

MITSUBISHI DENKI GIHO

三菱電機技報



Vol.54 No.6

500kV変電所特集

500kV変電所特集

目次

特集論文

中西地区連系500kV系統の役割……………	1
上之園親佐	
500kV変電所機器の基本的考え方……………	4
田村良平・青木俊之・桑原 宏・森 健	
中部電力(株)北部変電所500kV変電機器……………	9
平林康道・佐々木健一・谷黒文弥・平河宏之・岡村捷久	
中国電力(株)東山口変電所の新設工事……………	14
岡本栄智・佐川 勤・祖開克二・左近一郎・中川秀人	
九州電力(株)西九州変電所500kV変電機器……………	19
木佐貫 滋・福田興太郎・西 英二・宮本龍男・木村佑二	
500kV変電所監視制御システム……………	24
木佐貫 滋・山田勝治・辻 俊彦・炭谷周作・西川正治	
500kV用系統保護システム……………	29
鈴木健治・畑田 稔・中川秀人・中村正則	

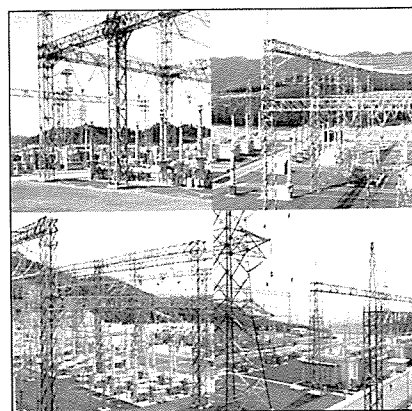
普通論文

電子制御方式ビデオカセットレコーダー……………	35
中島 治・正田茂雄・三橋康夫・小島正典・宮後俊春	
ドップラレーダ車両感知器用プリント化スロットアレイアンテナの試作……………	40
片木孝至・真野清司・沼崎 正・齊藤光夫	
データベース自動設計・自動生成プロセッサMADAM……………	43
中村 晋・水沢勝治	
工業用計算機のソフトウェア生産性・信頼性向上支援システム……………	46
稲本 惇・芥川哲雄・大井房武・仲摩 寿・中久喜 要	
音声出力用基板PCA8520の機能と応用……………	51
三木 務・古村 高・寺崎信夫	
ゲート付トランジスタ(GAT)……………	56
近藤久雄・行本善則・小嶋鈴夫	
高電圧機器絶縁特性自動計測システム……………	60
平林庄司・渡辺忠勝・北村洋一	
磁気ディスク装置用浮動ヘッド……………	64
鈴木栄久・堀端慎二・山許 博・鮫島周耕・角田正俊	
特許と新案……………	33
内燃機関始動装置	
負荷時タップ切換器	
超電導合金	
当社の登録新案一覧……………	73
スポットライト……………	
第12回市村賞 貢献賞を受賞の「たて形レコードプレーヤーの開発・実用化」……………	69
深井戸用ハイスラスト立形ホローシャフトモータ……………	70
配電用変圧器の三菱NR形負荷時タップ切換器……………	71
演色性改善形高圧ナトリウムランプ……………	72
省エネルギー冷蔵庫……………	(表3)

表紙

500kV主幹送電の一翼を担う 最新鋭変電所

中西地域の500kV送電連系線の代表的(当社機器納入)変電所である。九州電力(株)西九州変電所, 中国電力(株)東山口変電所, 関西電力(株)西播磨変電所, 及び中部電力(株)北部変電所の外観を示す。500kVの大容量負荷時タップ切換単巻変圧器, しゃ断器, 避雷器, 及び屋内制御保護装置などの当社納入機器には, それぞれ最新の技術が適用され, コンパクト化と信頼性を眼目にして, 環境に対する景観美を考慮し, 騒音の低下策など地域問題についても十分の配慮が払われている。最近ますます重要視されてきた輸送問題, 現地据付けに関しても高度な対策処置が施されて完成を見た, 全国的500kV主幹送電の一翼を担う最新鋭変電所である。



九州電力(株) 西九州変電所	中国電力(株) 東山口変電所
関西電力(株) 西播磨変電所	中部電力(株) 北部変電所

アブストラクト

500kV変電所機器の基本的考え方

田村良平・青木俊之・桑原 宏・森 健

三菱電機技報 Vol.54・No.6・P4～8

500kV変電所に適用する機器・システムについての当社の基本的考え方は、高信頼性を確保しつつ運転・保守の容易性を追求するとともに小形化を図るということである。更に変圧器や開閉機器については、絶縁材料及び絶縁技術等が重要であり、制御・保護システムについては、複雑化に対処するための、システムの組立て方などが重要である。これら各機器・システムには、それぞれの発展史の中で確立した基本的考え方があり、これを紹介する。

500kV変電所監視制御システム

木佐貫 滋・山田勝治・辻 俊彦・炭谷周作・西川正治

三菱電機技報 Vol.54・No.6・P24～28

九州電力(株)西九州500kV変電所用監視制御システムは、マイクロプロセッサ応用テレコンと、工業用計算機《MELCOM350-50》を組合せたシステムであり、システム信頼度確保のためテレコンと計算機の主要部を2重化し、片系異常時にはすべての業務を連続的にもう一方の系に引継ぐようにしている。機能としてはテレコン機能に加え、事故状況の自動編集と高速表示、操作手順の作成と誤操作防止チェックを行い、変電所を安全・確実・迅速に運転できる。

中部電力(株)北部変電所500kV変電機器

平林康道・佐々木健一・谷黒文弥・平河宏之・岡村捷久

三菱電機技報 Vol.54・No.6・P9～13

中部電力(株)初の500kV変電所建設工事は、実績をふまえながら、大口径傾斜V吊りアルミパイプ母線やガスギャップ、増幅形PDを含む複合開閉装置の開発など、縮小化、高信頼性及び経済性に重点を置いて行われた。ここでは、変電所の概要と変圧器、開閉装置の設計と構成について概説した。

500kV用系統保護システム

鈴木健治・畑田 稔・中川秀人・中村正則

三菱電機技報 Vol.54・No.6・P29～32

500kV用系統保護システムは、設備事故除去機能と事故波及防止機能とがある。前者は、事故を高速・高感度・高信頼度で除去するもので、現状の系統からの要求に対応できるものが開発・納入されてきたが、今後の更に一層の要求と対応などについて紹介する。後者は、事故除去の系統を安定に運転するための電力需給バランスを制御するもので、最近の技術を紹介する。

中国電力(株)東山口変電所の新設工事

岡本栄智・佐川 勤・祖開克二・左近一郎・中川秀人

三菱電機技報 Vol.54・No.6・P14～18

関西地区と九州地区とを結ぶ西地域連系線建設に伴い、中国地区初の500kV系統変電所が完成された。広域運用される500kV系統としての変電所は、既設変電所以上の高信頼性を要求される。ここでは、従来の気中絶縁母線方式による500kV変電所の建設に当たったの考え方及び構成機器などについて、東山口変電所の建設をもとに紹介する。

電子制御方式ビデオカセットレコーダー

中島 治・正田茂雄・三橋康夫・小島正典・宮後俊春

三菱電機技報 Vol.54・No.6・P35～39

5モータDD方式のメカニズムをもったVTR2機種デッキ部の構成、ドラムモータの構造及び駆動方式、その他のモータの駆動方式、メカのコントロール回路について述べる。併せて静止・コマ送り回路、音声多重回路、チャンネルプログラムタイマー回路、ワイヤレスリモコン回路など特長のある回路についても紹介する。

九州電力(株)西九州変電所500kV変電機器

木佐貫 滋・福田興太郎・西 英二・宮本龍男・木村佑二

三菱電機技報 Vol.54・No.6・P19～23

九州電力(株)西九州変電所に500kVの変圧器と複合ガス絶縁開閉装置(GIS)が納入され、九州地区だけでなく我が国の西地域の500kV送電系統の重要変電所として活躍を開始した。

超高压・超超高压級の変圧器・GISなどの豊富な変電機器製作経験に基づいた変電機器技術や酸化亜鉛形避雷器、増幅形計器用変圧器など画期的な新技術開発による新構成要素が適用された。この変電所の500kV変電機器の構成を含みその概要を紹介する。

ドップラレーダ車両感知器用プリント化スロットアレイアンテナの試作

片木孝至・真野清司・沼崎 正・齊藤光夫

三菱電機技報 Vol.54・No.6・P40～42

ドップラレーダを用いた車両感知器に使用するアンテナとして薄形でサイドロープレベルの低いXバンドのプリント化スロットアレイアンテナを試作したのでその設計法及び試作結果について述べる。スロット数は8×10個で1枚の基板に給電回路とともにプリント化されており、片面放射とするために基板後方に反射板を設けている。このアンテナは利得が21.8dB、ビーム幅がH面10.5°E面11.7°、サイドロープレベルがH面-20.6dB E面-19.2dB、VSWRが1.1の良好な特性を有している。

Abstracts

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 54, No. 6, pp. 24~28 (1980)

An Automatic Monitoring and Control System for a 500kV Substation

by Shigeru Kisanuki, Katsuji Yamada, Toshihiko Tsuji, Shusaku Sumitani & Masaharu Nishikawa

The automatic monitoring and control system for the 500kV Nishi-Kyushu substation of Kyushu Electric Power Co. consists of tele-control apparatus using microprocessors and a MELCOM 350-50 industrial computer, and features successive transfer in emergencies of all operations to a backup system. Duplicating each of the tele-control functions and the main system of the computer improves the overall reliability of the system. The article describes the system, which offers telecontrol, automatic editing and fast display of fault-condition reports, generation of operational-sequence instructions and protection against operational errors, and ensures safe, reliable and prompt operation of the substation.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 54, No. 6, pp. 4~8 (1980)

Main Equipment Considerations for 500kV Substations

by Ryohei Tamura, Toshiyuki Aoki, Hiroshi Kawahara & Takeshi Mori

Mitsubishi Electric's main considerations in the design and manufacture of equipment and systems for 500kV substations are highly reliable operation, easy maintenance, and compactness. Efforts also have been made to improve the insulating materials and techniques for power transformers and switchgear and to simplify the design and fabrication of intricate control and protection systems. The article introduces the technological developments achieved by bearing these considerations in mind.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 54, No. 6, pp. 29~32 (1980)

A Protective Relay System for a 500kV Power System

by Kenji Suzuki, Minoru Hatata, Hidehito Nakagawa & Masanori Nakamura

This protective-relay system for a 500kV power system has two major functions: clearing power-system faults and preventing power-system dislocation. It clears power-system faults with high speed, sensitivity and reliability, and meets the requirements for a modern relay system. The equipment for this function has already been delivered. The equipment for controlling the balance of supply of and demand for electric power ensures the stability of operation required for a relay system to successfully clear power-system faults. The article introduces the latest technical measures designed to satisfy these requirements.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 54, No. 6, pp. 9~13 (1980)

500kV Power Apparatus for the Hokubu Substation of Chubu Electric Power Co.

by Yasumichi Hirabayashi, Kenichi Sasaki, Fumiya Taniguro, Hiroyuki Hirakawa & Katsuhisa Okamura

The first 500kV substation of the Chubu Electric Power Co. has been completed, with emphasis on reductions in size, excellent reliability and economical efficiency. Included in the development were an inclined V-string aluminum pipe bus using long-rod insulators, a gas-insulated gap, and hybrid gas-insulated switchgear with amplified PDs. The article describes the substation operation and provides a general discussion of the design and construction of power transformers and switchgear.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 54, No. 6, pp. 35~39 (1980)

Entirely Electronically Controlled Video-Cassette Recorders

by Osamu Nakajima, Shigeo Masada, Yasuo Mitsuhashi, Masanori Kojima & Toshiharu Miyago

The article describes the configuration of the deck assembly, the structure and drive system for the drum motor, the drive system for the other motors, and the operation of the circuits that control the five-motor recorder mechanism of Mitsubishi Electric's latest VCRs. The article also introduces the VCRs' special circuits, including those for freeze-frame and single-frame advance, audio multiplex, program timer and wireless remote control.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 54, No. 6, pp. 14~18 (1980)

The Construction of the 500kV Higashi-Yamaguchi Substation of Chugoku Electric Power Co.

by Eiichi Okamoto, Tsutomu Sagawa, Kanji Sokai, Ichiro Sakon & Hideto Nakagawa

The construction of a 500kV, interlinking-trunk transmission system for the Kansai and Kyushu Districts marks the completion of the first 500kV trunk-system substation in the Chugoku District. A 500kV substation requires particularly high standards of reliability owing to operations that cover a wide area. The article discusses the main considerations concerning the construction of a 500kV substation using an air-insulated bus system, and the apparatus installed, with reference to the Higashi-Yamaguchi substation.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 54, No. 6, pp. 40~42 (1980)

A Prototype Printed Slot-Array Antenna for a Doppler-Radar Vehicle-Speed Detector

by Takashi Katagi, Seiji Mano, Tadashi Numazaki & Mitsuo Saito

Mitsubishi Electric's prototype printed slot-array antenna for a doppler-radar vehicle-speed detector in the X-band is thinly-made and provides low sidelobe levels. The article introduces the design methodology and the results achieved by the prototype. 8 slots $\times$ 10 slots and a feed circuit are printed on a sheet of substrate having a reflector plate installed behind it to achieve unidirectional reflection. The antenna exhibits improved characteristics, including a gain of 21.8dB, beamwidths of 10.5° (H-plane) and 11.7° (E-plane), sidelobe levels of -20.6dB (H-plane) and -19.2dB (E-plane), and a voltage standing-wave ratio (VSWR) of 1.1.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 54, No. 6, pp. 19~23 (1980)

500kV Substation Equipment for the Nishi-Kyushu Substation of Kyushu Electric Power Co.

by Shigeru Kisanuki, Kotaro Fukuda, Tatsuo Miyamoto, Yuji Kimura & Eiji Nishi

The 500kV transformer and hybrid gas-insulated switchgear delivered to this substation have now gone on-line as an important substation of the 500kV-transmission system for western mainland Japan and Kyushu. New structural elements have been incorporated in this substation on the basis of the technology acquired during our lengthy, abundant experience in producing substation equipment that includes UHV and EHV transformers and gas-insulated switchgear. Newly developed equipment, including zinc-oxide surge arresters and amplified-voltage transformers, have also been applied. The article gives a general description of the 500kV equipment for the substation.

アブストラクト

データベース自動設計・自動生成プロセッサMADAM

中村 晋・水沢勝治

三菱電機技報 Vol.54・No.6・P43～45

オンラインデータベースを適用したユーザーアプリケーションシステムの設計・開発には、かなりのスペシャリティが要求される。MADAMは、このユーザーアプリケーションシステムの開発期間の大幅短縮と開発人工の大幅な省力化をはかるツールとして作成された。この論文ではMADAMの紹介と、その適用による生産性向上事例の効果とを示したものである。

ゲート付トランジスタ (GAT)

近藤久雄・行本善則・小嶋鈴夫

三菱電機技報 Vol.54・No.6・P56～59

新しい構造のゲート付トランジスタ (GAT) を考案し、その動作機構を理論的、実験的に調べて、GATが高耐圧、高速で電流利得が高いトランジスタに適していることを明らかにした。電圧定格が450V、電流定格が20AのGATを開発し、同定格のパワートランジスタに比べて、電流利得が2.6倍、上昇時間が $\frac{1}{2}$ 、下降時間が $\frac{1}{3}$ になり、スイッチングに必要なベース電流が $\frac{1}{2}$ になる結果を得た。この論文はこのGATについてその動作原理及び試作素子の特性について述べる。

工業用計算機のソフトウェア生産性・信頼性向上支援システム

稲本 惇・芥川哲雄・大井房武・仲摩 寿・中久喜 要

三菱電機技報 Vol.54・No.6・P46～50

近年工業用計算機システムの特にソフトウェアの生産性・信頼性向上の要求は急速に高かまりつつあり、それに対応すべくソフトウェアツールの開発・生産体制の改革が行われてきた。この論文ではこのような時代の流れにそって開発された3つの支援システムPWS, ELDA及びSPALTAについて基本的な概念とともに機能及び構成について記述し、それらの効果について論ずる。またこれらを導入した新しい生産体制について述べる。

高電圧機器絶縁特性自動計測システム

平林庄司・渡辺忠勝・北村洋一

三菱電機技報 Vol.54・No.6・P60～63

高電圧機器絶縁の研究、開発、試験において特に重要な誘電正接、部分放電、交流絶縁破壊電圧測定の実行、ミニコンピュータによりデータ収集、処理を行うことができる自動計測システムを開発した。これにより測定の省力化、多量のデータ収集、処理が可能になり測定の信頼性を向上させることができる。またこのシステムは、大形計算機とハイアラキシステムを構成しており統計解析などの高度な解析処理が可能である。この論文ではシステムの方式、機能について述べる。

音声出力用基板PCA8520の機能と応用

三木 務・古村 高・寺崎信夫

三菱電機技報 Vol.54・No.6・P51～55

従来、人間と機械の理想的なインタフェースの1つとして音声出力装置が考えられてきた。しかし、扱うべき情報量が多大となるため特殊な用途を除いては実用化されていない。近年、半導体集積技術の向上に伴い、音声情報を扱う大容量のメモリが比較的容易に構成できるようになり、音声出力装置の実用化が現実的になってきた。今回、8ビット マイクロプロセッサを用いた音声出力用基板PCA8520を開発したので、その機能の概要と応用について述べる。

磁気ディスク装置用浮動ヘッド

鈴木栄久・堀端慎二・山許 博・鮫島周耕・角田正俊

三菱電機技報 Vol.54・No.6・P64～68

磁気ディスク装置用ヘッドとしてNSA形浮動ヘッドを開発した。このヘッドでは、特殊な微細加工技術を導入したことと、流体力を利用して押付荷重の低減と浮上距離の微小化を実現したことを特長としている。そのため耐摩耗特性に優れ、高密度記録に適したヘッドとなっており、高性能で信頼性の高い次世代のヘッドとして期待される。ここではこのヘッドの技術的特長とその応用例などについて述べる。

Abstracts

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 54, No. 6, pp. 56~59 (1980)

A Gate-Associated Transistor (GAT)

by Hisao Kondo, Yoshinori Yukimoto & Suzuo Kojima

Mitsubishi Electric has devised a gate-associated transistor (GAT) with a new structure, and has investigated the mechanism of its operation theoretically and experimentally, and established that the GAT is suitable as a transistor providing high current gain at high voltages and high speeds. The improved GAT with a 450V rating and a 20A current rating provides a two- to six-fold current gain, a rise-time of one seventh, a fall time of one third, and a base current for switching that is only one-half that of a power transistor with the same rating as the GAT. The article reports the principle of operation and the performance characteristics of a prototype element.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 54, No. 6, pp. 43~45 (1980)

MADAM: The MELCOM Advanced Design Aid for Data-Management Applications

by Susumu Nakamura & Katsuji Mizusawa

Considerable user-oriented specialization is required in the design and development of user application systems for on-line data bases. Mitsubishi Electric's MADAM greatly shortens the period taken to develop user application systems, and thus reduces the man-hours required for development. The article introduces MADAM, and describes the increased productivity achieved by its use.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 54, No. 6, pp. 60~63 (1980)

An Automatic Digital System for Measuring High-Voltage Insulation

by Shoji Hirabayashi, Tadakatsu Watanabe & Yoichi Kitamura

Mitsubishi Electric has developed an automatic digital measuring system that automatically measures the dielectric dissipation factor, partial discharge, and AC dielectric breakdown voltage. The measurement data, essential to the investigation, development and testing of high-voltage insulation, can be collected and processed by a minicomputer. This system contributes to improved reliability of measurement, reduces labor, and increases data-collection and data-processing capabilities. It has also enabled sophisticated analytical processing, including statistical analysis, by the combined use of a large computer in a hierarchical system. The article introduces the methods and functions of the system.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 54, No. 6, pp. 46~50 (1980)

Support Systems for Productivity and Reliability Assurance in Industrial-Computer Software Systems

by Atsushi Inamoto, Tetsuo Akutagawa, Fusatake Oi, Hisashi Nakama & Kaname Nakakuki

Industrial-computer systems are subject to increasingly stringent requirements for production efficiency and software reliability. To meet these requirements, Mitsubishi Electric has developed new software tools and an innovative production method. The article gives a general description of our PWS, ELDA and SPALTA supporting systems, and describes their functions and construction, together with the results achieved. It also introduces a new production system employing these developments.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 54, No. 6, pp. 64~68 (1980)

Floating Heads for a Disk-Memory System

by Shigehisa Suzuki, Shinji Horibata, Hiroshi Yamamoto, Shuko Sameshima & Masatoshi Kakuta

Mitsubishi Electric has developed NSA floating heads for a disk-memory system. They combine special high-precision mechanical technology and reductions in the load force and flying height, and fully exploit the advantages of hydraulic operation. The sophisticated heads ensure high performance and high reliability, and offer excellent wear characteristics and functions suitable for high-density recording. The article describes the technical merits of these new heads, and details their applications.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 54, No. 6, pp. 51~55 (1980)

The Function and Applications of the PCA8520 Voice-Generating Board

by Tsutomu Miki, Takashi Furumura & Nobuo Terasaki

Considered an ideal interface between man and machine, voice-generating equipment has yet to come into widespread practical use because it is limited to special-purpose applications by the large information content that must be processed. Now, however, owing to improved semiconductor-integration technology, a large-capacity memory to process voice data has been constructed with comparative ease, and this has made voice-generating equipment practical. Mitsubishi Electric has developed the PCA8520 voice-generating board using an 8-bit microprocessor. The article gives a general description of its functions and applications.

500 kV 送電系統が運転に入り、近い将来には中西地域の系統は 500 kV 幹線で連系されることになる。したがって、中西地域の 500 kV 連系についてその役割などを考察しよう。

2. 系統連系の歴史的経過とその役割

電力系統が成長する要因は、電力料金、電力の有用性、信頼性などに基づく電力需要の増加が主なものである。これらのうち電力料金の安価、信頼性の向上は主に電力技術の向上、安価でかつ豊富な燃料に依存しており、電力の有用性は電力のもつ本質的なものである。

我が国の電気事業が開始したのは、1 章で述べたように 1887 年であるが、当時の電灯料金は極めて高く、庶民にとっては高嶺の花であったので、電灯の普及は遅々として進まなかった。その後、1897 年ころ三相誘導電動機が輸入されて、工場動力として使用されるに至って電力需要が伸び、1909 年ころから工場用照明に電灯が普及し、電気事業者間の競争によって電力料金は低廉化したことが一層電力需要の増加を促進した。その結果、1923 年には 154 kV 長距離高電圧送電線による水力発電所の開発が進められることになり、154 kV 送電線は 1952 年まで我が国の幹線としての地位を占めてきた。この間我が国の電力技術は導入によって次第に成長し、1952 年には 275 kV 送電が開始され、1973 年には 500 kV 送電が採用され、近い将来には 1,000 kV 送電、直流送電が運開することになる。

我が国の電力系統の拡大は、送電電圧の昇圧と系統連系に依存しているが、これらはいずれも電力技術の向上によるものである。我が国の系統連系は下記のように段階を経て今日に至っている。

(1) 単独系統段階 この段階は蒸気機関で直流発電機を駆動し、発電機端子電圧で電灯負荷に電力を供給開始したときから約 30 年後の 1920 年ころまでは、発電機と負荷とが変圧器と線路を介して接続される単一系統であったが、その後は図 2. (a) に示すように 1 次、2 次、3 次送電線をもち樹枝状に分布する負荷に電力を供給する系統へと進展した。これらの系統を単独系統と総称する。

単独系統方式の時代は、電気事業の数が年々増加する時代で、1914 年にはその数 461 社、1926 年には 732 社であって、各社が独自の系統を開発する時代である。また、この時代においては、事故時の保護継電方式が十分に発達していなかったし、しゃ断器のしゃ断能力には限度があったことなどから電力の過不足による融通は、負荷の切換えによって行われていた。

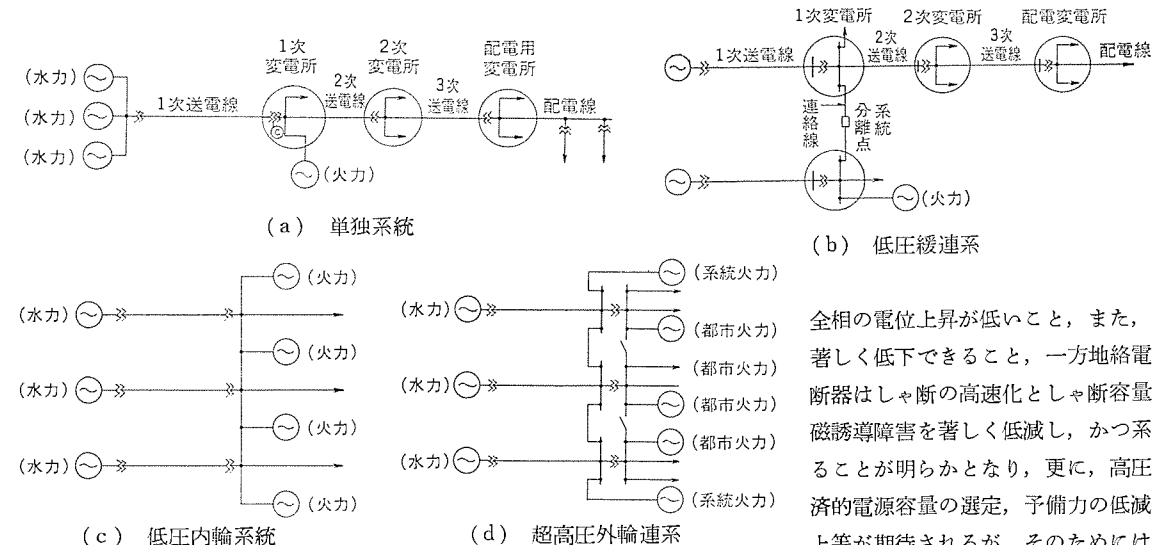


図 2. 電力系統の連系の経緯

(2) 低圧緩連系段階 1930 年ころの我が国電力系統は、本州中央部では 154 kV を基幹系統とする逆放射状 (図 2. (a) 参照)、西日本では 110 kV を基幹系統とする逆放射状を呈してきた。このころは第 1 次世界大戦後の経済不況から電力業界は戦国時代の様相を呈し、企業の合同が行われてきた。一方 1930 年後の電力需要の増加に対して負荷切換えによる電力融通には限度を生じたので、図 2. (b) のように各社は自社内の単独系統の低圧側を連絡線でルーズに連系するに至った。当時はしゃ断器のしゃ断耐量が不十分であったため、連系する両系統に故障が発生したとき、系統分離点を直ちに分離して単独系統として運転を続行するようにしている。その後他社系統の連系を行うようになった。

1939 年には、電力国家管理法案により日本発送電株式会社が設立され、また、1942 年には、配電統制令により 9 社の配電株式会社が設立されて、1939 年に 601 社の電気事業者が日本発送電 (株) と 9 社の配電 (株) に整理統合された。日本発送電 (株) は、東北から九州に至る広はん (汎) な地域の発送電系統を連系強化し、一元的に運営するため、全国的、地域的な給電指令組織の確立をすすめたが、1945 年の第 2 次世界大戦の終戦後は電力不足の解消に努力が払われた。

(3) 低圧内輪系統段階 1950 年 11 月のポツダム政令により電気事業再編成令並びに公益事業令が施行され、1951 年 5 月、全国を 9 つの地区に分け、各地区に発送配電一貫運営を行う電力会社が誕生し、各社は積極的に電源開発と系統強化に乗り出した。また、1952 年 9 月には、電源開発促進法による電源開発会社が発足し、政府資金を主体とした大規模水力発電所の開発が促進された。この年には、275 kV 新北陸送電線が運開し、我が国の電力系統は 275 kV を主要幹線とする系統へ進展した。

一方、油入しゃ断器は 1930 年ころから資材節約しがたい形が出現し、従来のタンク形に取替えられ、1950 年代に入って新形消弧室を有するしゃ断性能の高い油入しゃ断器が開発された。また、1955 年ころから BBC 社で開発された新形空気しゃ断器が使用され始めたし、1970 年前から SF₆ ガスしゃ断器が普及してきた。かようにしゃ断器の性能向上と火力発電所が負荷地点に近い場所に設置されて連絡線による電力融通をはかる必要とから図 2. (c) のように低圧内輪系統を実現するに至った。

(4) 超高圧外輪連系段階 我が国の 275 kV 送電系統は、その中性点接地方式に直接接地が採用されたので、変圧器の中性点の電位上昇が 1 線地絡時の過渡状態において低い値に抑制されるため、健全相の電位上昇が低いこと、また、変圧器の中性点絶縁を著しく低下できること、一方地絡電流は過大となるが、しゃ断器はしゃ断の高速化としゃ断容量の増大から通信線への電磁誘導障害を著しく低減し、かつ系統安定度の低下を抑制することが明らかとなり、更に、高圧側連系によって、より経済的電源容量の選定、予備力の低減効果及び系統信頼度の向上等が期待されるが、そのためにはしゃ断器のしゃ断容量の増大、故障の波及などに対する電力技術の向上が肝要となる。

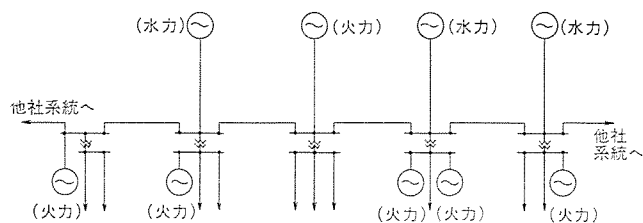


図 3. 長距離串形系統

(5) 超超高圧送電段階 1973年に500kV超超高圧送電線が運開し、近い将来には、中西地域は図1.に示すように500kV超超高圧送電線系が実現されることになり、中西地域が一体となって系統運用がなされるので、電源の単位容量の増大からくる経済性の向上、揚水発電に対する経済性、系統信頼性の向上などが期待されるが、一方では、短絡容量の増大、事故波及の拡大などに対する電力技術の開発と経済上の諸問題を解決することが要請される。

以上の系統連系の経緯は主として東京、関西、中部の系統を対象とするものであるが、中国、九州、四国、北陸地区の系統に対しては変形した系統連系を構成している。そのうち中国地区の系統連系は電源立地と負荷の分布状態から特異の系統として発達して来ている。すなわち、図3.にみるように、東西に走る幹線に向かって電源線路が導入され、幹線に沿って負荷が分布しているという系統で長距離くし(串)状系統といえる。九州地区は、主要な電力需要地が北部に寄っており、電源地帯は、西部と南部及び東部の北にあることから外輪を特に形成することなく主要変電所とその間の連絡線が設けられる。したがって外輪という考え方は生まれそうにない。四国地区においても外輪を形成することなく吉野川開閉所を介して需要地の変電所に連系する系統を構成している。また、北陸地区においても同様に外輪を形成する系統ではない。

3. 中西地域の500kV系統連系

上述のように中西地域の各社の電力系統は近く500kV送電線で連系されるが、500kV系統連系について述べよう。系統連系の効果については、これをまとめると、(a)不等率の改善と負荷率の向上、(b)広域経済運用の効果、(c)供給信頼度の向上、(d)供給予備力の節約、(e)補修計画の合理化、(f)電源開発計画の合理化、特にスケールメリットなどが挙げられる。一方、系統連系によって、短絡容量の増大からくるしゃ断器のしゃ断容量、保護継電器の迅速と正確さなどが要請されるし、連系系統の規模の拡大からくる連系運用技術の確立と運用組織の確立とが強く要求される。特に、事故予測などの新しい技術開発が必要となってくる。

中西地域の500kV連系は、図1.にみられるように、中部地区と関西地区はそれぞれ500kV外輪連系統を構成し、中部と関西は西部(変)と南京都(変)の間は500kV連絡線で連系する。中部地区は50Hz系統とは佐久間と新信濃変換所の周波数変換装置(FC)で連系する。関西地区は、北陸地区とは嶺南(変)と加賀(変)との間を加賀嶺南線によって連系する。また関西地区は、西の中国地区とは、西播(変)と東岡山(変)との間を西播東岡山線で連系する。中国地区は、その西を九州地区の北九州(変)と中国地区の新山口(変)との間を関門連系線で連系する。関西地区の西端にある西播(変)と九州地

区の北九州(変)との間の距離は422kmで、西地域連系線と称している。九州地区は、東から北九州(変)、中央(変)、西九州(変)を置き、九州地区の背骨の幹線を形成するので、一種の外輪を形成することになる。四国地区は、こう(巨)長63kmの四国中央幹線を骨格として幹線運用を計画し、東の讃岐(変)は本州四国連系線によって関西地区の500kVと連系することを計画しているようである。すなわち本四連絡橋の1つである神戸～鳴戸ルートの道路鉄道併用つり橋に500kVケーブルを添架するための研究をすすめている。

そこで、中西地域の連系系統の運用上の諸問題について考察してみる。

(1) 連系の役割 中西地域が500kVで直接連系されることによって、各社間の連系度合は強固なものとなるので、系統特性を十分には(把)握し、その上に立って、系統運用、系統計画をたて、連系効果として、(a)単機容量の経済的選定、(b)供給予備力の低減効果、特に緊急予備力の低減効果、ただし単機容量の増大とも併せて最適予備力の検討が必要、(c)系統負荷の不等性からくるピーク負荷の低減効果、(d)系統事故時に対する緊急予備力による供給信頼度の向上、(e)補修計画に対する裕度の増大、(f)電源開発地点の経済的選定などがあげられる。

(2) 電力技術上の課題 上述のように連系効果が多くあげられる一方、連系上からくる課題もある。

(a) 周波数低下限度の制定 中部地区と関西地区は連系線を介して双方の外輪系統が接しているので、系統故障時に事故波及として相互に迷惑を被らぬような最適な周波数低下限度を双方で定める。

(b) 中国地区の500kV送電線は、九州地区と関西地区からは422kmと極めて長距離連系線となるので、その有効性が少ない。そこで、つぎのことを提案する。すなわち、直流分割を行うことの効果と経済性の検討、いま1つは、直流送電に九州地区と四国地区の連系、四国地区と関西地区との連系を行うことによる中西地域、特に西地域の系統安定度の向上、それからくる中西地域の安定度への貢献度の検討。

(c) 中部地区、関西地区の500kV外輪系統の互長は共に長いので、電源線を含めると相当な互長となるので、安定度問題についてあらゆる角度から検討しておくことが必要である。

(d) 500kV連系系統の運用は極めて信頼度の高いものであることが要求される。したがって、電力系統の機器の状態、各電気所からみた系統状態を予知し、最適な制御についての研究が肝要である。

4. む す び

中西地域が近い将来500kV連系されるので、これを機会に我が国の系統連系について経緯をふり取り、連系の役割を述べるとともに電力技術の向上が伴わなければならないことを痛感した。更に、中西地域の連系に対する連系効果と連系上の課題について述べておいた。

我が国の電力系統は外輪をベースとして放射状系統が多く採用されているが、ルーチンシステムの導入についても技術的、経済的立場から検討しておくことが必要であり、系統の機器の状態把握、電気所からみた系統状態の把握が必至のように思う。

500kV変電所機器の基本的考え方

田村良平*・青木俊之**・桑原 宏***・森 健†

1. ま え が き

我が国における 500 kV 送電は、15 年前の昭和 40 年に次期送電電圧として決定された。それ以来、電力会社各位及び機器製作者がその実現に努力を続け、その結果、昭和 48 年に我が国初の 500 kV 運用が、東京電力(株)房総線で開始され、翌年初めには関西電力(株)奥多々良木線も運開された。

その後、500 kV 送電システムの整備が着々と進められてきた。今回、実現をみた西地域 500 kV 送電システムの完成により、500 kV 送電網が、電力輸送の大動脈として全国的連系に発展しつつある。

500 kV 変電所は、良質の電力を安定に流通させるためのかなめであり、この建設・運転は重要である。しかも建設に対し、周囲環境からの諸制約や用地取得難、建設費の高騰など、年々厳しさが増している。

電力会社各位とともに、主要機器を製作・納入する当社も、これらの困難を克服し、より合理的な 500 kV 変電所の建設に日夜努力している。

ここでは、500 kV 変電所機器に対する当社の基本的な考え方について述べ、大方のしっ正を仰ぎたい。個々の技術については、既に本誌等に報告されているので、それらを参照願いたい。

2. 500 kV 変電所機器の基本的考え方

変電所は、電力流通のかなめであるとの認識に基づくならば、電圧階級に関係なく、これに使用される機器に対する要求と、対処の考え方とに本質的な差はあり得ない。しかしながら、500 kV 変電所は、今日から将来へかけての電力流通の主幹系統であるから、ここに適用される機器・システムには、これに見合う基本姿勢や考え方が既に確立されていなければならない。当社の基本的考え方を以下に述べる。

2.1 500 kV 変電所機器に対する取組姿勢

500 kV 変電所の機器・システムは、信頼性、運用・保守面等で、現状における最高レベルのものであることはもちろんのこと、社会・経済動向にも調和したものであることが肝要である。

この認識のもとにこれらの機器・システムを実現するためには、単に系統計画・系統運用等の電力系統にかかわる面ばかりでなく、人間の創造性発揮・能力開発への期待などの経営思想にかかわる領域にも留意し、将来に悔いを残さぬように心掛けている。

また、電力の安定供給に対する社会的要請が、ますます強まる状況を踏まえてこれに答えるため、技術の究極目的である信頼性・経済性の追求になお一層の努力を重ねている。

2.2 高信頼性の確保

500 kV 変電所で流通を制御されるエネルギーは巨大である。したがって、万一の機器故障による電力流通の障害は、その社会的影響が広範囲に及び、関連する社会の経済的損失はばく大なものになる。そのため、500 kV 変電所の機器・システムは、電氣的・機械的及び

情報処理面で、長年月の間、高い信頼性を保持し続けなければならない。

本質的に高信頼性のある機器・システムを供給するため、当社は既設の変電所における豊富な運転経験を十分にそしゃくし、製品に反映させることにしている。また、数 10 年の運転期間中に対処すべき異常事態を想定し、工場における過酷試験や、実系統における試運転によってその抵抗力を開発段階で裏付けるように努めている。また、機器あるいはシステムの死命を制する基本システムや部品については、その品質が製品においても継続的に持続されるように、設計・製造の手順や設備を開発過程で完備するとともに、不具合の発生を抜け落ちなくは(把)握し、修正できる方法を確立する必要がある。

2.3 運転・保守の容易性追求

500 kV 変電所の機器は、高電圧・大容量に対処するために大形化し、また信頼性向上のための 2 重化によって複雑化することなどが予想され、300 kV 以下の機器・システムと比較して運転・保守が煩雑になりやすい。運転・保守性を超高压以下のものと同程度の容易さにすることも重要である。具体的には、保守・点検対象部分を低位置に配置するとともに、その手数も減らすように構造・材質等の選定に留意し、より長寿命化を図るようにしている。また、自動点検や計算機等による情報処理、見やすいディスプレイなどを適用して、運転員の負担を一層軽減するように指向している。信頼性維持のための手間や作業性が複雑化し、増加することは是非とも避けるべきである。

2.4 小形化への努力

500 kV ともなれば、屋外機器の大形化や屋内機器の所要数量増加により、広大な敷地と建屋が必要になると考えられる。これに対処するために機器製作者として、信頼性を損なうことなく、機器・システムの小形化を追求すべきである。

このため、例えば絶縁性能を確保するための基本寸法を変えることなく、仕上がり外形寸法の増大を少しでも抑制するためデッドスペースに補機類を設置する、構成要素の静止機器化・ディジタル化を図るなどを精力的に推進している。

2.5 各機器固有の重点指向

変圧器、開閉機器及び制御・保護システムには、上述のほか、それぞれの発展史中で確立された重点的な考え方がある。これらについては 3 章以下に述べる。

3. 変 圧 器

500 kV 変圧器は、大電力送電の中樞をなす機器であり、極めて高い信頼性を有することが要求される。一方、大容量変圧器は、一般に使用上の要求、設置条件、輸送制約を織り込んで設計製作するオーダー対応製品であるから、すべての製品に高い信頼性を盛り込むためには、広範な基礎研究と解析技術とを背景にした確認試験による実証、その技術を各変圧器の設計・製作に確実に反映させること、

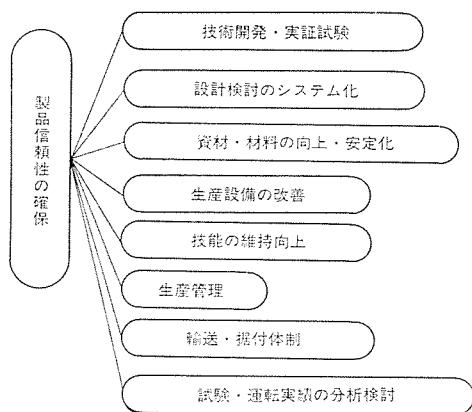


図 1. 信頼性確保の要点

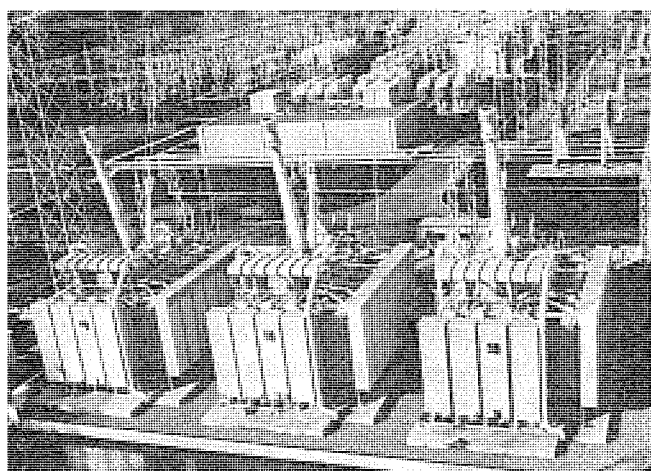


図 2. 東京電力(株)新富士変電所納め 500/275 kV 1,500 MVA 単巻変圧器 パンク

及び豊富な実績に裏打ちされた品質管理の徹底が、最も重要なポイントになる。(図 1.)

幸いにして外鉄形変圧器は、各種の定格・仕様に対してもその基本的構造を全く変えないで対応できる特長を有し、信頼性の確保の上からも誠に好都合な構造であり、500 kV 変圧器でますます真価を発揮するものと思われる。(図 2.)

3. 1 絶縁技術

500 kV 変圧器の最も重要な技術である絶縁構造は、昭和 40 年に開発を完了し、我が国初の実用 EHV 変圧器であるメキシコ納めの 400 kV 変圧器を多数出荷して以来、既に 15 年の実績を有している。

この EHV 絶縁構造の標準化に当たり、多数の実工程において、モデル製作を繰り返して、個体間のばらつき、作業上の難易などの製品の安定性に影響を及ぼす要因を徹底的に洗い出し、信頼性の確保に特に意を払った。また、同時に、154 kV 以上の絶縁標準をすべてこの新しい絶縁標準に切換えたが、これは、その絶縁上のメリットを生かすとともに、あわせて絶縁構造を 1 本化して製作上からな一層の安定化を図ったものである。

500 kV 変圧器の絶縁信頼性の上で、もう 1 つの大きな影響を及ぼすものに油流による流動帯電現象がある。この現象は、EHV、更には将来の UHV 変圧器について重要な問題であり、当社が初めて着目して昭和 48 年以来、その発生メカニズムの究明、油流や材料

の影響について広範に研究を展開した結果、現在ではその具体的防止対策が確立され、製品の設計製作に逐一反映され、十分な安全性が確保されている。

3. 2 漂遊損解析・冷却解析

絶縁技術とともに重要なものに大容量化に伴う諸問題の解決が挙げられる。500 kV 変圧器は、電圧の上昇とともに大容量化されるのが通例であり、漏れ磁束によってコイル、タンク、その他の構造物に発生する漂遊損の把握とその低減対策、的確有効な冷却対策が、局部過熱を防止し、長期間の運転に対する信頼性を確保するために重要な技術課題になる。

これらの解析については、最近になって解析技術及び測定技術の進歩に目ざましいものがあり、極めて高い精度でコイル内はもとより、各構造物に発生する漂遊損を求めることが可能になってきた。例えば、漂遊損発生の原因になる漏れ磁束の解析については、従来、2 次元解析をモデル変圧器によるデータによって 3 次元補正を行っていたが、等価磁荷分布等の導入によって実用規模における 3 次元数値解析が可能になり、変圧器各部分における境界の数値解析を正確に行えるようになり、漂遊損の低減、信頼性の向上に役立っている。また、冷却特性の解析についても、各種の温度解析プログラムを開発するとともに、複雑なコイル内の油流を直接に目視観測ができる油流可視化技術を開発し、局部温度上昇などの解析に有効に役立っている。

これらの解析技術は、多数の測定素子を内蔵させた実規模の超超高圧超大容量モデル変圧器による実測によってその精度が慎重に確認されたのち、実際の変圧器の設計検討に有効に織り込まれ、各変圧器の信頼性の向上と損失の低減とに活用されている。

3. 3 付属品

変圧器の運転信頼性に、ブッシング・負荷時タップ切換器・冷却器・保護リレー等の付属品の占める役割は大きい。当社では、大形変圧器の負荷時タップ切換器として、世界最高の技術を有する西独 MR 社との技術提携による MR 形タップ切換器を製作・採用しているが、これらについても、我が国の変圧器に要求される極めて高い信頼度の見地から厳密な再検討を加えて万全を期している。

また、送油風冷式変圧器についても、冷却器取付スペースが相対的に少なくなる大容量変圧器には、単位冷却容量が大きく、冷却効率が高く、かつ耐食性の優れた冷却器が必要になるが、当社では、全面に溶融亜鉛めっきを施して、優秀な耐食性を有するプレートフィン形冷却器を開発し、全面的に採用して信頼性の確保と保守の容易化とを図っている。

3. 4 生産技術

500 kV 変圧器に要求される高い信頼度は、前述の技術開発と、これを実際の変圧器に 100 % 盛り込める生産技術とがあいまって初めて実現されるものである。当社は、昭和 40 年に業界に先鞭をつけてコイル・絶縁組立工場の完全恒湿・防じん化を実施するなど、製造技術・製造環境の改善を進めてきたが、更に各工作段階に専用工作機械を開発導入して作業の安定化・高水準化を進めるとともに、設計から製造までを一連に接続されたコンピュータによって詳細図・伝票の作成、工程計画を実施し、複雑化する超高圧超大容量変圧器の品質水準の確保を図っている。

また、作業レベルの向上・維持を図るために各作業者の資格認定制度、定期的技能検定制度を実施するとともに、定期的に特別品質管理オーダーを設定して品質保証課と関連部門の専門エンジニアとによ

って徹底的に品質水準を検討し、開発・設計・工作の各部門へフィードバックし、信頼性を損なうような小さな芽も未然にみつとれるように考慮している。

4. 開閉機器

開閉機器に対する基本的な考え方は、次のとおりである。

- (1) 低電圧での技術を拡大・発展させて順次、高電圧化を図る。
- (2) 重要部品の設計・製造・検査は、すべて自社内で行う。
- (3) 完全組立状態の装置で工場出荷前に諸性能を確認する。
- (4) 重要部品の新採用は、現地試験等で実用性能確認後とする。

500 kV 開閉機器固有の問題点は、図 3. に示すように、開発から製品すえ(据)付段階までの過程において、これらの基本的な考え方に基づいて解決され、優れた成果を得ている。

4.1 開発段階

重要部品・機器の基本構想を確立し、これに基づく試作・試験で全性能を確認する。開発段階で製品の本質的な性能が左右されるとの認識をもち、全力を傾注している。

(1) エポキシ注型絶縁物

接地タンク形開閉機器の死命を制する最重要部品の1つであるエポキシ注型絶縁物は、電圧階級に関係なく、自社で設計・製造する。特に大形になる 500 kV 用のものについては、構成機器開発着手の1年余り前に、試作・検証をすべて完了させた。長年月の性能安定性を確認することの重要性に着目し、専用の長期課電設備によって常規対地電圧の1.3倍を連続印加することにし、11年間経過した現在

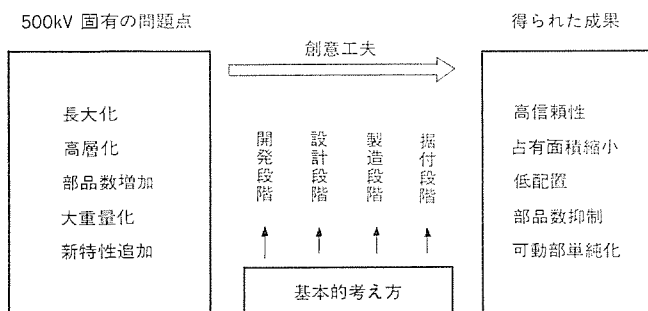


図 3. 500 kV 開閉機器の考え方

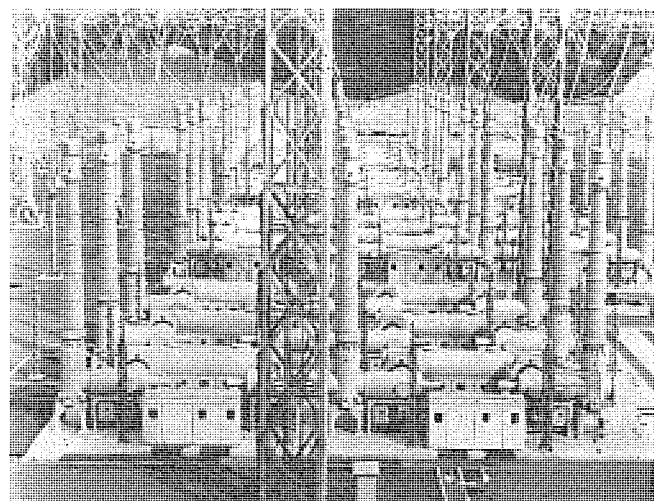


図 4. 関西電力(株)西播変電所納め
550 kV ガス絶縁開閉装置

でも、何ら異常の徴候を示さない。性能の安定性が証明されている。

(2) ガスしゃ断器

500 kV シャ断器は、4点切りになり、投入抵抗を付属させるものもあるので、超高圧級より複雑化は避け難い。

これに対し、部品数の増大と可動機構の複雑化とを極力抑制することである。これにより、500 kV シャ断器については油圧シリンダ1個で、4シャ断部を駆動するものにした。また、投入抵抗用可動接触子の駆動系には、特別のレバー・リンク系を持たせないようにした。このため、超高圧級と比べて構造上の変化が少なく、当初から十分な信頼性を保有するものと考えられる。

(3) 母線ルー電流開閉能力付タンク形断路器

ガス絶縁開閉装置の母線インピーダンスは小さく、また SF₆ ガスの消弧性能がよいので、この断路器は並切りでも十分に対処できる。

しかし、500 kV の重要性にかんがみ、アーク時間の短縮による長寿命化と、金属スパッタの飛散防止とを行うため、シールド内でシャ断を完了させることをねらって小形パuffaを取付けた。また、常規対地電圧を印加した状態でルー電流の開閉を繰返して行い、開閉途上の絶縁性能も十分に確認してある。

