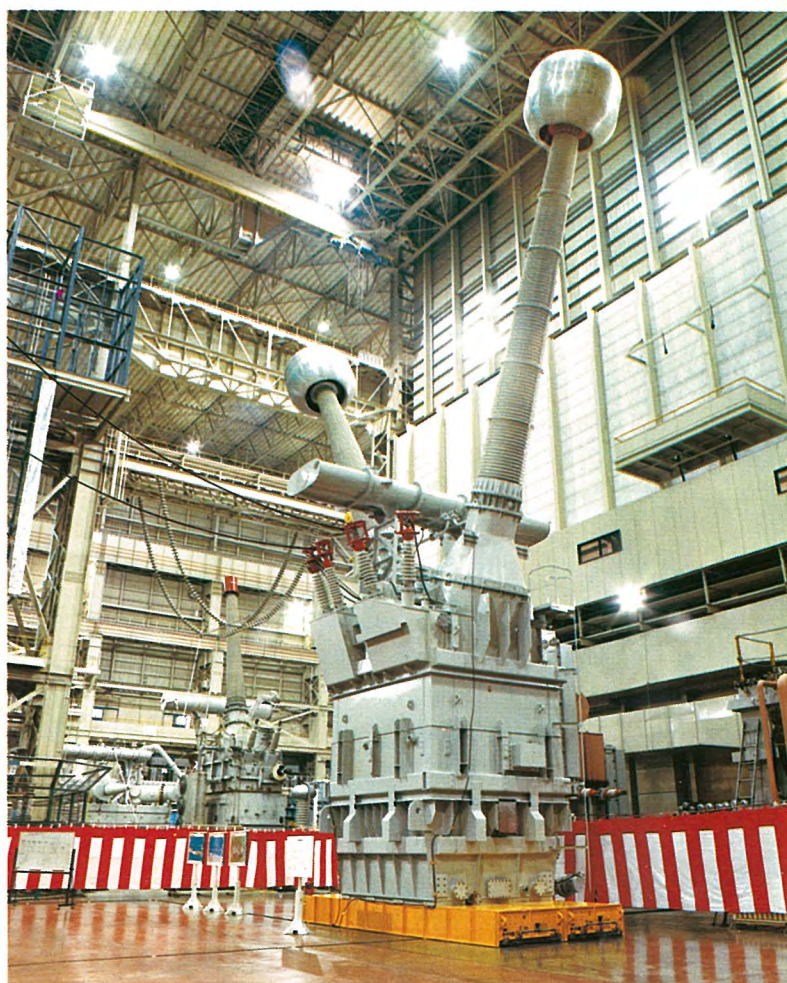
わが国の電力輸送は将来の電源立地の条件および系統容量の増大などを考えると、送電容量、送電距離、短絡容量などの面で、現在の500kV系統では限界に達すると予想され、昭和60年代にはUHV送電が必要になると考えられます。

三菱電機ではUHV送変電機器の開発に本格的に取り組んでおり、今回、絶縁検証を主体としたプロトタイプ変圧器を完成し、公開展示を行いました。

定格

単相、外鉄形、送油風冷式単巻変圧器

容 量	H V 100MVA
	M V 100MVA
	L V 20MVA
電 圧	H V 1800/ $\sqrt{3}$ kV (1200/ $\sqrt{3}$ kV \times 1.5)
	M V 825/ $\sqrt{3}$ kV (550/ $\sqrt{3}$ kV \times 1.5)
	L V 66kV
絶 縁 階 級	H V BIL2700kV
	M V 500号L
	L V 60号
インピーダンス	20% (H-M間)



誘導試験中のUHV試作変圧器

特長

- 将来のUHV系統と500kV系統を連系する単巻変圧器を想定して、設計製作しています。
- 外鉄形交互配置を生かし、高電圧絶縁に最適なつづみ形絶縁構造を採用しています。
- 系統電圧の1.5倍程度までの長期課電試験を実施できるように高圧、中圧巻線の電圧を1.5倍としています。
- 絶縁検証のうえで特に重要な部分放電試験については、外部コロナによる外部雑音をおさえるため油中貫通ブッシングを用い、線路端子が気中に出ない状態でも試験ができる構造としています。

絶縁構造

UHV変圧器の絶縁構造については当社で従来から高電圧絶縁に標準的に採用しているE形つづみ形絶縁構造を基本に、静電板、リード口出部などに改良を加えた新絶縁構造を採用しています。本構造は各部の詳細な電界解析、電位分布解析、各種絶縁モデル試験などにもとづいて新しく開発したものです。