4.2 製品設計段階

各種の機器の組合せであるガス絶縁開閉装置は、製品設計の段階における基本的な考え方が重要である。

(1) 立地条件に適する構成

500 kV 変電所の立地環境は、千差万別である。そこで、超高圧以下と異なり、500 kV ガス絶縁開閉装置の構成は、適用場所に最適なものにするを基本にしている。最適化の1例として、図 4. に架空母線と組合せた、いわゆるハイブリッド形の開閉装置を示す。この方式は、超高圧以下でも使われるようになった。

(2) 完全ガス絶縁開閉装置の配置方針

耐震性能を確保するための副資材を節減し、周囲への威圧感を軽減することを基本方針にし、できる限り平面的な配置にする。やむなく高層化する場合でも、点検ひん度の少ない母線などから、順次、高位置に置くものにする。高層化された部分の耐震圧性能は、理論解析や縮小モデルで確認される。初採用の重要部品、例えば、不等沈下対策用ベローズ等は、現地試験などで実用性能をも確認されている。

4.3 製品製造段階

品質は、製造段階で作り込まれるという考え方のもとに、製造設備及び製造技術の充実を図っている。

(1) タンク製造

500 kV 用タンクは、これまでの開閉装置用のものと比較して一段と大形になる。したがって、製造技術の充実と設備の自動化とによる品質の均一化、生産能力の向上を図っている。

(2) 大形組立試験工場の完備

500 kV 開閉機器は、出荷前に完全組立てに近い状態で、絶縁性能や動作特性を十分に確認されることが、特に重要である。このため、耐電圧試験設備を完備した専用工場を早くから建設し、すべての製品について出荷前に性能確認を十分に行ってきた。

4.4 据え付段階

輸送と据付工事とは、品質保証の最後の詰めである。

(1) 輸送

輸送途上における内部損傷や緩みの生じない輸送条件を事前に設定

する。更に、重要部品については、加速度計により、出荷から最終荷おろしまでの衝撃履歴を把握することになっている。

(2) 据付工事

500 kV 開閉機器は、専ら屋外使用である。したがって、工場と同じ良好な据付作業環境を期待することは難しい。そのため、現地接続部の単純化を図り、作業ミスや異物侵入の判別が容易な構造になるように配慮してある。しかし、据付作業環境の整備の重要なことは言うまでもないので、防じん対策や作業方法を確立し、細心の注意を払うようにするのは、当然のことと言えよう。

5. 保護制御

5.1 製造体制

前述のように、保護制御システムの検討すべき要素をレビューし、製作者としての経営フィロソフィーと製造体制とを図5.のように確立した。「階層の座標」と「系統保護・制御の座標」とからなるマネジメントシステムを設計し、確固たるユニットの製造を担当するグループがベースになり、その上に変電制御、系統制御、保護継電システムの製造を担当するグループが、それぞれ高度な応用技術の蓄積をもとにしてユーザーの要求にマッチした装置を製造する。デジタル、UHVの保護、制御装置などの将来技術の開発を担当するグループも設置した。階層の座標は製品の階層モデルを意味し、単体機器であるユニット、

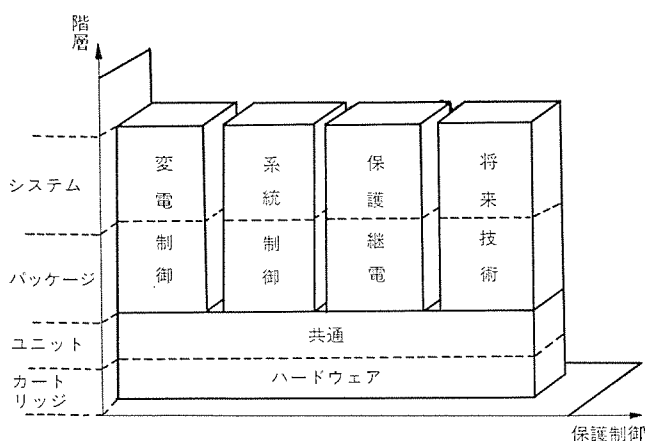


図5. 経営フィロソフィーと製造体制

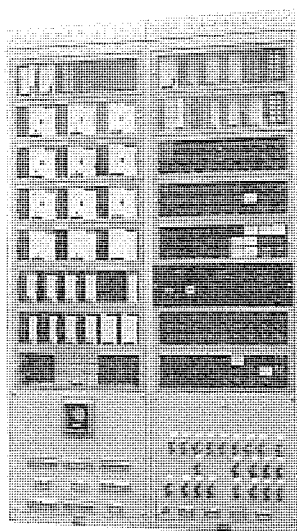


図6. 500 kV 変圧器保護装置

カートリッジのレベルから、複合機器であるシステムのレベルへと複雑度は高くなっている。

500 kV 系統の変電制御・保護継電・系統制御システムのおおのにおける高度化要求とその対応管理方策について紹介する。

5.2 変電制御システム

監視・計測・調整・保護・制御などの機能をすべて含む変電制御システムは、変電所の大規模化に伴い、トータル設計に基づいた各機能の仕様、各機能間及び変電機器とのインタフェース仕様、マンマシンインタフェースの仕様など、とりまとめ内容が大容量化した。このため、システムとりまとめのプロセスも各ステップを検討して、変電制御システムエンジニアリングを確立している。

また、現地据付調整の業務も大容量化・複雑化してきたので、現地工事の体制の強化と、プロジェクト管理の導入とを図って対応した。

5.3 保護継電システム

500 kV 系統の保護継電システムは、性能面の高度な要求からエレクトロニクスを駆使したシステムになったが、系統の運用信頼度上、従来の電磁形保護継電システムより高い信頼性を持ったエレクトロニクス形保護継電システムが要求された。パーツが多くなるエレクトロニクス装置の高信頼度化対策として、上記経営フィロソフィーと製造体制との考え方に基づき、エレクトロニクス装置の階層化と階層別管理との理念を導入した。製品の階層化によって数と管理の質とを維持し、製品の階層モデルを決定し、階層別品質管理と階層別サージ対策設計の管理方策とを樹立した。

階層別品質管理については、部品のグレードアップと全数検査、部品・カードのスクリーニング強化、ユニット管理の強化に重点を置き、業界では初めてのダブルボンディングトランジスタを開発し適用した。階層別サージ対策は、変電所サージの発生源と侵入ルートを把握し、各階層別にサージ抑制策を設計し、システムの高信頼度化に大きく貢献した。製品例としてマルチフレックス形500 kV 変圧器保護装置（主保護部）の写真を図6.に示す。

5.4 系統制御システム

500 kV 系統制御システムは、計算機とその周辺機器及び伝送の技術をベースに、監視・操作・制御・記録・伝送業務を実行するソフトウェアで構成し、大規模なシステムになる。このシステムを所定の期間内にユーザーとメーカーとが共通の認識のもとに製造するには、適切なプロジェクト推進管理方式が必要である。このため、数年前から研究を進めてきた、システムティックな新しいビジョンに基づくトップデザイン方式による管理体制を開発し、500 kV 系統制御システムの製造に適用して大きな成果を納めた。

また、系統制御技術開発用シミュレーションセンターを設置・整備し、高度化された系統制御システムの基礎技術の開発に役立たせている。このシミュレーションセンターは、当社のEHV系統制御基礎技術開発のバックボーンであり、また受注工事ではシステム設計の事前検証、納入後の増設検証等、工期の短縮と内容の高信頼度化とに大きく貢献している。

5.5 500 kV 系統保護、制御の技術開発成果

以上の製造体制と各種管理方策とに基づいて500 kV 系統の保護・制御に関する技術的問題に取組み、かずかずの技術開発を行い、具体的製品に反映してきた。その主なポイントは次のとおりである。

(1) 保護継電システム

線路保護については、高速化と事故検出感度との向上から、各相位相比較キャリアリレーが適用され、当社は電流反転とひずみ(歪)波に

強いシフトレジスタ式伝送遅延補償回路を用いた各相位相比較キャリアリレーを開発し、適用した。

母線保護については、電圧差動方式と電流差動方式とが適用されているが、当社は大電流発生用短絡発電機と実CTとを用いた組合せ試験によって検証された電圧差動方式と、流出電流に強くした電流差動方式とを開発し適用した。

変圧器保護については、高速度化と高感度化とを静止化によって実現し、変圧器の特性にマッチした保護システムを開発し適用した。

今後の500kV線路保護の課題として、重潮流下における事故検出感度の向上と、長距離送電線の事故電流の片寄りなどの問題があるが、当社は電流差動原理による線路保護と零相差動保護とを開発し、実用化を待っている。

また、省力化・標準化の点から、基幹系デジタル保護方式の開発にも着手しており、保護性能の向上についても検討している。

(2) システム制御システム

500kV変電所へ計算機を適用することは、日本で最初に500kV運転を開始したときから実施している。監視・記録の自動化、制御の高度化に対応して、系統安定化システム、大規模構内集中制御システムなどに豊富な経験を持っている。

500kV変電所内に設置される計算機システムは、まず第1に高い信頼性が要求されるという認識のもとに、重要回路の2重化、命令実行のリトライ機構、エラー訂正機などの充実したRAS (Reliability, Availability, Servisability) 機構をもつ制御用計算機《MELCOM 350-50》シリーズを開発し、適用した。また、ソフト面では電力設備の高信頼度操作を実現するための誤操作防止方式、CRTディスプレイの高速表示を可能にするサポートソフトウェアなどを開発し、適用した。

更に、回線インタフェース、系統盤・監視盤インタフェース、操作卓インタフェース等には信頼性を十分に考慮したマイクロプロセッサを全面的に採用し、電力設備の増設・変更に対してインデックステーブルの追加・変更で容易に対処可能にした。

6. む す び

500kV変電所の機器に対する当社の考え方について述べたが、その主なものは、次のとおりである。

- (1) 取組姿勢
- (2) 高信頼性の確保
- (3) 運転・保守の容易性追求
- (4) 小形化への努力
- (5) 各機器固有の重点指向

このような基本的考えに基づき、電力会社各位のご指導を得て開発・製品化し、納入した各機器やシステムは、500kV変電所で安定した運転を継続している。

500kV機器を実現するため、蓄積充実を図った技術や製造及び試験設備は、超高圧以下の機器の合理化にも威力を発揮していることは、言うまでもない。

将来の大電力輸送時代に備え、機器製作者の社会的責任をまっとうする覚悟をもって、更に技術及び設備の拡充・強化を図る所存である。

500kV変電所機器が実現されたのは、ひとえに電力会社各位のご指導・ごべんたつのたまものであり、深く感謝の意を表すとともに、今後とも引き続いてご指導をお願いする。

中部電力(株)北部変電所500kV変電機器

平林康道*・佐々木健一*・谷黒文弥**・平河宏之***・岡村捷久***

1. ま え が き

名古屋都市圏を半円形に取り巻く基幹系統としての名古屋第2外輪線と広域連系の強化を目的に、昭和53年6月に着工された中部電力(株)初めての500kV昇圧工事は、昭和55年2月中部電力(株)の西部変電所、及び関西電力(株)との連系線となる西部南京都線から順次運開することになった。

ここでは、500kV変電所建設に当たっての設計と構成機器及び建設工事について、北部変電所を中心に紹介する。

2. 北部変電所の概要

中部電力(株)の電力系統と電源分布は図1.に示すようであり、電力需要の増加と電源開発の進展に合わせ、将来の500kV基幹系統に基づいて西部・東部両幹線を始め、新豊根幹線、駿遠幹線更に信濃幹線が、500kV設計で建設され275kVで運用されていた。近年の電源開発が知多5、6号、浜岡2号、渥美3、4号、奥矢作水力など東方に偏っていることから東から西に向かう潮流が増加し、東部幹線などの275kVとしての送電能力が昭和55年度には限界に達することが予想され、その対応として東部、西部両幹線と関西電力(株)との連系線である西部南京都線の500kV昇圧と、東部、北部と西部の3変電所建設が行われた。

500kV変電所建設に当たっては、縮小化、高信頼度の確保及び経済性に重点を置き、新技術、新工法を織り込んだものとなっている。単線結線図を図2.に配置図を図3.に示す。

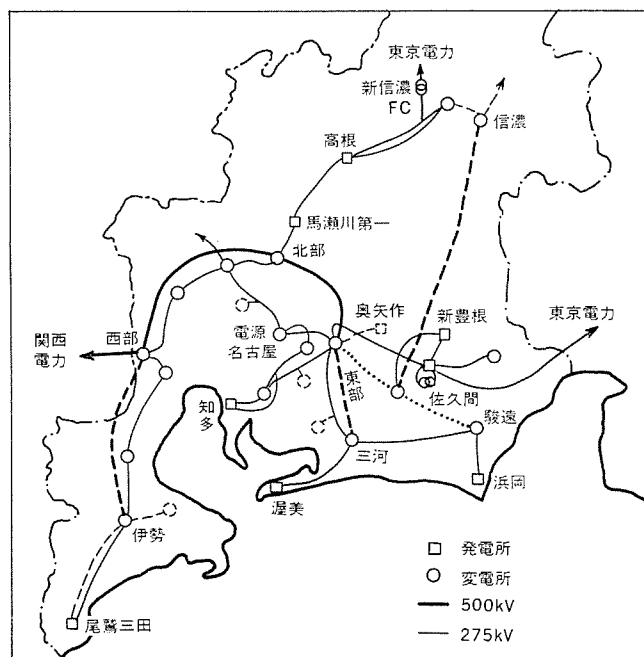


図1. 中部電力(株)の主幹系統

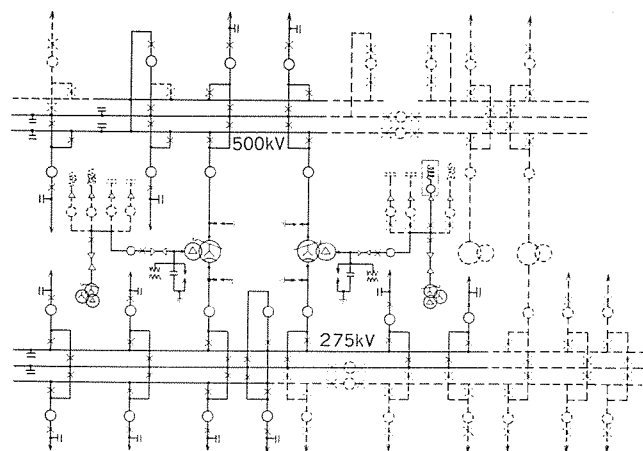


図2. 北部変電所 主回路単線結線図

2.1 用地

変電所の用地は山間地の狭い場所であり、十分なスペースの確保と輸送の問題から機器の構成、縮小化を図った。

2.2 変圧器についての考慮

変電所の容量としては最終1,500 MVA 4バンクであるが、当面の需要、初期投資の節減から、今回は1,000 MVA 2バンクとし将来それぞれ500 MVA変圧器を増設できるように設計した。

変電所は山間地ながら騒音規制法などで周囲騒音を深夜45ホン以下に規制されており、変圧器本体は防音建屋内に設置し、外部クーラーも低騒音形としている。

変圧器は単相形であるが、超超高压大容量器であるため、輸送方法が種々検討された。国鉄美濃駅まで貨車輸送し、そこから関市の町を通り変電所までトレーで輸送された。大形重量物のトレー輸送に、幸い大きな川はないが、美濃水郷地帯小河川の渡橋にオーバブリッジを、また田園地帯狭道の養生など、2日間の夜間運行が6回にわたって行われた。

2.3 母線方式

500kV母線方式としては、将来の系統の変化に対し自由度の高い2重母線4バスタイ方式の構成とし、今回は2バンク4回線なので1バスタイとしている。

母線の配置は、275kV変電所で実用化されており、同一ベイの両側から引き出すことのできる甲乙甲の3母線配置を採用した。

母線構造は、母線定格電流が大きくなるとテンション母線方式ではより(燃)線径が大きく、しかも多導体化して分岐などの構造が複雑になることから、大口径アルミパイプ(350mmφ 10mmt 14,000A)を

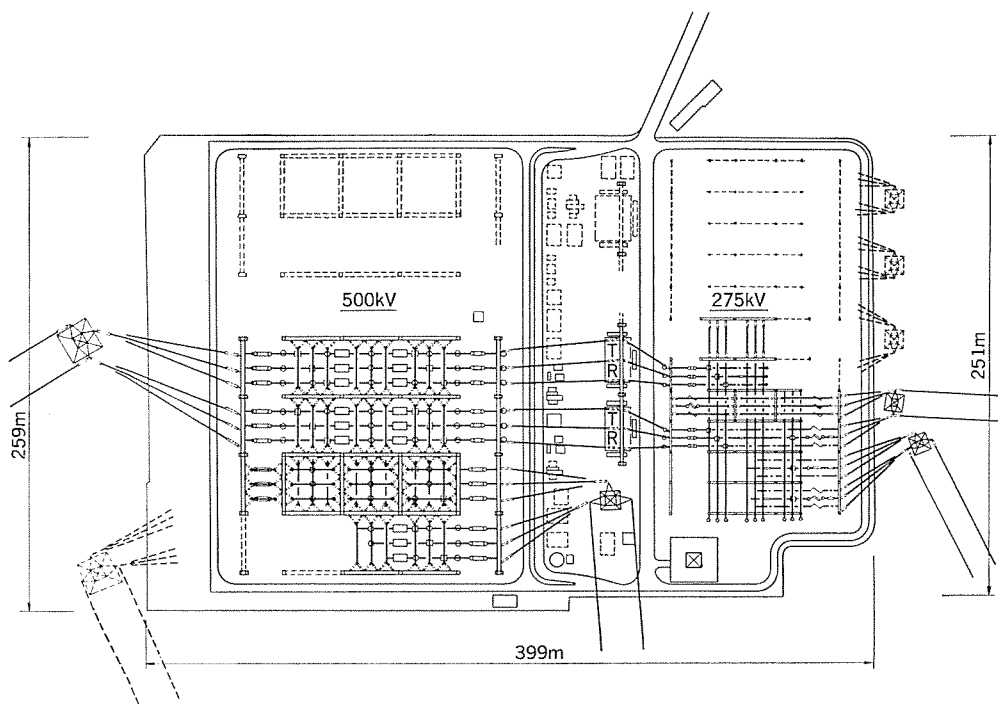


図 3. 北部変電所配置図

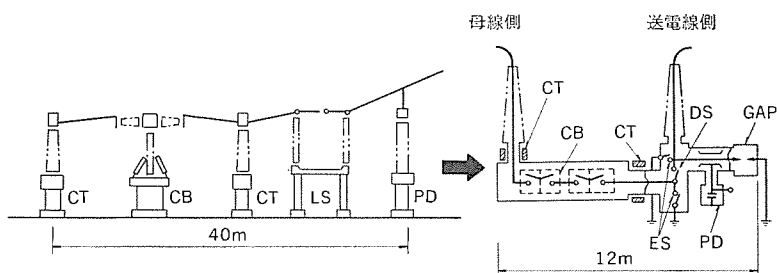


図 4. 550 kV 複合開閉装置と従来形との比較

V 字形のがい(碍)子連でつ(吊)る「傾斜 V 吊りアルミパイプ母線」を採用した。この母線は、風圧、地震などに対する特性を実規模及び縮小モデルにより検証したもので、500 kV 用母線としてこの母線を採用したのは世界で初めてである。

2. 4 開閉設備の形式

線路用及び母線連絡用の 550 kV 開閉装置として、しゃ断器、断路器、接地開閉器及び変流器を一括し SF₆ ガスで絶縁した複合開閉装置を開発し、縮小化を図った。また線路用には、新たに開発した増幅形計器用変圧器と、ガスギャップとを組込んだ。

このガスギャップは、従来の気中保護ギャップに代わるものであるが、放電の電圧-時間特性上 SF₆ ガス絶縁の複合開閉装置と協調がとれること、また計算によるシミュレーションでは、線路側の保護だけでなく変圧器用避雷器と組合せて、変電所全体の絶縁協調上有効であることがわかった。この 550 kV ガスギャップの適用も世界で初めてである。

この外、母線切換用断路器として、アルミパイプ母線との組合せに適したパンタグラフ形断路器や垂直中心 1 点切断断路器も開発され、500 kV 開閉設備に必要な面積を約半分に縮小している。(図 4.)

2. 5 保護装置

変圧器保護は、系統の安定度の向上と内部事故時の変圧器タンク強度と協調をとる必要から、全トランススタリレーにより高速度、高感度化を図っている。また変圧器内部故障のすべてを検出できるよう保

護範囲の異なるリレーを組合せて 2 系列化するとともに、常時監視による自動点検回路を設け、高信頼度化を図っている。

なお、500 kV 系保護リレー、母線保護リレーは 275 kV で運転実績のある信頼性の高いものを使用した。

2. 6 現地管理

500 kV 工事は、機器が大形化し現場もふくそう(幅狭)するので、現地に工事所を設置して、「500 kV 変電所の安全管理の重点施策」を新たに策定し、作業手順書による事前の危険予測とその対策を行うなど合理的安全管理を行った。また機器の品質管理に対しては、高信頼度を要求する主要機器について、現地組立作業の各プロセスにおける品質管理項目及び計数的な

管理値を製作者と共同で定め、これにより管理し、設備の高信頼度施工を図った。

2. 7 試験

現地すえ(掘)付後の試験は、所期の性能の確認と設計に用いた定数の検証及び運転保守に関する試験を行った。変圧器としては、流動帯電のチェック、部分放電試験、移行電圧測定及び騒音測定を、開閉装置としては、接地系を含めて低圧制御回路への誘導を検証するガスギャップ放電試験、断路器開閉試験を、また変圧器 3 次回路はその故障時しゃ断器に加わる再起電圧が厳しく、規格(JEC-181)標準では対

応できないため、高性能しゃ断器の適用とともに再起電圧抑制用にカーリアブソーバを設けたが、その効果を実証した。また、保守関係試験としては、槽内電界強度、作業接地に関する試験などを行った。

3. 500 kV 1,000 MVA 変圧器

この変圧器は、単相外鉄形 フォームフィットタンク 構造で製作された。外鉄形構造は本来高電圧大容量変圧器に適しており、この変圧器においても外鉄形の特長を十分に生かした設計及び製作を行った。

3. 1 変圧器の定格

主な定格事項は次に示すとおりである。

形 式：外鉄形 屋外用 送油風冷式 負荷時タップ切替器付き
周波数：60 Hz

容量、電圧及びバンク結線：

1 次	$527.7/\sqrt{3} \sim R 500/\sqrt{3} \sim 477.7/\sqrt{3}$ kV	1,000/3 MVA	} 単巻星形
2 次	$275/\sqrt{3}$ kV		
3 次	$78.6 \sim R 70 \sim 63.1$ kV	300/3 MVA	三角形

インピーダンス電圧：

1 次—2 次間	16.0 % (1,000 MVA 基準)
2 次—3 次間	12.0 % (300 MVA 基準)
1 次—3 次間	20.0 % (300 MVA 基準)

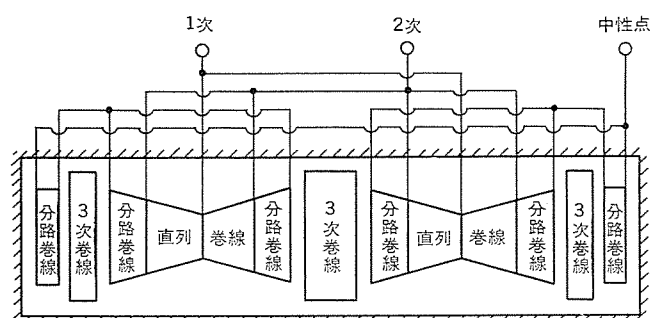


図 5. 巻線配置図

3. 2 構造と特徴

主な構造とその特徴は次のとおりである。

3. 2. 1 巻線及び絶縁構造

巻線は、三菱大容量変圧器の標準である外鉄形交互配置巻線構造である。この交互配置構造は巻線配置の自由度が大きいため、各巻線間の磁気的結合度を最適に選べるので、大容量化に伴う短絡機械力の増大及び漂遊損の増大に対して容易に対処しうること、インピーダンスの選択の自由度が大きいなどの特長がある。この変圧器の3次インピーダンスについても零相インピーダンス、3次短絡容量、3次調相負荷接続時の電圧変動等の要因を考え、巻線配置の自由度が大きいという特長を生かし、図 5. に示すように分路巻線の一部を鉄心側に配置して3次巻線をはさみ込む構造として、3次インピーダンスを運用に適した値となるよう配慮している。

絶縁構造は、既に多くの超超高压変圧器に採用して優れた運転実績を有する「つづみ形絶縁構造」を採用している。この絶縁構造は図 5. から明らかなように、最も電圧の高い1次線路側の巻線が巻線群の中央部に配置される構造であり、1次線路側が低圧巻線に対向しないので巻線間の主絶縁寸法が縮小され、高電圧部分の電界分布が良くなるので対地絶縁寸法も縮小され、更にコナ特性に優れているなど超超高压変圧器に適した絶縁構造と言える。

次に中性点についてみると、国内では500 kV 系統に接続される変圧器は、一般に中性点直接接地で運用されるので絶縁階級は30～60号程度であるが、この変圧器は将来のフーフトでの運用を考慮して80号の絶縁設計がなされている。

3. 2. 2 負荷時タップ切替器

この変圧器は、負荷時において1次側電圧を調整するために、中性点に抵抗式 MR 形負荷時タップ切替器を付属している。タップ切替器に流れる電流は約1,100 A となるので、図 5. に示す4並列回路を2つの独立回路に分けて電流を1/2に分流させ、3相器用負荷時タップ切替器の3セクタの内の2セクタをそれぞれの回路に独立して接続している。

3. 2. 3 低騒音化対策

変電所周辺地域の騒音規制を満たすため、次のような低騒音化対策が施された。変圧器本体については、コンクリート防音建屋に収納して騒音低減を図っている。また今1つの騒音源である冷却装置のファンについては、冷却扇の回転数を下げて発生騒音の低減を図るとともに、更に効果的に騒音低減を図るためユニットクーラーの前面に防音風洞を取付けている。その他コンクリート防音建屋の油配管などが貫通する部分は、変圧器側から建屋側への振動伝達を低減する構造にするなど、総合的な騒音低減を図っている。据付状態を図 6. に示す。

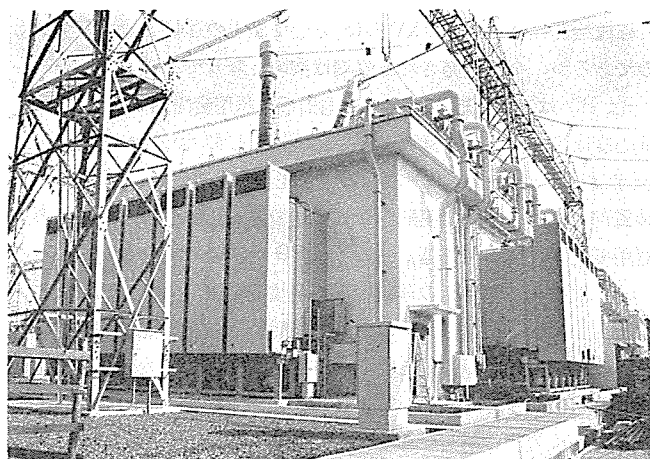


図 6. 北部変電所単相 500 kV 1,000/3 MVA 単巻変圧器

3. 2. 4 バンク容量 1,500 MVA への増強

今回納入の変圧器は、当面バンク 1,000 MVA で運用されるが、将来、系統容量増大に伴いコンクリート建屋を増築し、バンク容量 500 MVA を隣接して増設できるよう考慮されており、最終バンク容量 1,500 MVA で運用する計画である。増設時の両バンク間は500 kV 側及び275 kV 側を架空線で、また70 kV 側をケーブルでそれぞれ接続する予定である。

3. 2. 5 耐震設計

最重要系統で運用される変圧器という観点から、0.3 G 共振正弦3波(安全率1.2)の地震(1～10 Hz)及び静的水平加速度0.5 G という厳しい耐震条件が考慮された。変圧器本体は剛性の高い構造物であり、共振などで特に問題となることはない。しかしブッシングについては、変圧器本体が建屋内に収納されるためにブッシングポケット部が長くなり、共振周波数が基礎と本体系の地震に対するロッキング周波数に近づくので耐震上不利になる。そこでブッシングポケット部の補強を効果的に配置して耐震強度の増強を図り、十分な安全率を確保できるよう考慮した。

3. 2. 6 輸送

この変圧器は超超高压大容量であるので輸送寸法が大きく、トンネルなどの制限寸法をクリアしようとすると長さ方向の寸法が増大して輸送が苦しくなるが、3. 2. 1 節に述べた絶縁構造の特長により合理的な寸法縮小化を図った。

4. 開閉装置

4. 1 500 kV 回路用開閉装置

500 kV 回路用開閉装置として、線路用及び母線連絡用の複合開閉装置、変圧器1次用しゃ断器及び変圧器保護用避雷器を納入した。主要構成機器の仕様と定格事項を表 1.、複合開閉装置の据付状況を図 7. に、その内部構造を図 8. に示す。

複合開閉装置は、従来のしゃ断器、断路器、変流器及び計器用変圧器(PD)等の単体機器を組合せ配置した場合に比べ、所要面積が著しく縮小されるとともに、充電気中露出部分がブッシング引出部分のみに限定されるなど信頼性の高い機器構成になっている。また、断路器と接地開閉器とに相互に機械的インタロックを設けるとともに、線路用の接地開閉器には、送電線の誘導電流開閉能力を持たせている。

構成機器は、既に 550 kV GIS として多くの運転実績を有するものであるが、今回開発された要素は次のとおりである。

ガス PD は、増幅器と組合せる増幅形計器用変圧器（アンプ PD）の入力変成部を構成する機器で、絶縁媒体として SF₆ ガスを用いた主コンデンサと分圧コンデンサ部によって分圧された電圧を、共振形変成装置部へ導き、絶縁変圧器を介して増幅器へ出力するコンデンサ形計器用変圧器（PD）である。このガス PD は次の特長をもっている。

- (1) 検出部は、多くの運転実績を有する従来形 PD 方式である。
 - (2) コンデンサとしては、従来の油絶縁方式に替え絶縁特性の優れた SF₆ ガス絶縁コンデンサとしている。したがって、長期間の劣化がなく高い信頼性を有しているとともに、静電容量の経年変化がなく、しかも温度変化に対しても極めて安定したコンデンサ分圧が得られる。
 - (3) 高圧回路と低圧回路とは、絶縁変圧器により分離されているので外来サージに対して増幅器などの保護が十分行われる。
- ガスギャップは、SF₆ ガス中に 1 対の電極により構成されるギャップを収納したギャップ本体と、接地側絶縁引出部とその保護装置、及び動作状況を記録する放電度数計により構成されている。従来の気中保護ギャップの放電電圧-時間特性（V-t 特性）は短い時間領域で立上っている。これに対してガス絶縁機器の V-t 特性は、気中絶縁機器に比べ平坦（坦）なため、引込み至近端への近接電撃による急しゅん（峻）な侵入サージに対しては保護が困難な場合が考えられる。

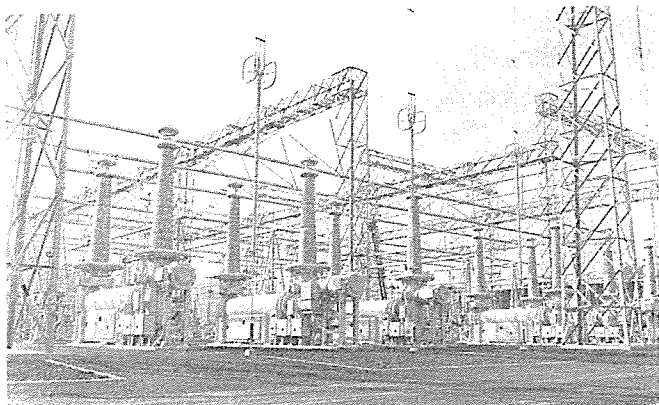


図 7. 550 kV 複合開閉装置（線路用）

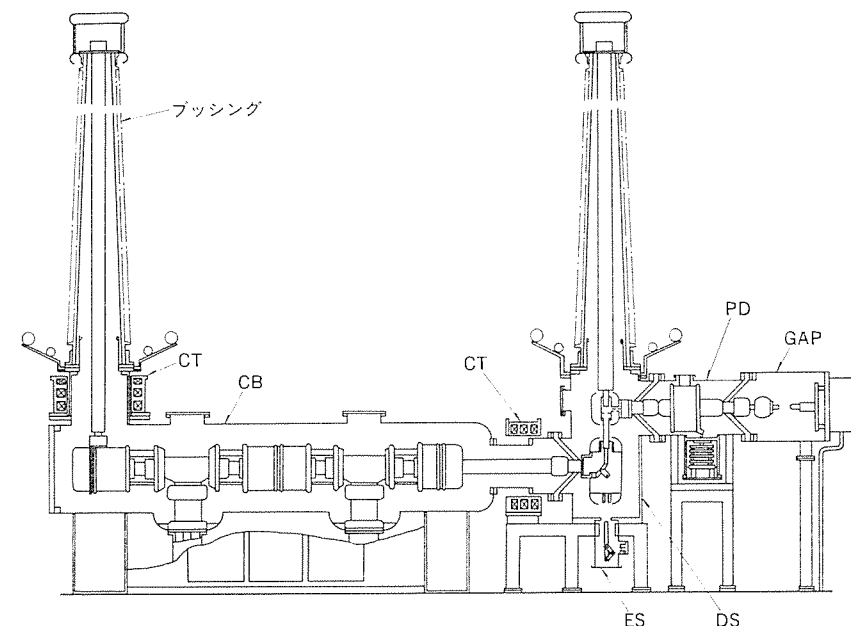


図 8. 550 kV 複合開閉装置（線路用）内部構造図

表 1. 主要構成機器の定格

	1 次回路用	2 次回路用	3 次回路用
定 格 電 圧	550 kV	300 kV	84 kV
定 格 電 流	4,000・2,000 A	4,000 A	3,000・1,200 A
定格短時間電流	50 kA・2 秒	40 kA・2 秒	31.5 kA・2 秒
絶 縁 階 級	500 号 H	200 号	70 号
耐 震 強 度	0.3 G 共振正弦 3 波に対して安全率 1.2 以上		
SF ₆ ガス 圧	CB=5, GAP・LA=3, その他=4 (kg/cm ²)		
しゃ断器	定格しゃ断電流・時間	50 kA	50 kA
	操作方式	2 サイクル	5 サイクル
	変 流 器	普通形・過渡特性付	—
断 路 器	ガスブッシング	5.4 m 碍管	275-I
	電 開 閉 能 力	—	—
	操作方式	空気操作	—
接地開閉器	電 流 開 閉 能 力	29 kV 12 A	静電誘導
		18 kV 370 A	電磁誘導
	操作方式	空気操作又は手動操作	—
P D ・ P T	定 格 電 圧	$\frac{550 \text{ kV}}{\sqrt{3}} / 110 \text{ V}$	—
	定 格 負 担	3 VA	—
	誤 差 階 級	1.5 級	—
ギャップ	V-t 特 性	図 9. 参照	—
	電 流 消 弧 性 能	100 kV 67 A	静電誘導
		12 kV 1,150 A	電磁誘導
避雷器	定 格 電 圧	420 kV	266 kV
	動 作 責 務	10 kA 78 μF	10 kA 50 μA
	消 弧 方 式	SF ₆ ガス消弧式	永久磁石消弧式

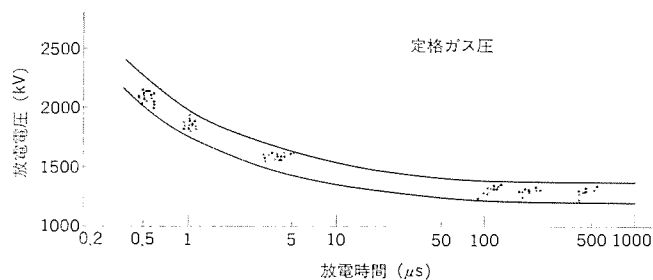


図 9. 550 kV ガスギャップ放電電圧-時間特性

ガスギャップはこの対策として、従来の気中協調ギャップに代わって新たに開発されたもので、急峻波領域においてもガス絶縁機器との絶縁協調を可能とする放電特性を有している。図 9. に 550 kV ガスギャップの V-t 特性を示す。ガスギャップは次の特長を有している。

- (1) ガスギャップの電極にはグラファイトを使用しているため、放電後の短絡電流の熱エネルギーに対して電極の損傷が極めて軽微であり、多数回動作に耐える。
- (2) 多重雷により再閉路無電圧時間中にガスギャップが放電した場合、健全線路からの誘導電流を再閉路前に確実に消弧できる。
- (3) 送電状態で近接雷によりガスギャップが放電し故障電流が流れた場合にも、しゃ断器で故障電流を除去した後健全線路からの誘導電流を確実にしゃ断できる。
- (4) ガスギャップが放電した場合に、放電回数の計数

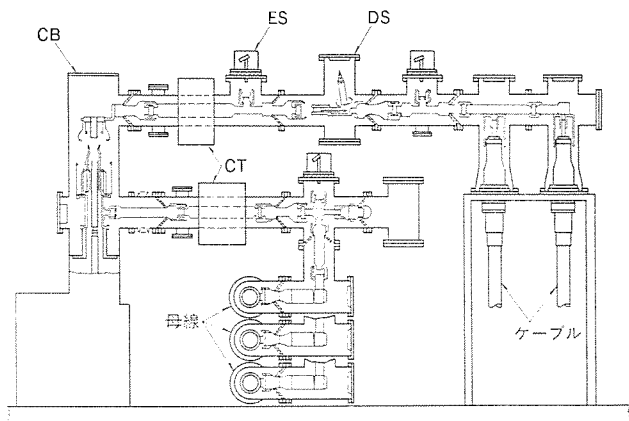


図 10. 84 kV ガス絶縁開閉装置 (MTr ユニット) 内部構造図

と続流電流の有無を表示する動作表示器を付属させている。この制御回路はガスギャップ放電時の雷サージが低圧制御回路に侵入することを防止するため、無電源方式を採用している。

4. 2 500 kV 変圧器 2 次回路 (275 kV) 用開閉装置

275 kV は既設の開閉設備があり、今回は変圧器用 300 kV タンク形ガスシャ断器及び変圧器保護用避雷器を納入した。構成機器の仕様と定格事項を表 2. に示す。

4. 3 500 kV 変圧器 3 次回路 (70 kV) 用開閉装置

84 kV 開閉装置として、変圧器用シャ断器、所内変圧器用負荷断路器、分路リアクトル回路用断路器及びケーブル終端部を一括し、絶縁媒体として SF₆ ガスを用いたガス絶縁開閉装置 (GIS) と、変圧器防音建屋上に設けた変圧器保護用避雷器、計器用変圧器 (PT) 及び再起電圧抑制用コンデンサを設置した。

変圧器 3 次は、単相変圧器からケーブルで引き出し GIS で三角結線し、GIS から分路リアクトル、所内変圧器への引き出しもケーブルとしているため、70 kV 回路の地上設備は充電気中露出部のない構成となり、縮小化と信頼性及び安全性の高いものになっている。主要構成機器の仕様と定格事項を表 1. に、GIS の変圧器ユニットの内部構造図を図 10. に示す。

4. 4 検証試験

500 kV 系統に接続される重要な設備であることを考慮し、種々な検証試験を工場及び現地に実施した。主な試験内容とその結果について述べる。

4. 4. 1 耐震試験

GIS は、重心が低く本来耐震性能は優れている。しかし 500 kV 級の GIS では、重量的にも寸法的にも大きくなり、特にブッシングで主回路を引き出す構造の GIS では、その固有周波数が低下し地震の卓越周波数範囲に入る場合がある。今回、550 kV 実機による下記加振試験を実施し、十分な耐震強度を有していることを確認するとともに、従来から行っている立体骨組構造物の動解析プログラムによる計算結果が実加振データとよく一致し、計算による耐震性能の検証が十分な妥当性を有することを確認した。加振試験状況を図 11. に示す。

供試器：550 kV ガス絶縁形ブッシング (8 m 碍管) 付断路器

試験内容：

(a) 共振特性試験

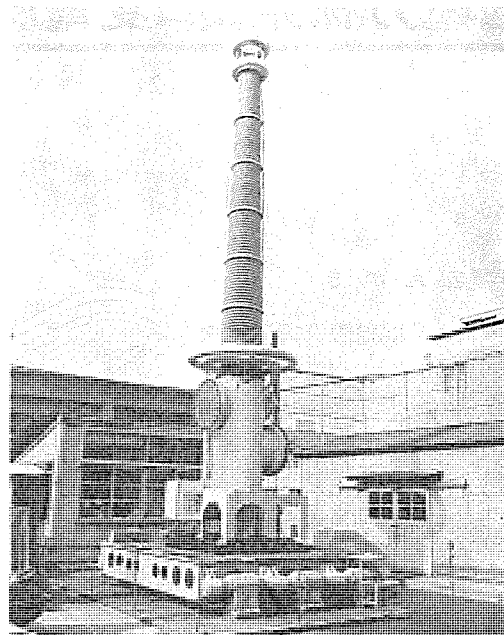


図 11. 550 kV ガスブッシング (8 m 碍管) 付断路器加振試験

(b) 0.3 G 共振正弦 3 波加振試験

(c) エルセントロ 地震波加振試験

(d) 宮城県沖地震波加振試験

(e) 上記地震波における補助継電器類の不動作確認試験

なお 550 kV シャ断器についても、消弧室等タンク中身部分について実加振試験を既に実施し、十分な耐震性能を有していることを確認している。

4. 4. 2 絶縁協調試験

550 kV 複合開閉装置には、新しい保護装置としてガスギャップを適用している。工場において完成状態の複合開閉装置に 0.5, 1, 5 μ s でガスギャップが放電する雷インパルス電圧を印加し、図 9. の V-t 特性の確認を行うとともに絶縁協調が成立することを確認した。

4. 4. 3 低圧制御回路への誘導サージ測定

充電された複合開閉装置の断路器、接地開閉器等で残留電荷の開閉操作を行う場合、接地タンク、架台等に高周波電流が流れ、瞬時的にサージが発生する。この現象については、従来より工場での実験や発電所における現地実測でデータを集積し、多くの実績が示すとおり運用上問題のないことを確認している。今回更に、ガスギャップ動作時の条件を含めて、発生サージの低圧制御回路への誘導を現地実測した。その結果、低圧制御回路への侵入サージは、数 MHz の振動でその半波高時間 1~2 μ s で減衰する瞬時現象で、その大きさは機器側で 3 kV、配電盤側で 70 V で問題ないことを確認した。

5. む す び

中部電力(株)の新しい基幹系統となる 500 kV 昇圧工事によって基幹系統は一段と強化され、また広域運営の拡大にも大きな役割を果たすことになった。

終わりに、北部変電所建設に尽力された関係各位に対し、ここに厚く感謝の意を表する次第である。

中国電力(株)東山口変電所の新設工事

岡本 栄智*・佐川 勤*・祖開 克二**・左近 一郎***・中川 秀人+

1. ま え が き

遠隔大規模化する電源開発及び広域開発に伴う電力融通の増大に対処し、電力の安定供給確保のために、昭和48年以降500kV送電が東京電力(株)、関西電力(株)で実施されてきた。

中国電力(株)の220kV送電による送電能力は、昭和55年が限度となり、これに対処するため中国地方を縦断し、九州電力(株)北九州変電所と関西電力(株)西播磨変電所を結ぶ420kmに及ぶ500kV送電線の建設を進めた。また、この500kV送電線と現在の220kV系統を連絡し電力供給の拠点となる変電所として、図1.に示す5つの変電所を計画し、そのうち東山口、新広島、新岡山の変電所を建設した。これらの完成により昭和55年4月に、西地域500kV連系線系統の運転が開始された。なお、東岡山、新山口変電所はそれぞれ昭和56年、58年に運転開始する予定である。

ここでは、今回完成をみた東山口変電所の建設工事、構成機器などについて紹介する。

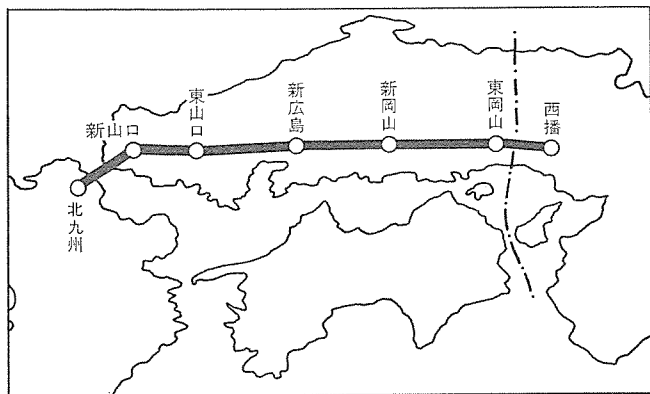


図1. 西地域500kV連系線系統図

2. 変電所建設工事

500kV変電所建設に当たっては系統の高信頼度化を最重点とし、母線方式、制御保護方式、機器の信頼性の向上をはかり、異常時、災害対策に万全を期すとともに系統運用の融通性、経済性の向上にも注意をはらっている。また少数の要員で運転・保守・管理する必要から機器構成の単純化、装置の自動化、作業の機械化などに適した新設計、新技術を織り込んだものとしている。図2. 図3. 図4.に東山口変電所の平面図、単線結線図、機器配置図(断面図)を示す。

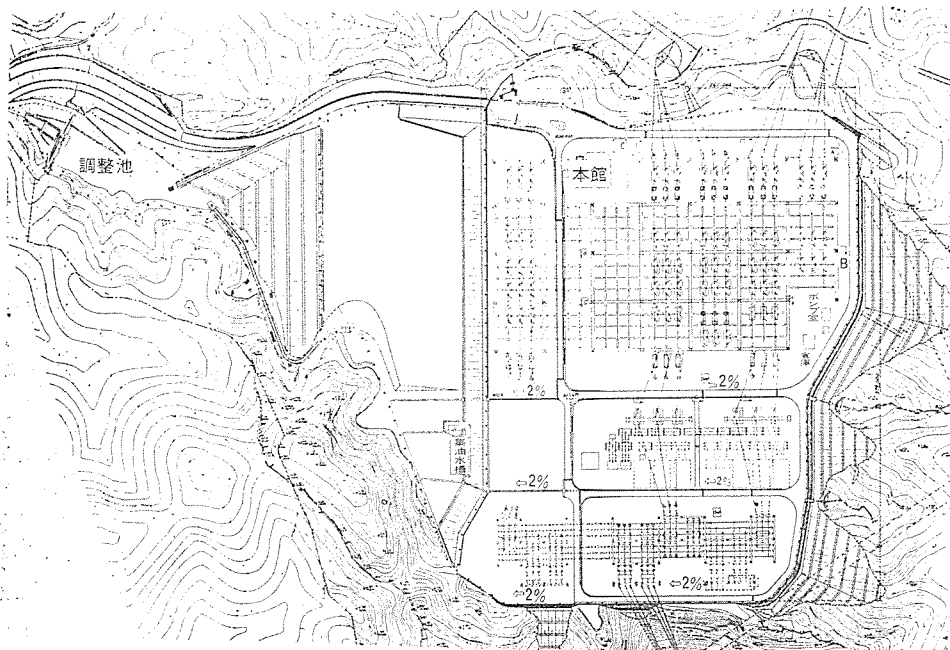


図2. 東山口変電所平面図

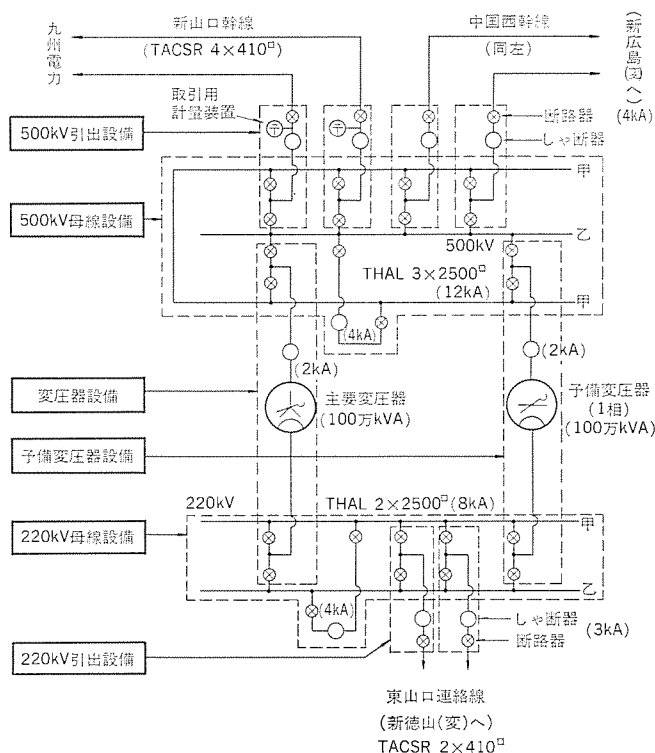


図3. 東山口変電所単線結線図

2.1 変電所の規模

東山口変電所の最終設備規模は、主変圧器4バンク、500kV送電線8回線、220kV送電線10回線程度である。敷地有効面積は将来の

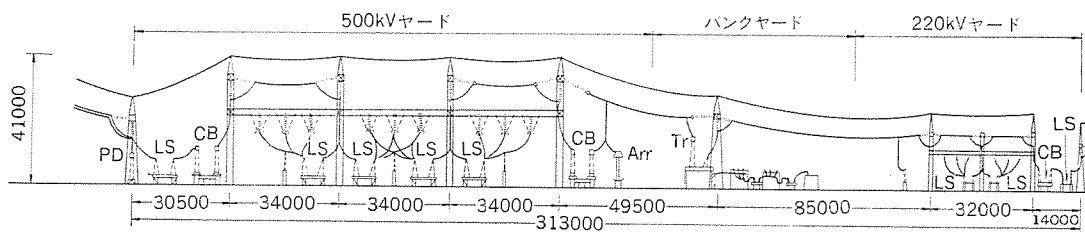


図 4. 東山口変電所機器配置図

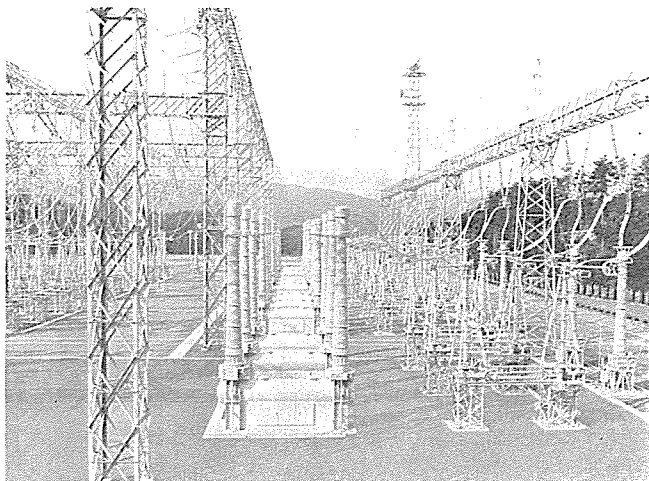


図 5. 開閉機器外観

増設も含め 11 万 m^2 ある。これ以外に、土地造成時の切取り、盛土の法面積や、大雨時のこう（洪）水対策用の調整池を設け、更に、環境調和及び防災のため緑地を確保して総面積 27 万 m^2 となっている。

2.2 環境対策

変電所の立地は山間部であるが将来周辺の開発を考慮し、変電所境界で騒音規制法の第 2 種相当の 45 ホン 以下になるように、変圧器、分路リアクトルなどに低騒音仕様を付して、対策が行われた。また、万一変圧器事故による絶縁油の流出に対しても、地下に浸透したり、変電所構外に流出しないように変圧器周辺に油流出防止堤を設け、これにつながる集油水そう（槽）を設置し構外への油流出防止対策をも完備している。

2.3 変圧器への配慮

変電所の変圧器容量は 1 バック 1,000 MVA とし、単相単巻変圧器で負荷時タップ切換装置内蔵形である。外形的には低騒音化と変圧器事故時の油噴出による被害を防止するため、2 重タンク構造とし、放圧管の出口を 2 重タンク内に引き入れて油が外部へ噴出しない構造とした。

変圧器事故により万一変圧器火災となった場合でも積極的に完全消火を行うために、変圧器 2 重タンクの内外を水噴霧で覆う水消火装置を採用するとともに、隣接変圧器への火災拡大を防止するため相間水幕装置を設置した。また、1 バックで運転開始する東山口変電所は、万一の変圧器事故にも早期に電力供給を確保するため、予備の変圧器・しゃ断器・避雷器を各 1 相分設置し、速やかな事故復旧ができる機器構成とした。予備機器への切換は作業の容易さ、接続の確実さ、経済性より主回路の切換と同様に機器制御回路も接続変更する方法で、3 日間程度で運転が再開できる設備とした。

2.4 母線方式

500 kV 母線方式としては、系統運用面、制御保護方式、運転保守、

使用環境、経済性などから 2 重母線 4 ブスタイ方式の甲乙甲両面引出母線配置を採用し、将来の変電所増設を容易にした。運転時は 1 バック 4 回線、1 ブスタイである。母線容量は 12 kA、約

10,000 MW の容量とし、THAL 2,500 mm^2 、3 導体を採用した。

2.5 開閉機器

構成機器は多くの運転実績を有し信頼性の高い、経済的なコンベンショナルタイプの機器を採用し、使用環境条件、用途に対応した機器構成とした。図 5. に開閉機器すえ（据）付外観写真を示す。

基幹系統のしゃ断器は、油浸紙コンデンサブッシングを使用し、ブッシング変流器採用可能で、点検・保守が比較的簡単なタンク形単圧式ガスしゃ断器に統一し、採用した。

断路器は、水平 1 点切形で 500 kV 用は 1 本の支持がい（碍）子と 3 方向の補強碍子を引張り形とする構造にした。また、導電部を銅合金からアルミ合金としたり、架台の簡素化を図り、補強碍子の支持碍子方式より約 3 割軽量化し耐震性能の向上を図った。

2.6 保護装置

500 kV 送電線の保護方式は各相位比較方式を採用し、在来設備と比べ一段と信頼度の向上を図っている。監視制御装置も自動化、制御系の 2 重化を進め、保護装置自体の異常の有無を自動監視（点検）する機能を付加し、装置全体の信頼性を向上させた。

2.7 工事及び試験

地震による変電機器の被害を防止するため、敷地造成にあたっては盛土部を大形転圧振動ローで押し固めていく転圧整地工法を採用した。この結果、基礎上での震度は基盤の震度より 1.2 倍以下となり弾性波速度も 300 m/s 以上となる強固な地盤となった。これにより、機器の設計震度の 0.3 G 正弦 3 波擬共振の耐震性能で通常予想される地震に対して十分安全な基礎となった。

また、造成工事の経済性、降雨時の排水等を考え、機器の点検保守に支障のない範囲で地形に応じ 2 % の傾斜整地とした。

機器据付けに当たっては、現地に建設所を設け指揮系統の確立と安全監督を行うとともに、作業手順書の完備とチェックを徹底し現地作業の品質管理向上を図った。

変電所完成に伴い各種検証試験を実施するとともに、500 kV 変電所として構内の静電誘導電圧の測定、外部コロナ雑音測定、騒音測定等をも実施し、それぞれ満足すべき結果を得て 500 kV 変電所として適切な設計がなされていることが裏付けされた。

3. 500 kV 1,000/3 MVA 単巻変圧器

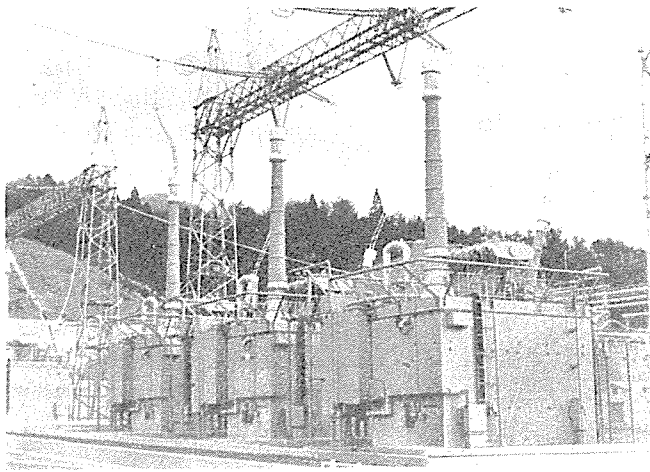
この変圧器は、中国電力（株）初の 500 kV 系統と従来の基幹系統である 220 kV 系統を連系する単巻変圧器であり、その概要を述べる。

3.1 変圧器の定格、特徴

主な定格事項は図 6. に示すとおりであり、1 次及び 2 次がそれぞれ有効接地系につながることから、主巻線自己容量が小さくて済み、かつ高効率を得られる単巻変圧器とされている。また負荷時タップ切換器じか（直）付式で、中性点タップ切換方式により 1 次電圧の $\pm 5\%$ 調整が可能である。

3.2 変圧器本体

この変圧器は外鉄形変圧器であり、その特長をいかに生かした



変圧器の定格
形 式：外鉄形、屋外用、送油風冷式、低騒音 68 ホン、
負荷時タップ切換器付き
周 波 数：60 Hz
電 圧、容量：
1 次 527.215~R 500~477.215/√3 kV 1,000/3 MVA
2 次 220/√3 kV 1,000/3 MVA
3 次 69.123~R 63~67.873 kV 300/3 MVA

図 6. 東山口変電所納め 500 kV 単巻変圧器

設計とされている。各巻線は外鉄形(矩)形平板コイルからなり、水平に配置した鉄心脚部に対して端から順次、3次巻線、タップ巻線、分路巻線、直列巻線と配置し、更にこれと全く同等の並列巻線群を対称に配置した基本構成で、これを同一鉄心脚に2組設けて単相ユニットの全巻線が形成されている。このように全巻線が交互配置で同一鉄心脚に巻かれていることから、例えば、タップ巻線を別脚に配置した場合に生じるような巻線利用率の低下がなく、変圧器本体がコンパクト化されて据付所要面積も縮小できるとともに、本体輸送寸法も長さが約 5.7 m と短く、大形変圧器輸送上問題になりがちな道路輸送を容易にしている。

最近の高電圧大容量変圧器の分野における技術開発の成果として技術的課題に対する数値解析面での飛躍的な進歩があげられるが、この変圧器製作に当たっても開発成果を駆使して個別オーダー仕様に对应した入念な設計検討がなされている。すなわち代表的な項目について示せば、絶縁問題における交流電界及び雷インパルス印加時の巻線内電位振動、移行電圧の正確な(把握)、磁界解析にもとづく漂遊損の低減、熱解析による局部温度上昇の把握、短絡強度試験結果の反映、流動帯電現象の解明等があり、個々の問題検討結果をふまえて総合的な信頼性の確保がなされている。ここでは解析結果の例として、図 7. は各種巻線内電位振動解析のうち 500 kV 線路端子に雷インパルス印加時の巻線各部の最高電位上昇計算例を示す。境界線における磁界解析結果は外箱内面等に設ける磁気シールド寸法決定に使用されるが、その他任意の巻線内外における磁界計算が可能であり、磁界解析により漂遊損の大半を占める導体内漂遊損失を大幅に低減し、電界、電位振動の把握による合理的な巻線絶縁の適用と相まって効率が向上し、定格時を例に示せば 99.79% の高い値が得られている。

3.3 外部関係

この変圧器は単相ユニットで 68 ホンの低騒音仕様であり、変圧器本体は全面鋼板製防音壁で覆ってしゃ音し、冷却器は低騒音形送油風冷式冷却器が使用された。冷却器は溶融亜鉛めっきされた全鉄製プレートフィン形で、信頼性向上を背景に常設予備が不要のため常用 6 台

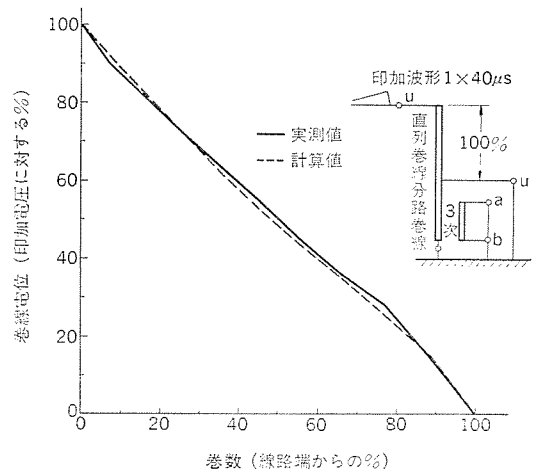


図 7. HV 線路端子雷インパルス電圧印加時の直列巻線内最高電位上昇

のみであり側面 1 列配置が可能になっている。

宮城県沖地震における被害にかんがみ耐震性能が重要視されているが、この観点から基礎上の本体防振ゴムは設けられていない。ブッシングについては地震に対する応答計算を行って十分な安全率を有することが確認されており、特に問題になる 500 kV ブッシングについては実器で固有振動数を測定して計算値と合っていることが確認されている。

機器の重要性から変圧器保護リレー関係はすべて 2 重化されており、非常時の過負荷監視を容易にするため、計算機による過負荷監視装置が導入されている。

変圧器の製作にあたっては信頼性確保が安定した大電力輸送に欠かせぬテーマであることを念頭に、蓄積された技術を反映させて性能の向上につとめた。また工作面を含めて万全を期して製作されており良好な試験結果が得られた。

4. 開 閉 機 器

500/220/66 kV 各系統に適用したガスしゃ断器、避雷器の定格事項一覧を表 1. に示す。

4.1 ガスしゃ断器

各系統に適用されたガスしゃ断器は、SF₆ガス絶縁複合開閉装置 (GIS) 用や単体機器として多くの運転実績を有する機器であり、ガスしゃ断器としての本来の特長を十分に生かした信頼度の高い保守点検の容易な機器である。以下に、500 kV ガスしゃ断器に適用した特筆事項について記す。

4.1.1 構造

基幹系統のガスしゃ断器のブッシングには、現在千数百本と製作実績の多い油浸紙コンデンサブッシングを採用し、機器としての信頼性向上を図った構造とした。

九州電力(株)北九州変電所と接続される連系送電線用しゃ断器には、図 8. の内部構造図に示すようにブッシングポケット部に取引装置用としての計器用変流器 (CT) が内蔵設置されている。この CT は電力需給用計器用変流器として誤差階級が厳しく、高精度、信頼性を確保するために、タンク内蔵形構造とした。また、この CT は 500 kV 系統での取引装置として、コンデンサ形計器用変圧器 (PD) とメーターとの組合せで構成され、これらは個々の性能と装置としての総合性能が公的機関の検定により保証されている。

表 1. 東山口変電所納め開閉機器定格一覧

機器	項 目	500 kV 用	220 kV 用	66 kV 用
ガ ス し ゃ 断 器	形 式	500-SFMT-50	200-SFMT-50	70-SFMT-40 A
	定 格 電 圧	550 kV	240 kV	72 kV
	定 格 電 流	4,000 A/2,000 A	4,000 A/3,000 A	3,000 A/2,000 A
	定 格 し ゃ 断 電 流	50 kA	50 kA	40 kA
	定 格 し ゃ 断 時 間	2 サイクル	3 サイクル	5 サイクル
	再 起 電 圧	1.8 kV/ μ s	1.0 kV/ μ s	0.75 kV/ μ s
	絶 縁 階 級	500 号 H	170 号	60 号
	定 格 操 作 圧 力	油圧 320 kg/cm ²		空圧 15 kg/cm ²
	プ ッ シ ン グ	OT 形コンデンサブッシング		ガスブッシング
避 雷 器	形 式	SV-FB-P 3 形 SF ₆ ガス消弧式	MAM-P 6 形 酸化亜鉛式	SSV 形 N ₂ ガス封入式
	定 格 電 圧	420 kV	210 kV	84 kV
	公 称 放 電 電 流	10,000 A		
	開 閉 サージ動作 責 務 静 電 容 量	78 μ F	50 μ F	50 μ F
	等価塩分付着密度	0.03 mg/cm ²	0.06 mg/cm ²	0.03 mg/cm ²
取 引 用 変 流 器	1 次 電 流	4,000 A, 2,000 A	誤 差 階 級	0.3 W 級
	2 次 電 流	5 A	準 拠 規 格	JIS・C・1736
	定 格 2 次 負 担	40 VA	検 定	官庁検定要

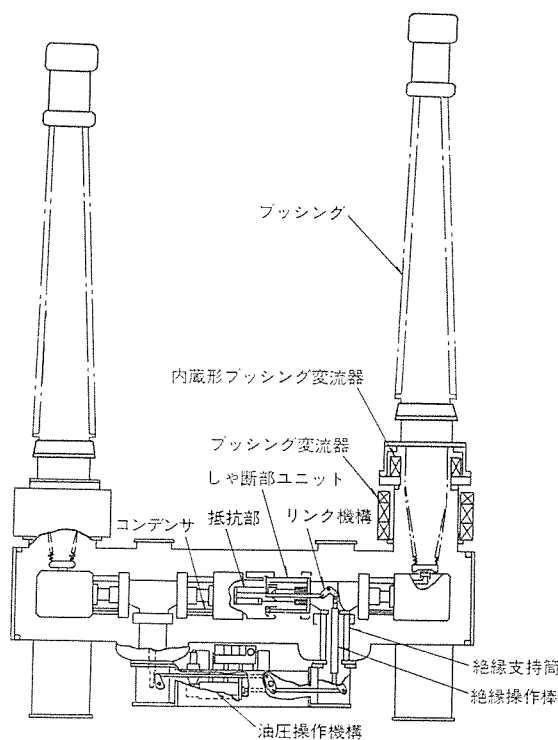


図 8. 500 kV ガスしゃ断器構造図

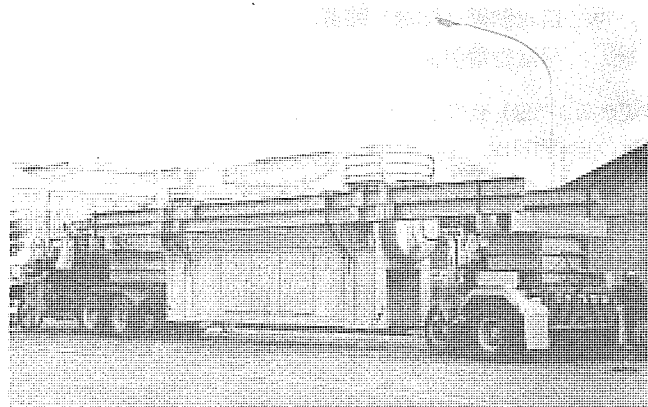


図 9. ガータ式トレラによる輸送荷姿

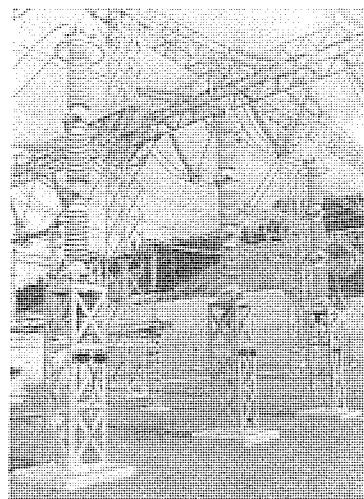


図 10. 220 kV 用酸化亜鉛式避雷器

統には酸化亜鉛を特性要素として用いた直列ギャップを有さない最新技術の避雷器を適用した。

4. 2. 1 500kV 用 SV-FB-P 3 形避雷器

SF₆ ガス消弧による直列ギャップを有するこの避雷器は、1973 年（昭和 48 年）に汚損度 0.01 mg/cm² 用標準形の製品化以来 50 相を越える製作実績を有し、特に SV-FB-P 3 形避雷器は JEC-203(1978) 規格による 0.03 mg/cm² 活線洗浄汚損に耐える耐汚損形避雷器であり、耐震性能も 0.3 G 共振 3 波加振において、十分な性能を有することが確認されている。

4. 2. 2 200 kV 用 MAM-P 6 形避雷器

図 10. に酸化亜鉛形避雷器の据付写真を示す。酸化亜鉛形避雷器は、（1）直列ギャップを有さないことから、急しゅん波過電圧に対して迅速な応答特性を有し、制限電圧の低減と相まって優れた保護性能を有す。

（2）酸化亜鉛素子の非直線性が優れていることから、無統流となり従来形に比べて吸収エネルギーが少なくてすむため、多重雷責務の処理に適している。

（3）直列ギャップを有さないことから、外部汚損による特性変化が少なく、汚損度 0.06 mg/cm² を越える重汚損地域でも適用でき、活線洗浄も可能である。

など、多くの優れた特長を有し、今後ますます酸化亜鉛形避雷器の適用分野は拡大されていくと考えられる。

4. 1. 2 輸 送

タンク形ガスしゃ断器本体の輸送は、図 9. のように従来はガータ式トレラによる陸上輸送を基本としていたが、低速運転で約 550 km に及ぶ長距離陸上輸送では交通停滞、それに伴う危険度が増す。それゆえ今回は、輸送上の品質確保のために一部海上輸送を採用した。船への積み込み、水切り作業管理指導を十分行うことにより、従来方式より輸送による加振動時間も短く良好な結果が得られた。

4. 2 避雷器

避雷器は、変電所変電機器の絶縁設計の根幹をなすことから、適切な避雷器の選択、性能の設定が要求される。500 kV 系統用避雷器は SF₆ ガス消弧式直列ギャップを有する耐汚損形避雷器を、220kV 系

5. 監視制御（記録）装置、 保護継電装置

監視制御（記録）装置、保護継電装置の計画設計の基本思想は、高信頼度を確保するため十分検証され実績のある技術で構成することにある。当初から監視記録装置が導入されることも考慮して、制御保護システム全体としての協調について特に配慮した。以下に監視記録装置の概要について説明する。

5.1 設置目的

電力需要の増大に伴い超高圧化が進み、基幹変電所としての 500 kV 系統変電所は、広大な構内設備の巡視点検や複雑化する保護継電装置の動作結果の把握など平常、事故時を問わず、運転員の業務が増大している。このため、ミニコンピュータを用いた監視記録装置を設置し、事故、操作記録、日・月報記録等を自動化するとともに過負荷監視を付加して運転監視を充実強化し、運転員の負担軽減を図るものである。

5.2 特長

500 kV 系統変電所に設置されることを考慮して下記の点に特に配慮した。システム構成及び盤外形を図 11.、図 12. に示す。

- (1) 屋外機器（しゃ断器・断路器等）の接点を、いったん補助リレーで絶縁したことにより屋外からのサージの侵入を防止した。
- (2) 屋内機器（保護継電装置等）のリレー接点を計算機入力インタフェース部においてフォトカプラにより高耐圧絶縁を行った。
- (3) 多量のリレー接点を、この装置に入力するため中継端子盤を設け、重故障・軽故障リレー等の振り分け処理を行うようにしたことにより事故時のしゃ断器・故障リレーの組合せ記録のソフトウェア処理を簡便とした。
- (4) 将来のバンク増設、ライン増設に対してハードウェアではカード又はカードフレーム単位の増設で容易に対処可能とし、ソフトウェアではプログラムをロジック部とコントロールワード部（データ制御部）に分離して、コントロールワード部変更だけで対処可能とした。

5.3 機能

この装置には下記の機能がある。

5.3.1 事故・操作記録機能

系統事故時、重故障リレーが動作した場合当該しゃ断器と組合せて赤字で印字する。また、しゃ断器、断路器及び切換開閉器の操作時、機器個別に黒字で印字する。

5.3.2 計測記録機能

送電線の電流、有効電力、無効電力、母線電圧及び変圧器の油温度を、変換器を通してアナログ入力し、工学単位の変換値を、操作卓からの表示要求で数値表示器へ表示するとともに、潮流印字要求により現在潮流として全項目印字する。

5.3.3 日・月報記録

日・月報記録には、4時点記録、定時記録、他社融通実績記録、指定月第3水曜日記録、普通月第3水曜日記録、負荷実績月報等を一覧表で印字する。

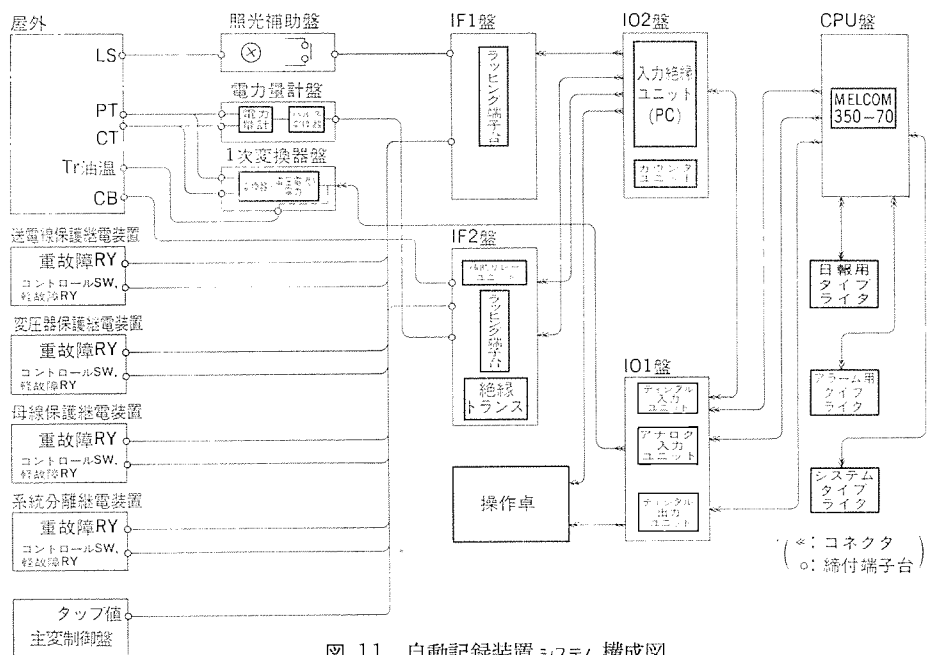


図 11. 自動記録装置システム構成図

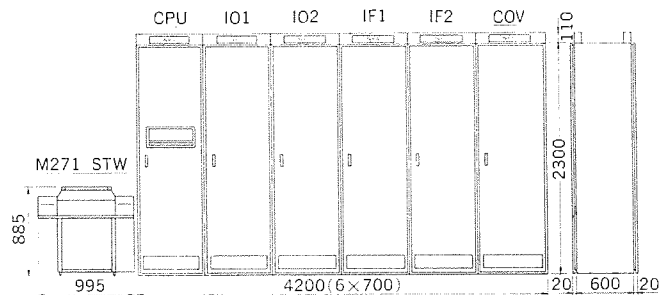


図 12. 自動記録装置外形図

5.3.4 過負荷監視機能

- (1) 超過監視としては送電線電流、変圧器1次側電流、3次電圧、油温度について操作卓から設定された監視目標値に対する超過の有無を監視し、超過時には操作卓に過負荷発生ランプを点灯フリッカさせるとともに過負荷履歴印字を行う。監視目標値は全項目、操作卓からの印字要求により、印字される。
- (2) 変圧器過負荷監視としては単巻変圧器の中性点側電流及び冷却器運転台数に基づいて現時点から過去24時間の変圧器寿命損失を計算し、これが全負荷連続運転（全負荷で冷却器全台か（稼働）の運転）した時の寿命損失を超えているか否かを監視するとともに、変圧器寿命を損なうことなく運用できる運転許容限度時間を表示する。

6. む す び

以上に述べたように、500 kV 変電所建設に当たって経済性ばかりでなく、運用面や信頼性の面から多くの配慮がなされ、更に環境対策など地域社会への配慮をも盛り込み、ここに 500 kV 変電所を完成した。

この 500 kV 変電所完成により、西地域 500 kV 連系線による電力の安定広域運用を可能にし、社会発展に大きく寄与するものと信ずる。

終わりに、東山口変電所建設に参加された関係各位に深く感謝の意を表する次第である。

九州電力(株)西九州変電所500kV変電機器

木佐貫 滂*, 福田興太郎*, 西 英二**, 宮本 龍男***, 木村 佑二***

1. ま え が き

大電力の安定供給のため、九州地区においてもこれまで丹念に建設してきた 500 kV 送電系統が 1980 年代に入つて一斉に実用化される。それとともに唐津・玄海・松島などの発電所を有する西部電源系の重要拠点である西九州変電所が 500 kV 変電所として活躍を開始した。

これまでの豊富な実績に基づいた 500 kV の優れた変圧器技術、
ガス絶縁開閉装置 (GIS) 技術を十分反映させるとともに、今後の変
電機器の方向を示唆するともいべき画期的新技術を適用し、信頼
性の向上、保守の省力化、社会環境との調和性の向上、経済性の改
善、機器の小形化、用地の有効利用などを目指して完成したもので
ある。

1 1/2 LS 母線方式、架空主母線の立体（2 段）配置方式、主要変圧器と周辺 GIS との直結方式などの採用、GIS への酸化亜鉛形避雷器・増幅形計器用変圧器の適用、更に異常時の種々の対策法の導入など多数の工夫がなされた。

以下、これらを反映した西九州変電所の 500 kV 変圧器及び複合形 GIS についてその概要を紹介する。

2. 500 kV 変電機器の構成

西九州変電所の 500 kV 変電機器は主要変圧器 2 バックと複合形 GIS (変圧器引出用 2 組、送電線引出用 2 組、母線連絡用 1 組) からなり、変圧器ヤードと開閉装置ヤードに分割配置し、両ヤード間を架空線で接続している。変圧器ヤードには主要変圧器及びその保護用避雷器を中心とした周辺機器を配し、そのほかを開閉装置ヤードに配置

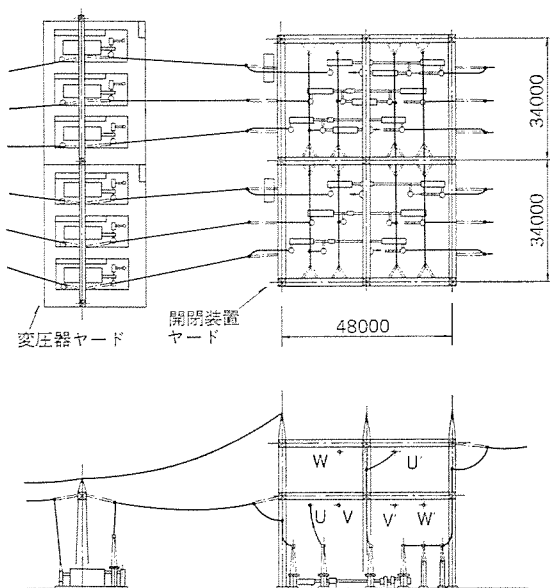


図 1. 西九州変電所 500 kV 変電機器の構成配置

している。(図 1., 図 2. 参照)。

開閉装置に 1/2 LS 母線方式の複合形 GIS を、架空主母線の構成に L 形 2 段配置を、変圧器とその周辺機器との接続に直結構造をそれぞれ採用したが、これらの相乗効果によって一層変電所の合理的構成が達成されたといえる。

なお、西九州変電所は将来4バンク、500 kV 引出回線数10回線とする計画で、これらの増設工事を考慮してある。

2.1 1 1/2 LS 母線方式の採用

500 kV 系統変電所の母線方式には 1 1/2 CB 方式、2 重母線（4 フラストイ）方式、2 重母線 1 1/2 LS 方式などが挙げられるが、建設用地が少なくすむこと、経済的であること、運転操作上の利点が大いことなどを総合的に評価・考慮して 1 1/2 LS 方式を採用した⁽¹⁾。なお、将来、母線連絡ユニット、母線区分ユニットを設けることにより 4 フラストイ方式へと移行することも可能である。

2.2 主母線の立体配置構成の採用

主母線は架空母線であるが、立体配置母線方式を採用したため、平面配置母線方式に比べ、開閉装置ヤードの奥行方向の寸法を1ユニット当たり約16mを大幅に縮小することが可能となった。また、これらの立体配置架空主母線に対応すべく、GISの配置においても、各相を主母線位置にあわせて、順次ずらしているのでGISの接続部母線長さを縮減できた。このように主母線の立体構成は経済的に有利であるとともに、構内用地の有効利用にも貢献している。

2.3 母線連絡ユニットと他のユニットとの一体化

母線連絡（バスター）ユニットの設置のために特に専用ユニットとしてのスペースを設けずとも、他のユニット内に配設できるため、変電所の開閉装置ヤードの幅方向の縮小が可能となった。更に、これにより、母線連絡ユニット用の気中引出ブッシングも標準ユニットのそれと共用になるため、ブッシング使用数を縮減できる。一般に500kVのGISをハイブリッド形にした場合、ブッシング本数が多いという欠点を有するがこの欠点を補うのに役立っている。

2.4 変圧器と変圧器周辺 GIS との直結方式の採用

変圧器ヤードの同一基礎内に変圧器とその保護用避雷器などの周辺 GIS を配置している。このため変圧器と GIS の相互間の不等沈下

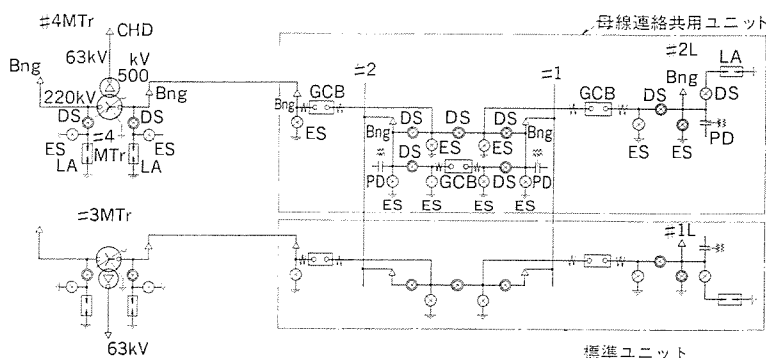


圖 2. 500 kV 主回路單線結線圖

* 九州電力(株) ** 三菱電機(株)赤穂製作所 *** 同伊丹製作所

想定量を微量に抑えることができ直結構造を極めて簡素化することが可能になった。更に、開閉装置ヤードの GIS の変圧器引出部の構造が簡素化できた。

2. 5 GIS 配置構成に適した機器の適用

送電線引込口の避雷器に小形で特性の優れた酸化亜鉛式を、送電線及び母線用の計器用変圧器に増幅形を、更に断路器に縦形や直線引出形のを適用することにより、GIS の大幅な簡素化が実現できた。また、しゃ断器は、その操作部をしゃ断器本体の下部に設けているため、すえ(据)付面積を最小にでき、GIS に極めて適した構造であり、更に、GIS 全体の縮小化に適するようしゃ断器の電流引出し方向に関して直線形と直角形の両方式を適時使い分けしている。

3. 500/220 kV 1,000/3 MVA 単巻変圧器

この変圧器は 500 kV 及び 220 kV 側とも変圧器周辺に、断路器、避雷装置などのガス絶縁開閉装置類を直結した構造であり、架線との接続は屋外用 SF₆ ガス絶縁形ブッシングによって行っている。また主変圧器と負荷時電圧調整器を同一防音タンク内に収納するとともに、送油風冷式冷却器として防音風胴付低回転ファンを採用し、全体が低騒音仕様 65 ホン以下(最大励磁率タップ 1 における値)に製作されている。以下その仕様、構造、特徴について述べる。

3. 1 変圧器の定格

主な定格事項は次に示すとおりである。

形式：外鉄形、屋外用、送油風冷式、負荷時タップ切換器付き、
2 重タンク方式低騒音形、無圧密封方式

周波数：60 Hz

電圧、容量及びバンク結線：

1 次	F 527.215~R 500~F 477.215/ $\sqrt{3}$ kV	1,000/3 MVA	} 単巻星形
2 次	220/ $\sqrt{3}$ kV	1,000/3 MVA	
3 次	F 69.123~R 63~F 57.873 kV	300/3 MVA	
			三角形

インピーダンス電圧 (1,000/3 MVA 基準)：

1 次—2 次間	全タップにおいて	16 % (+1/4~−1/10)
2 次—3 次間	全タップにおいて	26 % (+1/5~−1/15)
1 次—3 次間	全タップにおいて	46 % (+1/4~−1/7)

絶縁階級又は所要絶縁強度：

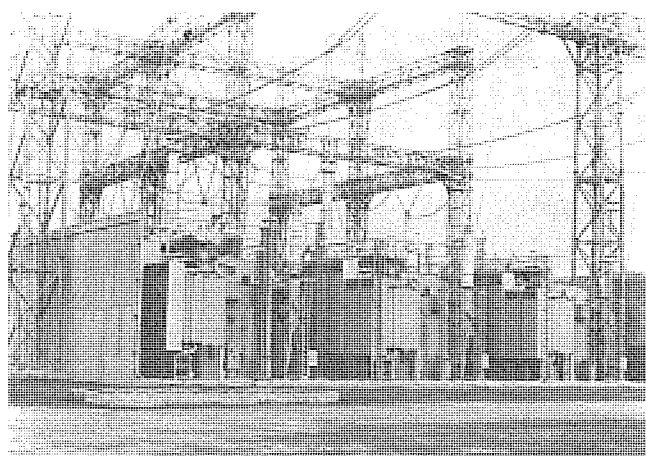
1 次	雷インパルス	1,550 kV
	開閉インパルス	1,175 kV
	商用周波	750 kV
2 次	170 号	
中性点	30 号 (商用周波 70 kV 10 分間)	
3 次	60 号 (相間 80 号)	

騒音：低騒音形 (単相変圧器仕様値 65 ホン以下)

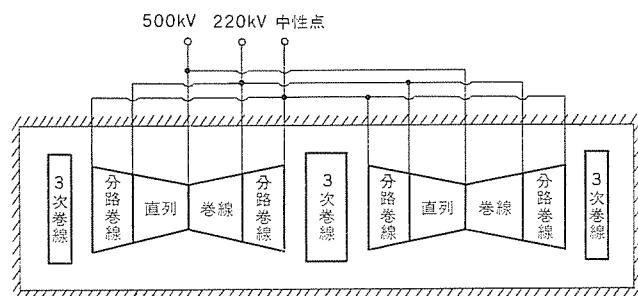
3. 2 構造と特長

3. 2. 1 絶縁構造

この変圧器の構造は、三菱電機(株)において数多くの超超高压大容量変圧器に製作実績を有する外鉄形フォームフィット構造で製作された。外鉄形変圧器は、鉄心構造、交互配置巻線構造等種々の特長を有す



(a) 外観



(b) コイル配置

図 3. 西九州変電所 500 kV 1,000/3 MVA 単相単巻変圧器

るが、500 kV 変圧器においては絶縁の信頼性が最重要ポイントであり、500 kV 単巻変圧器などで実績のある“つづみ形絶縁”を採用することにより、線路端に電界集中がなく、運転電圧に応じた絶縁寸法の合理的な配置が施されている。また、コイル絶縁構成は、外鉄形変圧器において、従来から超高压・超超高压変圧器に標準的に採用され、衝撃電圧に対し特に絶縁を強化した外鉄形ラージルーフ E 形絶縁構造で、絶縁耐力及び部分放電開始電圧が改善されている。この絶縁構造は、三菱電機で既に 10 年余りの製作経験を有しており、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。

コイル配置は、中東地区の 500/275 kV 1,000/3 MVA 単巻変圧器と同様図 3. に示すように 4 群構成を採用している。この変圧器は 500/275 kV 器と比較して自己容量が大きく、漂遊損や電磁力が増大する傾向にあるが、実規模モデル変圧器における実測・解析結果の反映及び電子計算機の広はん(汎)な活用などにより、コイル導体内漂遊損や電磁力を適正レベルに抑えて、十分信頼性の向上にこたえている。

3. 2. 2 鉄心構造

外鉄形変圧器鉄心は、く(矩)形で同一幅のけい素鋼帯を斜角切断ラップジョイントで横層し巻線の周囲に水平に配置され、タンク内面の鉄心押さえなどで均一に締めつけられている。したがって、コイル・鉄心・タンクが一体化されたフォームフィット構造のため、電磁力に対する機械的強度が大きいは明らかであり、また、鉄心形状が簡単で、油に接する面積が広く鉄心は両面の冷却油げき(隙)で十分冷却される構造である。また、コイル漏れ磁束による局部加熱対策として、電磁シールド鉄心をタンク内面に有効配置することにより、最適設計化が図られている。

流動帯電現象については、前述のとおり、発生メカニズムはもちろ

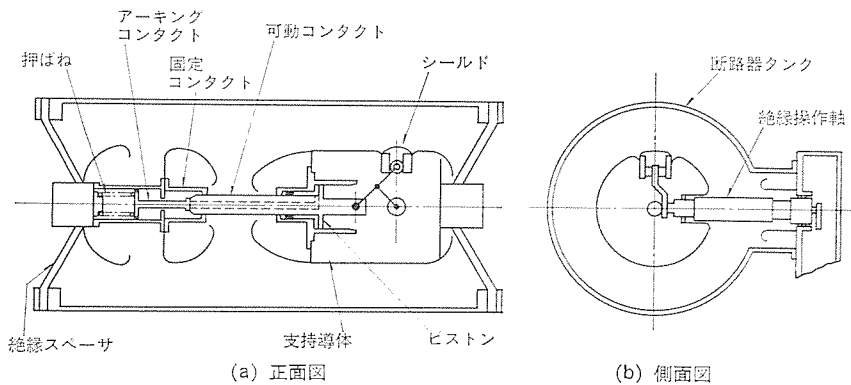


図 6. 500 kV 断路器の内部構造

4.2 断路器

GIS をより合理的配置にするため、断路器の構造にも種々の適応性を必要とする場合が多い。断路器の両端の電流引出し方向は直線方向と直角方向とに分けられる。また絶縁操作方式からは、絶縁操作棒を軸方向に操作する方式と、絶縁操作棒を回転操作する方式とに分けられよう。

今回使用した断路器は、直線引出断路器や、可動コンタクトが鉛直方向に動作する縦形断路器に適した絶縁操作軸を回転軸とする方式を採用している。

500 kV 級の断路器は可動部等価重量が大きいため、ブレードが上下運動する場合特に等価重量を極力低減することが望ましく、この面からは絶縁操作棒は回転操作する方式が望ましい。(図 6. 参照)

母線切換用断路器は 4,000 A・600 V・20 回、2,000 A・300 V・80 回の無点検規定回数の電流開閉能力を十分有するよう、可動側にパフファシリндаを設け、コンタクトの先端には耐弧メタルを用い、長寿命化を図っている。

なお、500 kV GIS 用断路器の極間部分の電界を十分考慮し固定側・可動側のシールドの直径を大きくとり、断路部の電界を緩和するように配慮している。

4.3 変圧器保護用避雷器

この避雷器は変圧器ヤードに設置され変圧器と油—ガスブッシングで避雷器切り離し用断路器を通じて直結されている。

500 kV 系統用避雷器に対する要求仕様は超高圧系統以下の避雷器に対する仕様の延長とした場合よりも格段に過酷な責務となっている。このような重責務を処理するため、直列ギャップの消弧性能及び、絶縁性能の向上に適した SF₆ ガス (定格ガス圧 3 kg/cm², 20°C) を用いている。

この避雷器の特徴は、良好な放電特性を得るために、直列ギャップは 3 点ギャップ方式を採用していることである。また内部構造は避雷器の高さ縮減のため、避雷素子は物理的には 3 個並列に配置し、電気的には直列に接続し小形化を図ったことである。

今後は、酸化亜鉛形避雷器が広く採用されることになる。

4.4 ガス絶縁形ブッシング

ガス絶縁形ブッシングは絶縁油を使用しないため火災がなく、構造が簡単であり、軽量のため耐震性に優れており、更に静電容量が小さいなどの特徴がある。ガス絶縁形ブッシングは油浸紙コンデンサブッシングに比較して、がい管の電位分布が周囲構造物などの外部の影響を受けやすく、また、がい管が非金属でできた長大な圧力容器であるため、設計に際しては信頼性に重点を置いて詳細に検討し、これまで

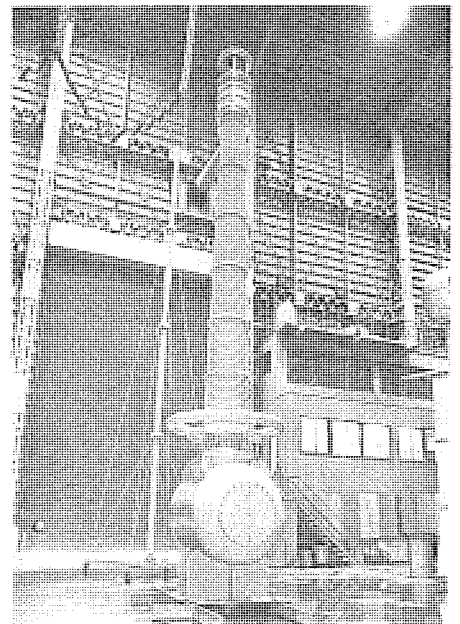


図 7. 500 kV ガスブッシング (せん絡試験中)

の 500 kV 用として多数使用されてきた油浸紙コンデンサブッシングに代えて、今回初めて 500 kV ガス絶縁形ブッシングを導入した。

4.5 500 kV GIS 用支持絶縁スペーサ

500 kV GIS 用の支持絶縁物にコーン形スペーサを用いておりその製作個数はすでに 1,500 個以上になり、信頼性が極めて高いことが立証されている。

絶縁スペーサの絶縁性能に対する信頼性は 500 kV GIS の全体の信頼性に及ぼす最も基本的なものである。この絶縁スペーサの絶縁性能はスペーサ自体の絶縁能力に左右されるほか、その使い方にも影響を受ける。特にスペーサの形状を考慮した取付方向にも注意する必要がある。500 kV GIS ではコーン形スペーサのおう(凹)側を鉛直方向の上向きとしてまだ使用していない。これは、万一内部で発生した金属粉などの異物が絶縁スペーサ表面などの高電圧部分に滞在する可能性があることが絶縁機能上好ましくないためである。断路器や接地開閉器などで電流開閉機能を有する場合一層その取付け方に注意を要する。

500 kV GIS において、このような点にも十分な配慮をして絶縁スペーサを用いてきたことが、対地絶縁に対する高い信頼性を維持してきた 1 つの要因といえよう。

西九州変電所に適用した 500 kV GIS は、電流開閉能力を付加す

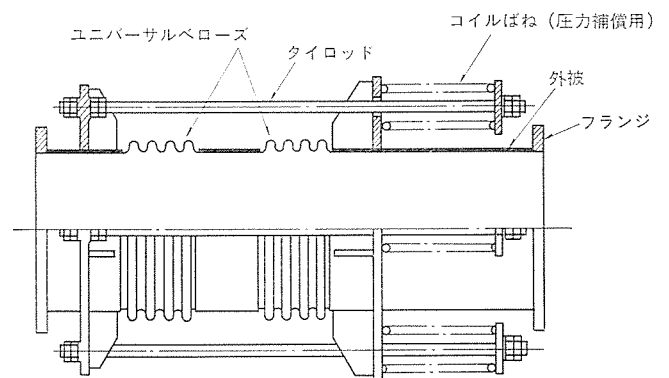


図 8. 熱伸縮・不等沈下吸収用ベローズ (コイルばね式)

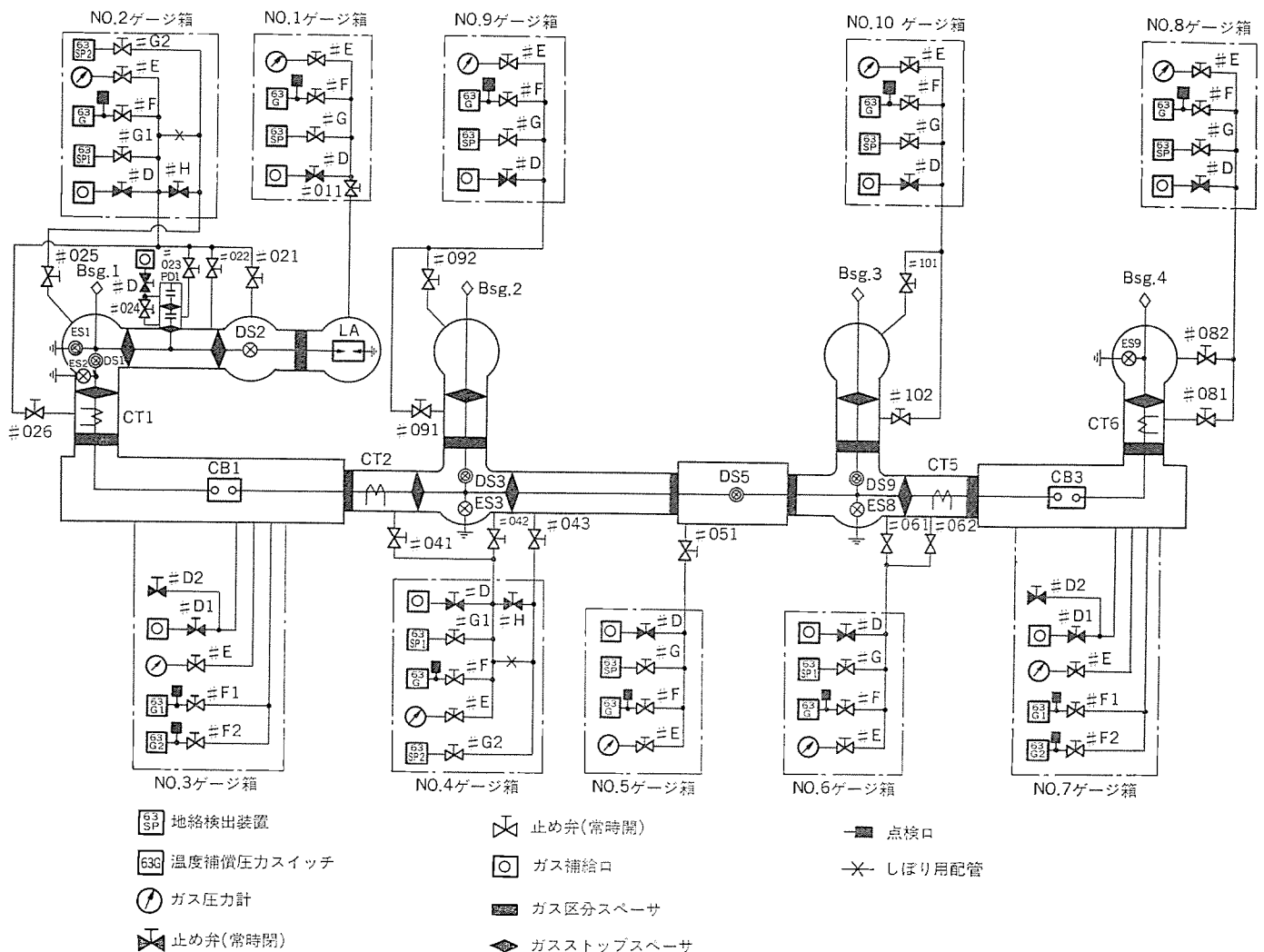


図 9. GIS のガス系統図

べき断路器やしゃ断器用 スベサ はすべて横取付方式である。

4.6 ベローズ

GIS の適切な箇所組立調整用，基礎の不等沈下吸収用，外気温変動や電流通電による外被の温度変化に伴う熱伸縮の吸収用などの目的に応じた伸縮継手（ベローズ）をそう入している。

熱伸縮吸収用ベローズは，ベローズ内部の圧力によって推力が生ずるが 500 kV 母線の場合この推力は非常に大きくなる。

通常の状態における内圧力による推力を補償するためにコイルばね力を用いたベローズを使用し，ベローズ内部で万一地絡事故が生じた場合の内圧力上昇による過大な推力が支持部や基礎にかからないように配慮している。

また，ベローズには伸縮変化量検出装置を設け保守管理点を刻印し管理しやすくしている。

なお，これらのベローズは静的強度はもちろん，繰返し変形量，繰返し変形回数などの寿命検討など十分配慮されたものである。

4.7 ガス系統

ガス区分は相分離方式を採用し，各区分ごとにゲージ箱を設け温度補償圧力スイッチ，ガス圧力計，地絡事故検出装置，ガス補給口などを収納している。標準ユニットのガス系統図を図 9. に示す。

5. む す び

以上のように，西九州変電所は豊富な実績に基づく技術と新たに開発した新技術とが調和して適用された画期的 500 kV 変電所として誕生した。

信頼性，経済性，保守性，縮小性などを総合的に十分検討されてきたこの変電所は，今後九州地区ばかりでなく我が国の西地域の重要な 500 kV 変電所として大いに貢献し，今後の変電所建設の 1 つの方向を示唆するものと確信する。

終わり，西九州変電所建設に当たってご指導・ご尽力賜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) 山口，木佐貫，桑原，松田，合志：三菱電機技報，53，No. 10，p. 768 (昭 54)
- (2) 松田，宮本，伸吹，坂本，佐藤：三菱電機技報，51，No. 9，p. 616 (昭 52)
- (3) 富永，今滝，渋谷，宇治田，桑原：三菱電機技報，53，No. 2，p. 172 (昭 54)

500kV変電所監視制御システム

木佐貫 滋*・山田 勝治*・辻 俊彦**・炭谷 周作**・西川 正治**

1. ま え が き

近年電力需要はますます増大し、更に良質な電力の安定した供給が強く望まれている。電力供給事業に課せられたこのような社会的使命をまっとうするため電力設備は増大の一途をたどり、その運用と保守管理は高度化する一方である。

特に 500 kV 変電所は基幹系統の中核となるものであり、その運転は系統全体へ多大の影響を及ぼすため、限られた要員で電力を安定に供給するためには、監視制御、情報処理などのうち、定形的な業務は計算機により集中的に処理し、運転員は高度な判断を要する業務に専念できる監視制御システムが必要となってくる。

このたび完成した九州電力(株)西九州 500 kV 変電所納め監視制御システム(図 1.)は、最新鋭のマイクロプロセッサ応用テレコン〈MELFLEX〉と、高性能工業用計算機〈MELCOM 350-50〉2重系とを導入して、自変電所の監視制御と周辺系統の監視の高度化を図ったものである。

以下にシステムの概要とその特長について述べる。

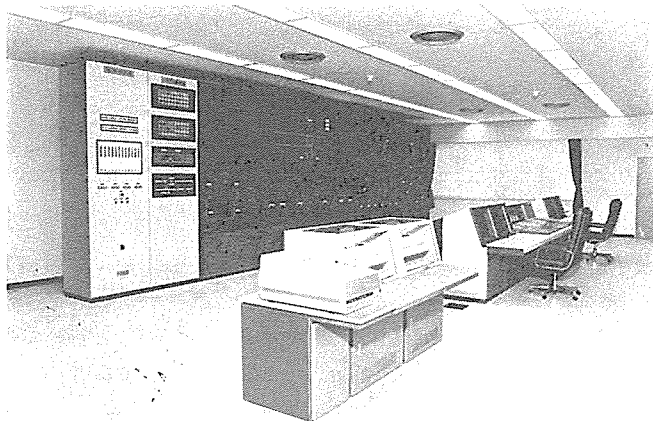


図 1. 九州電力(株)西九州 500 kV 変電所監視制御システム

2. システムの概要

2.1 システム設計の基本思想

このシステムは基幹系統の中核である 500 kV 変電所に設置されるものであるから、高信頼性、高稼働性、確実かつ容易な操作性が要求され、更に監視制御対象である自変電所設備の新増設、及び周辺系統変電所の増設変更に対して十分対処できることが必要である。これらの事を念頭におき、下記を重点項目としてシステムの設計を行った。

(1) システムの重要部分は 2 重化し、信頼性と稼働性の向上を図る。

(a) テレコン 親局装置の 2 重化

(b) テレコン 親局—子局間伝送路の 2 重化 (1 伝送路には光伝送を採用)

(c) 計算機の 2 重化

(2) 事故発生時に状況を的確かつ迅速に表示する。

(a) 系統監視盤による系統のマクロ表示と、CRT による故障内容の詳細表示

(b) マイクロプロセッサ応用の状態検出装置と情報の DMA 転送による計算機負荷の大幅な軽減

(3) 誤操作防止策により運転の高信頼性を図る。

(a) 運転ガイドの表示と運転員操作の自動確認

(b) 制御ロック機器に対する操作防止

(4) 設備の増設変更に対して高い柔軟性を確保する。

(a) テレコン 親局にはインデックステーブル方式を採用

(b) 計算機に CRT ベースのソフトウェアメンテナンス方式を採用

2.2 システムの構成

2.2.1 トータルシステムの構成

このシステムは、その全体構成を図 2. に示すとおり、テレコンシステムと計算機システムから構成されている。

テレコンシステムは、マイクロプロセッサテレコン〈MELFLEX〉を 2 重化した親局装置と、500 kV 側、220 kV 側それぞれの被制御室に設置されている従来形のテレコン子局装置及びマンマシン装置として機器の監視制御を行うための操作卓、変電所の状態を表示するための監視盤から構成されている。また、親局—子局間の伝送路は、制御信号及び表示、計測信号とも従来形金属ケーブルと光ファイバケーブルとで 2 重化されている。

計算機システムは、〈MELCOM 350-50〉計算機を 2 重化したものであり、マンマシン装置としては関連する周辺系統変電所の状態を表示する系統盤、状態監視、誤操作防止、ソフトウェアメンテナンスなどの機能を行うための CRT 2 台を含んだ給電卓、アラーム印字用タイプライタ、

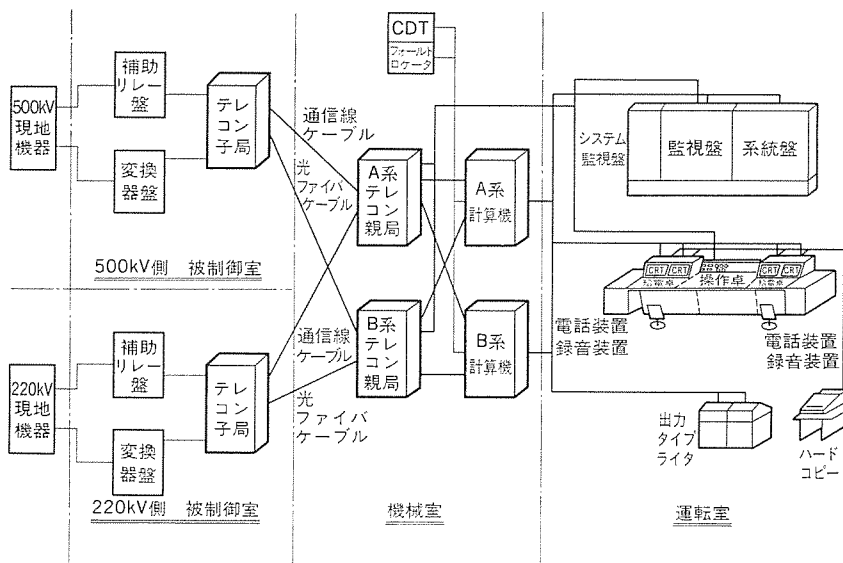


図 2. トータルシステムの構成

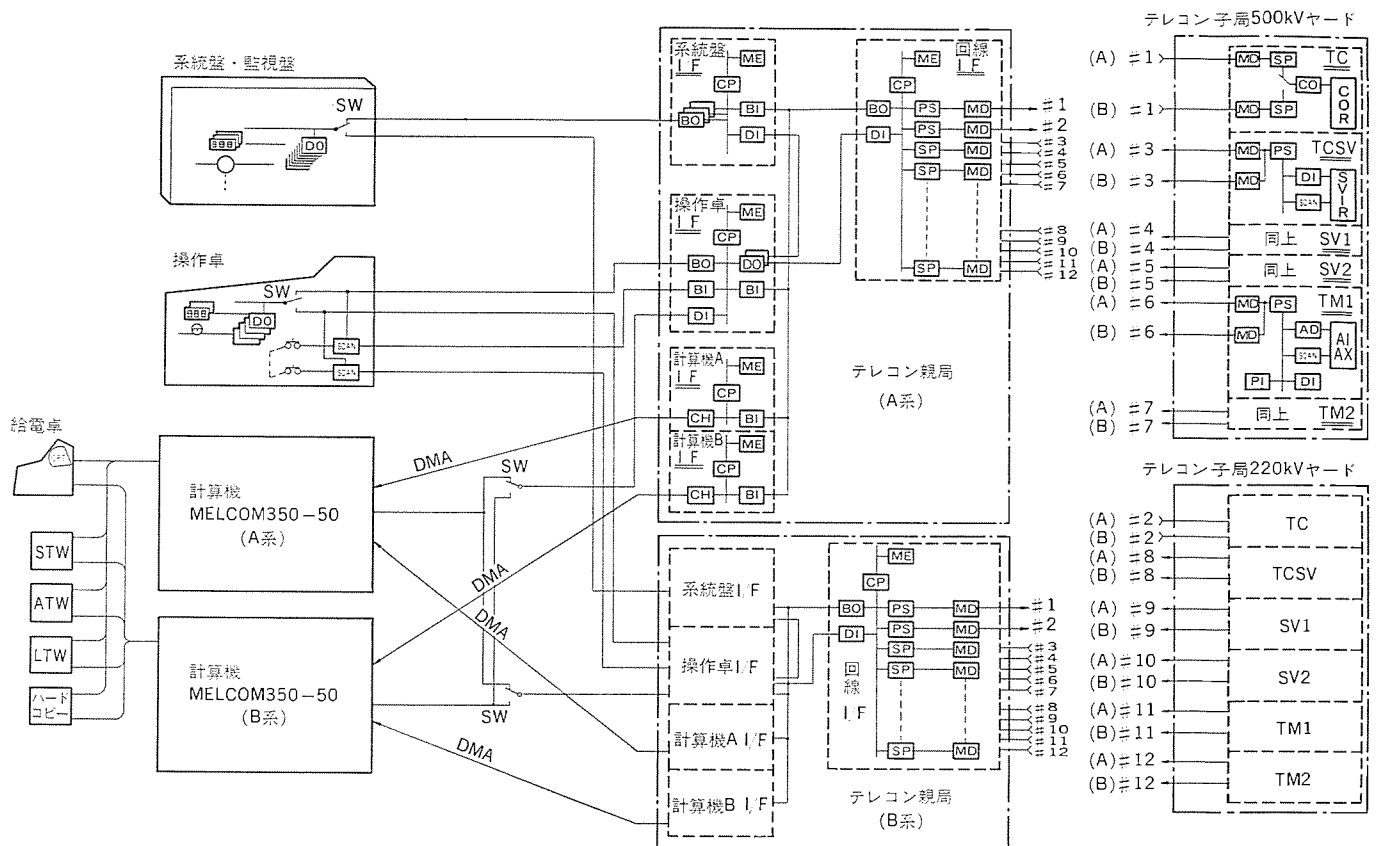


図 3. テレコンシステムの構成

ロキंग印字用タイプライタ、CRT画面を記録するハードコピー装置、監視制御システムのシステム状態表示及び運転モード設定などを行うためのシステム監視盤から構成されている。

2.2.2 テレコンシステムの構成

テレコンシステムは図3.に示すとおり、親局は完全2重化とし、子局は制御信号受信部の復号器までを2重化している。伝送路は一方には従来形金属ケーブルを、他方には光ファイバケーブルを用いて2重化構成とし、制御4回線、表示4回線、計測4回線から構成されている。

テレコン親局は機能分散化しており、各機能ごとにマイクロプロセッサを採用し、機能ブロック間にはできるだけ疎な結合としている。具体的な機能ブロックとしては、回線インタフェース部、系監視盤インタフェース部、操作卓インタフェース部、計算機インタフェース部の4種類から成っており、片系当たり合計5台のマイクロプロセッサを用いている。また、系統盤、監視盤、操作卓の内部には、ランプドライバのためのリモート入出力装置を実装し、テレコンとはワードシリーズで接続している。

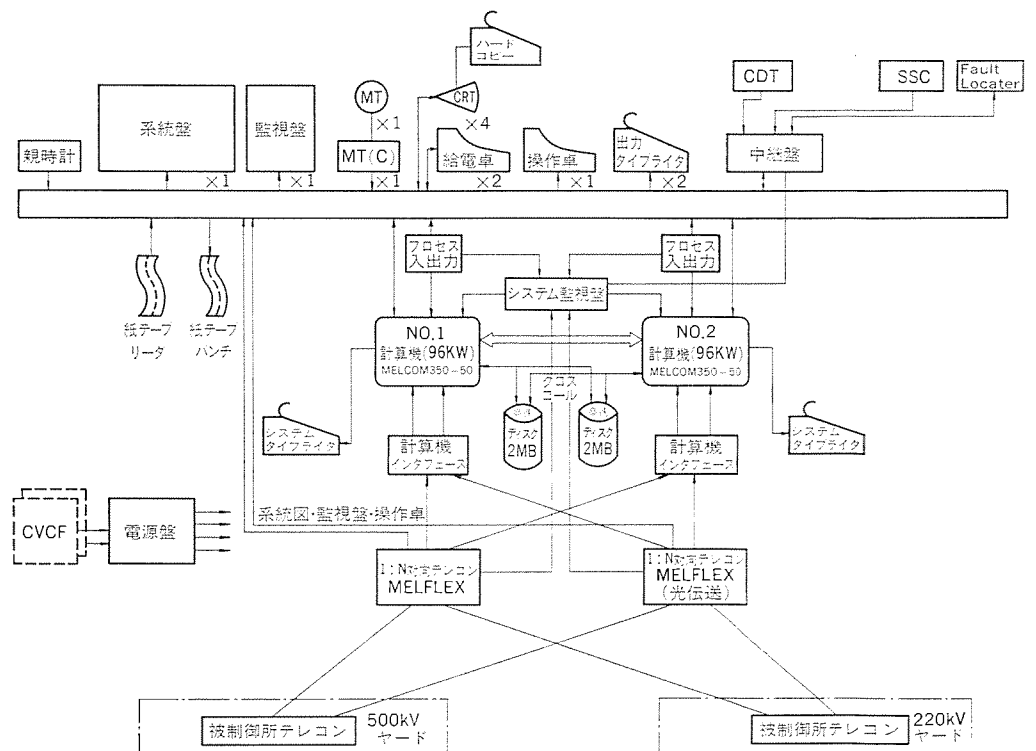


図 4. 計算機システムの構成

2.2.3 計算機システムの構成

計算機システムは、その構成を図4.に示すごとく《MELCOM 350-50》(A2300)を用いたデュプレックス方式を採用している。外部から計算機への入力装置としては、下記から構成されている。

- (1) 計算機 インタフェース 装置……自変電所の情報を前処理する。
- (2) CDT 装置……中給情報や他変電所の情報を受信する。
- (3) フォールトロケータ……事故回線の検知と事故点までの距離を標定する。

表 1. テレコンシステムの機能一覧

機 能		内 容
監視・制御	制 御	伝送速度 600 BPS, 360 ポジション／チャンネルの選択, 制御 (入・切) を行う。
	監 視	親局においてベル, プザー, チャイムの項目を集約する。 (表示項目 620 ポジション／チャンネル) 制御操作に伴う所要計測値の選択表示を行う。
系統盤・監視盤表示	状 態 表 示	系統盤, 監視盤に機器状態を赤色・緑色で 2 灯表示し, 状態発生時フリッカさせる。
	計 測 値 表 示	有効電力, 無効電力を符号 + 4 桁でデジタル表示する。
	選 択 表 示	制御操作時当該選択機器の状態表示をフリッカさせる。
	事 故 表 示	母線電圧の有無, 短絡事故, 地絡事故, 母線事故などの発生時当該項目ランプをフリッカさせる。
	制御ロック表示	現場機器の保守点検時, 当該機器のランプを減灯し, 制御不可であることを表示する。
操作卓インタフェース	状 態 表 示	リレーの使用状態等 43 関係の状態表示を行う。
	故障集約表示	故障の集約を行い, 当該ランプをフリッカさせる。
	誤 操 作 検 出	組合せ選択制御の組合せのチェック違反時及び多重選択時に警報表示を行う。
	制 御 ロ ッ ク	制御ロックされている機器を選択時に警報表示を行う。
フ ー ン 機 器	選 択 表 示	電圧・周波数等のデジタル表示を行う。
	状 態 検 出	状態検出を行い, 状態時時刻を付加して DMA にてデータ転送を行う。 計測項目については DMA にてデータ転送のみを行う。
フ ー ン 機 器	制 御 ロ ッ ク 項 目 の 登 録 ・ 解 除	計算機から入力された制御ロック項目の登録・解除を行う。 また制御操作のモニタを計算機に出力する。

表 2. 計算機システムの機能一覧

機 能		内 容
状 態 表 示	機器状態の集約表示	平常時の自所機器状態を CRT に表示する。 平常時の他所機器の状態を CRT 及び系統盤に表示する。
	計 測 値 の 表 示	運用系統の潮流, 電圧, 周波数などを CRT に表示する。
自 動 監 視	機器の自動監視	しゃ断機, 変圧器, 補機などの異常監視を行い, 障害時障害内容を CRT に自動表示するとともにアラームタイプライタに印字出力する。
	計測値の自動監視	系統の潮流, 電圧, 周波数などの計測値を管理値と比較し, 管理値を越えた場合 CRT に自動表示するとともにアラームタイプライタに印字出力する。
	変圧器過負荷監視	変圧器の過負荷時又は, 送油ポンプ停止時に変圧器運転可能時間及び過負荷経過時間を計算し, 監視盤及び CRT に表示出力する。
誤 操 作 防 止	操作伝票の作成	操作伝票を単結図又は, 43 SW 図を用いて作成する。
	操 作 の 確 認	あらかじめ設定されている操作伝票により, 操作卓操作のチェックを行う。
	模 擬 操 作	操作伝票の模擬操作を CRT 上に仮想操作する。
	機器選択制御ロック	遠方制御してはならない機器の選択制御ロックをライトペンにて行う。
設 定 変 更	アースの書き込み/消去	単結図上にアースマークの書き込み又は, 消去をライトペンにて行う。
	設 定 変 更	計測値管理値の変更, カレンダーの変更, 作業記録時刻及び印字部数の指定保守管理データの修正などをライトペンを用いて行う。
記録の自動化	事 故 操 作 記 録	事故時又は, 操作時における機器状態変化をアラームタイプライタに印字出力する。
	作 表 記 録	運転日誌, 指定時記録, 第 3 水曜日記録, 運用実績月報, 月報記録などを自動又は, リクエストによりロッキングタイプライタに印字出力する。
保 守 管 理	系統機器の保守管理	CB, LS, RY などの系統機器の保守管理を行う。
	ADP, TC などの装置状態の保守管理	APD, TC, 周辺機器, CVCF などの装置状態の保守管理を行う。
画 面 修 正	画 面 修 正	設備増設変更に伴う単結図, 潮流図などの変更追加, 故障メッセージの変更追加などをライトペンによる会話形式で行う。

- (4) SSC 装置……系統安定化をはかる。

マンマシン 装置は下記から構成されている。

- (1) 表示用 CRT……故障 メッセージ 表示用
- (2) 操作用 CRT……ライトペン 付 CRT で, 操作, 設定変更, ソフトウェア メンテナンス 作業用
- (3) CRT 2 台を含む給電卓……業務選択, CRT 画面選択用
- (4) 系統盤……他変電所の状態表示用
- (5) デジタル 表示器……変圧器過負荷監視の表示用
- (6) アラームタイプライタ……事故操作印字用
- (7) ロギングタイプライタ……日報, 第 3 水曜日記録, 月報などの印字用。

- (8) システム 監視盤……計算機, テレコン 装置, 周辺機器などの接続状態表示及び システム の運転 モード 設定と周辺機器の接続切換え

- (9) システムタイプライタ, カセット 磁気 テープ 装置, 紙 テープ 読取装置, 紙 テープ セン孔装置……計算機の保守管理用

2.3 システムの機能

2.3.1 テレコンシステムの機能

テレコンシステムの機能は表 1. のとおりである。

2.3.2 計算機の機能

計算機システムの機能は表 2. のとおりである。

3. システムの特長

3.1 テレコンにマイクロプロセッサを全面的に採用

テレコン装置の親局には機能ブロックごとにマイクロプロセッサを用い, 下記のような特長をもたせている。

- (1) 低消費電力形素子の採用により, 装置本体の消費電力は従来形の約 1/3 程度に減少し, 高密度実装でありながら自然空冷 (ファンレス) を可能としている。

- (2) 電力設備の増設・変更に対しては, インデックステーブルの追加変更で容易に対処できる。

- (3) 主要ロジック部をプログラムで実現することにより, ハードウェアモジュールの種類及び数量を大幅に減少させ, 更に十分なデイレーティング設計により, 信頼性を大幅に向上させた。

- (4) 系統盤, 監視盤, 操作卓内にリモート I/O モジュールを実装し接続ケーブル本数を減少させている。また, フリッカ制御をプログラムで行っているため, リモート I/O モジュールは簡単なランプドライバでよく, 信頼性と実装密度の向上をはかっている。

- (5) 系統盤, 監視盤, 操作卓のロジック及びランプ電源は 2 重化構成とし信頼性を向上させている。また, 系統盤, 監視盤のランプ及び操作卓の 30 F, 30 S の表示ランプに発光ダイオード (LED) を用いているため, ランプテストを不要として電源の小容量化を可能としている。

- (6) 子局はハードウェアベースのロジックであるが, 親局と同様に高密度実装, 自然空冷としており, 特に入出力リレーは, プリント基板上に高密度実装されており, 実装スペースは大幅に減少している。

- (7) また, 光伝送用モデムは, 独立架に実装して光ファイバケーブルの保護性を高めると同時に, 保守を容易にしている。なお, 光伝送用モデムに供給する電源は, 各チャンネルごとに当該ロジック実装架より供給し信頼性を高めている。

3.2 高性能計算機《MELCOM 350-50》2 重化構成

2 重系の運用方式は一方をオンラインで監視制御業務を実行する常用モード, 他方をホットスタンバイの待機モードとするデュプレックス方式で

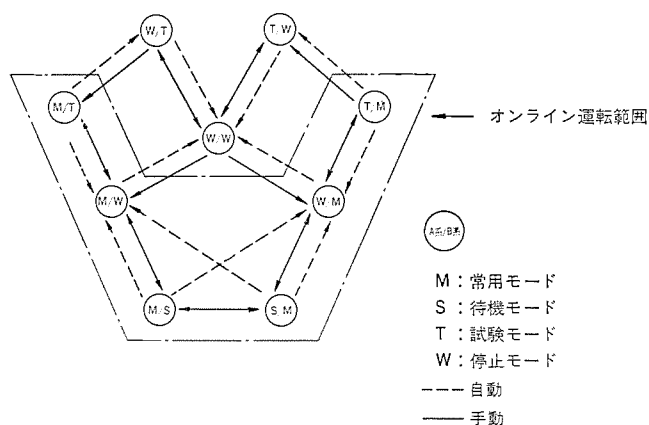


図 5. 2重系モード遷移

あり、万一常用モードの計算機が障害などにより機能を喪失した時には、直ちに待機モードの計算機が常用モードに立上ってオンライン業務を継続することができる。2重系モード遷移を図5.に示す。

常用モード：オンライン業務をすべて実行できる。

待機モード：常用モードの業務をいつでも継続できる状態にある。

試験モード：ソフトウェア的には常用モードとほぼ同じであり、すべてのオンライン業務が試験できるとともに、増設変更作業及びその確認などを行う。

停止モード：ソフトウェア的な停止の状態であり、主メモリファイル、ディスクファイルのインシャイズなどをすべて完了し、上記(1)から(3)までのいずれかのモードへ遷移するための準備が完了した状態である。

3.3 光伝送方式の導入

500 kV 変電所においては構内テレコンの通信回線は、強電機器と近接することが多いため誘導される雑音レベルが高く、また、落雷、事故などにより、制御室と被制御室間に高い接地電位差を発生する危険性がある。そのため伝送路の片系に下記の特長を有する光伝送方式を導入した。

- (1) 線路上の電磁誘導雑音及び送受信装置間に発生するアース電位差の影響を全く受けない。
- (2) ケーブルは小形軽量で布設が容易であり、しかも従来形金属ケーブルと同様の機械的強度を持つ。
- (3) 5V 単一電源で動作するため、保守性・信頼性が高い。
- (4) 送受信ロジックは通常のロジック用プリント基板に実装されている。

表 3. 光伝送装置の概略仕様一覧

項 目	仕 様
光ファイバケーブル	ファイバ材質
	石英ファイバ
	屈折率分布
	ステップ形
	減衰量
	5 dB/km 以下
伝送系	コア径
	100 $\mu\text{m} \pm 2 \mu\text{m}$
	心数
	8心
伝送系	ケーブル仕上外径
	14 mm
	シース材料
	ガラス補強ナイロン (ノンメタリック)
	伝送速度
伝送系	20 K BPS 以下 (今回 1,200 BPS で使用)
	管内パワー
	-20 dBm 以上
	管内パワー変動
	1 dB 以下
伝送系	受光レベル
	-20~-40 dBm

るため、保守性が高い。

(5) 着脱が簡単な発光、受光素子組込形レセプタクルを用いており、容易に保守・点検ができる。

光伝送の概略仕様を表3.に示す。

3.4 設備の増設変更に対応するソフトウェアメンテナンス方式

設備の増設変更に伴う単結線図、潮流図、GISガス区分図などの追加変更、故障メッセージの追加変更などをライトペンを用いて会話式で行えるようにした。図6.にオペレーションの基本フローを示す。

- ①：「画面修正」ボタンを押すことにより、業務を開始する。
- ②：修正バッファ使用状況を表示する。
- ③：修正を行う画面をボタンにより指定する。
- ④：画面修正操作を実施する画面種別により、オペレーションが異なるが、例として単結図の修正操作フローを図7.に、CRT画面例を図8.に示す。
- ⑤：「画面修正中断」では、そのままの状態バッファに保存され、未完の表示となる。

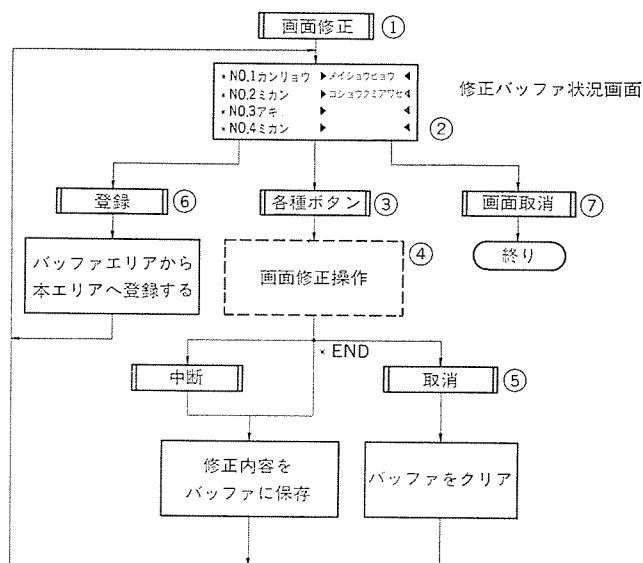


図 6. ソフトウェアメンテナンス方式の基本フロー

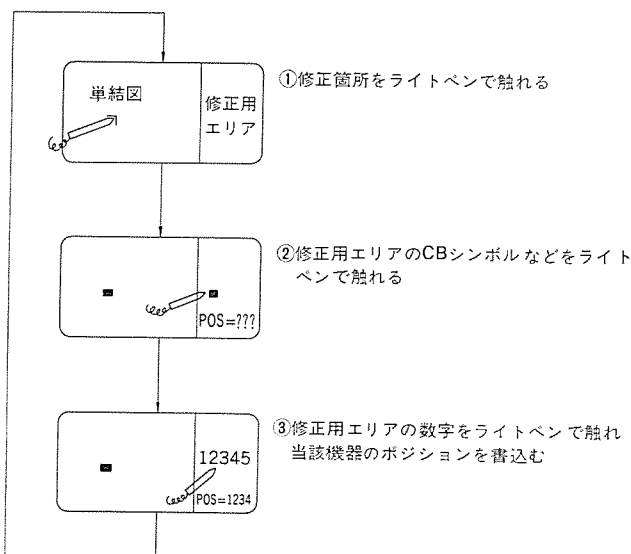


図 7. 単結図の修正操作フロー

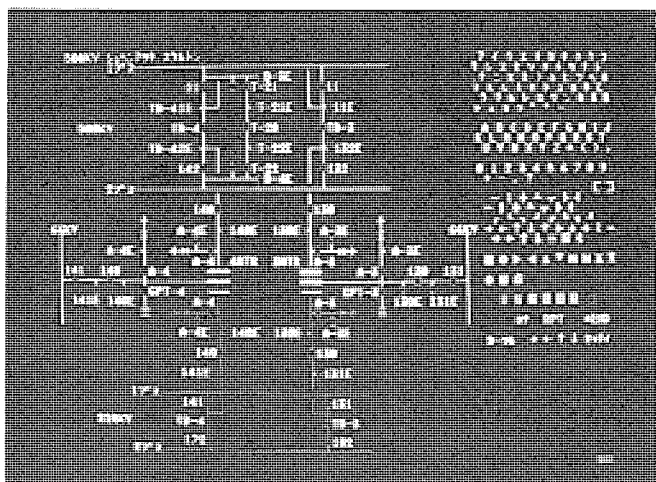


図 8. CRT 単線結線図の修正操作画面例

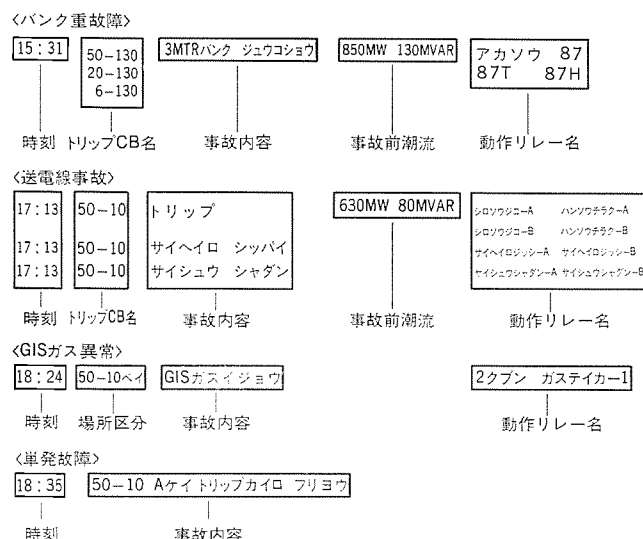


図 9. 事故メッセージ印字例

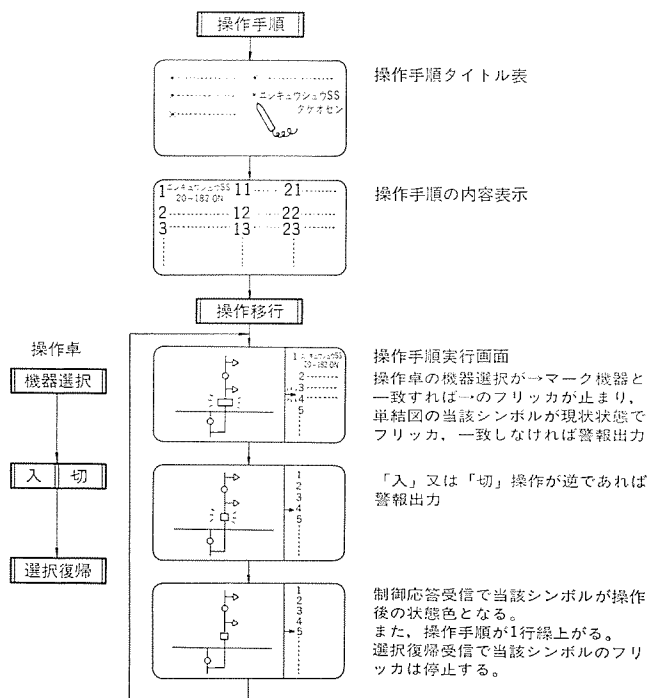


図 10. 操作手順実行 オペレーションフロー

「*END」ではバッファは、完了の表示となり、登録の対象となる。

「取消」ではバッファは、クリアされ空の表示となる。

④：②にて完了の バッファをライトペンで選択した後、「登録」ボタンを押すと バッファエリア から本 エリアへ登録する。

⑦：画面修正義務を終了する。

3.5 事故情報の迅速確実な編集とその表示

計算機は、状態発生時、5秒間の状態を組合せ編集した後、指定のCRTに自動表示するとともにアラームタイプライタに印字出力する。これにより、運転員は、事故状況を迅速確実には(把)握することができる。事故情報の表示印字フォーマットは、次の4種類から成っており、タイプライタ 印字例を図9.に示す。

(1) バンク 重大故障などのCBとリレーの組合せフォーマット

(2) 再閉路CBとリレーとの組合せフォーマット

(3) GIS故障、保護装置故障などのリレーとリレーの組合せフォーマット

(4) 30Fなどの単発故障フォーマット

事故多発時のCRT応答性については、次のような方法により4台のCRTに、同時に表示をした場合でも3秒以内に全画面を表示できるようにしている。

(1) アクセス 頻度が高く、高応答性が要求されるデータベースは、主メモリ上に配置する。

(2) プログラムの定周期処理は必要最小限とし、平常時のロードを低減する。

(3) 状態検出は、計算機インタフェースのプロセッサにより行い、計算機への情報の転送については、DMA方式を用いて計算機負荷を低減する。

3.6 高信頼度な系統操作を実現する誤操作防止方式

高信頼度な系統操作を行うため下記の機能を有する誤操作防止方式を実現している。

(1) 操作手順の確認機能……線路停止操作、母線停止操作などの平常時操作及び定形的な事故復旧操作を行う時、CRTに単結図とともに当該操作手順表を表示し、実働操作と当該操作手順との自動確認を行う。

(2) 制御ロック機能……保守点検時などに必要な機器の制御ロック情報をCRTより入力し、当該の選択操作を不能にする。

(3) アース付機能……作業時に取付けるアースマークの表示をCRTにて行う。

(4) 操作手順作成機能……操作手順表をCRTとの会話方式で、作成、変更する。

(5) 模擬実行機能……新規作成又は、変更した操作手順表を単結図を用いてシミュレーションにより確認する。

図10.に操作手順実行のオペレーションフローを示す。

4. む す び

以上、紹介した監視制御システムは、昭和54年8月初めに九州電力(株)に納入し、その後、取込試験、連続課電試験を経て、順調に稼働中であり、500kV変電所の高度な監視制御に威力を発揮している。

今後、更に計算機を用いた平常時操作、及び事故時復旧操作等の機能追加が検討されている。

最後に、このシステムの設計、製作にあたり多大なご尽力をいただいた関係各位に深く感謝する。

500kV用系統保護システム

鈴木 健治*・畑田 稔*・中川 秀人*・中村 正則*

1. ま え が き

500 kV 用系統保護システムは、500 kV 系統そのものからの高度な要求に対応して開発され、保護性能面の向上と製造技術面の向上とに大きなインパクトを与えてきた。特に信頼性向上については、システム・ハード両面からの追求が行われ、大きな進歩をとげてきた。保護システムも、事故除去から事故波及防止へと拡大し、両者の十分な協調も必要となってきた。500 kV 系統の運転も順調に行われてきているが、運用面では次第に厳しくなっており、保護システムに対する要求もますます高度化しつつある。本文では、500 kV 保護システムにおける当社の実績と今後の技術展望について紹介する。

2. 設備事故除去継電方式

2.1 500 kV 用保護継電装置納入実績

我が国初の500 kV 変電所である東京電力(株)房総変電所に納入した超超高压母線保護装置及び変圧器保護装置を皮切りに、これまで当社が納入してきた超超高压保護継電装置は数多くにのぼり、いずれも順調に運転されている。表1. に送電線保護装置、母線保護装置、及び変圧器保護装置の納入実績を示す。

2.2 500 kV 用保護継電方式の展望

500 kV 系統の保護方式については、開発当初から、

- (1) 高速度化
- (2) 高感度化
- (3) 高信頼度化

の目標が掲げられ、各種の技術開発が行われた。更に、保守の省力

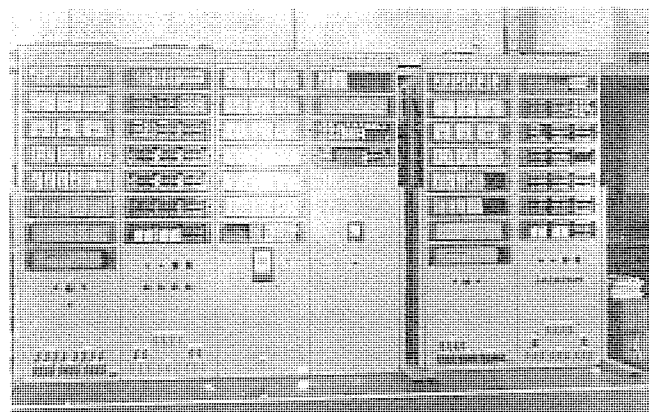


図 1. 500 kV 送電線保護継電装置

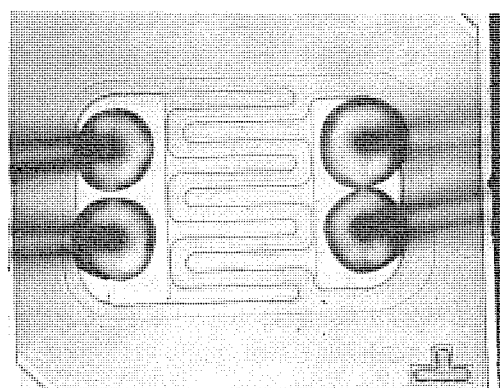


図 2. 高信頼度ダブルボンディングトランジスタ

表 1. 500 kV 保護継電装置納入実績

装置種類	納入先	保護方式	納入数
送電線保護	関西電力(株)	各相位相比較	36 端子
母線保護	東京電力(株)	一括電圧差動 分割電流差動	3 セット
	関西電力(株)	電圧差動	8 セット
		一括電圧差動 分割電流差動	3 セット
	九州電力(株)	同 上	1 セット
	中国電力(株)	同 上	1 セット
変圧器保護	東京電力(株)	比率差動, 距離	8 バンク
	関西電力(株)	比率差動, 過電流	14 バンク
	電源開発(株)	比率差動, 距離	2 バンク
	中部電力(株)	比率差動, 過電流	2 バンク
	九州電力(株)	同 上	2 バンク
	中国電力(株)	比率差動	1 バンク

化、CT・PD 負担の省 VA 化、事故時のひずみ(歪)波形に対する性能向上と続々と目標が掲げられ、いずれも満足のできるレベルまで開発され、実用化されてきた。

これらの目標要求を満足させてきた手段は、エレクトロニクス技術であり、特に高信頼度電子部品の開発と適用であった。回路設計上メリットの多い演算増幅器もキャンセルされた高信頼度の IC 形が出現し、省 VA 化、歪波形対策、小形化に大きく貢献した。更に、ボンディング不良撲滅をねらったモノメタルダブルボンディングトランジスタを500 kV 系統保護・制御用に開発し、高信頼度化に大きく寄与した。(図2.)

また、500 kV 系統用模擬送電線設備として、MUTUAL を正確に模擬した180 km 並行2回線送電線を1/100の大きさの5,000 V 回路で用意するとともに、これに接続できる500 kV 変圧器のモデルトランスを用意し、各種の内部事故のシミュレーションができるようにした。これによって、継電方式の開発と製品の検証試験を十分に行って出荷することができた。歪波の発生現象については、大形計算機による系統過渡現象解析プログラムを使用して、各種系統についてシミュレーションを行い、発生メカニズムの定量的な(把握)をすることができ、歪波対策の検討・開発を促進させてきた。

以上のようにして開発された 500 kV 保護継電方式は、今後、更に一層の系統からの各種ニーズとして、次のものが予想される。

(1) 線路事故検出感度の向上

現在の 500 kV 送電線の保護は、各相位比較を主体とした方式が適用されている。しかし、各相電流の成分の中には正相電流があるため、重潮流下においては、潮流の流出に影響されて事故検出感度が著しく低下するという欠点がある。特に、送電線の風による電線揺れや断線による樹木接触時には、事故電流が小さく、各相位比較では発見性能が低下する。フェイルセーフ用の電圧を主体とした事故検出継電器も、この種の事故には各相位比較継電器より検出感度が悪く、併せて検討していく必要がある。

(2) 長距離送電線における事故電流の片寄り

長距離送電線においては、事故がいずれかの電気所の近くで発生すると、事故点の事故電流がほとんど近くの電気所へ分流し、他の遠くの電気所への分流分が少なくなる。これは、送電線の零相インピーダンスが大きいため発生するもので、事故点の位置によって、事故電流がいずれかの 1 端から流入する現象となり、いわゆる両端可変電源対策が必要となる。

(3) より一層の高速化

系統の過渡安定度対策から、主保護継電器の高速化と、後備保護継電器の高速化は、系統のますますの大容量化によって系統運用が苦しくなればますます要求されてくる。主保護の高速化は、これと常に時限協調の関係にある後備保護の高速化にもつながり、最悪 1 サイクル以下の要求も出てくる。自端後備については、電流のしゃ断確認の高速化、遠方後備については、遠方事故検出能力の向上も必要である。

(4) 変圧器励磁ラッシュ電流と事故電流の区別

変圧器の容量増大化により励磁ラッシュ電流が大きく、減衰時間が長くなり、後備保護用距離継電器から見ると事故電流と区別しにくくなり、誤動作する恐れが出てきている。

(5) CT・PD の負担の一層の低減

過渡対策付 CT の鉄心を少しでも少なくするため、継電器の CT 負担は更に一層の低減が要求されてきている。また、PD の小形化、ガス絶縁タンク利用の小容量 PD の出現等によって、継電器の PD 負担も低減が要求されてきている。

以上は系統のニーズからの要求であるが、省力化の面からは、

- (1) 不良発見性能向上のための自動監視の高精度化・高性能化
- (2) 系統事故時の記録の充実による事故解析能力の強化
- (3) ロケータ機能の付加
- (4) 整定の自動化

などが、要求されつつある。

これらの各種要求に対応する方法として、当社は次の具体案で対応していくつもりである。

2.2.1 送電線用電流差動キャリアリレー

現用の位相比較キャリアリレーでは、位相情報を主体に伝送し合っている事故の有無を判断していたが、図 3. に示すように、内部事故時の流出電流に対しては、SLL のレベルまでしか保護できなかった。電流差動キャリアリレーは、同図に示すように流入電流の 50% 流出まで動作できるように保護性能を大幅に改善しようとするもので、各端の電流の瞬時値を伝送し合って、差動保護するものである。

具体的には、各相 3 相電流以外に零相電流も伝送し、3 相電流伝送の零相チェック監視方式として、システムの統合監視を行っているが、

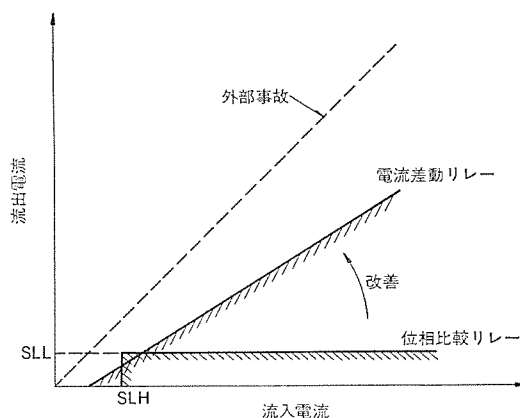


図 3. 比率特性

この零相電流伝送を利用して、高感度地絡事故検出が可能である。

電流差動は、原理的に両端可変電源系統に適用できるので、長距離送電線の問題も解決してくれるし、電流の正・負両波の情報を有効に利用しているので、両波位相比較並みの高速化が可能である。

電流波形伝送については、FM 方式の製品化を進めており、PCM 方式についても基礎技術の開発を進めている。

2.2.2 デジタルリレー

デジタルリレーについては、その特長を生かして、系統からの要求と省力化からの要求に対応することが比較的容易である。その主な特長は次のとおりである。

(1) メモリ機能の応用

デジタルリレーの最も得意とする機能であるメモリを利用して、事故時の記録の充実化、変化分リレーの高精度化が可能である。

(2) 計算能力の応用

インピーダンス直読アルゴリズムによるロケータ機能の付加や、遠方後備保護に都合のよい理想的距離継電器の特性の実現が可能である。

(3) 自己診断能力の応用

計算機独特の自己診断機能を応用した自動監視システムの強化が可能である。

(4) インタフェース機能の応用

整定のメモリ化により、伝送システムとインタフェースをとれば、整定の自動化も可能である。

(5) 総合管理機能の応用

従来装置では不可能であった各種管理機能の付加が可能である。以上の機能の可能性を持つデジタルリレーのユニットの 1 例を図 4. に示す。

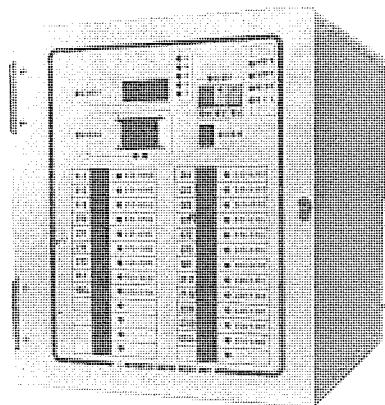


図 4. デジタルリレーユニット

す。

2. 2. 3 保守の容易性の追求

保守の容易な高信頼度装置の開発を進めてきたが、保守の容易性の追求は製作者としての責務であり、今後とも強力に推進していく所存である。

3. 事故波及防止継電方式

3. 1 500 kV 用事故波及防止システムの納入実績

電力需要の伸び、電源・送電線の立地難、設備利用率の向上や省エネルギー対策等から、500 kV をはじめとする基幹系統は重潮流化の傾向にある。このような基幹系統において系統事故が発生すると、前述の各種設備事故除去方式により高速・確実に事故除去されるが、事故除去後、系統で設備過負荷、安定度崩壊あるいは周波数異常等が発生し、事故波及により系統全停に至る恐れがある。このため各電力会社では、各種系統安定化対策、事故波及防止対策を採用し、良質かつ安定した電力エネルギーの供給に努力してきた。当社は、従来よりこの分野において新技術を開発し、系統安定化装置、緊急制御装置、過負荷制御装置を製作納入してきた。表 2. は、500 kV 系統への事故波及防止システムの納入実績である。

3. 2 500 kV 外輪系統安定化システム

3. 2. 1 システムの目的

500 kV 放射状系統などの連系送電線においてルートシャ断が発生すると、系統が2分し、事故前潮流が大であると分離系統の周波数動揺が大きく、各社間連系分離、電源脱落を招き、周波数動揺が加速的に大となり、系統全停に至る恐れがある。この装置は適切な波及防止制御を高速で実施して、系統を安定化するものである。

3. 2. 2 制御概念

図 5. に、外輪系統安定化装置の概念図を示す。外輪線がルートシャ断すると、系統が分離し、分離前潮流の方向により、一方では供給過剰となり周波数が上昇し、他方では給供不足となり周波数低下となる。一般に系統の特性から、周波数低下方向が上昇方向よりシビアであるので、このシステムでは外輪線の運用潮流から周波数低下側対策のみを実施している。すなわち、外輪線1の潮流がa方向の場合は、A電気所より右側の系統において、揚水動力を優先した負荷制御を行う。

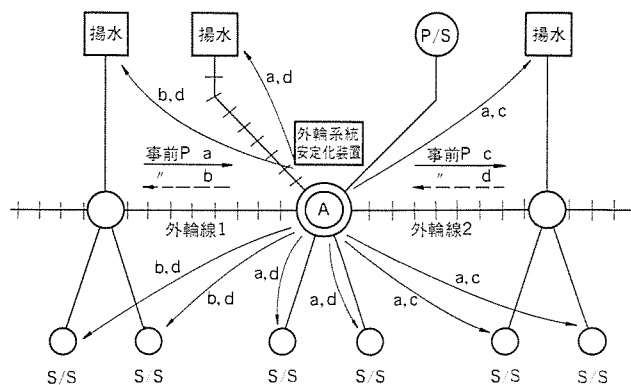


図 5. 制御概念図

3. 2. 3 システム構成

図 6. に、このシステムのトータルシステム構成を示す。

(1) 主保護システム

計算機システムは、制御用ミニコンピュータ《MELCOM 350-7》が中核で、外輪線潮流、系統容量、制御対象負荷潮流等をオンラインで入力し、所定の演算アルゴリズムで制御すべき最適解を10秒周期で計算し、あらかじめ継電装置部へ出力している。

事故発生時には、継電装置部にて外輪線両端に設置された事故検出盤からの起動信号を受信し、自端の外輪線潮流の変化有を条件に、計算機からの制御解を高速で出力する。

(2) 後備保護システム

主保護システムが保守点検、障害等で不動作時バックアップするもので、主保護と同様に演算処理部と継電装置部とで構成される。

演算処理装置は、マイクロプロセッサ《MELPAC 300》:《MELPS-8》が中核で、自端で検出できる外輪線潮流などごく一部を除き、あらかじめ季節、カレンダー、時刻によって設定された潮流値に基づき最適制御解を10秒周期で求め、継電装置へ出力する。

後備保護システムは、伝送路障害時などのオンラインデータ喪失による主保護システムの機能停止対策として、オフラインデータを主体としている。

3. 3 システム設計上の留意点

事故波及防止システムの性格から、高速性と高信頼性が特に要求される。このため特に配慮した点の主なものを以下に記述する。

(1) 信頼度向上策

- (a) 異なるハードウェア、ソフトウェアにて主保護、後備保護システムを構成し、トータルシステムの停止を極小とした。
- (b) 演算装置、継電装置の特長を生かして機能分担し、インタフェース部分も含めて相互に動作を監視する方式を採用した。
- (c) 演算装置の特性を活用し、標準の故障検知機能の外に、試行演算等プログラム自体のチェックやデータの正当性チェックなどを行い制御演算の信頼性を向上させた。
- (d) 事故検出信号、負荷制御信号の伝送系統は、伝送路を含めて2重化し、1系列のみ信号有の場合は外輪潮流変化有又は周波数変化有を条件に付加した。

(2) 制御速度向上策

- (a) 常時演算待機方式とし、事故発生時は補助継電器で構成されたシーケンス部で制御を実施する方式とした。
- (b) 事故検出信号、負荷制御信号の伝送装置には、12ビット固定パターン照合方式の信号伝送装置(J.T装置)を採用した。

表 2. 500 kV 事故波及防止システムの納入実績

No.	納入先	設置場所	納入年度	対象事故数	制御対象数(最大)
1	関西電力(株)	新生駒 S/S	昭和 47 年	3 ケース (負制)	揚水負荷 3 負荷群 21
2	中部電力(株)	西部 S/S	昭和 47 年	3 ケース (電制・負制)	発電機 5 揚水負荷 3 子 SSC 4
3	中部電力(株)	東部 S/S	昭和 48 年	3 ケース (電制・負制)	発電機 4 揚水負荷 4 子 SSC 6
4	関西電力(株)	猪名川 S/S (昭和55年改造)	昭和 49 年	6 ケース (負制)	揚水負荷 3 負荷群 37
5	関西電力(株)	西京都 S/S	昭和 52 年	7 ケース (負制)	揚水負荷 3 負荷群 21
6	関西電力(株)	南京都 S/S	昭和 55 年	2 ケース (負制)	揚水負荷 2 負荷群 22

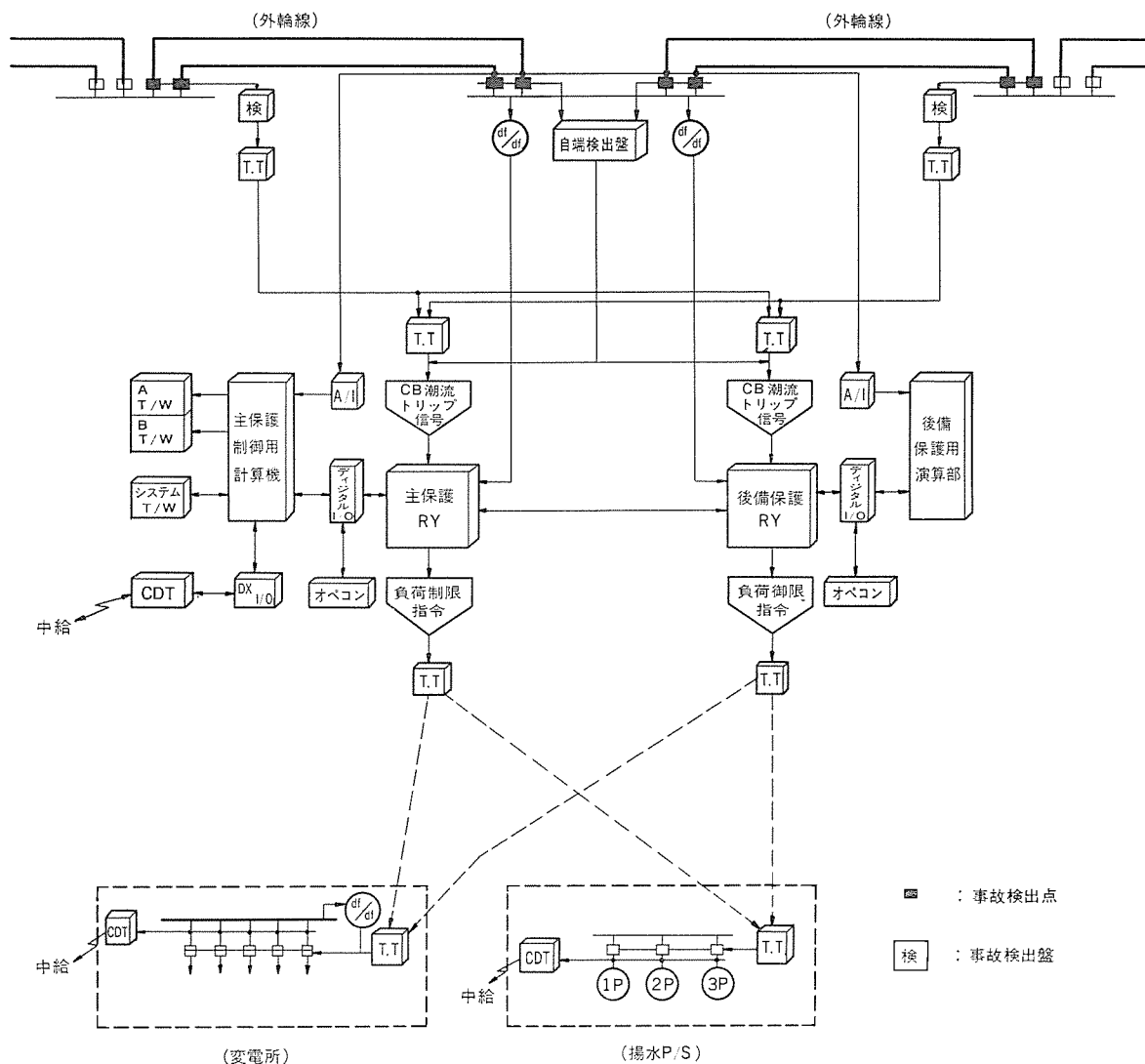


図 6. 外輪系統安定化装置のトータルシステム構成

(c) ストップ条件としての外輪潮流変化検出部及び周波数変化検出部に、高感度高速形検出器を採用した。

3.4 今後の展望

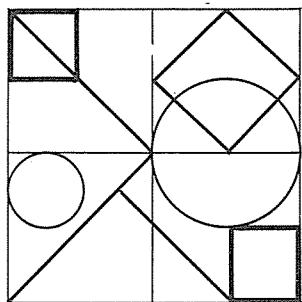
当社は、従来より市場のニーズから放射状系統、分離系統を対象とした周波数維持を主体とした事故波及防止システムを製作納入してきたが、最近ループ系統における定態安定度、過負荷対策用のシステムも実用化した。今後は、過渡安定度対策を主目的とした事故波及防止システムの開発・実用化にも取り組んでいく所存である。

4. む す び

ますます複雑化する電力系統からの保護システムへの高度な要求について述べたが、これらの要求に対応できるよう、今後とも一層の研究開発を進めていく所存である。電力会社の方々には、終始ご指導いただき感謝する次第であるが、今後の技術開発についてはなお一層のご協力をお願いしたい。

参 考 文 献

- (1) 三上, 北浦, 古谷, 天野, 鈴木, 高田, 小林: 500 kV 用保護継電装置, 三菱電機技報, 45, No. 9, p. 1126 (昭 46)
- (2) 鈴木, 中村, 坂本, 東: 500 kV 用線路保護継電装置, 三菱電機技報, 49, No. 10, p. 653 (昭 50)
- (3) 辻倉, 江田, 畑田, 岡田, 三宅: 500 kV 用母線・変圧器保護継電装置, 三菱電機技報, 49, No. 10, p. 659 (昭 50)
- (4) 寺田, 中川, 伊藤, 加賀, 坂口: 500 kV 系統制御装置, 三菱電機技報, 49, No. 10, p. 671 (昭 50)
- (5) 鈴木, 前田: マイクロプロセッサの保護リレーシステムへの応用, 三菱電機技報, 50, No. 8, p. 424 (昭 51)
- (6) 志賀, 杉山, 鈴木, 鈴木, 赤塚: FM 電流差動キャリアリレー, 三菱電機技報, 51, No. 9, p. 625 (昭 52)
- (7) 森, 山田: これからの電力系統保護・制御装置, 三菱電機技報, 49, No. 10, p. 649 (昭 50)
- (8) 森, 山田, 鈴木: これからの電力系統保護・制御装置, 三菱電機技報, 51, No. 6, p. 363 (昭 52)
- (9) 森, 山田: これからの電力系統制御, 三菱電機技報, 53, No. 10, p. 705 (昭 54)
- (10) 山田, 鈴木, 前田: 系統保護制御におけるコンピュータ応用技術の動向, システムと制御, 23, No. 3, p. 147 (昭 54)



特許と新案

内 燃 機 関 始 動 装 置 (実用新案登録 第 1198460 号)

考 案 者 平 田 毅・山 根 恒 夫

この考案は内燃機関始動電動機の電気回路に関するもので、従来の回路と比較して設計を容易にし電動機に付属する電磁スイッチの小形化を可能としたものである。

図 1., 図 2. において, (1)は電動機, (5)はこの電動機により駆動される ピンオン, (6)はこのピンオンにこう(嚙)合可能な機関の リングギヤ, (7)は電圧コイル(9)と電流コイル(10)を収納した コイル 箱, (11)は上記各 コイル(9)(10)により吸引される プランジヤ, (12)は復帰 用ばねである。(15)は可動接点, (18)(19)は固定接点で, これらは 上記 プランジヤ(11)により開閉される。(23)は始動スイッチ, (24)は電 磁コイル(25)により接点(26)が離接する補助 スイッチ, (27)は バッテリ, (29)は電流制限抵抗, (32)は接点(30)と励磁コイル(31) からなる電 磁 スイッチ である。

始動スイッチ(23)を閉じると, 各コイル(25)(31)が給電されて接点 (26)(30)が閉路する。したがってコイル(10)(9)が通電され, 電動 機(1)はコイル(10)を流れる電流と電流制限抵抗(29)を流れる電流 とにより給電されて低速補助回転を行う。またコイル(10)(9)の給 電によりプランジヤ(11)が吸引され, レバー(21)を介してピンオン(5)が 移動しリングギヤ(6)に衝突する。この時電動機の低速度回転により ピンオン(5)も回転しリングギヤ(6)に嚙合する。これにより接点(18) (19)と(15)が開閉し, 電動機(1)はバッテリー(27)の全電圧により駆動 され機関を始動する。

この考案は従来の回路に電流制限抵抗(29), 電磁スイッチ(32)を付 加したところに特徴を有する。すなわち, 電動機(1)が補助回転を 行うときの回転力は, コイル(10)を流れる電流と電流制限抵抗(29)を 流れる電流に依存するため, 電流制限抵抗(29)の値を適当に選定す

ることによって十分大きくできる。一般に, ピンオン(5)がリングギヤ (6)に衝突した時, その位置での プランジヤ(11)の吸引力をF, 復帰 ばね(12)の力量をf, 電動機(1)の回転力をTとしたとき,

$$T > K(F - f) \quad \text{ただし } K \text{ は比例定数}$$

の関係を満足しなければピンオン(5)とリングギヤ(6)は嚙合しない。 しかるに, この考案ではTは十分大きくできるので, 復帰ばね・ fは小さくても上式を満足し得る。したがって電圧コイル(9)は小 さなfに抗する力を発生すればよいので, 巻数を小さくでき, また 電圧コイル(9)の超磁力を機関始動後に打消す働きをする電流コイル (10)の巻数も小さくでき, コイル箱(7)全体を小形安価に構成し得る。 更にfを大きくする必要がないので, 機関始動時に バッテリ(27)の電 圧が低下してもプランジヤ(11)を鉄心(14)に吸着しておくことができ, いわゆる, 接点(15)と(18)(19)の繰返し開閉現象を防止し得るもの である。

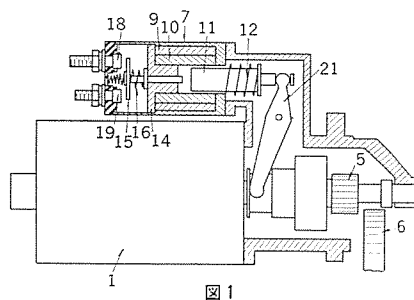


図 1

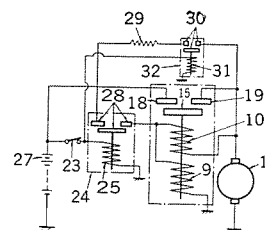


図 2

負 荷 時 タ ッ プ 切 換 器 (特許 第 881190 号)

発 明 者 樋 口 昭・古 川 一 弥

本案はサイリスタを利用した無電弧負荷時タップ切換器に関するものである。従来のタップ選択器, 切換開閉器, 限流インピーダンスを用いた負荷時タップ切換器はその開閉接点の開極時にアークを発生し, 接点が増損したり保守点検が煩雑になる欠点があった。

本案のものは図 1. に示すように, 開閉接点(11)(12)に並列にサイリスタ装置(31)(32)を接続し, これをタップ(2)(5)間に流れる橋絡電流を検出して点弧制御するようにしたものである。図中(28)はサイリスタ装置(31)(32)の制御装置, (25)(26)(27)は変流器である。

この装置の切換動作を図 2. により順を追って説明すると, まず,

図 2. (a) において負荷電流 I_L はタップ(2)からタップ選択器接点 (3)(4), 開閉接点(11), 出力端子(18)を介して流れている。こゝで補助切換接点(10)を図 2. (b)のように切換えると限流抵抗(17)を通してタップ間橋絡電流が流れる。この電流によって図 1. の制御装置(28)が変流器(26)を介して励磁され, 図 2. (c)のようにサイリスタ装置(31)を導通状態にする。次に図 2. (d)のように開閉接点 (11)を開放する。この時, 負荷電流 I_L , 橋絡電流 I_C ともサイリスタ装置(31)に転流し開閉接点(11)は無アークで開閉することができ る。この転流電流を変流器(25)により検出しサイリスタ(29)を点弧し

て制御装置(28)の出力端(36) (40)を短絡し、サイリスタ装置(31)を次の電流零点で消弧せしめる。したがって図 2. (e)のように負荷電流 I_L は限流抵抗(17)を介してタップ(5)から供給されるようになる。更に補助接点(20)を開離(図 2. (f))し、補助接点(23), (12)を順次閉成すれば図 2. (h)のように負荷電流 I_L はタップ(5)から限流抵抗を介せず開閉接点(12)を通じて負荷に供給されるようになりタップ切換は完了する。

以上のように本案によればサイリスタによる無接点切換えを可能にしたのでアークによる接点の損耗が完全に防止でき保守点検が容易になるとともに、サイリスタは常時点弧されないように構成しているため、変圧器の短絡電流等の事故電流による影響を受けにく

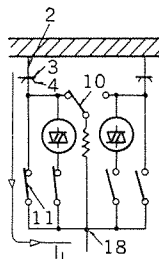
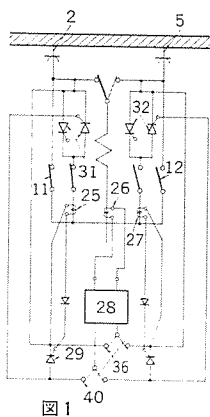


図 2 (a)

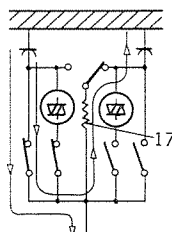


図 2 (b)

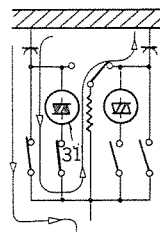


図 2 (c)

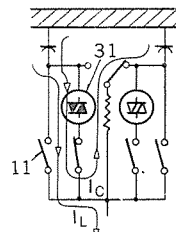


図 2 (d)

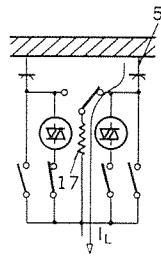


図 2 (e)

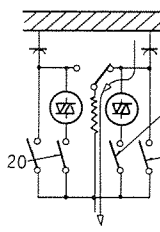


図 2 (f)

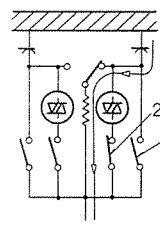


図 2 (g)

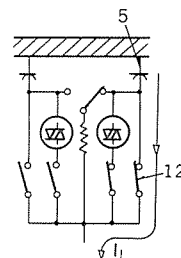


図 2 (h)

超 電 導 合 金 (特許 第 630234 号)

発 明 者 小 俣 虎 之 助・田 中 光 雄・菅 原 宏

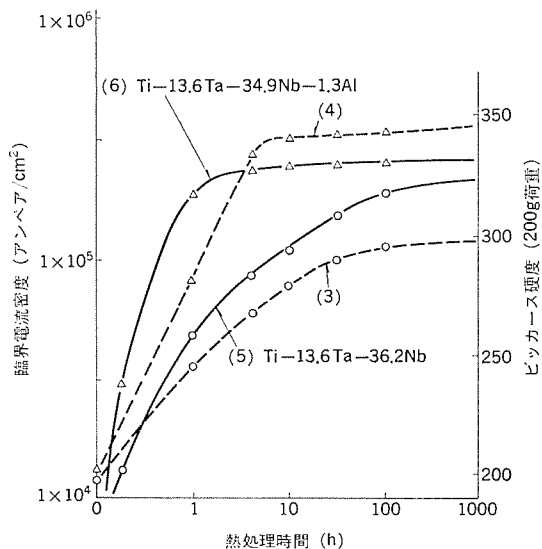
この発明は極低温において、電気抵抗を消失し、超電導磁石に使用される超電導合金に関するものである。

超電導合金としては、Ti-Ta-Nb 三元系合金が優秀であり、その臨界磁界、臨界電流密度は Nb-Zr 合金や Nb-Ti 合金に比べ高い値を有しており、またトレーニング現象や低磁界不安定性も全く示さないという優れた特性を有している。しかし、この臨界電流密度の向上は加工の中間段階、又は最終段階で熱処理を施さなければ得られず、またその熱処理時間が長いほど増大するため、所期の効果を得るためには、比較的長時間の熱処理を必要とし、また長時間の熱処理に耐える炉を必要とした。このため生産性経済性の面で好ましくなかった。

この発明は、熱処理時間が極めて短くて済む超電導合金を提供するものである。つまりその組成を重量%で、26~64.5%の Ti, 2.5~19.5%の Ta, 2.5~49.5%の Nb 及び 0.1~5%の Al とすることにより、Ti-Ta-Nb 三元系合金の超電導特性を短時間の熱処理で向上させるものである。その1例を図からみると、曲線(3)(4)は Ti-13.6 Ta-36.2 Nb 及び Ti-13.6 Ta-34.9 Nb-1.3 Al の熱処理時間に対するビッカース硬度を示す曲線であり、(5)(6)は Ti-13.6 Ta-36.2 Nb 及び Ti-13.6 Ta-34.9 Nb-1.3 Al の熱処理時間に対する臨界電流密度を示す曲線である。

この図のように臨界電流密度の増大は硬度の変化の傾向と一致しており、この発明の1例である Ti-13.6 Ta-34.9 Nb-1.3 Al 四元系

合金の臨界電流密度は熱処理時間が10時間で所定の値に達するのにに対し、従前の Ti-13.6 Ta-36.2 Nb 三元系合金は100時間経過しても増大はしているものの、上記所定値にはまだ達していない。これからこの発明の生産性経済性が極めて優秀であることが分かる。



電子制御方式ビデオカセットレコーダー

中島 治*・正田茂雄*・三橋康夫**・小島正典**・宮後俊春**

1. ま え が き

家庭用ビデオカセットレコーダー（以下 VTR と略する）は、昭和54年には生産高で前年比55%増の約3,000億円に達し、電子商品の中でも群を抜く成長をみせ本格的成長期を迎えようとしている。当社では、我が国初の5モータダイレクトドライブのVHS方式VTR 2機種HV-6000形及びHV-5000W形を製品化した。VTRは、早送り、巻もど（戻）し、停止などのテープの走行に関する操作や録画、再生操作などテープレコーダーに固有の操作機能のほかにテレビ放送の選局機能やタイマー録画機能を備えているのが通常であり、カラーテレビよりは操作が複雑である。今回製品化したVTRは、テープレコーダーとしての操作がソフトなワンタッチが可能であり、選局部には電子同調チューナーを採用しているため選局操作も容易である。また、これらの操作のリモートコントロールもできるなど操作性の優れたVTRである。

HV-6000形は、録画開始及び終了の曜日、時間とチャンネルが6組予約できるタイマーを備えた機種で、HV-5000W形は、音声多重放送の2つの音声の受信（録画・録音）と一般の音声多重テレビを用いての再生が可能となるすべての機能を持った機種である。以下この2機種の特長のある部分について紹介する。

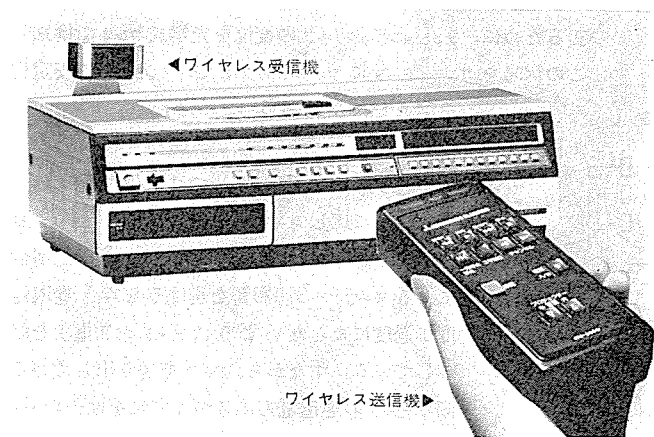


図 1. HV-6000 形 ビデオカセットレコーダー と ワイヤレスリモコンユニット

2. デッキ部の概要

2.1 5モータダイレクトドライブ方式

このVTRのデッキ部には、5モータダイレクトドライブ方式を採用している。図2.にデッキ部の回転駆動部と、5個のモータの配置を示す。ドラム、キャプスタン、サブライール台、テイクアップリール台、ローディング部の5つの回転駆動部のそれぞれに、独立したモータを配し、主要部は、ベルトを使用しないダイレクトドライブ（以下DDと略す）としている。これによって、それぞれの駆動部の要求する複雑な駆動条件と高精度の回転駆動とを可能にし、信頼性の向上を図っている。

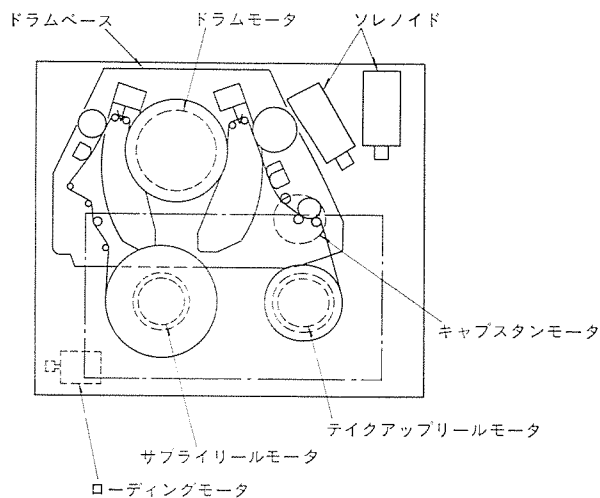


図 2. デッキ 駆動部概略図

また、ピンチローラの駆動などに、2個のソレノイドを採用し、デッキ部の駆動は、すべて電子的に制御されるメカニズムとなっている。更に、このデッキ制御は、4ビットのマイコンによって行い、動作の安定性と部品点数を削減している。また、録画、再生、早送り、一時停止、静止、コマ送り、頭出しなど多くのモードをワンタッチの操作ボタンで選択できる。

デッキ部は、メインシャーシとダイカストのドラムベースとで構成しており、テープトランスポート部は、テープの走行精度と信頼性を高く保つために、リール台部分を除いて、ドラム、キャプスタン、音声コントロールヘッド、ガイド類などをすべてドラムベース上に一体に設けている。

5モータダイレクトドライブ方式と、簡素なローディングメカニズムの採用とによって、デッキメカニズムの大幅な簡素化が達成でき、従来に比して約60%の部品点数を削減し、かつデッキ部の信頼性、生産性を大幅に向上することができた。

2.2 DD システム

2.2.1 ドラム駆動

ドラム駆動用のモータとして、下側ドラムに内蔵できる、超うす形のブラシストランジスタモータを新たに開発し、従来と同じ大きさのドラム内にモータを納めている。図3.にこのモータを組み込んだドラムアセンブリの断面を示す。

このモータは、ロータ回転に伴い、永久磁石と特殊ギャの組合せにより、各ホール素子に低周波信号と高周波信号の重畳信号を誘起する。低周波信号をロータの位置信号として分離し、これをもとにモータを3相駆動する。また、各ホール素子の出力を加算した後、高周波信号を分離してロータの速度信号が得られる。このように、モータ本体内に収納した1組の素子で、ロータの位置と速度を同時に検出できる複合センサ⁽¹⁾を開発したことにより、モータ部の厚さを8mmに

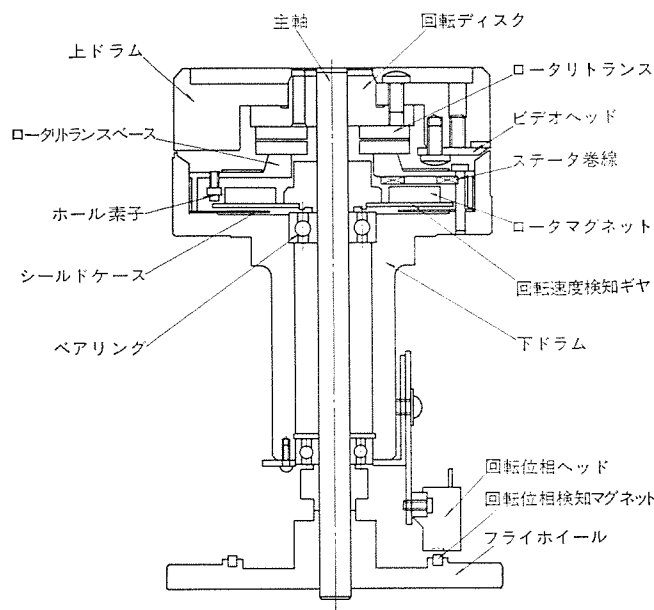


図 3. ドラムの断面図

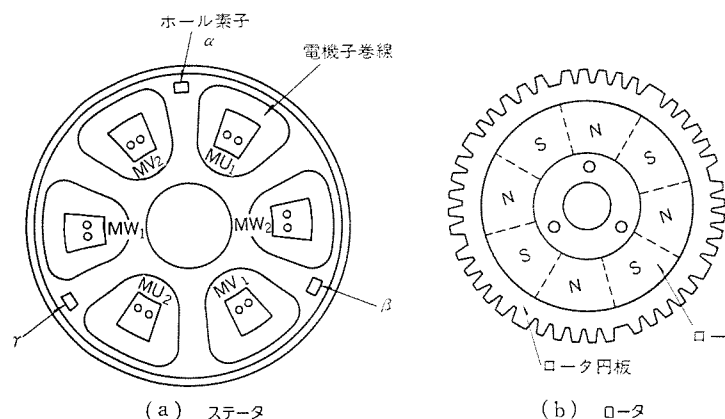


図 4. ドラムモータの構造

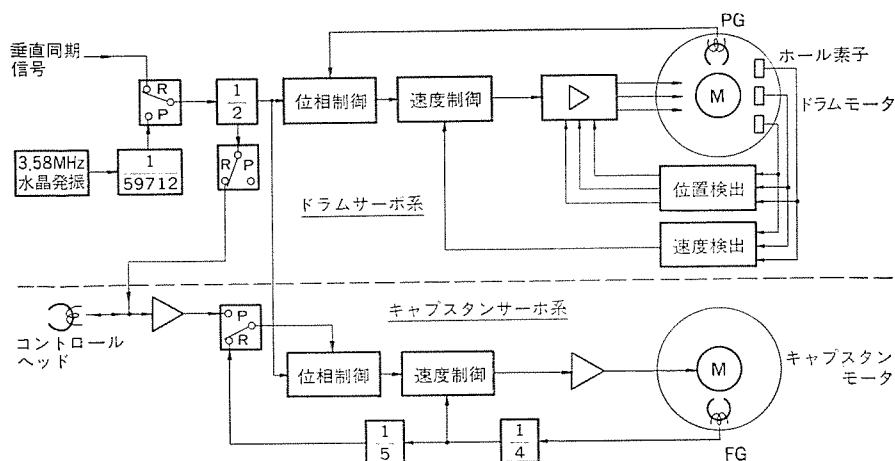


図 5. ドラムサーボ及びキャプスタンサーボのブロック図

押さえることができた。図 4. にこのモータの構造図を示す。

DD 化による回転の安定化と信頼性の向上に加え、図 5. に示すように、ドラムは水晶発振器に同期して回転するように構成したので、高精度の回転が得られる。

2.2.2 キャプスタン駆動

テープの駆動は、小形コアレス直流モータの軸をそのままキャプスタン軸として使っている。キャプスタン軸径を 4 mm としているので、モータ

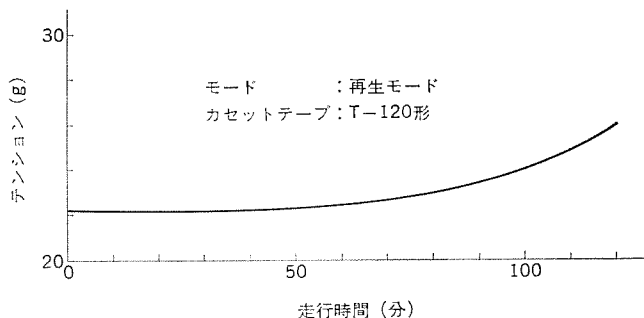


図 6. テープテンション

は 159 rpm の低速回転が必要である。このような低速回転での回転精度を向上させるために、モータ底部にはリアクタンス変化形の全周対向形速度検出器を組み込んで、この信号により速度制御を行えるようにしている。

キャプスタンモータが独立しているので、図 5. に示したように、キャプスタンサーボもドラムサーボと同じく、上記水晶発振器に同期し、再生時は、ビデオトラックのトラッキングサーボをキャプスタン系で行える。これらのサーボ系により、再生画のドット被害の減少並びにジッタ性能の向上を図っている。

2.2.3 リール駆動

リールの駆動は、ティクアップ側、サプライ側共にリール台に低慣性の小形コアレス直流モータを直結して、それぞれ独立駆動できるようにしている。これらモータは、各種モードに応じてそれぞれ適切な巻取力又はバックテンションをテープに付与する。例えば、ローディング、アンローディング又は停止のモードなどでは、各モータにそれぞれ一定電圧を印加している。

録画又は再生モードでは、テープに一定のバックテンションを与えるために、テンションピックアップの変位を光学式センサで検知し、この信号をサプライモータにフィードバックして、テンションの安定化を図っている。図 6. にバックテンション値の実測例を示す。

早送り又は巻戻しモードでは、時間短縮のために従来に比しリール回転を高速化した。高速走行中のテープを停止させる際に、リール慣性によるテープへの悪影響を避けるため、巻取速度が過度にならないようにモータ印加電圧を制御している。すなわち、テープを送り出している側のモータの逆起電力に基づく信号を他方のモータにフィードバックして、テープ速度の増大を抑制している。このようにして、早送り又は巻戻し時間は、T-120 形カセットテープにおいて、従来の 5 分から 3 分以内に短縮できた。

2.3 メカコントロール部

デッキ部の制御には、4 ビットのワンチップマイコンを用いており、2 K バイトのマスク ROM に組込んだプログラムに従って作動する。メカコントロールは、図 7. に示すように、モード入力部、センサ入力部、マイコン、制御出力部、表示部とで構成している。

モード選択は、ソフトタッチのボタン操作で行い、スイッチのマトリクス接続によりマイコンに信号が入力される。従来のメカ式ロジックと異なり、すべて電気信号で処理するので、リモートコントロールにおける入力も容易となり、また、操作の切換えは停止ボタンを押すことなく、

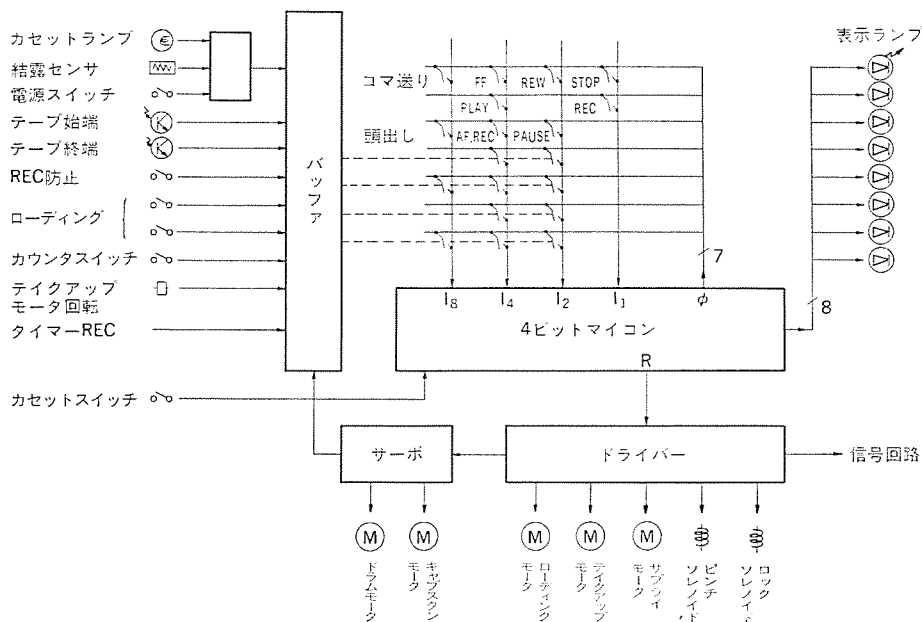


図 7. メカコントロール 構成図

ダイレクト に他の モード へ切換えることができる。

デッキ 内部には、カセット 検知、誤消去防止、ローディング 動作、テープ 始端・終端、リール 回転、結露 センサ、カウンタスイッチ など、テープ あるいは デッキ の状態を検知する センサ を設けており、これらからの信号は、マトリクス 変換回路を経て、モード 選択の スイッチ と同様に マイコン に入力される。この センサ 信号により、デッキ 側の状態を判断し、あるいは メカニズム の駆動 シーケンス に従って、マイコン から デッキ の各駆動部 へ制御信号が送られる。例えば、テープ が終わりまで送られると、リーダーテープ を光学式 センサ が検知し、停止 モード の命令が出され、その後、自動的に巻戻し モード となる。

これらの制御出力により制御されるものは、サプライモータ、テイクアップモータ、ローディングモータ、ドラムモータと、2 個のソレノイド及び信号、サーボ などの回路電源である。

3. 特長のある回路

3.1 静止コマ送り回路

本機では、FM 変調した信号にカラー 信号を重畳して、図 8. のように テープ 長手方向に対して約 6 度傾斜した ビデオトラック 上に記録している。1 本の ビデオトラック は、1 フィールド(注 1) に対応しており、58 μm 幅で相隣る トラック と密接している。1 フレーム(注 2) の絵はヘッド 1 及び 2 のそれぞれのビデオヘッド を用いて ch1 及び ch2 の 2 本のビデオトラック に分けて記録している。これら 2 つのビデオヘッド は図 8. 中に示すように ギャップ 角度が ± 6 度、トラック 方向と異なっている。これは再生した場合、ヘッド 1 で ch1 のトラック を再生すれば角度は記録・再生とも同じであるためアジャス 損失は発生しないが、隣接した ch2 のトラック を誤って再生すれば、12 度の角度差のため輝度信号のアジャス 損失量が大きくなりクロストーク が軽減できるようにしたためである。

静止画再生は、テープ の走行を停止させ、1 フレーム (すなわち 2 フィールド) を繰返し再生することによって実現する。テープ 走行が図 8.

(3) の位置停止している場合、ビデオヘッド の軌跡は相対的に (3) のように傾きかつヘッド 1 で記録された ch1 のトラック 上を十分にトレースすることはできないため、再生静止画面は ノイズ を含んだものとなる。綺麗な静止画を得るためには、記録されたトラック 幅 58 μm より広いビデオヘッド (70 及び 90 μm) で記録及び再生を行い、かつテープ を微小量走行させ (4) の位置に移動させる微細な制御を行うことが必要となる。(4) の位置ではほぼ全面的にわたってヘッド 1 (あるいは 2) は、ヘッド 1 (あるいは 2) で記録されたトラック 上をトレースし、ノイズの少ない静止画面の再生が行われる。このような最適位置にテープ を停止させるには、テープ 走行をいったん停止した後、再生信号レベル が下がって発生する ノイズ が、再生画面の垂直帰線期間に設けた基準位置信号と一致するまで微小走行を繰返させ、一致した場合に完全に走行を停止させる方式を用いている。更にこのように垂直帰線期間には ノイズ があるから、再生信号に新たな疑似垂直同期信号を付加して、垂直同期が不安定になるのを防いでいる。

コマ 送りは静止画再生の状態から一定距離 (約 1.8 フレーム) のテープ

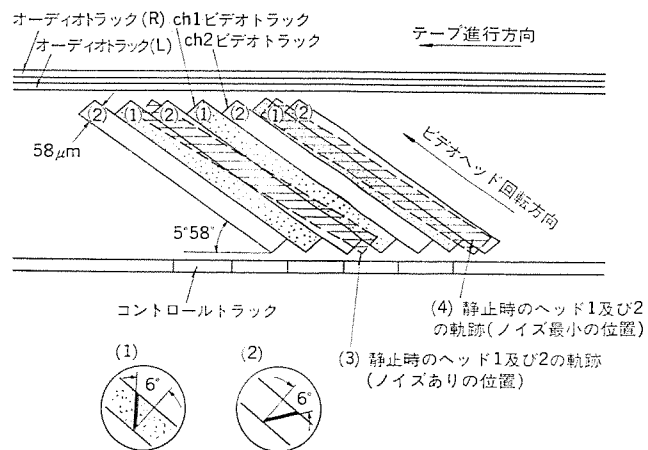


図 8. 磁気 テープパターン と静止時の ビデオヘッド の軌跡

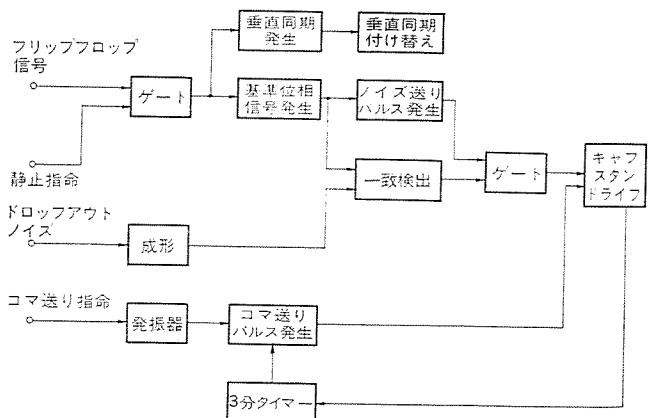


図 9. 静止コマ送り部ブロック図

(注 1) 1 枚の絵であるが走査線数は半分の 262.5 本の不完全な絵である。

(注 2) 走査線 525 本の完全な絵である。

走行を強制的に行わせることにより実現する。こうすると、静止画再生の場合のノイズに基準信号が一致なくなるため、次に一致するまで自動的に微量のテープ走行を行い1コマ(2フレーム=4フィールド)進んだ静止画となる。

コマ送りボタンは押し続けている間約1秒に1回のコマ送りを繰り返す。手を離すとその時の静止画再生となる。更にボタンを1回ずつ押すとそのたびに1コマずつのコマ送りを行う。

以上が静止画再生、コマ送りの原理であるが、テープを長時間一定位置に停止させて再生すると、ビデオヘッドとテープの接触により、テープを傷つける恐れがあるため、1画面の静止再生が約3分を超えると、自動的に1コマのコマ送りを行い、テープを傷つけることを防いでいる。

3.2 音声多重回路 (HV-5000 W 形)

HV-5000 W 形は音声多重のデコーダ、エンコーダを内蔵しており、録音再生回路にはドルビー回路(Bタイプ)を採用しS/N比の向上を図っている。

音声多重放送の音声信号は、図10.に示すように内蔵のデコーダにより2チャンネルの音声信号に分離し、それぞれ録音再生される。再生信号はエンコーダで音声多重信号になり、RFコンバータからテレビ受像機に送られる。

デコーダ部には、当社IC-M51371Pを使用し音声多重の復調を行っている。記録音声は、モード切換スイッチにより両チャンネルとも主音声あるいは両チャンネルとも副音声(外国語)という選択も可能で、アフレコ選択機能との組合せで幅広い音声編集ができる。

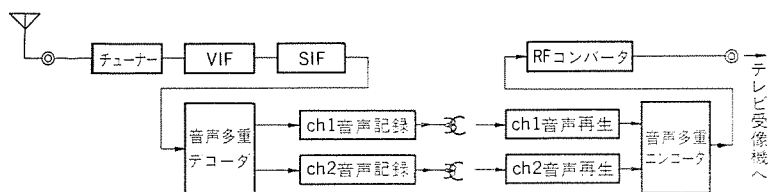


図 10. HV-5000 W 形音声信号系 ブロック 図

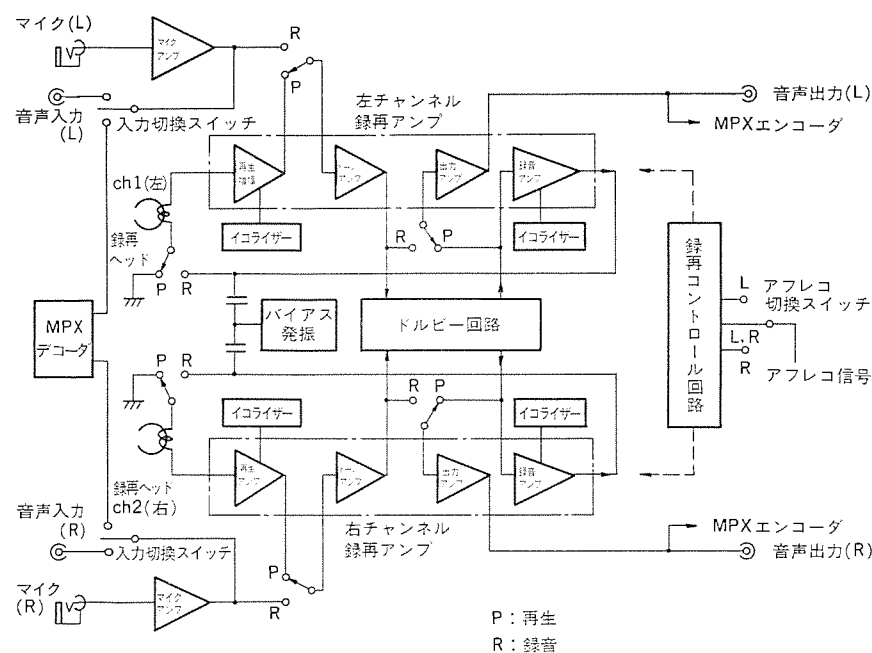


図 11. HV-5000 W 形音声録再回路 ブロック 図

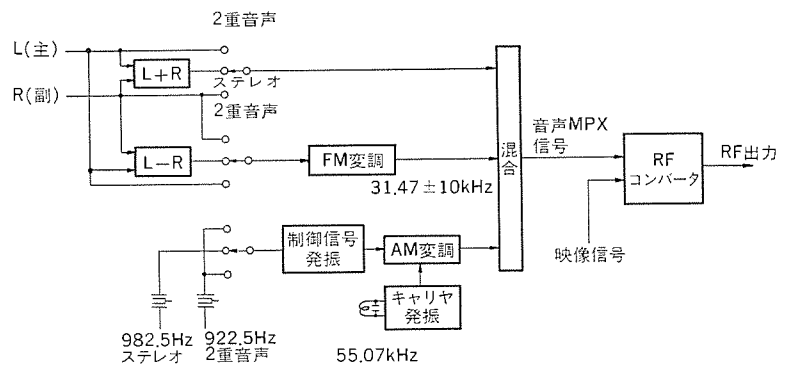


図 12. HV-5000 W 形音声多重 エンコーダブロック 図

録音再生回路は、図11.のような構成であり、ヘッド部の録再切換部は、一部リレーを用いている外はすべて電子スイッチ化し高信頼化を図っている。本機では録再切換コントロールをチャンネルごとに独立させ、アフレコ切換スイッチにより、左右いずれのチャンネルへもアフレコができるようにしている。ドルビー回路は1ICで構成しており、録再切換えにはC-MOSアナログスイッチを用いた。

エンコーダ部はステレオ2重の切換マトリクスと副チャンネル音声FM変調器と制御信号発生器とから成り、それらの出力を合成してマルチプレクス信号としている。このマルチプレクス信号は、RFコンバータでFM変調されて、音声多重放送と同様のRF出力となるので、録音された2チャンネルの音声は、一般の音声多重テレビを用いて再生することができる。

3.3 チャンネルプログラムタイマー (HV-6000 形)

チャンネルプログラムタイマーは、テレビ放送を自動的に録画しておき、ユーザーの生活ペースに合わせてテレビ番組を楽しむ機能を提供することができる。図13.にその構成を示す。

このタイマーは、マイコンを中心にキー、表示器、センサ信号、被制御回路などから構成し、キーと表示器は操作する人との間のインタフェース、また、センサ信号や被制御回路はVTR本体とのインタフェースである。

ユーザーは、希望する番組が放映される曜日、時刻(開始及び終了時刻)、チャンネル番号などの予約情報をキーよりインプットする。予約情報は、曜日、時刻、チャンネル番号を組とし、6組の情報を予約することができる。キーには、予約情報のインプット用のほか予約情報の記憶メモリ選択用、現在時刻設定用など合計15個のキーがある。

これらのキーは、マトリクス状に接続し7本の走査線によって順次走査し、マイコンの入力信号として処理する。マイコンは、押されたキーの内容を表示し、押し続けている間一定時間ごとに内容をシフトする。したがって曜日指定(毎日の指定を含む)は、1個のキーを用いて選択することができ、キー選択のわずらわしさから解放される。

表示器は、現在時刻と予約時刻表示とに分け、わかりやすい表示にしている。予約時刻表示器には、予約情報の記憶メモリ選択用のキーを押

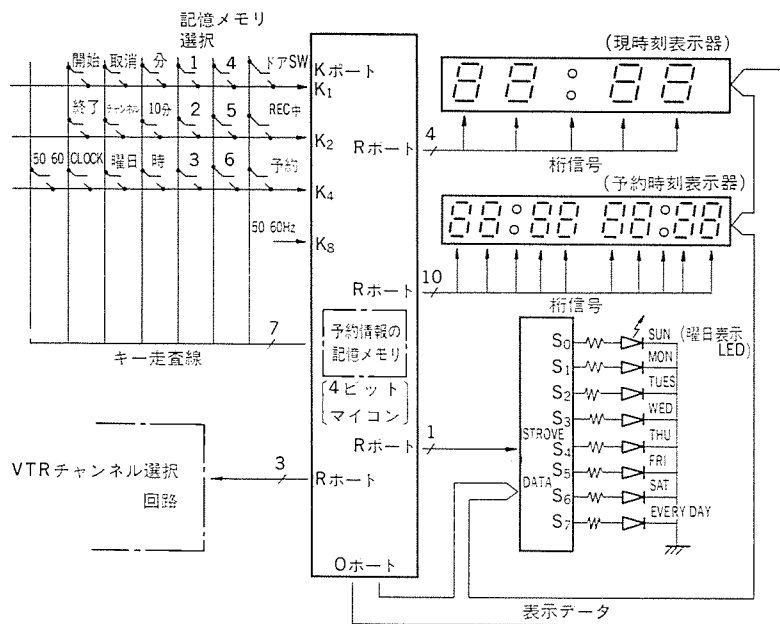


図 13. チャンネルプログラムタイマー 構成図

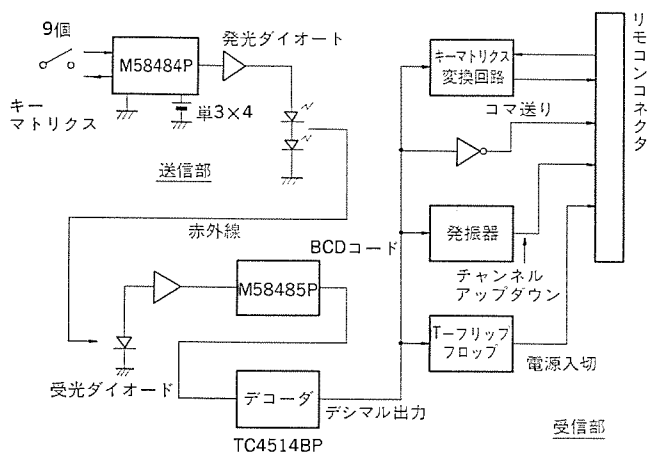
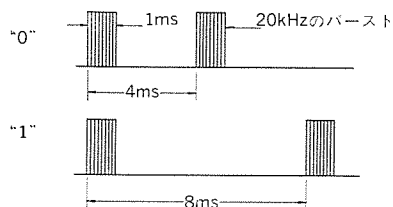


図 14. ワイヤレスリモコンのブロック図



参照し	000010	コマ送り	101010
再生	100010	録画	011010
早送り	010010	電源	111010
停止	110010	チャンネルダウン	000110
一時停止/静止	001010	チャンネルアップ	100110

図 15. PCM 符号表

すことにより、メモリの記憶内容を表示することができ、予約内容の

確認や変更に便利である。

マイコンは、予約情報のすべてと現在時刻とを比較し、一致すればチャンネル選択用信号をコード化したパルス信号として、チャンネル選択回路へ供給し、また、録画動作に必要なメカコントロール信号を送り出す。使用したマイコンは、4ビットのワンチップマイコンであり、制御プログラムの長さは2キロバイトである。

3.4 ワイヤレスリモートコントロール部(別売り)
HV-6000形及び5000W形は、我が国で当社だけのワイヤレスで主要10機能のリモートコントロールが可能である。

送信器は、9,200Åの赤外線を媒体としてチャンネルアップ及びダウン、再生、録画、停止、一時停止/静止、早送り、巻戻し、コマ送り、電源入・切の指令をVTRに与える。到達距離は10mである。

送受信器の構成は図14.のようになっている。送信器は図15.のように符号化した電流を発光ダイオード

に流し、発光させて行っている。電源電流はピークで500mA、平均15mA程度であるが、キーを押さないときにはC-MOS-IC M58484Pが発振停止し、10μA以下になるよう回路を構成しているので電源スイッチは不要である。

送信された赤外線は、受光ダイオードで電気信号に変換された後M58485PでPCM符号が解読し、更にTC4514BPによってデシマル出力化する。デシマル出力は次のように各回路を制御する。

電源出力 : Tフリップフロップを介して制御することにより送信する度に開閉が反転する構成としている。

チャンネルアップダウン出力 : 出力が持続している間0.25秒ごとにパルスが発生させて、その度にチャンネルを進める。

コマ送り出力 : バッファを介して直接コマ送りを制御する。

その他の出力 : キーマトリクス変換回路で、マトリクススイッチを作動させる。マトリクススイッチは、リモコンコネクタを介してメカコン回路に接続しているので、本体と同様な操作がリモートコントロールで可能となる。

以上は、ワイヤレスリモートコントロールについて述べたが、これと同じ10機能のワイヤードリモコンも別売ユニットとして製品化している。

4. む す び

これらのVTRは、昭和54年8月から国内向けに出荷を始めたほか、米国、中近東及び欧州向けに輸出を進めている。今後、当社独自の5個のモータが独立、かつ高精度に駆動できる特長を更に発展させて、記録時間の長時間化や絵を見ながらテープの頭出しが可能なスピードサーチ機能の付加などを行っていく考えである。

参 考 文 献

- (1) 打田, 山崎, 三村: 無整流子電動機における位置及び速度の複合検出法, 昭54電気学会全国大会

ドップラレーダ車両感知器用プリント化スロットアレイアンテナの試作

片木孝至*・真野清司**・沼崎 正**・斉藤光夫***

1. ま え が き

10 GHz 帯のガン発振器を用いたドップラレーダ方式の可搬形あるいは固定形の車両感知器に使用するアンテナとして従来はパラボラアンテナやホーンアンテナが用いられていたが、運用時の取扱いやすさや重量の点から装置全体の小型軽量化が要求されており、特にアンテナを薄形でかつ軽量のものにする必要があった。平面状の薄形軽量のアンテナとしては導波管スロットアレイアンテナやプリント化スロットアレイアンテナなどがある。それらのアンテナのうちプリント化スロットアレイアンテナはスロット放射部及び給電回路部を1枚の両面銅張誘電体基板の表裏にフォトリソ加工して得られるので製作が容易で量産に適し、低価格で製作できるという利点がある。そこで、ここでは片面放射とするために基板後方へ反射板を取付けたプリント化スロットアレイアンテナを採用した。この種のアンテナはこれまで12 GHz帯のSHF放送受信用や放送衛星受信用として試作結果が数例報告されている⁽¹⁾⁽²⁾。

この報告では10 GHz帯のドップラレーダ車両感知器用アンテナに適した特性を有するプリント化スロットアレイアンテナの設計法及び試作結果について述べる。

2. 概 要

車両感知器用のアンテナに対しては発振器出力を安定にするために入力VSWR (Voltage Standing Wave Ratio) が小さいことや十分な車両感知距離をとるために高利得であること、更に誤感知を防ぐために目標以外の車両や地面などからの不要反射波の受信レベルが小さくなるように水平面内及び垂直面内放射パターンのサイドローレベルを低く抑えることなどが要求される。使用周波数は10.525 GHz±15 MHzで偏波は垂直である。主な目標性能を表1に示す。なお、H面は水平面、E面は垂直面に対応している。

表 1. 目標性能

ビーム幅	H 面	10° 以下
	E 面	14° 以下
サイドローレベル	H 面	-20 dB 以下
	E 面	-20 dB 以下
利得	21 dB 以上	
V S W R	1.3 以下	

3. 設 計

3.1 放射素子の設計

放射素子はマイクロストリップ線路給電による反射板付きのスロットアンテナ⁽³⁾である。試作したスロットアンテナの外観を図1に示す。スロットは50 Ωのマイクロストリップ線路とインピーダンス整合をとるために給電点をスロット中央からずらしてオフセット給電されており、スロット給電点はスルーホール (through-hole) めっきによって表裏の銅はく(箔)を短絡

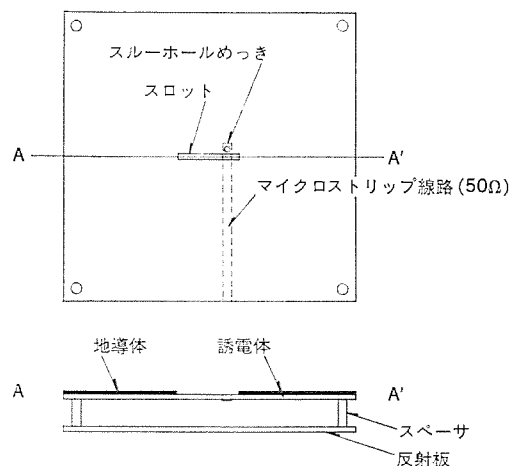


図 1. スロットアンテナ

してある。スロット長及び給電点位置を変えて最良の素子寸法を実験的に求めた結果、10.2~10.8 GHzで入力VSWRが1.15以下のスロットが得られた。なお、使用した基板は比誘電率が2.5、誘電正接が0.0025のガラス繊維強化4フッ化エチレン樹脂銅張り積層板であり、以下のアレイアンテナに使用した基板も同一である。

3.2 アレイアンテナの設計

放射素子の配列は一般的な四角配列とした。まず素子数を決定するために素子給電振幅分布をサイドローレベルの目標値-20 dBに対してここでは-30 dBのドルフチェビシェフ分布とすると、ビーム幅BWとアンテナ長Lには次の関係がある⁽⁴⁾。

$$BW = \frac{60}{(L/\lambda_0)} \quad (\text{度}) \quad \dots\dots\dots (1)$$

ただし、 λ_0 は自由空間波長である。目標とするビーム幅を式(1)に代入すれば、水平、垂直各方向のアンテナ長 L_x 、 L_y は次のようになる。

$$L_x \geq 6.0 \lambda_0, \quad L_y \geq 4.3 \lambda_0 \quad \dots\dots\dots (2)$$

今回の設計周波数は10.525 GHzであるから λ_0 は28.5 mmとなり L_x は171 mm以上、 L_y は122 mm以上となる。各スロットは基板裏面のマイクロストリップ線路によって同相で給電する必要があり、線路(50 Ω)の波長短縮率は69.4%であるから所要素子間隔は19.8 mmとなる。今回の基板の許容寸法は約230 mm×170 mmであるため水平、垂直方向で偶数個の素子数を考えて水平方向10個、垂直方向8個の80素子アレイアンテナとした。

マイクロストリップ線路によるスロット給電回路は図2に示す構成とした。x方向(水平方向)の分配器はT分岐の組合せ、y方向(垂直方向)は十字形3分岐の組合せであり、順次入出力端に近いスロットから給電していく方法である。y方向給電線に隣接する各スロットはy方向マイクロストリップ線路地導体に流れる電流を切る方向に設けられている。これらのスロットと給電線との結合を避けるため、x方向の素子配列の間隔は中央部で他よりも広げている。また $y > 0$ と $y < 0$

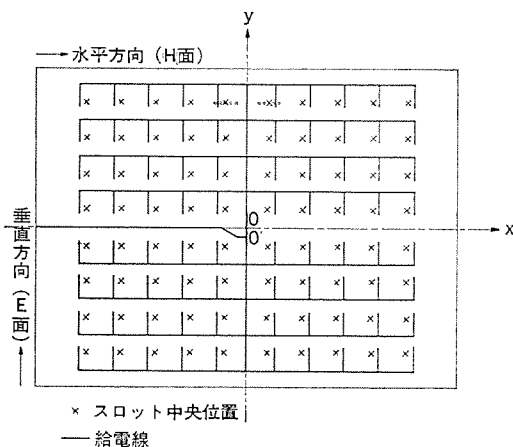


図 2. 給電回路の構成

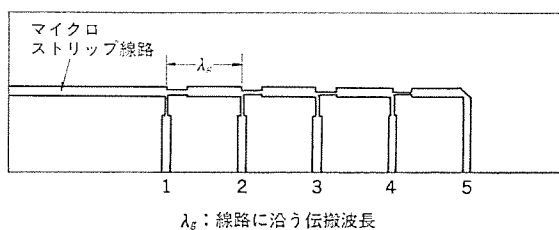


図 3. x 方向電力分配器

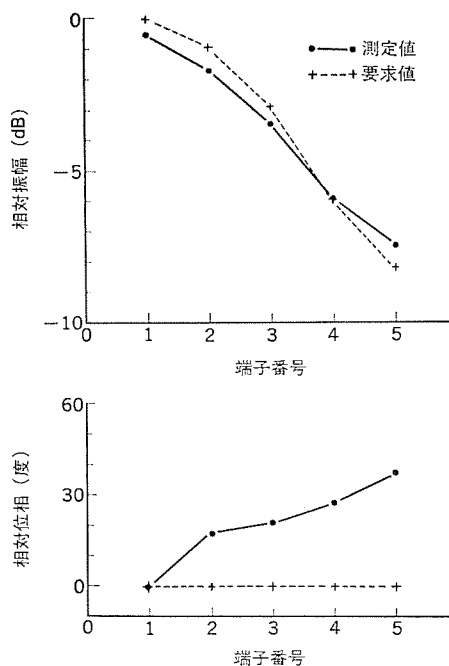


図 4. x 方向電力分配器の特性

の範囲にあるスロットはx軸上の給電線と近接スロットとの間隔を広げる目的で互いに逆相で給電しており、この逆相を補正して同相とするためにy方向給電回路の中央部には図2.の00'に示すような半波長の線路長差をつけてある。

x方向の振幅分布は中央の2素子の間隔が他と異なるのでCosine² on a pedestal 分布を用い、かつ中央の2素子の離隔によるサイドローレベルの上昇を補償するために中央の2素子の振幅を調整した。一方、y方向の振幅分布は-30 dBのドルフチェビシェフ分布を用いた。このような分布を用い、素子パターンとして半波長スロットのパターンを入れて計算した結果、H面(水平面)でビーム幅10°, サイドローレベル

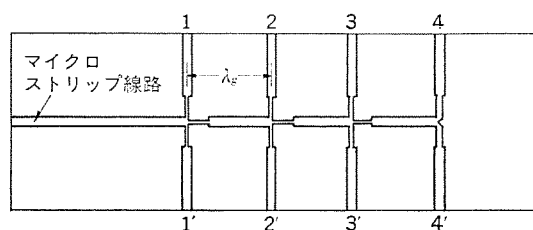


図 5. y 方向電力分配器

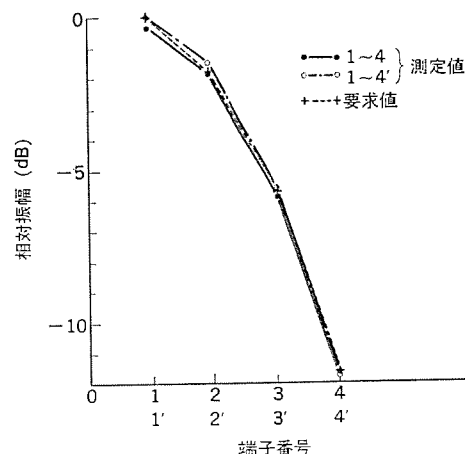


図 6. y 方向電力分配器の特性

-23.2 dB, E面(垂直面)でビーム幅12.2°, サイドローレベル-30 dBの値が得られた。

以上の考察を基にしてx方向及びy方向の給電回路の部分試作を行った。x方向給電回路はy軸に関して対称かつ各段で同一であるので図2.の右上部に相当する図3.に示すような5分配器を試作した。各端子における振幅、位相の測定結果を図4.に示す。設計値に対する相対振幅の誤差は±0.7 dB以内、相対位相のずれは各端子ごとに平均9.4°の進みであった。一方、y方向給電回路は図2.の上半分に相当する図5.に示すような8分配器を試作した。振幅、位相を測定した結果、図6.に示す値が得られた。設計値に対する相対振幅の誤差は±0.2 dB以内であり、相対位相のずれは各端子ごとに平均11.6°の進みであった。x, y方向の各試作給電回路の入力端から各出力端までの損失の平均値はそれぞれ約1.5 dB, 入力VSWRは1.25以下の値が得られた。

以上の部分試作結果を基にして給電回路を設計した。x方向給電回路はパターン計算時の修正したcosine² on a pedestal分布を用い、y方向給電回路は-30 dBのドルフチェビシェフ分布を用いた。なお、x, y方向共に各素子を同相で給電するために図4., 図6.の位相ずれを補正するための素子間給電線路長補正を行った。

4. アンテナの外観

試作した基板のスロット面及び給電回路面の外観を図7.及び図8.

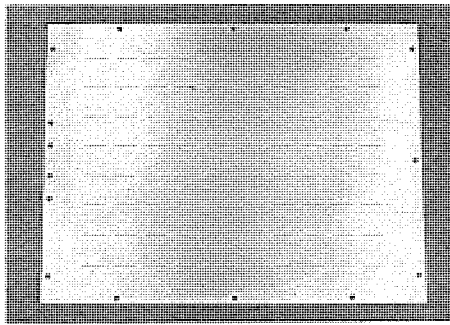


図 7. 基板外観 (スロット面)

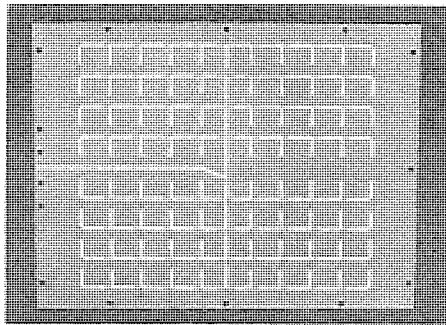


図 8. 基板外観 (給電回路面)

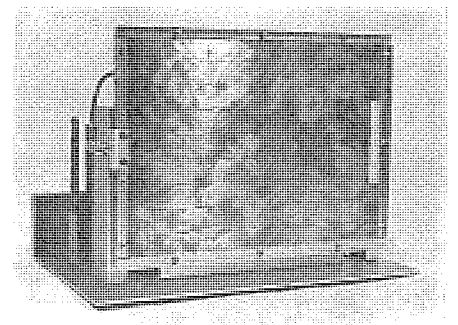


図 9. 実装時の外観

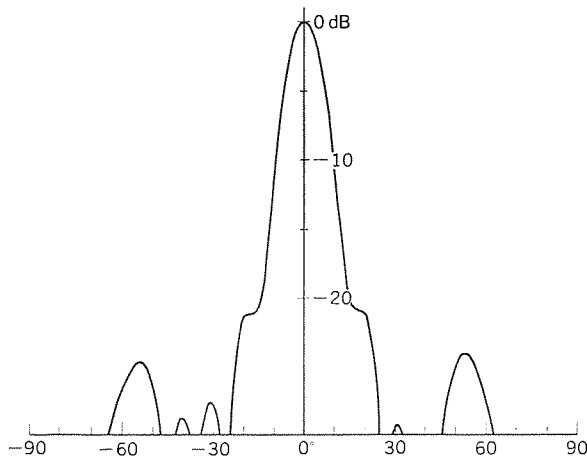


図 10. H 面放射 パターン

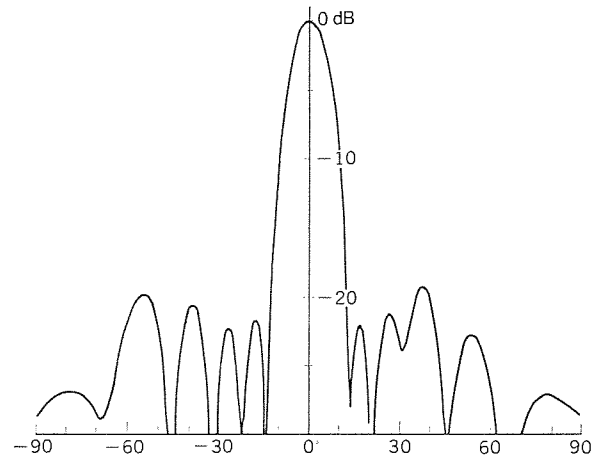


図 11. E 面放射 パターン

に示す。アンテナは更に基板後方 7 mm (1/4 波長) の位置に反射板を取付けて構成しており、他の電子機器と組合せた実装時の外観を図 9. に示す。実際の使用時には更に前面 レードム 付きの収納 ケースに収められる。

5. 特性測定結果

基板に接続した入出力接せん(栓)座の位置での入力 VSWR は給電線路に整合 スタブ を設けてインピーダンス整合をとった結果、10.51～10.54 GHz の周波数範囲内で 1.3 以下の VSWR が得られた。

10.525 GHz における主要実測性能を表 2. に示す。目標値に近い性能が得られており、いずれも実用に供し得る値である。H 面及び E 面の放射 パターン 測定結果を図 10., 図 11. に示す。サイドローベ

表 2. 実測性能 (周波数 10.525 GHz)

ビーム幅	H 面	10.5°
	E 面	11.7°
サイドローレベル	H 面	-20.6 dB
	E 面	-19.2 dB
利得	21.8 dB	
V S W R	1.1	

ルは H 面, E 面共に設計値と差がある。この原因としては給電回路でのスロット 給電電流分布の誤差やスロット 間の相互結合による給電振幅, 位相の乱れが考えられる。

6. む す び

10 GHz 帯のドップラレーダを用いた車両感知器用のアンテナとして薄形の構造である プリント 化 スロットアレイアンテナを試作し、目標をほぼ満足する特性が得られることを確認した。なお、今後の課題としてインピーダンス 整合帯域の広帯域化の検討などを行う予定である。

参 考 文 献

- (1) 杉田：SHF 放送受信用 スロットアレイアンテナ，放送技術，31，89 (昭 53)
- (2) 中岡，吉原，伊藤，松本：マイクロストリップラインスロットアレーを利用した多素子平面アレー，信学総全大，S6-3 (昭 54)
- (3) Y. Yoshimura：A microstripline slot antenna, IEEE Trans., MTT-20, 760 (1972)
- (4) T. T. Taylor：Design of line-source antennas for narrow beamwidth and low side lobes, IRE Trans., AP-3, 16 (1955)

データベース自動設計・自動生成プロセッサMADAM

中村 晋*・水沢 勝治*

1. ま え が き

1980年代は、本格的なオンラインデータベースシステムの時代になり、データベース管理システムは、コンピュータシステムの中心的構成要素の1つになってきた。

データベースの適用分野の拡大と、それに伴うデータベース利用層の拡大は、従来のシステムとは全く異なった新しい情報の利用形態を作りだそうとしている。データ処理部門では、これらの新しい利用形態に対処し、データベースの情報を容易に活用できるシステムを構築していかなければならない。

しかし、今日、ほとんどのデータベースシステムは、試行錯誤に基づいて構築されており、より良いデータベースシステムを設計することは、多くの経験と勘に頼らねばならないのが現状である。そして、ユーザーはパフォーマンス、データベースの設計、データベースの活用など、多くの面で問題を抱えている。

これらの問題を少しでも解決するために、開発期間の短縮及び開発経費の低減化によるマンパワーの削減、データベースシステムパフォーマンスの向上、エンドユーザー機能の充実を指針に《MELCOM》データベース設計開発ツールを開発した。以下その内容を紹介する。

2. 概 要

《MELCOM》データベース設計開発ツール MADAM (Melcom Advanced Design Aid for Data Management) は、データベースアプリケーションシステムの開発における、生産性向上のためのツールである。

普通、データ処理部門では、多くのエンドユーザーからの要求により、いろいろなシステムの開発を行っている。通常、システムの開発にはシステムの設計からはじまり、プログラム開発、テスト及び運用にいたる作業が必要であり、EDP要員の不足を考慮すると大きな負担である。それにもまして、データベースを導入することになると、それに関する専門知識が必要になり、そのような人員を育成しなければなら

らず、大変な費用と時間がかかることになる。

図1.に示すように、データベースのアプリケーションシステムを開発するには、要求定義技術から設計技術、プログラム作成技術、テストデバッグ技術、運用保守技術が必要である。

現在、世の中には、それら各技術分野において、一般的に普及しているソフトウェア生産性向上ツールがあるが、MADAMが目指したものは、設計から評価、開発、テストにいたるまでの自動化、プログラムレス化、ドキュメントレス化であり、それを支援するツールを作成することであった。

これらの方針をもとに開発したMADAMには、次に示す3つの主要な生産性向上のための機能がある。MADAMを構成する機能を図2.に示し以下に記述する。

(1) データベース自動設計

現在、データベースの設計は、経験と勘をもとにした試行錯誤的な手順に頼っているのが現状である。また、設計にはデータベースに十分な知識をもった要員が必要であり、かつ、膨大な「金」と「時間」を必要としている。このような試行錯誤的なデータベース設計から脱却し、開発コストを削減するためにはコンピュータを利用した、人間と

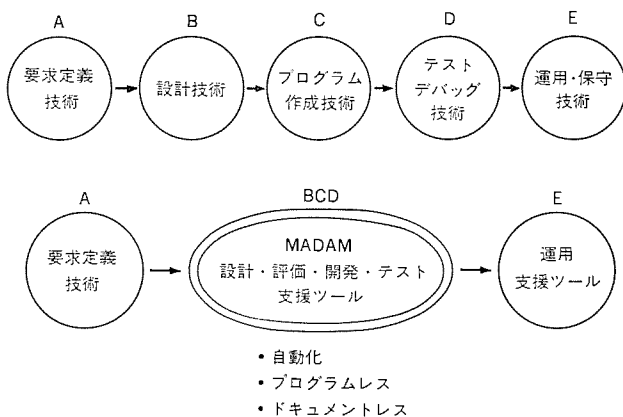


図1. ソフトウェア生産性向上の機能と MADAM

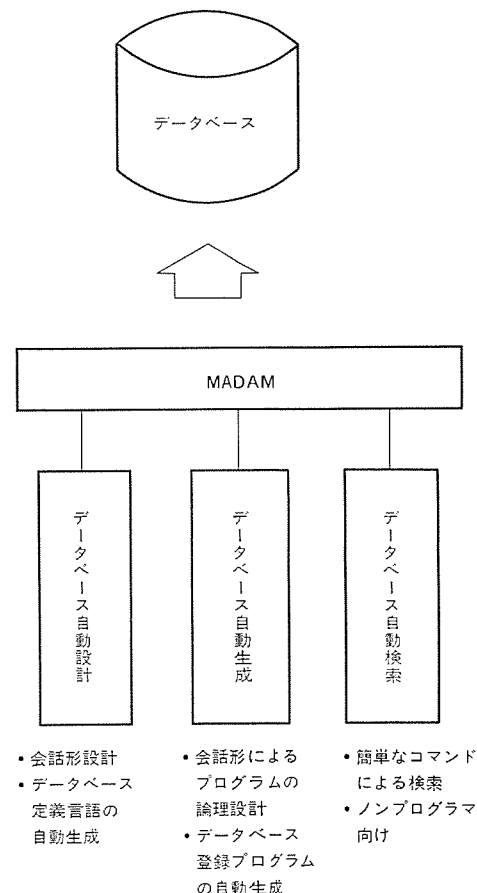


図2. MADAM 構成図

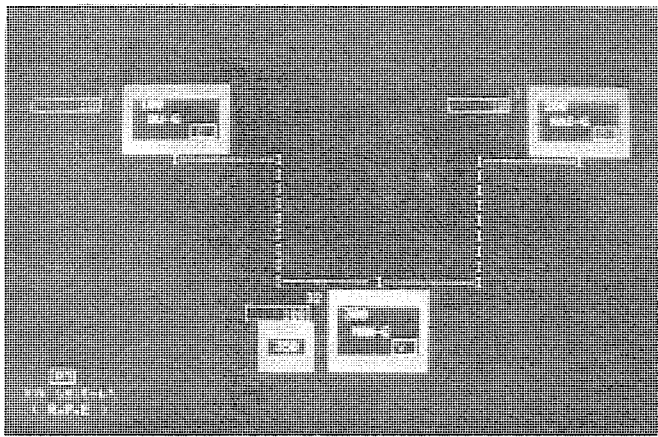


図 3. データベース設計 CRT 画面図

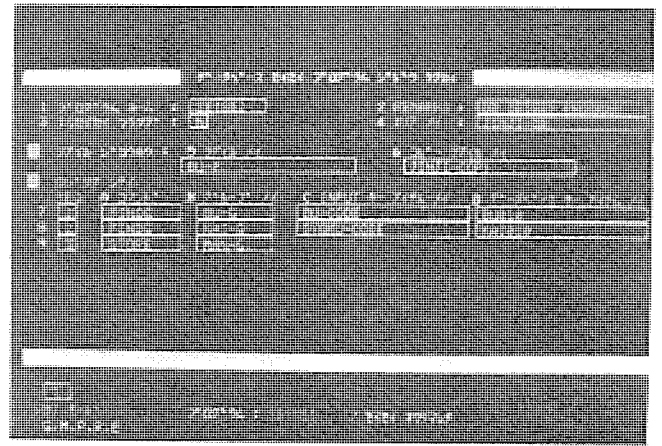


図 4. プログラム生成 CRT 画面例

機械によるデータベース設計を指向しなければならない。

その第 1 歩として、データベース定義言語を詳しく知らなくてもグループ情報、セット情報さえ指定すれば、データベース定義をオンライン会話形で、CRT 画面を見ながら容易に行いうるソフトウェアを開発した。図 3. は、その CRT 画面の一部であり、2つの親グループと1つの子グループを関連づけて設計した例である。これにより、データベースの単純構造から、階層構造、ネットワーク構造にいたるまでの複雑多岐にわたる論理設計が行え、また、データベースの容量も自動的に算出し、EDMS (Extended Data Management System) のデータベース定義言語である DDL (Data Base Description Language) を自動的に生成することができる。

(2) データベース自動生成

現在、データベースの生成にあたっては、データベースに習熟したユーザー（又は、プログラマー）がデータベース操作言語ルーチンを使用して、生成プログラムを作成しなければならない。

その際、通常のシステムのプログラムを作成すると同様に、設計、仕様書作成、プログラムコーディング、デバッグなどの作業を行わなければならない。このような煩雑さをなくすために、生成するグループの論理的順序さえ指定すれば、データベースを生成するためのプログラムがダイレクトにゼネレートされ、かつ、パッチ及び TSS (Time Sharing System) で自動的にデータベース生成をするソフトウェアを開発した。図 4. は、この CRT 画面の一部であり、データベース登録プログラムのロジック設計を行っている例である。

プログラムの名前、使用するデータベース名、入力データのファイル名及び、データベースを生成するグループの名前を指定すれば、自動的に1つ又は複数のプログラムをゼネレートすることができる。

(3) データベース自動検索

データベースの投資効果は、データベースに格納されているデータの活用により生み出された利益によって決定される。このため、情報要求を持つエンドユーザーが、データ処理部門の援助なしに直接データベースの中から目的のデータを取り出し、活用できる必要がある。

当社の CODASYL 形データ管理システム「EDMS」が、提供するエンドユーザー言語 IDP (Interactive Data base Processor) は、エンドユーザーの人々が直接、端末装置から自由にデータベースの内容を活用できるようになっている。これは、従来のシステムに比較し、会話形式で情報検索を容易に行うことができ、データベースをデータ処理部門の独占から広くエンドユーザーに解放することを意図している。企業を構成

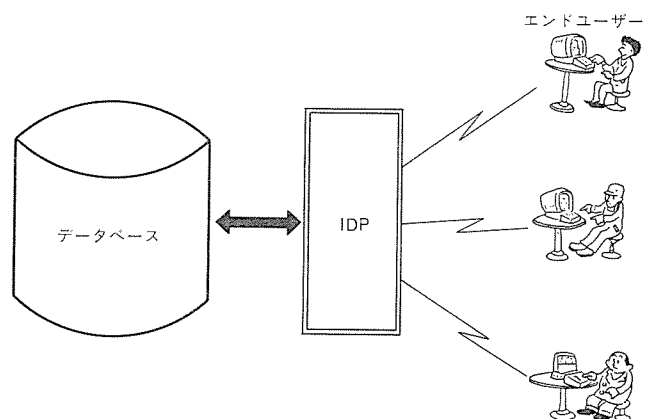


図 5. IDP 会話形処理の例

する人々が共通のデータベースを基に物事を考えられるようになり、人、物、金の総合的な運用が可能となる。このエンドユーザー機能こそ利益を生み出すツールとなりうるのである。

これを自動設計、自動生成と結びつけて利用することによりユーザーは大きな生産性向上の利益を得ることができる。

図 5. に IDP の利用例を示す。エンドユーザーの人が、直接オンライン端末よりコマンド入力するだけでデータの検索を行うことができる。例えば、“DISPLAY アイテム名1 アイテム名2……”だけで、知りたい情報を検索できる。

3. MADAM の効果

コンピュータに関する技術開発のうち、ハードウェアについてはめまぐるしい技術革新により格段の進歩がみられるのに反して、ソフトウェア開発については、旧態のままの労働集約的な作業体制で、1品1品をその都度手作業方式で作成していたため、ソフトウェア開発、生産の効率が極めて低い。

MADAM は、この問題を解消するためにソフトウェアの生産性を向上し、ソフトウェア開発コストの引下げを図ったものである。その直接の効果を以下に記す。

(1) データベースの作成期間・工数の短縮(従来に比べて数分の1に

削減されるであろう)。

(2) データベース処理プログラム作成の省力化(プログラムの作成を不用にすべくプロセッサを用意している)。

(3) エンドユーザーへのデータベースの解放(必要な情報を、必要な時に、プログラムを作成しなくても入手できる)。

4. MADAM による生産性向上事例

これまでに作成したデータベースシステムの開発の期間と人工を、MADAM を利用した場合とそうでない場合とでの比較を表 1. に示す。

表 1. には、データベースの設計から生成・検索にいたるまでの作業を、3 ケースについて比較している。

(1) MADAM を使用した場合……………A・B ケース

(2) データベース定義は手作業、生成・更新プログラムはコーディング、検索プログラムは IDP を利用した場合……………C ケース

(3) データベース定義は手作業、生成・検索プログラムはコーディングした場合……………D ケース

これによると、MADAM を用いた場合 A・B ケースは、従来の手作業方式 D ケースと比較して、開発人工は数 10 分の 1 に削減され、開発期間は、1 週間かかるものが 1 日でできることになる。

MADAM は、データベース構造が複雑になればなるほど、また、データベース上のグループ数が増えれば増えるほどその効果を生かし、真価を発揮することが期待される。

5. む す び

今後、ハードウェアについては、技術革新によるコストダウンが図られているのに対し、ソフトウェアについては、情報処理形態の複雑化、高度化に応じて肥大化の一途をたどり、情報処理コストに占めるソフトウェアの開発コストは上昇するとみられている。

MADAM は、当社の誇るデータベース管理システム「EDMS」を基に開発したソフトウェア生産性向上ツールであり、今後、80 年代のデータベースシステム発展の動向を見つめ、エンドユーザー言語の機能の強化、

表 1. MADAM による生産性向上事例比較

システム 項 目	A ケース	B ケース	C ケース	D ケース
データベース グループ数	5	3	5	8
セ ッ ト 数	4	2	5	7
DDL 定 義	MADAM	MADAM	手作業	手作業
データベース 生成プログラム	MADAM	MADAM	COBOL 1 本	COBOL 1 本
データベース 検索プログラム	IDP	IDP	IDP	COBOL 3 本
データベース 更新プログラム	更新なし	更新なし	COBOL 1 本	更新なし
プログラム本数(本)	7	8	9	4
コーディングステッ プ数	14	16	700	1,300
開 発 ツ ー ル	MADAM IDP	MADAM IDP	IDP	
業 務 分 析 日 数	1/2	1	1	7
設計・製作 (人工)	4 時間×1 人	6 時間×1 人	10 日間×2 人	3 週間×2 人

データベース設計の自動化、評価シミュレーション等をさらに推進していく計画である。

工業用計算機のソフトウェア生産性・信頼性向上支援システム

稲本 惇*・芥川 哲雄*・大井 房武*・仲摩 寿*・中久喜 要*

1. ま え が き

工業用計算機の分野における最近の動向として(1)システム規模が拡大の一途にある、(2)システム制御機能が高度化・多様化している、(3)システムの高信頼性特にソフトウェアの信頼性が強く要求される、(4)短納期でしかもシステムの価格は適正でなくてはならない、といった項目をまず掲げることができよう。具体的に例えばソフトウェアの規模について考えてみると、4～5年前には平均的なシステムにおいてソフトウェアの規模としてキロバイト単位であったものが、最近ではメガバイト単位のソフトウェアの規模をもつシステムが多くなっているという大きな変化がみられる。このような市場動向により計算機メーカー側にもたらされた課題として、従来よりも格段に規模の大きいソフトウェアを短納期で適正な価格で、しかも十分な信頼性をもって提供しなければならないと言うことである。このことはソフトウェアの生産性・品質に対してけた(桁)ちがいの向上が要求されていることになり、ソフトウェアの生産技術にも画期的な変革を迫られるものである。

この10年来ソフトウェアエンジニアリングの研究分野において多くの成果が報告され次第に学問として体系化されつつあるが、メーカーの立場からみれば、こうした研究成果を十分に活用し科学的な生産手段の開発・管理を行うことによりソフトウェアの(1)工期の短縮、(2)品質の向上、(3)価格の低減を実現することがメーカーとしてユーザーに対する努めであると言わねばならない。

そうした面から、我々は次のシステムをまず実現した。

- (1) プログラム作成・保守に関する一連の操作を各所のワークステーションから実行可能にする——PWSシステム。
- (2) プログラムの単体機能試験をハウス計算機上で完全に可能にする——ELDAシステム。
- (3) 応用システムごとの基本ソフトウェアに対する体系的な評価試験を支援する——SPALTAシステム。

そして現在は、ソフトウェアの設計段階での作業を支援するシステム、システム総合試験を支援するシステム等に加え、更にそれらを有機的に結合することによりソフトウェアの総合生産支援システムへの拡張を推進している。これらのシステムは単にメーカーだけでなく《MELCOM 350/50》のユーザーへの提供ももくろんでいる。

以下では上記3つのシステムについて紹介するとともに、それらがソフトウェアの生産の流れの中でいかに使用されていくかについて論ずる。

2. ソフトウェア生産の流れと支援システム

工業用計算機システムのソフトウェアは、一般的に基本ソフトウェア・基本応用ソフトウェアと応用ソフトウェアの3つのレベルに分割され図1.に示すような構造をもつものである。更に工業用計算機は、基本ソフトウェア(以下では基本応用ソフトウェアを含む)についても各応用シ

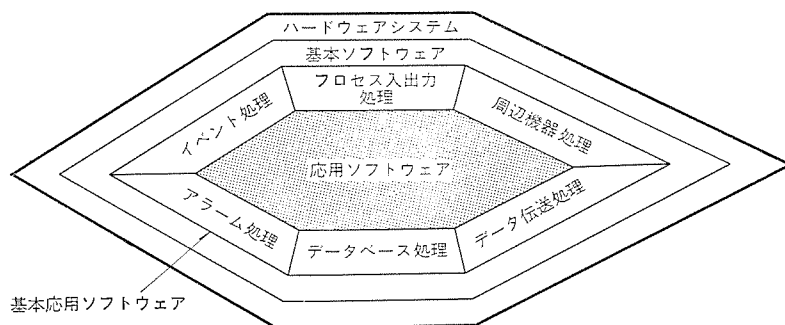


図1. 工業用計算機システムソフトウェアの構造

ステムごとに最適な機能を果たすように設計され組立てられることになり、基本ソフトウェアカスタマイズの色合いが強い。また、ソフトウェア生産の流れの中においてシステム設計が完了し応用ソフトウェアと基本ソフトウェアの機能分担及びインタフェースの仕様が確定すると、応用ソフトウェアと基本ソフトウェアはそれぞれ独立した生産体制のもとに設計され組立てられる。最終的には実機(客先納入の計算機)上で基本ソフトウェアと応用ソフトウェアが結合され組合せ試験・総合試験が行われることになる。

このような基本的な流れをもつ工業用計算機のソフトウェアの生産性・品質向上について考えてみる。

まず、ソフトウェアの作成という観点から望ましい作業環境として次の条件が考えられる。

- (1) いつでも、どこからでも手軽に計算機が利用できる。
- (2) 処理結果は、タイムリーに、しかも希望する媒体形式で入手できる。
- (3) ソフトウェア生産の機械化・自動化を目的として開発された支援システムを容易に利用できる。

これらの条件は、大容量ディスク装置、多くのCRT装置などのハードウェアに加えTSS機能と豊富なユーティリティを備えたソフトウェア生産システムにより実現することができる。

PWSはこのような条件を備えたソフトウェア作成支援システムであり、ソーステキストの編集・アセンブル/コンパイルといった一連のソフトウェア作成の作業を工場内各所に設置されるワークステーション(CRT端末が中心)から実行可能にするものである。このPWSはターゲット計算機すなわち《MELCOM 350-50》システム上に構築されているものであり、そのために次のような利点を有している。

- (1) 利用者が常時なじんでいるターゲット計算機のJCL(ジョブ制御ステートメント)を使用することができる。
- (2) ターゲット計算機のもつ応用ソフトウェアのための各種のユーティリティプログラム等のツールをそのまま利用できる。
- (3) 開発・運転コストが低く製品ソフトウェアの価格に占める計算機費用の割合を低く抑えることができる。

次に、ソフトウェアの試験に目を向けてみる。先に述べたように基本ソフトウェアと応用ソフトウェアが独立したラインで作られていることより、

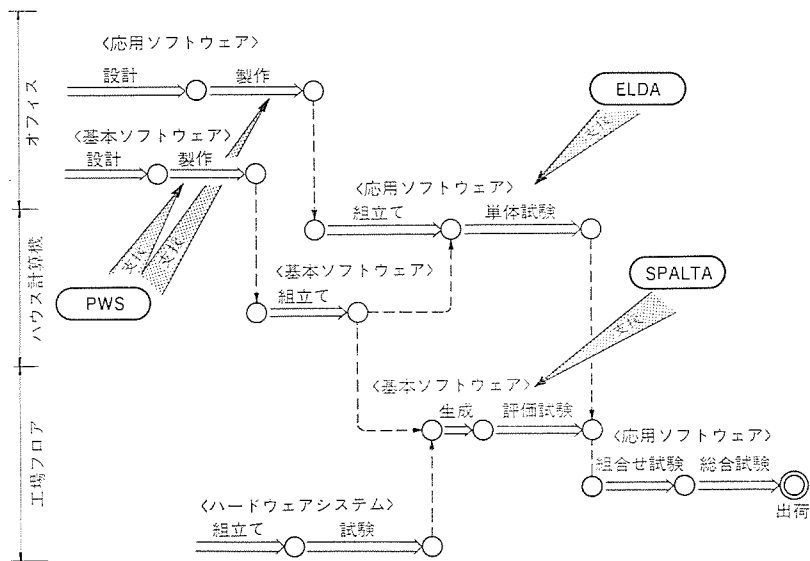


図 2. ソフトウェア生産の流れと支援システム

実機システム上で両方のソフトウェアが結合される以前にそれぞれの試験を終了しておく必要がある。ところが、応用ソフトウェアと基本ソフトウェアは互いにインタフェースをもっておりそれぞれ単独に試験することは困難で、インタフェースを無視して実施する試験は意味がない。また基本ソフトウェアについてはハードウェアとの結合試験が重要であり、この試験は実機上で実施される必要がある。一方、応用ソフトウェアの単体機能試験については、基本ソフトウェアとのインタフェースを保った状態で、しかも実機システムとは別のハウス計算機上で効率よく実施したいとの要求もある。これらソフトウェアの生産性・品質の向上に直接つながる要求から出てきたものがELDAとSPALTAである。

ELDAは応用ソフトウェアの単体機能試験をハウス計算機上でしかも実機システムと同等の試験環境(基本ソフトウェアやハードウェアとインタフェースを保った状態)で実施することを支援するシステムである。従来は単体機能試験としての試験環境が実機システム上でしか実現できず、これらの試験は実機システム上で実施されてきたが、(1)実機システム使用期間が長くなる、(2)試験の操作性が悪い、(3)試験のレベルを統一することがむずかしい等の問題があった。ELDAの利用により単体機能試験はすべてハウス計算機上でしかも効率よく実施できることとなる。

SPALTAは応用システムに対応して組立てられた基本ソフトウェアの総合評価試験を応用ソフトウェアと組合せる前工程で体系的に実施することを支援するシステムであり、実機においてハードウェアシステムと結合した状態での評価試験を前提としている。SPALTAにより支援された基本ソフトウェアの評価試験を実施することにより基本ソフトウェアの信頼性とその性能に対して十分な保証を与えることができる。特にOEMユーザーに対しては、SPALTAによる評価試験で出荷時のシステムの品質を保証することとなる。また近年、応用ソフトウェアの生産性向上あるいは、システムの性能向上のため基本ソフトウェアの機能が飛躍的に拡大してきており、それに伴い基本ソフトウェアに対する極めて高度な信頼性の要求と性能に対する保証の要求が強くなってきている。SPALTAはこのような要求に

も答えるものであり、特に鉄鋼プラント向けの工業用計算機システムを対象に開発され実用に供しているものであるが、将来的には広く他のプラントへの適用が考えられる。

図2.はPWS, ELDA及びSPALTAの支援を前提としたソフトウェア生産の流れを1つのモデルとして示したものである。

3. ソフトウェア開発支援システム PWS

3.1 PWSの構成

PWSは工場内のハウス計算機《MELCOM 350-50》システム上に構築されている。図3.のハードウェアシステム構成図に見るようにシステムに接続されている機器は、各ワークステーションごとに分散して設置される機器とハウス計算機室内に設置されるバッチ処理用機器に大別される。各ワークステーションは主として端末装置(CRT表示装置・キーボード装置)とハードコピー装置から構成されている。ハウス計算機室内に配置されたワークステーションにはその構成機器として磁気テープ・ラインプリンタ及びカード読取装置を有している。利用者のプログラムのソーステキストやロードモジュールなどは大容量ディスク上に利用者ごとに設けられる私用ボリューム(詳細については後述)に格納されている。またワークステーションごとに処理の中間結果の格納

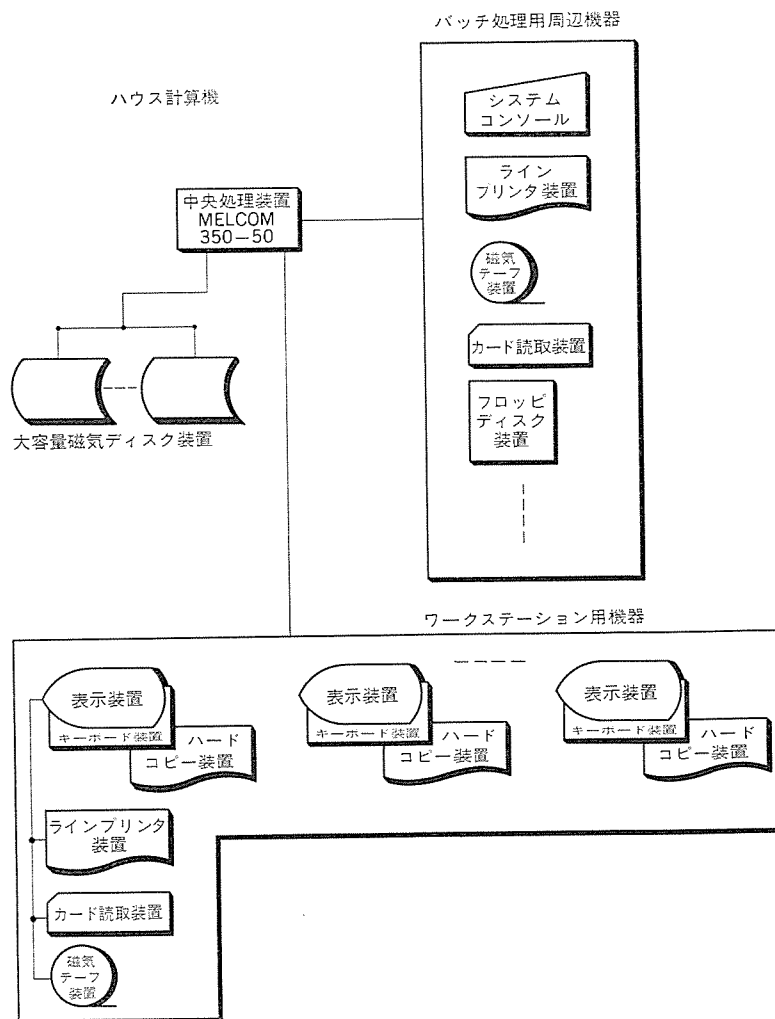


図 3. PWSのシステム構成図

等に必要作業ボリュームが用意されている。すなわち、ここでは大容量ディスク上に設けられるボリュームが処理の基礎をなしている。

3.2 PWSの機能

PWSは以下に示す機能を有するものである。

(1) 私用ボリュームの管理：PWSではシステムの大容量ディスク装置の領域を多数のボリュームに分割し各利用者に提供している。利用者は自分に与えられたボリュームすなわち私用ボリュームの中に各種形式のファイルを形成し、自分のプログラムやデータ等を格納しておくことができる。1人の利用者に割当てられた私用ボリュームはパスワードにより保護されており他の利用者が参照あるいは格納することはできない。この私用ボリューム管理の機能は1つのシステムを複数の利用者がアクセスするPWSのようなシステムにとって不可欠の機能である。

(2) ソーステキストの編集：プログラムソーステキストの編集（すなわち生成・削除・編集・追加といった作業）はテキストエディタを呼び出すことにより会話形式で行うことができる。これにより利用者はプログラムソースカードなどを扱う作業から解放されることとなる。

(3) 言語処理：《MELCOM 350-50》シリーズは、最下位機種から最上位機種まで上位方向の命令互換性を有している。したがって、PWSではシリーズに含まれるすべての機種の言語処理を一元化して準備している。

(4) 単体デバッグサポート：マシンシミュレータプログラムを用いてPWS上でプログラムの実行・デバッグが可能である。シミュレータは応用システムの主メモリ・補助メモリのシミュレートができるほかに、単体プログラムの性能の評価ができる。

(5) バッチ処理：各ワークステーションへのサービスと並行してバックグラウンドジョブとしてのバッチ処理を行うことができる。このバッチ処理はワークステーションに接続されていないバッチ処理用周辺機器のアクセスさせるジョブでPWSの別の機能である。バッチ処理は端末装置から実行可能である。

3.3 PWSの運用状況と効果

PWSはすでに本格か(稼)働に入っており、《MELCOM 350-50》シリーズ全機種のソフトウェア開発・保守に利用されている。PWSがターゲット計算機上に構築されたシステムであることにより、PWSにおける利用者の操作はターゲット計算機における直接の操作と同等である。したがって今までターゲット計算機を直接操作していた利用者やクローズドショップに作業を依頼していた利用者にもPWSが異和感なく受け入れられている。現在ではこのPWSがソフトウェア生産に欠くことのできない支援システムとして十分定着している。

PWSのソフトウェア作成過程におよぼす基本的な効果は図4.に示すようにPWSの利用によってソフトウェア作成が継続的にならないことである。工業用計算機システムの生産過程において、プログラム作成は、機械的な作業で、PWSの利用により、この作業を効率的に実施できることの効果は大きい。

4. ソフトウェア単体試験支援システム ELDA

4.1 ELDAの構成

先に述べたように工業用計算機ソフトウェアは基本ソフトウェアと応用ソ

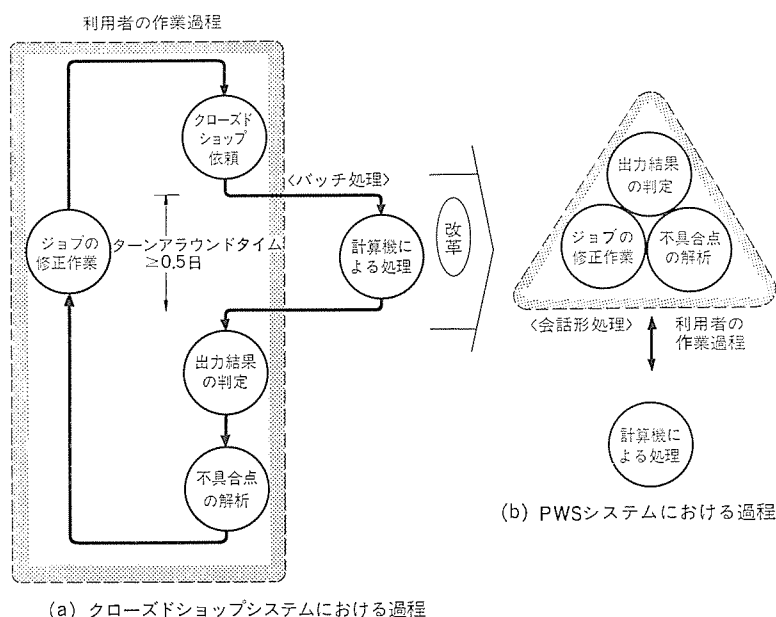


図 4. PWSによるソフトウェア作成過程の改革

フトウェアに大別され、応用ソフトウェアは基本応用ソフトウェアとの間に密接なインタフェースをもっており、図5.にこの関係を示す。応用プログラムは各種の入出力処理を基本応用プログラムに任せており、それ自体、基本的には論理的なデータ処理や制御ロジックを実行しているのに過ぎず、図6.に示すような基本応用プログラムと応用プログラムとの機能分担が存在する。

応用プログラムの単体機能試験について考えると、応用プログラム

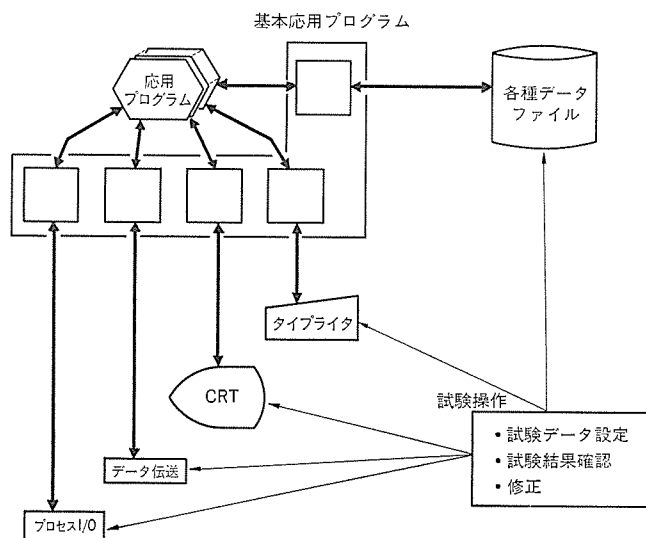


図 5. 実機システム構成と応用プログラムの単体試験（従来方式）

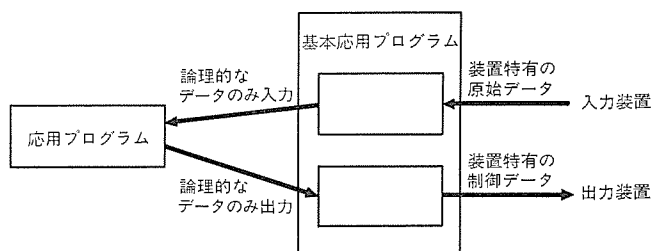


図 6. 応用プログラムの入出力と基本応用プログラムとの関係

と基本応用プログラム間のデータのやりとりを試験することは重要であろう。しかしながら、プログラムの試験にあつては、データのやりとりが確認されればよいのであって実際に基本応用プログラムを動作させ、入出力動作までを実行する必要はない。このような観点から、ELDAは基本応用プログラムの代役として動作し応用プログラムとの論理的なやりとりをシミュレートするために開発された。ELDAの利用により、プログラムの単体試験は実機システム上でなく(汎)用的な構成をもつハウス計算機のようなターゲット計算機上ですべて実現できる。従来は図5.に見るように応用プログラムの試験は実機システム上でのみ可能であり、試験操作として実際の入出力機器の操作が必要であった。

ELDAによる単体機能試験はパッチ処理とし、クローズドショップで実行することを基本としている。この処理を実行する前に、応用システムに対応して組立てられたELDAシステムを磁気テープからハウス計算機のディスクメモリにロードすることによってハウス計算機上に、等価的に応用システムの試験環境が構築されたこととなる。このあとは通常のパッチ処理として単体機能試験のジョブが実行されればよい。図7.にELDAによる試験の過程を示している。

4.2 ELDAの機能

ELDAの代表的な機能として、次のものがある。

- (1) データ入力機能： 応用プログラムが基本応用プログラムから受取るデータ等とカードから入力する機能である。このことは基本応用プログラムの入力処理のシミュレートを実現していることになる。
- (2) 出力機能： 応用プログラムと基本応用プログラム間の論理的なインタフェース内容をラインプリンタにトレース出力する。
- (3) データファイルのセットアップ： 機能試験にあたってはその初期条件の設定としてデータファイルへのデータのセットアップが必要である。ELDAではこのデータファイルへのデータのセットアップをサポートしている。
- (4) 基本応用プログラムシミュレート登録機能： 各応用システムごとに準備される基本応用プログラムの構成や応用プログラムとの論理的なインタフェースの仕様などをELDAに登録することをサポートする機能

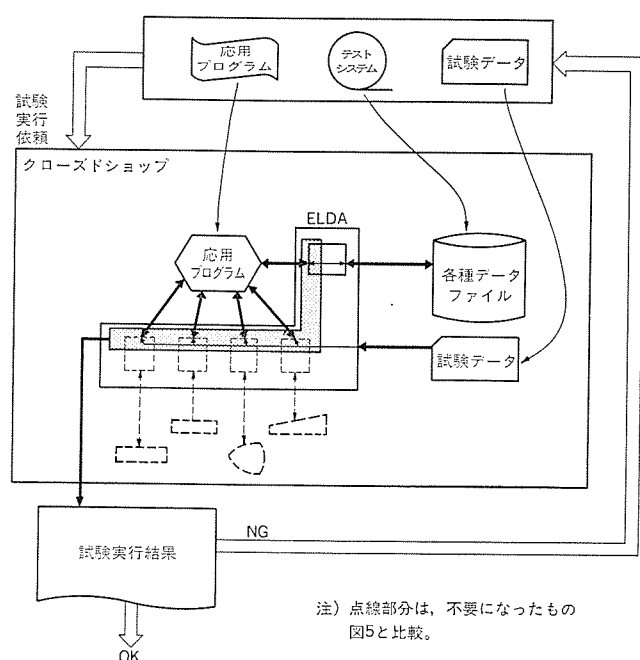


図7. ELDAによる応用プログラム単体試験システム構成

である。ELDAはシミュレーション実行時この登録内容を参照することとなる。

4.3 ELDAによる効果

ELDAについても既に本格的な利用の段階に入っており、応用ソフトウェアの試験過程の効率化を通じてソフトウェアの生産性向上に寄与している。これまでのELDA利用を通して、次の効果が確認されている。

- (1) ソフトウェア生産性の向上： これまで、人手に頼っていた単体機能試験が機械的な作業に改善されることにより、ソフトウェアの生産性の向上と品質の安定化に寄与する。
- (2) システム納期の短縮： 単体機能試験に実機システムを使用する必要がないため工場試験の期間を短縮し、ひいてはシステムの納期を短縮できることとなった。

5. 基本ソフトウェア評価試験支援システム SPALTA

5.1 SPALTAによるソフトウェアの試験体系

SPALTAを主体としたシステムソフトウェアの試験体系は図8.に示すようにサブシステムごとの試験とそれらを組合せた総合システム試験に大別される。また、サブシステム試験は基本ソフトウェアを構成する各ユーティリティあるいは処理パッケージごとの試験から成り立っている。ユーティリティプログラムの試験は主としてカードストリームからの連続的なコマンド入力によって実現されるものであるがその中に正常処理の試験と異常処理の試験がそれぞれのプログラムごとに存在する。パッケージの試験はスタティック試験とダイナミック試験とに分けられ、更にダイナミック試験には通常の使用状態での試験と過負荷状態での試験が含まれることになる。ここではダイナミック試験を可能にするために種々のテストツールあるいはシミュレータのプログラムが準備される。サブシステムの試験は応用ソフトウェアとのインタフェースを持つすべてのパッケージに対して実施される。総合システム試験は基本的にサブシステム試験の同時

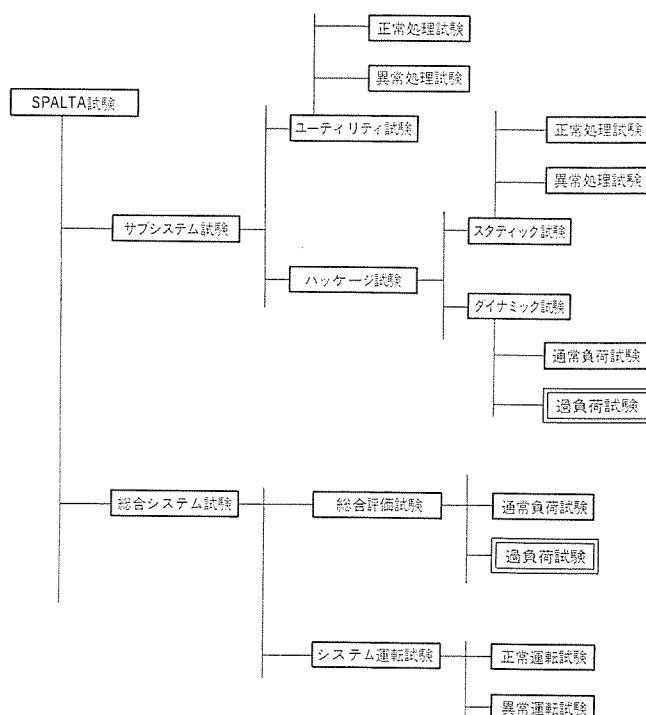


図8. SPALTAによるシステムソフトウェア評価試験の体系

並行処理によって実現されるものでオンライン状態に近い状態でのダイナミック試験が主体である。またここではシステム運転に関しての正常運転試験と異常運転試験等が含まれる。

5.2 SPALTAの機能

SPALTAの基本的な機能は応用ソフトウェアからのアクセスにかえてテストプログラムにより基本ソフトウェアをアクセスし評価するものであるがSPALTAに含まれる各テストプログラムは次の条件を満足するように設計されている。

- (1) テストオペレータの操作を最小限にし自動化を図ること
- (2) テスト環境の設定・テスト結果の出力も自動化されていること
- (3) 対象となるサブシステムに対する負荷が外部からチューニングできること。負荷は被試験プログラムに与える条件すなわち、

- ・ 起動周期
- ・ 処理データ量
- ・ 並列処理の度数

等によってかえられる。

- (4) スタティック試験とダイナミック試験が選択できること

このような思想のもとに生み出されたテストプログラムの機能構成を一般的に示したものが図9である。テストプログラムは起動されるとまず被テストプログラムに必要なデータベースの設定を行う。次に被テストプロ

ラムに対する入力条件を設定し、被テストプログラムに付属するアクセスサブルーチン(又はその他の起動方法)により被テストプログラムを起動する。1回の処理完了でテストプログラムは出力データの取込みを行い結果の照合を行って1つの試験のシーケンスを終了する。ダイナミック試験の場合にはこのテストシーケンスを与えられた負荷条件のもとに繰返し実行することになる。試験結果は極力システム付属のラインプリンタなどに入力条件・負荷条件とともに印字出力されそのままの形で試験成績書として使用できる形をとることとしているが、CRTの画面などについてはテストオペレータにより目視確認される場合もある。またデータ伝送・プロセス入出力処理プログラム等の試験にあたってはシステムの出力信号をハードウェア的にシステムの入力としてフィードバックすること(システム入出力の折返し)によりダイナミックなループテストを可能にする。SPALTAによるテストの条件設定・起動/停止の指令はシステムタイプライタからのコマンドとメンテナンスパネル上のトグルスイッチにより与えられるが、データベースの設定・入力条件の設定についてはカードストリームを準備し、各種のユーティリティプログラムを用いてシステムに設定することとなる。

このSPALTAによる評価試験でのシステムの状態は基本応用プログラムの1つであるシステム性能評価プログラムにより、

- (1) CPU負荷
- (2) 各入出力チャネルの負荷
- (3) ディスク転送ひん度
- (4) タスク起動ひん度

等のデータ項目についてモニタすることができる。

6. む す び

工業用計算機システムのソフトウェア生産性・品質の向上を目的として生産・試験の工程の機械化を図る3つの支援システムPWS, ELDA及びSPALTAについて記述し、これらの支援システムを導入した新しい考え方のソフトウェア生産システムについて論じた。この論文では、既に実用化している3つの支援システムを代表として論じたが、総合的なソフトウェアの生産及び試験の支援システムは、順次整備されつつあり、品質の高いソフトウェアを、早く安く提供できるよう日夜研さんを続けている。

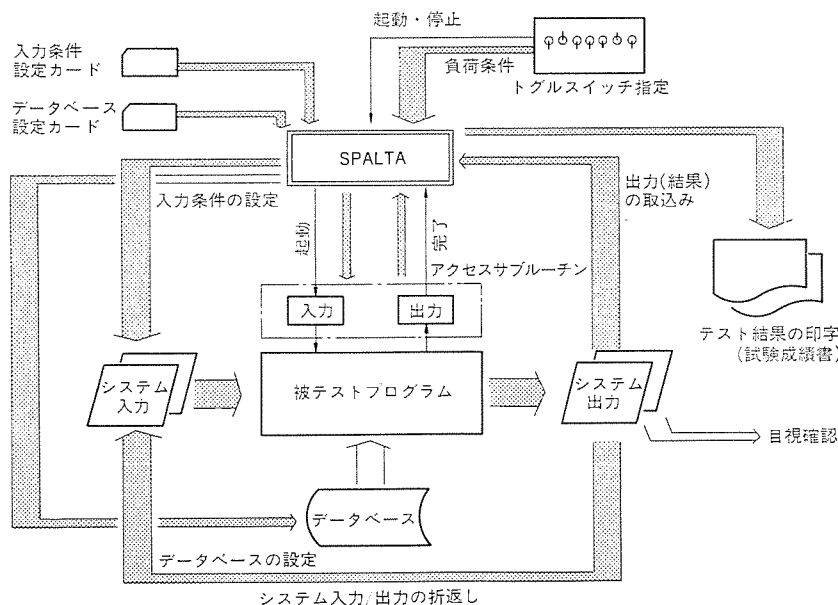


図9. SPALTAによる試験の構成

音声出力用基板PCA8520の機能と応用

三木 務*・古村 高*・寺崎 信夫**

1. ま え が き

従来、人間と機械との最も理想的なインタフェースの1つとして、音声入出力装置が考えられてきた。人間が、口と耳を用い、特殊な知識を必要とせずに機械と話ができるマンマシンインタフェースは、自然性、円滑さ、などの点において他の方式より優れていると思われる。しかし、音声が多様であるために、その情報処理において大容量メモリが必要であり、特殊な用途を除いては実用化されていなかった。近年、半導体集積技術が向上し、音声情報を処理しうる大容量メモリが比較的容易に構成できるようになり、音声処理技術の向上と相まって音声入出力装置の実用化が現実的になってきた。

今回、8ビットマイクロプロセッサM5L8085APを用いた音声出力用基板PCA8520を開発したので、その開発背景及び機能と応用について述べる。

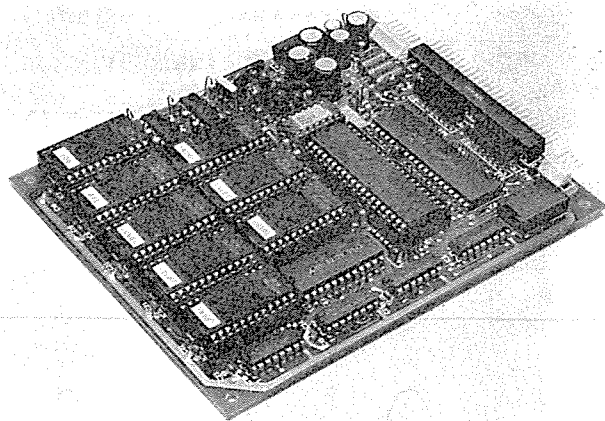


図 1. PCA 8520 の外観

2. 開 発 背 景

現在の音声合成技術を「ランダムアクセスメモリを用い音声を入力する技術」と解釈し、分類すれば以下のようになる。

- (1) 波形再生方式
- (2) 分析合成方式
- (3) 法則合成方式

まず、(1)の波形再生方式であるが、これは音声波形を忠実に記録、再生しようというものである。例えば、マイクを用いて人間の音声を電気信号に変換し、シンクロスコープ等で観測すると、複雑ではあるが1本の線として観測することができる。この音声波形を忠実にディジタル化し、ランダムアクセスメモリに記録し再生しようとするものである。代表的なものとしては、磁気ディスク、磁気ドラムなどを用いたPCMがあるが、これはいわゆるA-D変換器を用いてディジタル化し記憶したデータを、逆にD-A変換器を用いて再生するものである。この

方式の場合、人間の音声を波形で記録、再生するために自然性の高い音質を得ることができる。しかし、音声における4kHzまでの成分を8ビットのA-D変換器を用いて記録、再生するために必要な1秒間のデータは、

$$8,000 \times 8 = 64,000 \text{ (ビット)}$$

となり、非常に大容量となる。現在は、入出力において圧縮伸張特性などを持たせるなど、各種の改善がなされつつある。

図2. にPCM方式による音声合成の基本構成を示す。

次に(2)の分析合成方式であるが、この方式は波形そのものを忠実に記録再生するのではなく、波形に含まれる特徴的なパラメータだけを抽出し記録再生するものである。この方式においてその処理は大きく分析系と合成系の2つに分かれる。分析系においては、音声波形から10ms～20msごとに合成系において必要な特徴パラメータを抽出する。特徴パラメータとは、有声音/無声音の区別、音声の大きさ、音声の周波数、声道の共鳴特性などである。合成系において、人間の発声機構を模倣した回路にこれらのパラメータを送出することによって音声を合成することができる。この方式の場合、音声データを圧縮しているため1秒間に必要な音声データが9,600ビット～2,400ビット程度でも十分な音質を得ることができる。しかし、現在では音声の分析に時間がかかるため、音声の分析の自動化が急がれている。

図3. に分析合成方式における音声合成の基本構成を示す。

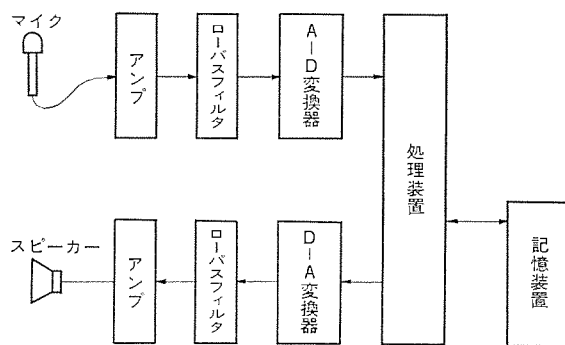


図 2. PCM方式による音声合成の基本構成

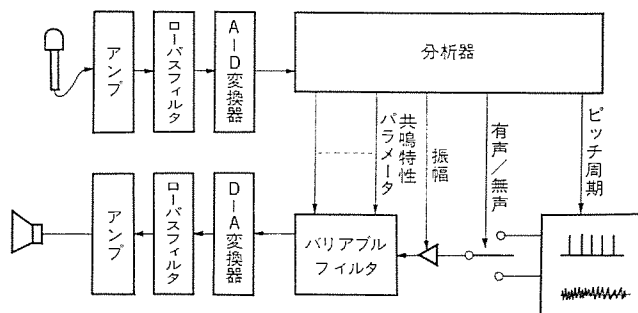


図 3. 分析合成方式による音声合成の基本構成

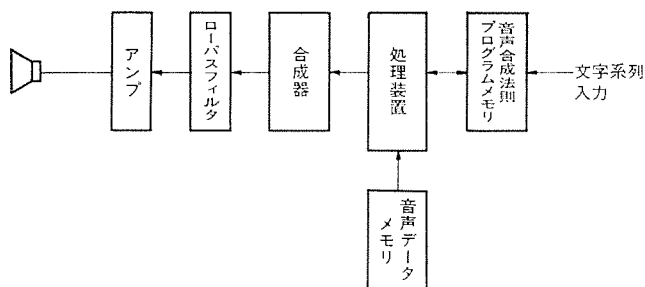


図 4. 法則合成方式による音声合成の基本構成

表 1. 各方式の特徴

項目 方式	1秒間に必要なメモリ容量	自然性	音声データの作成
波形再生方式	大	優	容易
分析合成方式	中	良	やや困難
法則合成方式	小	可	困難

最後に(3)の法則合成方式であるが、この方式は人間の音声におけるイントネーション、アクセントなどのアルゴリズムを解明し文字系列入力に対して音声を出力しようとするものである。例えば、「K, O, N, N, I, C, H, I, W, A」という文字コード入力に対して「こんにちは」という自然な音声を出力しようとするものである。この方式の場合、音声データは、少容量であるが自然な音声を合成するためのアルゴリズムが複雑になる。図 4. に法則合成方式による音声合成の基本構成を示す。

現在、(1)、(2)の方式のものは実用化されつつあるが、(3)に関しては自然な音声を合成する点で困難な問題が多く実用化の段階に至っていない。

以上、現在の音声合成技術の分類について述べてきたが、いずれの方式をとっていても完全なものではない。おのおのに長所があり短所がある。例えば、波形再生方式はデータの作成、変更が比較的容易であるが、1秒間の音声に必要なメモリ容量は大きくなる。逆に、分析合成方式では、1秒間の音声に必要なメモリ容量は少ないが、データの作成・変更が非常に困難である。表 1. に各方式の特徴を示す。

将来、両方式の長所を合わせ持った新しい音声合成技術の開発が期待されているが、現在では使用する側が自分のシステムにとってどのような音声合成方式が適しているかを判断し使い分ける必要があると思われる。

今回開発した音声出力用基板 PCA 8520 は、音声データの作成・変更が容易な波形再生方式の1種であるが、1秒間の音声データが比較的少ないデルタ変調方式を用いている。また、各種の装置への組込みを容易にするため、コンパクトな基板に設計されている。

3. PCA 8520 の構成と機能

音声出力用基板 PCA 8520 は、8ビットマイクロプロセッサ M5L8085 AP、メモリ、音声再生用回路などを、125×145 mm のプリント基板上に実装した音声出力機能を持った汎用基板コンピュータである。表 2. に PCA 8520 の概略仕様を示す。

表 2. PCA 8520 の概略仕様

項目	内容
方式	CVSD 方式
CPU 素子	三菱 M5L8085 AP
サイクルタイム	基本 2.2 μ s (水晶発振周波数 3.6 MHz)
メモリ	ROM M5L2716 K 使用時は 16 K バイト (最大) アドレス 0000 ₁₆ ~3FFF ₁₆ M5L2732 K 使用時は 32 K バイト (最大) アドレス 0000 ₁₆ ~7FFF ₁₆
	RAM 256 バイト アドレス C000 ₁₆ ~COFF ₁₆
入出力インタフェース	プログラマブル入出力ポート 8 ビット×3 ポート (PPI M5L8255 AP) アドレス 8000 ₁₆ ~8003 ₁₆
音声録音時間	M5L2716 K 使用時 9 秒 (最大) M5L2732 K 使用時 18 秒 (最大)
音声最大出力電力	1 W ($V_{cc2}=5$ V, THD=10%, $f=1$ kHz)
調 込 み	1 レベル 1 要因
サポ ー ト 装 置	MELCS 85/1 マイクロコンピュータコンソール 音声データ作成装置
電 源	5 V (V_{cc1} , V_{cc2} の 2 電源), -5 V
使 用 コ ネ ク タ	アングルピンヘッダタイプ 50 極 (I/O ポート用) アングルピンヘッダタイプ 6 極 (音声出力用) アングルピンヘッダタイプ 4 極 (電源用)
外 形 寸 法	125(縦)×145(横)×20(高さ)mm

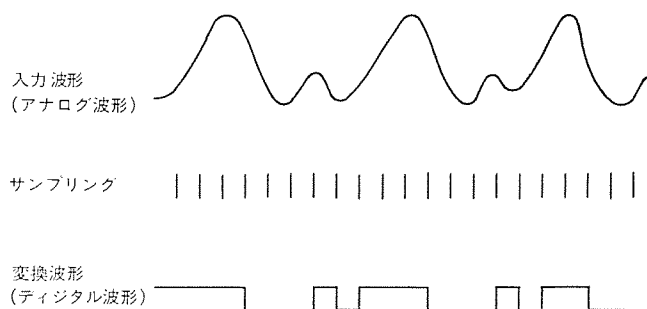


図 5. デルタ変調方式の概略図

音声は、CVSD 方式 (Continuous Variable Slope Delta modulation) によりデジタル化し、あらかじめ EPROM に書込み、プログラムによって再生することができる。CVSD 方式とは、波形再生方式の1種であるデルタ変調方式を改善した方式である。デルタ変調方式とは、図 5. に示すように音声波形を一定間隔でサンプリングし、その値が、1クロック前にサンプリングした値より大きい小さいかを“1”、“0”の1ビットの情報で記録する方式である。つまり、入力波形の微分成分を1ビットの情報で記録する方式である。この方式

では、音声波形を1ビットの情報で記録するために急しゅんな波形の変化に追従できない点(オーバーロード)や、無声音時においてノイズを発生する点(グラニューノイズ)に問題があった。CVSD方式はこれらの問題点を入出力に圧縮伸張特性を持たせることなどによって改善した方式である。

PCA 8520 のメモリ容量は、ROMに16KビットEPROM M5L2716Kを使用した場合は16Kバイト(最大)、32KビットEPROM M5L2732Kを使用した場合は32Kバイト(最大)であり、RAMはM5L2112APを使用し256バイトとなっている。入出力ポートには、PPI(プログラマブルペリフェラルインタフェース)M5L8255APを実装しており、8ビット×3のプログラム可能な入出力ポートを構成している。図6.にPCA 8520におけるメモリ、I/O番地を示す。

音声再生部には、CVSD方式の復調用ICを使用しており、ROMのデータをシリアルにデルタ復調することによって音声を再生するこ

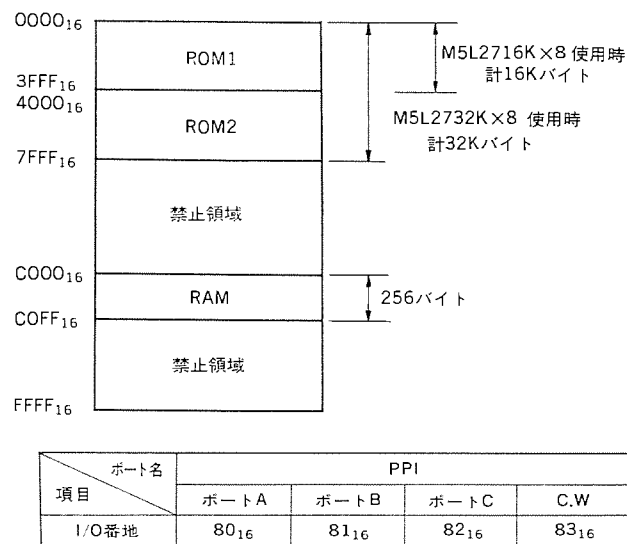


図 6. PCA 8520 のメモリ、I/O 番地

とができる。また、PCA 8520 は音声再生専用としてだけでなく、汎用基板コンピュータとしても使用することができ、音声出力を必要とする装置の制御部として使用することができる。

PCA 8520 を用いて音声を再生する場合は、CPU のSID に入力されるクロックの“H”又は“L”に同期して音声データを1ビットずつ上位ビットから順番にSOD端子に送り出すだけでよい。シリアルにSOD端子から出力されたデジタルデータは、音声再生回路で音声波形に変換される。例えば、0800₁₆番地~OFFF₁₆番地に“こんにちは”の音声データが書込まれている場合は、0800₁₆のMSB(D₇)より順番にLSB(D₀)までSID入力に同期してSODに出力し、同様に0801₁₆~OFFF₁₆までデータを送出することによって音声出力される。

(XX₁₆はXXが16進データであることを示す)。音声を再生するためのプログラムはサブーチンとして提供されている。図7.に音声再生方法の概略図を示す。

PCA 8520 を用いて音声を再生する場合は、あらかじめEPROMに制御プログラムと音声データを書込む必要がある。音声データの作成には、音声データ作成装置(PC 0012)が準備されており効率よく音声データを作成することができる。図8.にPCA 8520の構成を示す。

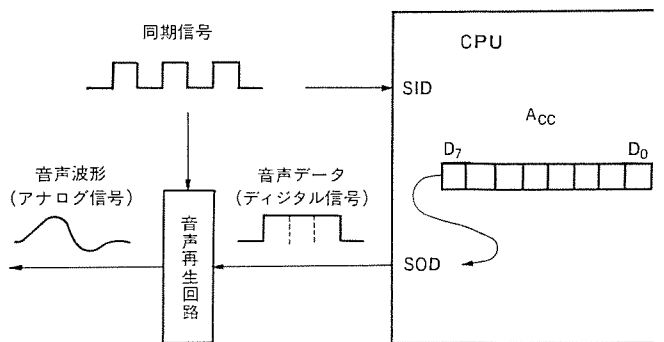


図 7. 音声再生方法の概略図

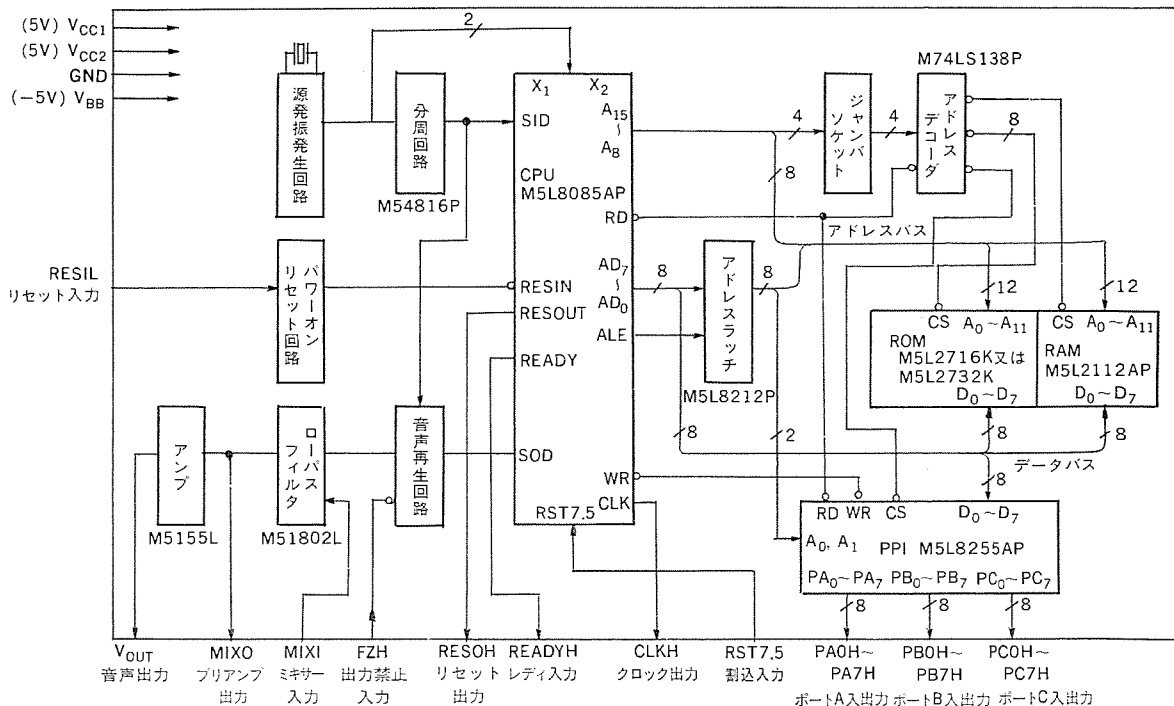


図 8. PCA 8520 の構成

CPU は、源発振発生回路より発生された水晶発振周波数のクロックに同期し、ROM に記憶されているプログラムを実行する。また、源発振クロックは、分周回路で 1/256 に分周され音声再生用 IC 及び CPU の SID 端子のクロック入力となっている。CPU は SID 端子に入力されるクロックに同期して ROM に記録されている音声データを、上位ビットから順番に SOD 端子に送出することにより音声再生回路に入力される。音声再生回路では、シリアルに入力される音声のディジタルデータを CVSD 方式によって復調し、音声波形として出力する。音声再生回路から出力された音声波形はローパスフィルタにより高周波ノイズをカットされ、アンプによって約 1 W の信号に変換され出力される。用途により、出力が 1 W では十分でない場合は、プリアンプ出力を用い外部アンプによって必要な出力を得ることもできる。表 3. に PCA 8520 における各ブロックの機能を示す。

このように、各ブロックの機能により PCA 8520 は各種演算処理、入出力制御など、従来の汎用基板コンピュータの処理とともに、音声出力プログラムによって音声出力することができる。ユーザーは、音声出力サブルーチンを用いることによってシステムに対応した適当なプログラムを構成することができる。例えば、入力ポートにスイッチを接続することにより各スイッチに対応した音声出力することや、光センサ、温度センサ、煙センサなどの出力を接続することによって、各センサの出力に対応した音声出力することができる。

表 3. 各ブロックの機能

ブ ロ ッ ク 名	機 能
リ セ ッ ト 発 生 回 路	電源投入時にシステムリセット信号を発生する。
源 発 振 発 生 回 路	CPU と分周回路に基本周波数クロックを供給する。
分 周 回 路	源発振クロックを 1/256 に分周し、音声再生回路にクロックを供給する。
C P U	プログラムに従い処理を行う
ア ド レ ス ラ ッ チ	CPU の AD ₀ ~AD ₇ には、データ信号と下位アドレス信号が時分割で出力されているが、アドレスラッチ回路により、ALE のタイミングでアドレス信号だけがラッチされる。
ジャンパソケット	ジャンパソケットのジャンパ線を変更することにより M5L2716 K を使用するか M5L2732 K を使用するか選択できる。
アドレスデコーダ	上位アドレス信号をデコードすることにより ROM, RAM, PPI の選択信号を出力する。
R O M	プログラム及び音声データを記憶するメモリである。
R A M	スタック、データ等の一時記憶をするメモリである。
P P I	外部との入出力に使用する。
音 声 再 生 回 路	CPU の SOD より出力されるディジタル信号を音声波形に再生する。
ローパスフィルタ	音声再生回路からの出力のうち、低い周波数だけを通過フィルタである。
ア ン プ	ローパスフィルタを通過した音声信号を 1 W の信号に変換する。

また、単に連続した文章を記録・再生するのではなく、文の共通部分を独立して記録し、プログラムによって編集・合成することもできる。例えば、“～してください”、“～ございました”など、出力する文に共通な部分は独立に記録しておき、プログラムによって文の前半を選択し編集することができる。

PCA 8520 の音声データを記録できる時間は、M5L2716 K を使用した場合、9 秒(最大)、M5L2732 K を使用した場合、18 秒(最大)であるが、上記の編集方式を用いたり、無声期間をプログラムで設定することによって、より長時間の再生が可能である。

4. PCA 8520 の応用例

この基板に限らず付加機能としての音声合成装置は、各種の方面で応用することができる。電卓、時計などから数値を音声で出力するものから、計算機の端末からエラーメッセージを出力するものや、プラントにおける警報を音声で出力するものまで、その応用は非常に幅広いものがある。

今回、マイクロコンピュータ制御システム MUS-11 に出力装置として PCA 8520 を接続した大形船舶機関部無人化システムの警報装置を開発したので、具体的な応用例として、その概要を述べる。

まず、PCA 8520 と MUS-11 の CPU とは、図 9. に示すようにポートレベルでハンドシェイクされている。MUS-11 の CPU は、ポートレベルでコマンドを PCA 8520 に送出した後にスロー信号を送出する。各コマンドは 8 ビットで構成されており、上位 3 ビットにより 4 種類のコマンドに分類される。下位 5 ビットは各コマンドにおける情報となる変数である。

PCA 8520 は、プリセットデータ、プリセットタイマのコマンドを RAM に待避しておき、スタートコマンドが入力された段階で待避されているコマンドを読み出し、データナンバーに対応する音声を読み出した後に次のコマンドを読み出しデータナンバーに対応する音声を読み出す。途中でプリセットタイマコマンドがあれば、指定された時間だけ無声期間を設け次のコマンドデータを読み出し、対応する音声を読み出す。スタートコマンドにより繰返し回数の指定がある場合は、指定された回数だけ繰返し音声を読み出す。PCA 8520 が音声を読み出中に MUS-11 の CPU からストップコマンドが送出された場合は、即座に音声の出力を停止する。

実際に使用した音声出力する言葉とプリセットデータにおけるデータナンバーの対応を表 4. に示す。

実際に、MUS-11 の CPU から PCA 8520 に対して以下のようなコマンド列が送出された場合には、“A 系統 ナンバー 1 のポンプに異常発生”という文が、プザー 1 に対応する発振音の後に 2 回繰返して音

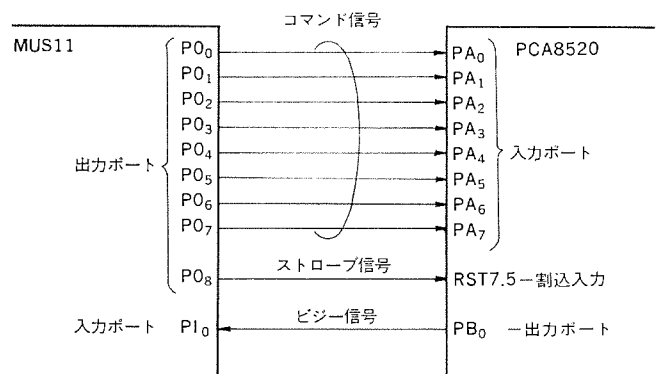


図 9. MUS 11 と PCA 8520 の接続方法

表 4. データナンバーと音声出力する言葉の対応

データナンバー	対応する言葉	データナンバー	対応する言葉
00001	“ナンバー”	01011	“不良”
00010	“1”	01100	“事故”
00011	“2”	01101	“発生”
00100	“3”	01110	“A”
00101	“4”	01111	“B”
00110	“の”	10000	“C”
00111	“ポンプ”	10001	“系統”
01000	“モータ”	10010	“緊急事態”
01001	“バルブ”	10011	ブザー1
01010	“に”	10100	ブザー2

声で出力される。

このように、適当な音節単位で音声データを作成しプログラムによって編集してゆくことにより、比較的長時間のメッセージを出力することが可能である。また、プログラムにより発振音を作成することや

000110011

プリセットデータ 13₁₆

010001000

プリセットタイマ 08₁₆

000101110

プリセットデータ 0E₁₆

0001100001

" 11₁₆

0001000001

" 01₁₆

0001000010

" 02₁₆

0001000110

" 06₁₆

0001000111

" 07₁₆

000101010

" 0A₁₆

000101100

" 0C₁₆

000101101

" 0D₁₆

010001000

プリセットタイマ 08₁₆

011000010

スタートコマンド 02₁₆

無声期間を作成することも可能である。

今回の試作機の音声データ作成においては、各音声データを独立に作成するのではなく、連続した言葉で音声データを作成し、その中から必要なデータだけを抜き出す方式を用いている。つまり、“ナンバー”、“1”、“の”、“ポンプ”と、おのおの言葉を独立にデータ作成するのではなく、“ナンバー1のポンプ”と連続した言葉でデータ作成を行い、その後におのおの言葉に分割するという作業を行っている。いわゆる“切出し方式”であるが、この方式により単語を細かく分割したにもかかわらず、自然な音声を合成することができた。

5. む す び

音声合成技術というものは、かなり古くから地道に開発されてきたものであるが、半導体集積技術の向上に伴い、ようやくその実用化が現実的になってきた。各方面で音声出力を付加した装置が発表され話題となっているが、今後、音声合成技術はより実用化されてゆくものと思われる。ちょうど、マイクロプロセッサが発表され話題になり現在では産業用、民生用を問わず使用されているように、音声合成装置も各方面において、付加的な出力装置として一般的に用いられるようになると思われる。

今後は、音質の向上、低価格化とともに、より長時間再生できるもの、よりデータ作成が容易なものを検討してゆく必要があると思われる。また、音声合成技術とは別に、出力する言葉の選び方や、編集の方法なども認識率に大きな影響を与えるため、言語学的な問題も含めて検討してゆく必要があると思われる。

参 考 文 献

- (1) 中田：音声，音響工学講座7，コロナ社（昭52）
- (2) 板倉・大和田：音声合成とマイクロエレクトロニクス，別冊サイエンス27，日本経済新聞社（昭54-9）
- (3) 板倉：PARCOR方式による音声合成，電子技術，21，12号，日刊工業新聞社
- (4) 宮宗ほか：超小型音声応答装置の制御方式について，日本音響学会講演論文集（昭53-10）

ゲート付トランジスタ(GAT)

近藤 久雄*・行本 善則**・小嶋 鈴夫***

1. ま え が き

トランジスタはサイリスタと比べて、(1)強制消弧回路が不要、(2)高速スイッチングが可能、(3)飽和電圧が低い、(4)ノイズに強く誤動作しにくい等の特長があり、装置の小形・軽量・高信頼化に適している。そのため、パワーエレクトロニクスの分野においてサイリスタに代わってパワートランジスタの適用分野が拡大しつつあり、トランジスタの高耐圧大容量化が望まれていた。これに対して半導体製造技術の著しい進歩とともにトランジスタの耐圧と電流量は年々増大し、最近では耐圧450V(コレクタ・エミッタ間耐圧)、電流量50~100Aのパワートランジスタが開発・実用化されている。

パワートランジスタの適用分野の拡大にともない、装置のコストパフォーマンスの向上が重要な課題となり、使用されるパワートランジスタの高速化と電流利得の向上が強く望まれるようになった。

しかし、高耐圧、高速で電流利得が高いパワートランジスタを実現するのは難しいとされており、耐圧定格が450Vクラスのパワートランジスタでは定格コレクタ電流における電流利得が10程度で、上昇時間が1μs程度であるのが一般的である。

この報告は高耐圧トランジスタの高電流利得化、高速化を可能にするゲート付トランジスタ(Gate Associated Transistor, GAT)について、その動作原理及び試作素子の特性について述べる。

2. ゲート付トランジスタの動作原理^{(1)~(6)}

トランジスタのベース層が薄くなると、スイッチング時間が短くなり、電流利得が高くなるが、コレクタ電圧が制限される問題があり、コレクタ電圧が高くて、スイッチング時間が短く、電流利得が高いトランジスタを実現することが困難であった。その原因はコレクタ電圧が高くなるとコレクタ・ベース接合界面の電界強度が高くなり、ベース層のパンチスルーが生じたり、コレクタ空乏層内のなだれ増倍が顕著になるためである。筆者らはこの問題点を解決し高耐圧、高速で電流利得が高いトランジスタを実現するためにゲート付トランジスタを考案した。

ゲート付トランジスタ(以後、GATと記す)の断面概略図を図1に示す。GATはベース領域の一部がコレクタ領域に突出しており、この突出した部分(以後、ゲートと呼ぶ)が縦形電界効果トランジスタのゲートと同様な作用をすることが特徴である。

2.1 コレクタ耐圧に及ぼすゲートの効果

トランジスタが“OFF”状態では電源電圧は大部分コレクタ・ベース接合に印加され、空乏層がコレクタ領域及びベース領域内へ広がる。

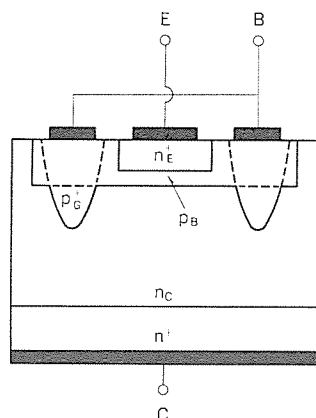


図1. ゲート付トランジスタの断面概略図

通常のトランジスタではコレクタ・ベース接合界面は平面であるから空乏層は接合界面と垂直な方向にのみ広がる。ベース領域が薄い場合には、なだれ降伏電圧よりも低い電圧において、ベース領域がすべて空乏層になる。したがって、この場合にはコレクタ電圧はベース領域のパンチスルーにより制限される。

一方GATでは、空乏層はコレクタ・ベース接合界面と垂直な方向に広がると同時にコレクタ・ゲート接合界面と垂直な方向に広がり、ゲートではさまれたコレクタ領域が空乏化する。これは縦形電界効果トランジスタのチャネルがゲート電圧によってピンチオフすることと等価である。そのため、コレクタ空乏層内の電気力線はコレクタ・ベース接合界面で終端するものと、コレクタ・ゲート接合界面で終端するものとに分かれる。このことは、コレクタ・ベース接合界面の電界強度に及ぼすコレクタ電圧の影響がゲートによって弱められることになる。すなわち、ベースがゲートによりコレクタから静電的にしゃへいされる。これは、3極真空管のカソードがグリッドによりプレートから静電的にしゃへいされることと類似している。3極真空管との類似から、ゲートの静電しゃへい効果は次のように表される。⁽¹⁾⁽²⁾⁽⁴⁾

$$Q_B = \frac{1}{B} \left(V_{BG} + \frac{V_{BC}}{\mu} \right) \quad (1)$$

ここで、 Q_B はベース領域内に誘起される電荷量、 V_{BG} はベース・ゲート間の電圧、 V_{BC} はベース・コレクタ間の電圧、 μ は増幅率、 B は電極構造によって決まる定数である。GATのゲートはベースと接続されているから $V_{BG}=0$ となり、式(1)よりコレクタ・ベース電圧によって、ベース領域内に誘起される電荷はゲートのしゃへい効果がない場合の μ 分の1になることが分かる。ベース領域内の電荷は次式で与えられる。

$$Q_B = q \cdot N_B \cdot X_B \quad (2)$$

ここで、 q は電子の電荷量、 N_B はベース領域の不純物濃度、 X_B はベース領域内の空乏層の厚みである。式(1)及び式(2)から、GATでは、ゲートがない場合に比べてベース領域内の空乏層の厚みは μ 分の1になり、ゲートのしゃへい効果によりベース領域のパンチスルーが抑制されることが分かる。すなわち、ベース領域がすべて空乏層になる以前にゲートではさまれたコレクタ領域が空乏層になる場合には、ゲートの静電しゃへい効果により、ベース領域のパンチスルーが抑制されるから、ベース領域が薄くても、コレクタ電圧はパンチスルーによって制限されない。この条件は次式で示される。

$$\frac{q}{2\epsilon_s} N_C \cdot D^2 < \frac{q}{2\epsilon_s} N_B \cdot W_B^2 \quad (3)$$

ここで、 N_C はコレクタ領域の不純物濃度、 ϵ_s は半導体の誘電率、 $2D$ 及び W_B はそれぞれゲートの間隔及びベース領域の厚みである。式(3)の右辺はベース領域のパンチスルー電圧であり、左辺はゲートにはさまれたコレクタ領域のピンチオフ電圧である。GATの増幅率(μ)は縦形電界効果トランジスタの場合と等しいと考えられ、近似的に次式で与えられる。

$$\mu \approx \exp(\pi L / 2D) - 1 \quad (4)$$

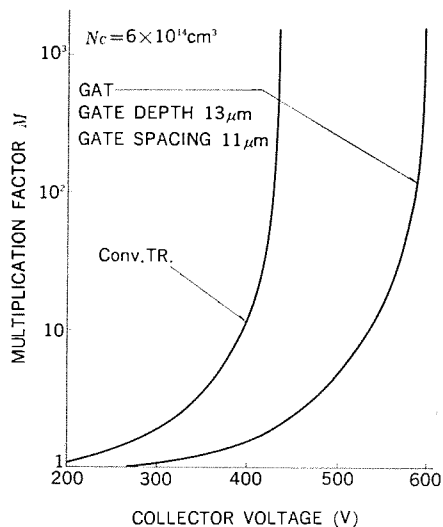


図 2. 増倍係数とコレクタ電圧の関係 (計算例)

ここで、 L はゲートの深さである。

前述したように、GAT のベース領域の一部がコレクタ領域に突出し、電界効果トランジスタのゲートとして作用するから、GAT は、バイポーラトランジスタと電界効果トランジスタの複合素子と考えられ、コレクタ・エミッタ電圧は近似的に次式で与えられる⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾⁽⁴⁾。

$$[V_{CE}]_{GAT} \approx (1 + \mu) [V_{CE}]_{BIP} \dots \dots \dots (5)$$

ここで、 μ は電界効果トランジスタの増幅率、 $[V_{CE}]_{BIP}$ はバイポーラトランジスタのコレクタ・エミッタ電圧、 $[V_{CE}]_{GAT}$ は GAT のコレクタ・エミッタ電圧である。

ベース領域が厚い場合には、コレクタ電圧はベース領域からコレクタ空乏層へ注入されたキャリアのなだれ増倍により制限される。

最大コレクタ電圧は次式で与えられる。

$$\alpha \cdot M(V_{CE}) = 1 \dots \dots \dots (6)$$

ここで、 α はベース接地電流利得、 $M(V_{CE})$ はコレクタ空乏層のなだれ増倍係数である。なだれ増倍係数はコレクタ電圧の関数でありコレクタ空乏層内での電界分布に依存する。GAT ではゲートのしゃへい効果によりコレクタ・ベース接合界面の電界強度が弱くなることを考慮して、なだれ増倍係数のコレクタ電圧依存性を計算した 1 例を図 2. に示す⁽⁵⁾。なお同図には比較のためにゲートのしゃへい効果が無い通常のトランジスタについて計算した結果も同時に示す。コレクタ電圧が等しいときには、GAT は通常のトランジスタよりなだれ増倍係数が小さくなる。したがって式(6)より電流利得が等しいときには、最大コレクタ電圧は GAT のほうが通常のトランジスタよりも高くなる。

2.2 安全動作領域に及ぼすゲートの効果

トランジスタの安全動作領域はベース順バイアスのときは局所的な接合温度上昇による 2 次降伏により、またベース逆バイアスのときはなだれ注入による 2 次降伏により制限される。ベース順バイアスの場合、エミッタ電流集中による局所的な接合温度上昇が安全動作領域を制限する要因の 1 つになっている。エミッタ電流集中は、エミッタ電流が臨界値以上になるとエミッタ領域の周辺部に電流が集中する現象である。臨界エミッタ電流 (I_{EC}) は近似的に次式で与えられる⁽³⁾⁽⁶⁾。

$$I_{EC} \approx \frac{9.6kThW_{Bn}}{q \cdot L_E(1 - \alpha)p_b} \dots \dots \dots (7)$$

ここで、 k はボルツマン定数、 T は絶対温度、 h はエミッタ領域の長さ、 W_{Bn} は中性ベース領域の厚み、 L_E はエミッタ領域の幅、 p_b はベ

ース領域の比抵抗である。

GAT はゲートの効果によりベース領域内の空乏層の伸びが抑制されるから、 W_{Bn} が大きく、式(7)より I_{EC} が大きくなって、通常のトランジスタよりもベース順バイアス時の安全動作領域が広がる。

なだれ注入はコレクタ空乏層内の電界分布のこう(勾)配がキャリアの空間電界によって逆転した時に起こる。したがって、電流集中が生ずると、局所的にキャリアの空間電荷密度が高くなり、その部分でなだれ注入が起こり安全動作領域を制限する。GAT は電流集中が抑制されるので、なだれ注入が起こりにくく、通常のトランジスタよりもベース逆バイアス時の安全動作領域が広がる。

2.3 スイッチング特性に及ぼすゲートの効果

ベース領域が薄くなると、キャリアのベース走行時間が短くなり、一般にトランジスタのスイッチング時間は短くなる。しかし、通常のトランジスタでは、ベース領域が薄くなるとベース抵抗が大きくなって、エミッタ・ベース接合の充放電の遅延時間が無視できなくなり、スイッチング時間、特に下降時間は放電の遅延時間に制限されるようになる。そのため、通常のトランジスタでは、ベース領域が薄くなるとかえってスイッチング時間が長くなる不都合が生ずる。

一方 GAT の場合には、ゲートがベース領域よりも拡散が深いこと、及びゲートのしゃへい効果によりベース領域内の空乏層の伸びが抑制されることにより、ベース領域が薄い場合でも実効的なベース抵抗が低くなる。したがって、GAT ではベース領域が薄い場合でも通常のトランジスタで見られる不都合は生じない。

3. GAT の製作⁽¹⁾⁽²⁾⁽⁴⁾

GAT の製作にはラレーナ技術を用い、 n 形基板に最初に p 形不純物を拡散してゲート領域を形成したのち、通常の npn トランジスタと同じ工程で製作した。ゲート及びエミッタ領域はストライプ状で、互いに直交するようにした。またエミッタ電極とベース電極はインタディジタルに配置した。エミッタストライプは幅が 160 μm 、長さが 2,500 μm とし、間隔は 100 μm とした。ゲートストライプは幅が 10 μm で、間隔は 10 μm から 130 μm の範囲で、深さは 10 μm から 15 μm の範囲で変化させた。ベース領域の厚みは 0.2 μm から 10 μm の範囲で変化させた。

コレクタ領域の不純物濃度は $1 \times 10^{14} \text{cm}^{-3}$ から $6 \times 10^{14} \text{cm}^{-3}$ の範囲とした。また拡散領域の表面不純物濃度はエミッタ領域については約 $5 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$ 、ベース領域については約 $5 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ 、ゲート領域については約 $1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ とした。

GAT を製作すると同時に、ゲートを除いて他は同一工程で通常のトランジスタを製作し、両者の特性を比較してゲートの効果を実験的に調べた。

4. GAT の特性

4.1 コレクタ電圧

ベース領域の厚みが 0.2 μm の時の、GAT 及び通常のトランジスタのコレクタ・エミッタ耐圧を表 1. に示す。ゲート間隔が 20 μm の時、GAT の耐圧は 200 V となり、ゲート間隔が 30 μm の GAT や通常のトランジスタの耐圧に比べて 10 倍になっている。ゲート間隔が 30 μm の GAT の電流-電圧特性はパンチスルー形電界効果トランジスタと類似しており、ベース領域がパンチスルーしていることを示唆している。一方ゲート間隔が 20 μm の GAT では、電流-電圧特性はバイポーラトランジスタと同じであり、ベース領域のパンチスルーがない。表 1. 及び式(3)から、ベース領域がパンチスルーする前にチャネルがピンチオフすることに

表 1. GAT のコレクタ・エミッタ 耐圧と ゲート 間隔の関係

	GAT		Conv. TR.
gate spacing (μm)	20	30	—
$V_{CE0}(\text{V})$	200	20	20

より、ベース 領域が薄い場合でも GAT の コレクタ・エミッタ 耐圧は高く
なる。

ゲート 間隔を変えたときの GAT の コレクタ・エミッタ 耐圧と式(4)か
ら計算した電圧増幅率との関係を 図 3. に示す。耐圧は $1+\mu$ に比
例しており式(5)から予測される結果と一致する。

ベース 領域の厚みが $1\mu\text{m}$ の場合、GAT 及び通常のトランジスタの
ベース 接地電流利得 (α) と コレクタ・エミッタ 電圧 (V_{CE}) は近似的に次
の関係がある。

$$\left. \begin{aligned} \alpha(V_{CE}) &= 0.981 + 5 \times 10^{-5} V_{CE} (\text{通常のトランジスタ}) \\ \alpha(V_{CE}) &= 0.984 + 1 \times 10^{-5} V_{CE} (\text{GAT}) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (8)$$

GAT は電流利得の電圧依存性が通常のトランジスタに比べて約 1/5 に
なっている。これはベース 領域内の空乏層の延びがゲートの効果によ
り抑制されていることを示している。図 3. に結果を示した計算式
と式(8)の関係を式(6)に代入して、GAT 及び通常のトランジスタの
コレクタ・エミッタ 耐圧を計算すると、それぞれ 230 V 及び 115 V とな
り、実測結果とよく一致する⁽⁵⁾。このことは前節の議論が妥当であ
ることを示唆している。コレクタ・ベース 耐圧で正規化した コレクタ・エ
ミッタ 耐圧と エミッタ 接地電流利得との関係を GAT 及び通常のトラン
ジスタについて測定した結果を 図 4. に示す。電流利得が 40 以上の

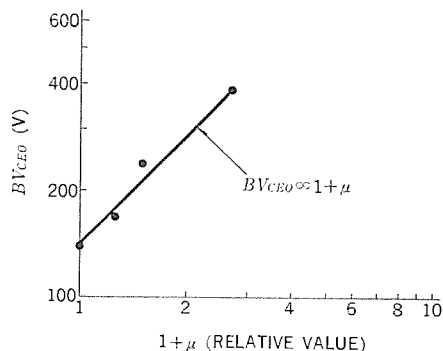
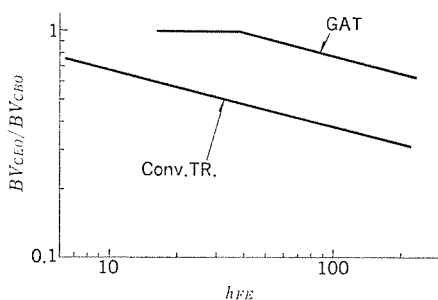
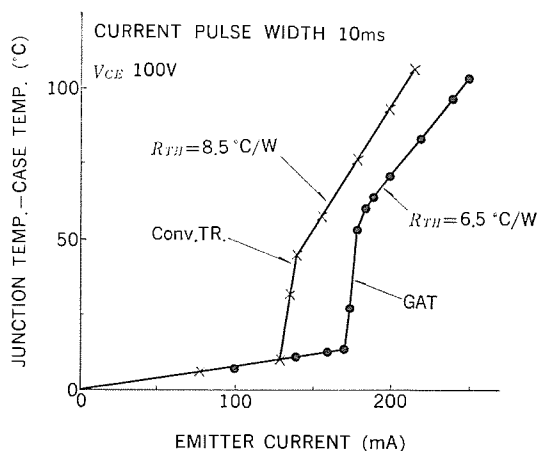
図 3. GAT のコレクタ・エミッタ 耐圧と
電圧増幅率との関係図 4. 正規化したコレクタ・エミッタ 耐圧と
接地電流利得との関係

図 5. 接合温度とエミッタ 電流との関係

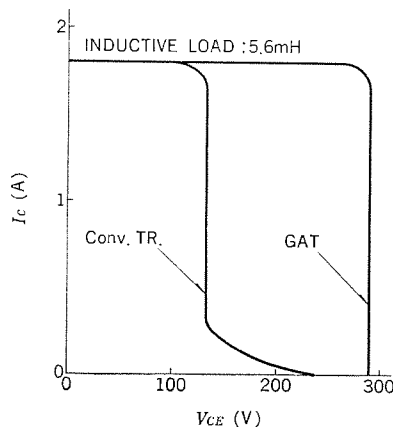


図 6. ベース 逆バイアス 時の安全動作領域

表 2. GAT と通常のトランジスタのスイッチング 特性の比較

	$t_r(\mu\text{s})$	$t_s(\mu\text{s})$	$t_f(\mu\text{s})$
GAT	0.07	2.5	0.24
Conv. TR.	0.07	2.9	0.80

範囲では、電流利得が等しいとき、GAT は通常のトランジスタに比べ
てコレクタ・エミッタ 耐圧が約 2 倍になっている。

4. 2 安全動作領域

ベース 順 バイアス のとき、接合温度と エミッタ 電流の関係を、GAT 及
び通常のトランジスタについて測定した結果を 図 5. に示す。GAT で
はエミッタ 電流が 170 mA で、通常のトランジスタの場合には 130 mA
で接合温度が急激に上昇し、電流集中が起こることを示している。
GAT の場合にはゲートの効果により臨界エミッタ 電流が大きくなっ
ていることが分かる。また、特性の勾配から求めた熱抵抗は GAT
では 6.5°C/W 、通常のトランジスタでは 8.5°C/W であり、GAT のほ
うが接合温度は低くなる。したがってベース 順 バイアス の安全動作領
域が広がる。ラッチング 法で測定した ベース 逆 バイアス の安全動作領
域を 図 6. に示す。通常のトランジスタではコレクタ 電流が 200 mA 以
上の範囲でコレクタ 電圧が顕著に低下するが、GAT ではコレクタ 電圧
の低下はなく、安全動作領域は通常のトランジスタに比べて約 2 倍に
なっている。

4. 3 スwitching 特性

ベース 領域が $1\mu\text{m}$ の GAT 及び通常のトランジスタのスイッチング 特性
を表 2. に示す。両者の上昇時間及び蓄積時間はほぼ等しいが、降
下時間は明らかに異なっている。通常のトランジスタではベース 領域が
 $10\mu\text{m}$ から $1\mu\text{m}$ になると、上昇時間は $0.16\mu\text{s}$ から $0.07\mu\text{s}$ に減少

するが、下降時間は $0.36\mu\text{s}$ から $0.8\mu\text{s}$ に増大する。これはベース 領域が
薄くなるとベース 抵抗の影響が顕著
になることを示している。一方、
GAT ではベース 領域が薄い場合でも
表 2. に示すように下降時間の増大
はない。

4. 4 電力用 GAT

試作した電力用 GAT の電圧定格は 450 V、電流定格は 20 A である。同
定格の通常のパワー・トランジスタと比較
して、電力用 GAT の特性を 図 7.
から 図 9. に示す。図 7. にエミッタ
接地直流電流利得 (h_{FE}) とコレクタ 電
流の関係を示す。GAT の h_{FE} は通
常のトランジスタに比べて 2.6~10 倍で、
コレクタ 電流が 20 A のときに h_{FE} は
32 になっている。図 8. にコレクタ・
エミッタ 飽和電圧と ベース 電流の 関係
を示す。コレクタ 電流が 20 A のとき
通常のトランジスタではコレクタ・エミッタ
電圧が飽和するときのベース 電流は
約 8 A であるが、GAT ではベース 電
流が 4 A のときに飽和する。図 9.
にスイッチング 時間と コレクタ 電流の関

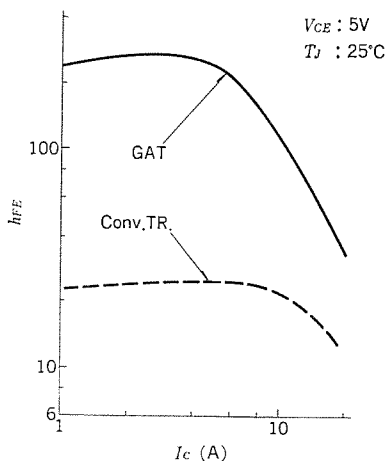


図 7. エミッタ接地電流利得とコレクタ電流の関係

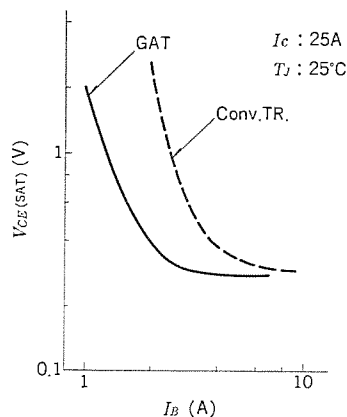


図 8. コレクタ・エミッタ飽和電圧とベース電流の関係

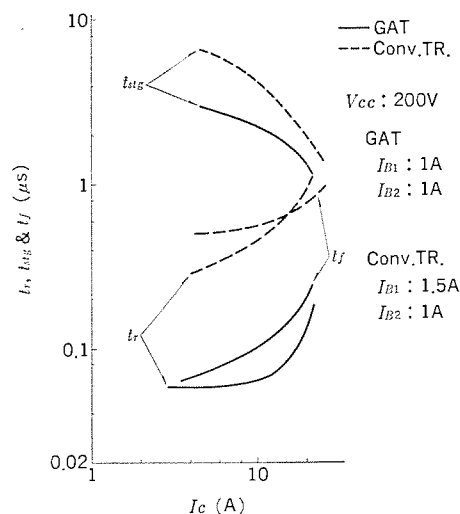


図 9. スイッチング時間とコレクタ電流の関係

表 3. 電力用 GAT の電気特性

	GAT		Conv. TR.	
	Value	Test Condition	Value	Test Condition
$V_{CER(SUS)}$ (V)	480	$R_{EB}=50\Omega, I_C=1A$	480	$R_{EB}=50\Omega, I_C=1A$
V_{CBO} (V)	680	$I_{CBO}=150\mu A$	690	$I_{CBO}=150\mu A$
h_{FE}	32	$I_C=20A, V_{CE}=5V, T_J=25^\circ C$	12	$I_C=20A, V_{CE}=5V, T_J=25^\circ C$
$V_{CE(SAT)}$ (V)	0.3	$I_C=20A, I_B=4A$	0.3	$I_C=20A, I_B=8A$
I_C (A)	20	$h_{FE}=32, V_{CE}=5V, T_J=25^\circ C$	20	$h_{FE}=12, V_{CE}=5V, T_J=25^\circ C$
t_r (μs)	0.12	$I_{B1}=1A$	0.9	$I_{B1}=1.5A$
t_{sg} (μs)	1.3	$I_{B2}=1A$	2.0	$I_{B2}=1A$
t_f (μs)	0.2	$I_C=20A$	0.7	$I_C=20A$
		$V_{CC}=200V$		$V_{CC}=200V$

係を示す。測定条件は図中に示した。なお、順ベース駆動電流波形は幅が $30\mu s$ のく(矩)形である。GAT の上昇時間は通常のトランジスタに比べて $1/5\sim 1/7$ に、下降時間は $1/3\sim 1/7$ になっている。一方蓄積時間は、順ベース駆動電流の差を考慮すると、GAT と通常のトランジスタにおいて大差ないといえる。しかし、ベース駆動回路にスピードアップコンデンサを接続して、ベース駆動電流波形を変えることなどにより、蓄積時間を短くできるから、上昇時間及び下降時間が短くなり、GAT は通常のトランジスタに比べて、高速動作に適していることが分かる。

GAT は電流利得が高いので通常のトランジスタに比べて小さいベース電流でコレクタ・エミッタ電圧が飽和し、また上昇時間、降下時間が短くなる利点がある。例えば、コレクタ電流が $20A$ の時、通常のトランジスタはベース駆動電流として約 $8A$ 必要であるが、GAT では $4A$ で十分であり、ベース電流は $1/2$ に軽減される。表 3. に電力用 GAT の電気特性を通常のトランジスタと比較して示す。

5. む す び

ゲート付トランジスタはコレクタ領域に突出したベース領域(ゲート)の効果により、ベース領域内の空乏層の延び及びコレクタ空乏層内でのなだれ増倍が抑制され、またベース抵抗が低くなるため、高耐圧で高速、高電流利得のトランジスタに適していることを明らかにした。

また電圧定格が $450V$ 、電流定格が $20A$ の電力用 GAT を開発し、同定格のパワートランジスタに比べて次の利点があることを明らかにした。

- (1) GAT のエミッタ接地直流電流利得は、定格コレクタ電流において $32(V_{CE}=5V, T_J=25^\circ C)$ であり、従来の約 2.6 倍に改善された。
- (2) GAT の上昇時間と下降時間は従来の $1/7$ 及び $1/3$ に改善された。
- (3) (1)及び(2)のために、GAT は小さなベース電流でスイッチング動作が可能である。例えば $20A$ のコレクタ電流をスイッチするに必要なベース電流は $4A$ で、従来の $1/2$ に軽減された。

GAT はベース駆動電流が小さく、スイッチング時間が短いためパワーエレクトロニクスの分野において、装置の小形化、高性能化に貢献するものと考えられる。今後、大電流化を検討し、電流定格 $50A$ の GAT を開発する計画である。

(昭和 55-3-3 受付)

参 考 文 献

- (1) 別所, 近藤, 行本: 信学会電子デバイス研資, ED 78-51
- (2) 行本, 近藤, 白幡: 電学会電子装置研資, EDD-78-76
- (3) H. Kondo, Y. Yukimoto and K. Shirahata: 1979 IEEE ISSCC Digest of Technical papers 22, p. 84 (1979)
- (4) H. Kondo, M. Bessho and Y. Yukimoto: Japan. J. Appl. Phys. 18, Suppl. 18-1 pp. 329-333 (1979)
- (5) 近藤, 行本: 信学会電子デバイス研資, ED 79-53
- (6) H. Kondo, Y. Yukimoto: The 11 th Conf. on Solid State Devices, Tokyo. Digest of Tech. Papers, No. A-6-13, p. 197

高電圧機器絶縁特性自動計測システム

平林 庄司*・渡辺 忠勝*・北村 洋一*

1. ま え が き

電力需要の増大に伴い発電機、変圧器等の電気機器においては大容量化、小形化、高信頼性が要求され、電気絶縁に対しても新しい絶縁方式、絶縁診断法の確立が重要な課題になってきている。

絶縁性能の評価方法として絶縁抵抗、誘電正接、部分放電測定等が従来から用いられてきた。しかし測定には熟練を要し、また絶縁物の構造は物的にも複雑であり、かつ高電圧印加のため放電現象を伴い、得られるデータはばらつきが多く信頼性の高いデータ収集が困難であった。ところが、近年の半導体技術の急速な進歩により計測技術の向上、計算機コストの低下などによって測定の高精度化、省力化、多量のデータ収集、処理が可能になり計算機を利用した計測システムの開発が進められている。当社でも絶縁特性をは(把)握する上で特に重要な誘電正接、部分放電、交流絶縁破壊電圧の自動測定ができミニコンピュータによりデータ収集、処理を行うことができる高電圧機器絶縁自動計測システムを開発した。このシステムは、大形計算機とハイアラキシステムを構成しており、高度の解析処理が可能である。

電気機器の絶縁組織は、運転中にいろいろな要因のストレスを受けて劣化を招き絶縁破壊事故に至る場合がある。したがって、絶縁劣化状態の的確な判定が極めて重要である。

このシステムの開発により、回転機絶縁組織の各種データを総合的に解析処理を行うことが可能になり、絶縁性能評価方法の信頼性向上をめざしている。

この報告では、システムの方式、機能について述べる。

2. システムに要求される機能

このシステムを開発するにあたっては、下記の事項に重点を置いた。

- (1) ルーチン的な仕事の省力化が図れること
- (2) 多量のデータ収集、処理が容易であること
- (3) システムの拡張が容易であること

まず(1)は測定の自動化、データ処理の高速化を行うことにより、技術者を定常作業から解放してより質の高い仕事に従事させる。また人為的誤差の介入を防止して、未熟練者でも実行が可能にする。

(2)は1章で述べたように、絶縁計測で得られる情報には、ばらつきが多いため多量のデータを収集して、統計的処理などを用いて解析を行う必要がある。それには、多量のデータをいろいろな観点から検索できるデータファイルを作成する必要がある。

(3)はソフトウェアの面からは、実験の目的を十分生かすために、実験者の目的に応じたオンライン、オフライン解析処理が容易に行えること。ハードウェアの面からは、ほかの測定法の追加、システムの拡張ができることである。

3. ハードウェアの構成

システムは、測定ユニット、ミニコンピュータシステム(《MELCOM 70》とそ

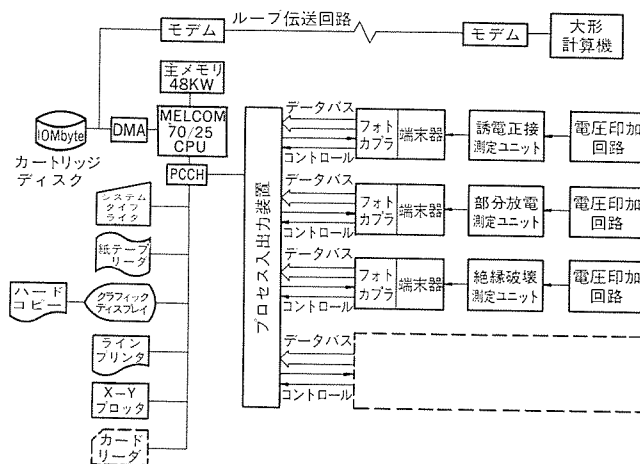


図 1. システムの全体構成図

の周辺装置)、及び計算機結合装置により構成している。図1.にシステムの全体構成を示す。

3.1 測定ユニット

誘電正接、部分放電、交流絶縁破壊電圧測定ユニットで構成している。測定はすべてミニコンピュータの制御なしに単独自動測定が可能であり、測定者は試料のセット、測定条件の設定だけでよい。測定結果は、ユニットのメモリに記憶され、各ユニットに付属した端末器によりミニコンピュータに対してデータ転送要求を行い測定条件、測定結果の転送を行う。

3.1.1 誘電正接測定ユニット

誘電正接測定は、誘電正接($\tan \delta$)-電圧特性、また絶縁物に温度変化を与えたときの上記特性などにより、絶縁物の状態を診断しようとするものである。

測定方法は、シェーリングブリッジによる方法が最も一般的で良い精度を得ることができる。しかしシェーリングブリッジでは、2個の素子を可変して $\tan \delta$ を求めるため操作が複雑になる。そこでこの装置では、1個の素子の可変で $\tan \delta$ が求められる方式を採用している。

図2.に示す交流ブリッジにおいて、 R_3 を可変したとき R_3 と R_1 の差電圧 E_0 が最小となるための条件は、

$$R_3 C_x = R_1 C_s \quad (1)$$

であり、このときの E_0 を R_1 の電圧 E_1 で除すると、式(2)に示すように $\tan \delta$ を求めることができる。

$$\frac{E_0}{E_1} = \frac{\tan \delta}{\sqrt{1 + \tan^2 \delta}} \approx \tan \delta \quad (2)$$

この場合、シェーリングブリッジより誤差が大きくなるがその大きさは、 $\tan \delta$ が10%のとき-0.4/100、30%のとき-4/100であり実用上問題ない。なおガード回路は、バッファアンプを用いて自動バランスを行っている。

式(1)よりシェーリングブリッジと同様絶縁物の静電容量 C_x が測定できることは言うまでもない。

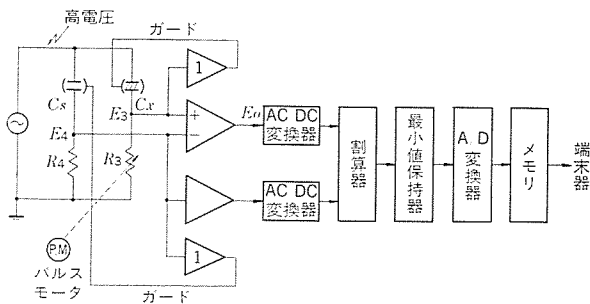


図 2. 誘電正接測定 ユニツト

表 1. 誘電正接測定 ユニツト の主な仕様

項目	(1) 誘電正接 ($\tan \delta$) (2) 静電容量 (C_x)
仕様	(1) 方式: 修正シェーリングブリッジ (2) 試験電圧: 範囲 500 V~30 kV 測定電圧: 最大電圧を 10 等分した各点 (3) 測定 $\tan \delta$: 範囲 0.02~30 % 精度 $\pm 5 \% \pm 0.02 \% (\tan \delta \text{ 値})$ C_x : 範囲 100 pF~0.01 μF 精度 5 %

この装置のブロック図を図 2. に、主な仕様を表 1. に示す。

3. 1. 2 部分放電測定ユニット

部分放電の測定方法の中で、広帯域法は検出素子に現れる部分放電波形を広帯域増幅器 (数 kHz~2 MHz 程度) を用いて忠実に増幅するので分解能が高い (3 μs 以下) 長所がある。このため部分放電の発生位相の検討、波高分析による発生ひん度分布など詳細な分析に最適である。

この装置では広帯域法の長所を利用して、波高分析器による放電電荷 - ひん度分布特性の測定を主体に行っている。装置のブロック図を図 3. に、主な仕様を表 2. に示す。

(1) 自動校正

校正は試料非接地直列校正法で、最初に内蔵のブリッジで ($C_x + C_x'$) を自動測定して、次に

$$E_c = \frac{Q}{C_x + C_x'} \quad \dots\dots\dots (3)$$

なる校正電圧を加えて自動校正する。ただし C_x : 試料の静電容量, C_x' : 調整用コンデンサの静電容量, Q : 基準放電電荷

ここで C_x' を入れたのは, C_x が小さい場合でも ($C_x + C_x'$) の値の変化を小さくするためである。これによってこの装置では、静電容量が 0~5,000 pF の範囲の試料が無調整で測定可能である。

(2) 28 チャンネル 波高分析

測定回路の検出抵抗で検出された部分放電波形は、立上がり速く指数関数的に減衰する波形であるため、増幅した後で波形のピーク値を約 2 μs 保持するパルス波形に変換して、高速 A/D 変換器 (変換時間 1 μs) により数値変換を行ってワイヤードロジック回路で高速処理を行う。

(3) 自動測定

自動校正後、 10^{-11} クーロンの部分放電開始電圧を測定して、この電圧から 0.5 あるいは 1 kV ステップの各電圧ごとに最高 32 ステップまで放電電荷ひん度分布、最大放電電荷、平均電流を自動測定して記憶、表示する。

放電電荷ひん度分布は、 $1 \times 10^{-11} \sim 1 \times 10^{-8}$ クーロンの範囲を各けた (桁) ごとに 9 等分、計 28 チャンネルに波高分析する。

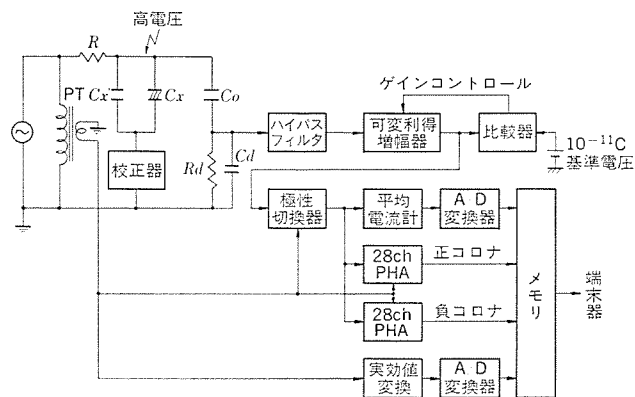


図 3. 部分放電測定 ユニツト

表 2. 部分放電測定 ユニツト の主な仕様

項目	(1) 部分放電開始電圧 (2) 最大放電電荷 (3) 放電電荷 - 発生ひん度特性 (4) 平均電流 (5) 静電容量
仕様	(1) 方法 (a) 広帯域法 (1 kHz~2 MHz) (b) 試料非接地直列校正法 (c) 正負同時測定した後、分離 (2) 試験回路 (a) 試験電圧: 500 V~30 kV (b) 試料静電容量: 0~5,000 pF (c) 結合コンデンサ: 1,000 pF (d) 調整用コンデンサ: 1,000 pF (3) 測定部 (a) 検出部: 時定数 450~700 ns (b) 波高分析部: 28 チャンネル $1 \times 10^{-11} \sim 1 \times 10^{-8}$ クーロン } 2 レンジ $1 \times 10^{-10} \sim 1 \times 10^{-7}$ クーロン } 分解能: 5 μs 計数法: PPS or total (c) ゲート・スライサ: 印加電圧波形に同期

測定方法については前述のほか、プリセットした 5 段階の電圧での測定、また一定電圧における時間特性の測定もできる。

(4) 雑音対策

印加電源系統からの雑音侵入を防ぐためミルドトランス、商用周波数フィルタを設けている。これは電圧調整器のしゅう (摺) 動雑音、波形ひずみにも効果があり誘電正接測定ユニットでも用いている。

信号処理的には部分放電の性質 (放電波形、印加電圧と放電極性の関係) を用いて対策を施している。

3. 1. 3 交流絶縁破壊電圧測定ユニット

この測定は絶縁物が破壊するまで電圧を印加して、破壊電圧が絶縁性能の評価に、あるいは誘電正接、部分放電等の非破壊絶縁試験法による性能評価の検証に用いられている。

電圧印加方法は、連続上昇法あるいは階段上昇法により行っており、破壊電圧のほか破壊現象解明の手がかりを得るため破壊前 10 サイクルの電圧、電流波形を測定している。また特に試験の正確さを期すため試料の沿面せん (閃) 絡防止、雑音対策を強化している。装置のブロック図を図 4. に、主な仕様を表 3. に示す。

(1) 沿面閃絡防止

高電圧発電機のコイルあるいはテストバーの測定では、沿面閃絡防止のため、沿面に SiC (半導電性) 塗料を塗布しているが、充電電流

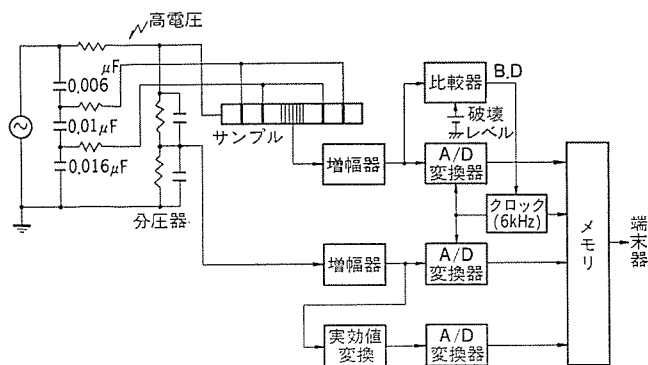


図 4. 交流絶縁破壊電圧測定ユニット

表 3. 交流絶縁破壊電圧測定ユニットの主な仕様

項	(1) 絶縁破壊電圧
目	(a) 連続上昇法 破壊電圧 (b) 階段上昇法 破壊電圧, 保持時間
	(2) 耐電圧寿命時間
	(3) 電圧及び電流波形
仕	(1) 試験電圧: 6 kV~150 kV (2) 電圧上昇速度: 0.5, 1, 2 kV/s (3) スタート電圧: 0~99 kV (4) ステップ電圧: 連続, 1, 2, 5 kV (5) 保持時間: 0~99 h 1 s ステップ (6) 測定
様	電圧: (a) 方式: 波高値-実効値 (b) 精度: $\pm 1\% \pm 200 \text{ V}$ 波形: (a) サンプリング: 100 点/Hz (b) 記憶: 破壊前 10 サイクル

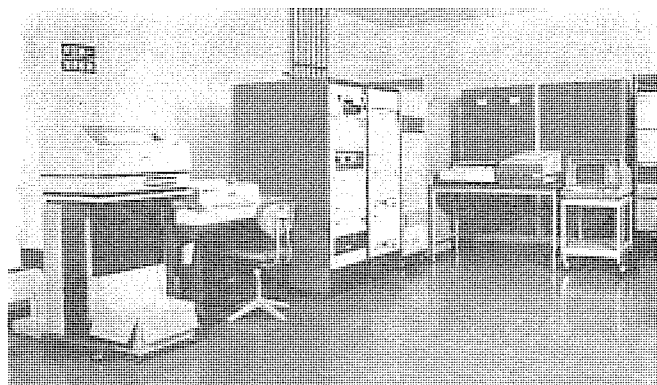


図 5. ミニコンピュータシステム

により SiC 塗料が熱破壊を起こし沿面閃絡することがある。これを防止するため SiC 塗料の中間に分圧電極を設けて、これに印加電圧をコンデンサで分圧した電圧を加えることにより、SiC 塗料に流れる充電電流を電源側に分流する方法 (C 分圧課電方式⁽¹⁾) を採用している。

(2) 雑音対策

絶縁破壊のとき発生するサージにより装置の故障、誤動作を招くため、入力回路は避雷器とダイオードにより保護するとともに入力回路から A/D 変換器までを 2 重シールド構造としている。

(3) 力率改善

C 分圧課電方式のため負荷の静電容量が大きくなり無効電流が増大するため、力率改善用のインダクタンスを電源回路にそう(挿)入して電源系統の小形化を図っている。

3.2 ミニコンピュータシステム

図 5. にミニコンピュータ・周辺装置を設置した計算機室を、下記にその構成を示す。

- (1) 中央処理装置: 《MELCOM 70/25》主メモリ 48 kW

語長 16 bit

- (2) 補助記憶装置: カートリッジディスク 10 Mbyte

- (3) 周辺機器: プロセス入出力装置, システムタイプライタ, ラインプリンタ, 紙テープリーダー, グラフィックディスプレイ, ハードコピー, モデム

3.2.1 データ収集方法

絶縁計測で得られる情報は高速でかつ量が多いため、測定ユニットに高速処理用の専用回路(ワイヤードロジックによる)、測定データ記憶用のメモリを設けて前処理機能の強化を図り、プログラム制御チャンネル(PCC H)でデータ収集を行っている。

3.2.2 データ処理

ミニコンピュータは、ハイアラキシステムの端末計算機の機能を兼ねており高度な解析処理は、大形計算機にゆだねている。ミニコンピュータでは、収集したデータのファイル管理(カートリッジディスクに作成したトランザクションファイル)、及び簡単なオンライン、オフラインの処理を行っている。

3.3 大形計算機による処理

ミニコンピュータから転送されてきたデータは、技術計算用大形計算機のデータファイルに入れたあとで処理する。このデータファイルには、絶縁材料の基礎特性、絶縁プロセス、劣化特性等もカードにより入力されており、これらのデータをもとにして、因子分析、ワイブル解析⁽²⁾等の統計解析、あるいは部分放電測定結果をもとにした、ボイド分布推定⁽³⁾などを行っている。

3.4 雑音対策

このシステムは、高電圧測定を対象としているため絶縁物の破壊により強力な雑音が発生してミニコンピュータ、測定ユニットの誤動作を招く。

この防止策として、測定ユニットに付属した端末器内でフォトカプにより各測定ユニットを電氣的に絶縁して、接地点を別々に設けている。またミニコンピュータと各測定ユニット間の信号伝送用ケーブル(およそ 10~30 m)は絶縁付きの専用金属製パイプに入れている。

4. ソフトウェアの構成

処理プログラムは、すべてリアルタイムディスクオペレーティングシステム(RDOS)の管理下に置かれており、データ収集関係及び大形計算機結合関係プログラムにより構成している。

(1) データ収集関係

データ収集、ディスク格納、図形処理、ユーザー処理のプログラムがある。収集したデータは、すべてカートリッジディスクに、トランザクションファイルとして格納したあとで処理プログラムを実行する。

(2) 大形計算機結合

タイムシェアリング、遠隔ジョブ入力、データ転送システムにより運用している。

5. システムの適用

このシステムは、現在、回転機絶縁の新しい絶縁方式の評価、絶縁診断技術の開発に活用している。以下に活用の例を示す。

図 6.~図 9. は、発電機モデルコイルの絶縁性能評価を行うため、劣化(熱、課電等)過程の特性をデータ収集して処理を行った例である。図 6. は $\tan \delta$ -電圧特性で印加電圧と $\tan \delta$ 及び静電容量の関係、図 7. は部分放電ひん度分布で放電電荷と正・負極性の放電個数、図 8. は絶縁物を破壊させて、耐電圧及び破壊直前の電圧電流波形を求めている。

これらの結果、及びデータファイルをしている初期からの特性を分析

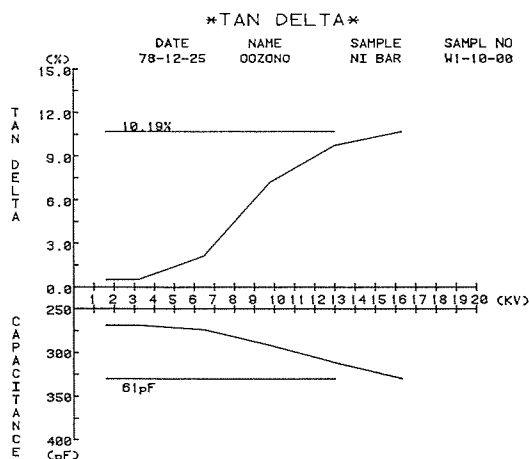


図 6. 誘電正接電圧特性

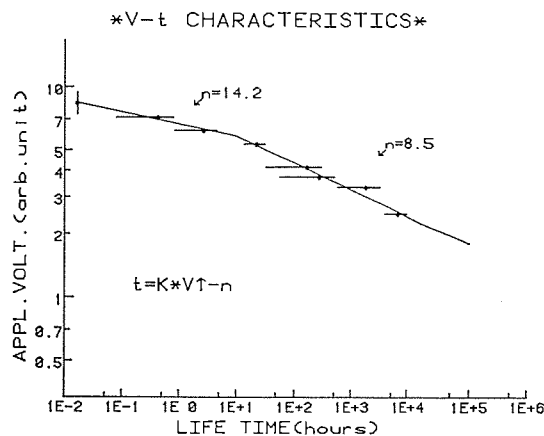


図 9. V-t 特性

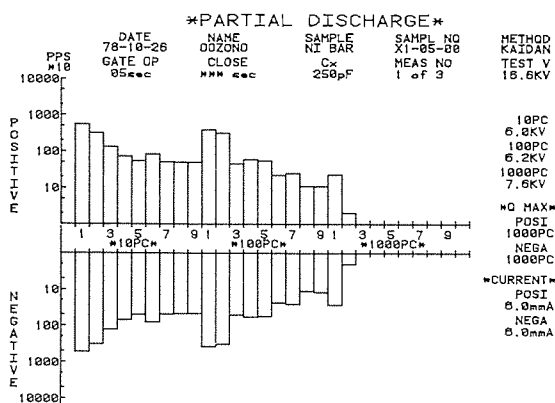


図 7. 放電電荷ひん度分布

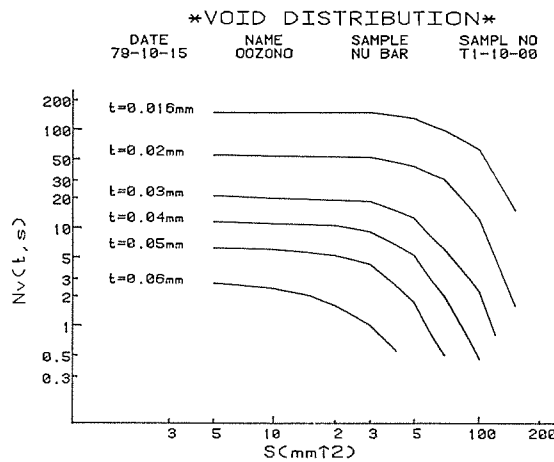


図 10. ボイド分布状態

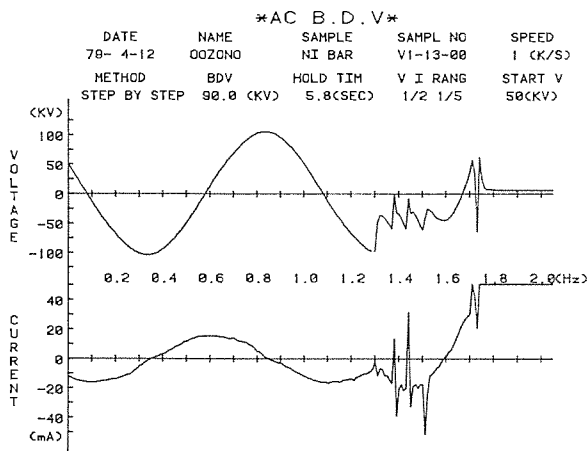


図 8. 絶縁破壊直前の電圧、電流波形

して、ストレスと寿命の関係、非破壊試験法と破壊電圧との相関などの解明を行っている。

図 9. はその 1 例で、長期課電試験を行い、破壊までの時間をワイル解析してまとめた V-t 特性である。結果は、 $t=K \cdot V^{-n}$ の逆 n 乗則が成立しているが、印加電圧 6 (任意値) 付近で異なっており、ツリー状の放電による破壊、部分放電による劣化の 2 領域に分類されている。

図 10. は絶縁物のボイドの分布状態を推定した例で、試料は誘導電動機モデルコイルである。ギャップの長さが t 以上で、放電面積が S 以上の範囲に存在するボイド個数 N_v を示している。

この結果を、劣化状態の判定、製造プロセスの改良及び絶縁設計へ反映している。

以上、測定データの図形処理、大形計算機による解析例について示した。これらは、自動測定、ミニコンピュータによるデータ収集、計算機との対話形式による処理が基本になっており、測定、処理の省力化、信頼性向上を図っている。

6. む す び

以上、今回開発したシステムの機能と構成について述べた。測定の自動化により収集データの信頼性向上、計算機による多量のデータ収集、処理により、今まで十分なされていない絶縁劣化機構解明の糸口を得ることが期待できる。また、処理結果が試験法にフィードバックされて新しい試験法の開発がなされ絶縁評価、診断技術向上に貢献するものとする。

今後は第 2 ステップとして、ソフトウェアの面では処理プログラムの充実、ハードウェアの面では新交流電流試験法⁽⁴⁾、直流試験法⁽⁵⁾等の導入、また耐雑音性向上、高電位点計測のためオプトエレクトロニクスを導入を検討したい。

参 考 文 献

- (1) 谷ほか：電気学会全国大会，No. 333 (和 52)
- (2) 下地，平林ほか：三菱電機技報，49，No. 2 (昭 50)
- (3) 平林，長谷川ほか：電学誌，94-A，317 (昭 49)
- (4) H. Terase, et al.: IEEE Power Meeting F 79 626-3 (1979)
- (5) 原，平林：三菱電機技報，36，No. 7 (昭 37)

磁気ディスク装置用浮動ヘッド

鈴木 栄久*・堀 端 慎二*・山 許 博*・鯨 島 周 耕**・角 田 正 俊***

1. ま え が き

近年のように情報化の進んだ時代においては、増え続ける情報をコントロールするコンピュータの必要性は増大の一途にあり、その大形化も時代の流れとなっている。この要請に従い、コンピュータシステムの中で用いられる記憶装置も、急速に大形化が図られている。記憶装置には、内部メモリと外部メモリの2種類があるが、情報のファイルメモリとして用いられる外部メモリには、特にその傾向が著しく、いわば大容量化の主役を担っていると言っても過言ではない。現在外部メモリとして圧倒的に多く使われているものは磁気記憶装置であり、磁気ディスク、磁気ドラム、磁気テープなどがその代表的な例である。中でも磁気ディスク装置は、システムの性能、価格を左右する最も重要な周辺機器として発展しており、技術的進歩による記録密度の増大と、そのことによる大容量化、低廉化の速度は他に類を見ない。

磁気ディスク装置における技術開発の命題は、“いかに高速に、かつ高密度に情報を記録再生するか”であり、これは磁気ディスク装置が出現して以来、今日まで一貫して変わっていない。高密度記録を達成するためには、装置のキーマンである磁気ヘッドと記録媒体の性能を向上させることが必要不可欠な要件である。特に磁気ヘッドは媒体に情報を書込み、読出すための最も主要な素子であり、その高性能化はそのまま磁気ディスク装置の高性能化につながる。

以下、このようなコンピュータ用磁気ディスク装置に用いられる磁気ヘッドに焦点を当て、最近当社で開発した高性能で信頼性の高いNSA(New Self Acting)形浮動ヘッドについて、その技術的特長と応用例などについて述べる。

2. 磁気ヘッドの原理

磁気ヘッドは一般に図1.に示すような構造であって、基本的にはヘッドコア、ギャップ、コイルの3部品から成り立っている。このようなヘッドを用いた記録再生過程では、記録及び再生信号に悪影響を与える各種の損失が存在し、特に再生時の損失は、高密度記録の限界を

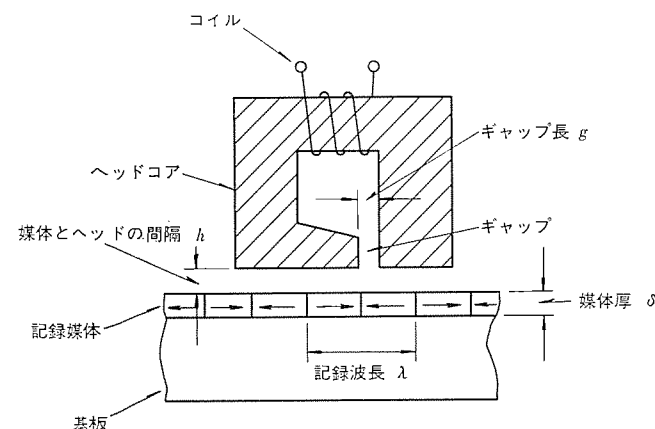


図1. 磁気ヘッドのモデル

決める重要な要因となる。ヘッドと媒体の間隔 h により生ずる分離損失、コアのギャップ長 g によるギャップ損失、媒体の厚み δ による厚み損失などがそれである。このうち厚み損失は記録媒体固有の問題であるからここでは省き、以下磁気ヘッドに関する分離損失とギャップ損失について簡単に説明する。

分離損失 L_s は一般に次式で示される。

$$L_s = -20 \log_{10} e^{-2\pi h/\lambda} = 54.6(h/\lambda) \quad [\text{dB}] \quad (1)$$

ここで h : 媒体とヘッドの間隔

λ : 媒体上の記録波長

記録密度を向上させるためには、記録波長 λ をより小さくしなければならないが、式(1)は、記録波長 λ を小さくすると、損失 L_s が増加することを示している。そこで間隔 h を記録波長 λ に比例させて減少させれば、損失 L_s を増加させることなく、高密度記録が可能になることがわかる。

ギャップ損失 L_g は次式で与えられる。

$$L_g = -20 \log_{10} \left| \frac{\sin(\pi g/\lambda)}{\pi g/\lambda} \right| \quad [\text{dB}] \quad (2)$$

ここで g : ギャップ長

一般に g/λ が大きくなると損失 L_g は増加する。記録波長 λ を減少させるためには、 λ に応じてギャップ長 g も小さくしなければならないことがわかる。

以上のように記録波長 λ を小さくして記録密度を高めるためには、磁気ヘッドの面から見て、媒体とヘッドの間隔 h とギャップ長 g をより小さくすればよいことがわかる。磁気ディスク装置において記録密度の向上とともに λ 、 g 、 h 、 δ がいかに小さくなってきたか、その変遷を図2.(1)に示してある。磁気ディスク装置の場合、使用されるヘッドは浮動ヘッドであるから、図中では間隔 h が浮上距離という名称になっている。浮上距離、ギャップ長等がかなり急激に微小化

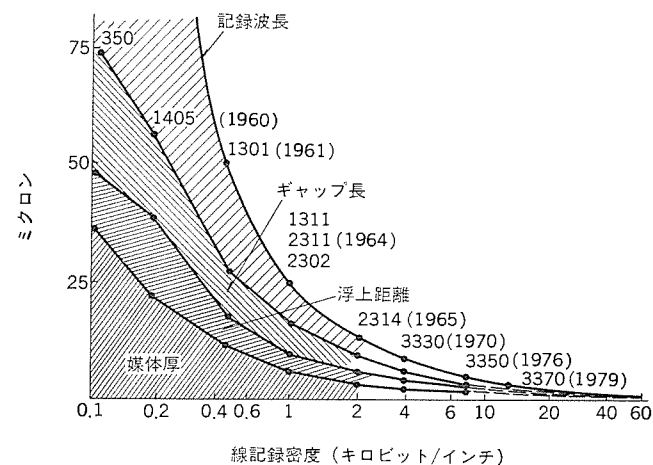


図2. 記録密度の増加とヘッド寸法の変化
(数字はIBM形名 カッコ内は発表年)

されてきた様子がよくわかる。これらの微小化を実現させるためには、ミクロンオーダの微細加工技術を確立する必要がある。高性能なヘッドの開発は、それに用いる微細加工技術の開発に等しいと言っても過言ではない。ここで述べる NSA 形浮動ヘッドでは、新しい技術の導入により間隔 h とギャップ長 g の微小化に成功しており、将来にもつながる高密度記録に適したヘッドとなっている。

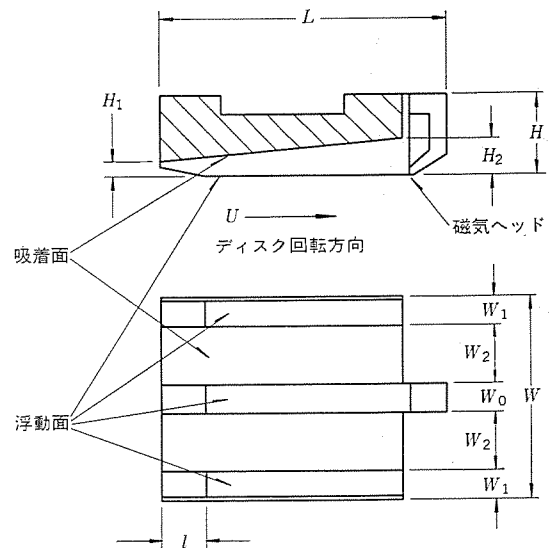
3. NSA 形浮動ヘッドの構造

磁気ディスク装置では、一般に動圧の気体軸受の原理を応用した、浮動形の磁気ヘッドが用いられている。これは、磁気ディスク面上に浮動ヘッドスライダを押し付けたとき、ディスクの回転に伴って生ずる空気流により、ディスク面とスライダ浮動面との間に微小な空気膜が形成されることを利用している。この空気膜には流体力である浮上力が発生し、スライダはこの力によってディスク面上から浮上することになる。記録密度を向上させるためには、空気膜の厚さ、つまり浮上距離をできるだけ小さくすることが必要であり、現在広く実用化されているウインチェスタ技術と呼ばれる浮動ヘッドでは、 $0.5\mu\text{m}$ の浮上距離を達成している。

ウインチェスタ技術において更に浮上距離を小さくするためには、スライダに加える押付荷重を増加させなければならない。しかしコンタクトスタート-ストップ方式を採用している限り、ある程度以上増加させることは困難である。この方式では、ディスクにスライダを押し付けた状態のままで、ディスクの起動、停止を繰返すため、低速時にはディスクとスライダは互いにしゅう(摺)動することになり、双方においてある程度の摩耗は避けられないという欠点を有する。スライダの押付荷重を増加させることは、この摺動摩耗を直接増大させることになる。ウインチェスタ形ヘッドでは現在 10g に設定されており、このときのスライダ浮動面の面圧は $1.8\text{g}/\text{mm}^2$ となっている。一般に実用化されている塗布形ディスクを用いる場合には、浮動面の面圧は摩耗の観点から約 $2\text{g}/\text{mm}^2$ が限界であり、ウインチェスタ形ヘッドの面圧はほぼその限界に近いことを示している。将来に記録密度を高めたり、表面の強度が劣ると言われるめっきディスクを採用する段階では、大きな問題としてクローズアップされるであろう。

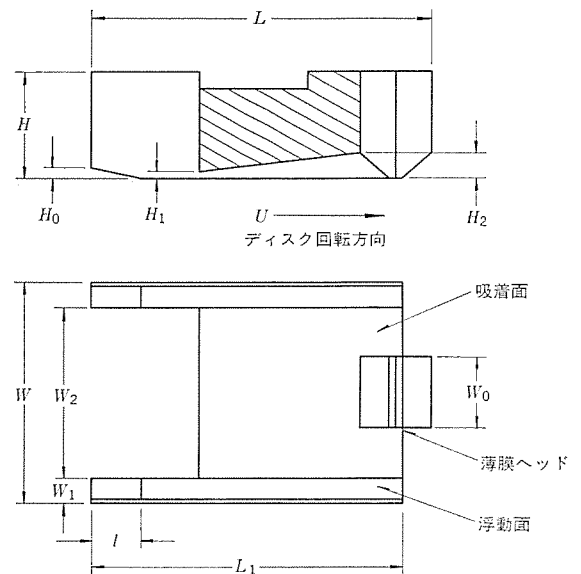
摺動摩耗を避けるには、根本的にはスライダに加えるばねによる押付荷重を減ずるのが最も得策である。ところが押付荷重を減ずると、ディスクが高速で回転しているときには、空気流によって生ずる浮上力により浮上距離が大きくなり、高密度記録に適さなくなるという矛盾を有する。このような矛盾を同時に解決したものが NSA 形浮動ヘッドである。NSA 形浮動ヘッドでは、ディスクに対抗するスライダの面に、ディスクの回転に伴って生ずる空気流に対して、末広りの空間を形成するようなみぞ(溝)を設けてある。ここに流体力である吸着力を発生させ、この力をもって高速時における押付荷重を補充している。したがってばねによる押付荷重は、従来に比べて数分の1程度で十分である。このことが押付荷重を小さくしても、なお浮上距離を小さくすることができるゆえんである⁽²⁾。

図3に NSA 形浮動ヘッドのスライダ形状と主要寸法を示してある⁽³⁾。フェライトを素材にしたいわゆるモリシック形のヘッドであって、ウインチェスタ形ヘッドと互換性のあるウインチェスタ相当品と、それより高密度記録が可能な高密度ヘッドの2種類を示してある。ディスクに対抗するスライダの面には、 W_0 、 W_1 で示した浮動面と、 W_2 で示した吸着面とが形成されている。浮動面はウインチェスタ形スライダと同等なテーパーラットな形状をしており、吸着面は H_1 と H_2 の間に H_1



ヘッドの種類	$H_1(\mu\text{m})$	$H_2(\mu\text{m})$	$W(\text{mm})$	$W_1(\text{mm})$	$W_2(\text{mm})$
ウインチェスタ相当品	10	45	3.6	0.4	1.2
高密度形	8	30	3.1	0.35	1.1

図3. NSA 形浮動ヘッドスライダの形状



$L_1(\text{mm})$	$H_1(\mu\text{m})$	$H_2(\mu\text{m})$	$W(\text{mm})$	$W_1(\text{mm})$	$W_2(\text{mm})$
4.3	6	20	3.1	0.35	2.4

図4. 薄膜ヘッド用 NSA 形スライダの形状

$<H_2$ なる関係を保つよう形成されている。ここで図中矢印で示した方向にディスクが回転すると、浮動面には正圧の浮上力が、吸着面には負圧の吸着力が発生することになる。図4には通産省補助金を得て開発した、薄膜ヘッド用の NSA 形浮動ヘッドスライダの形状を示してある⁽⁴⁾。ディスクに対抗するスライダの面は、図3の場合と同様に浮動面と吸着面とから構成されている。

ところで、このような NSA 形スライダを製作するには、今までのような加工技術をそのまま応用したのでは不可能である。例えば、空気流入端の吸着面溝深さ H_1 は、 $10\mu\text{m}$ 以下と非常に小さく、し

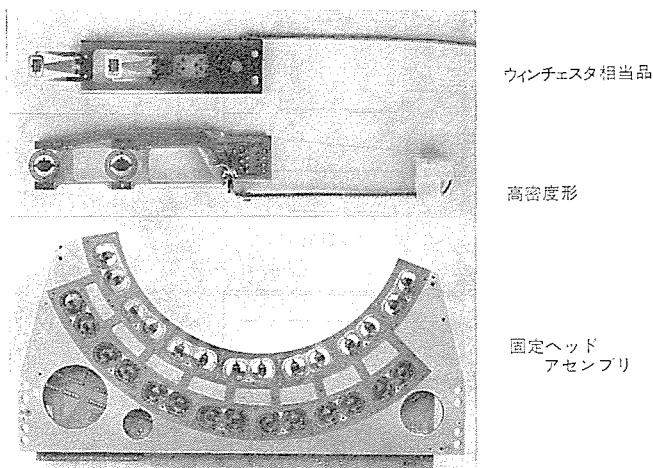


図 5. NSA 形浮動ヘッドアセンブリ

表 1. NSA 形浮動ヘッドの仕様

仕 様	ウインチェスタ 相 当 品	高 密 度 形	薄 膜 ヘ ッ ド
記 録 密 度 (BPI)	6,060	10,000	12,000
トラック密度 (TPI)	110	600	600
ギャップ長 (μm)	1.4	0.8	1.4
浮上距離 (μm)	0.5	0.4	0.35
押付荷重 (g)	3	2.5	2.5
再生電圧 (mV)	>2	>0.8	>2
分 解 能 (%)	>70	>70	>70

かも $\pm 1 \mu\text{m}$ の精度で仕上げなければならないなど、極めて高精度な加工を必要とするからである。そこで従来の回転と(砥)石による溝加工に対して、特殊な研摩加工方法を開発してこれを実現した。また図 3. において W_0 で示したトラック幅は、ウインチェスタ形の場合はテーパ面で形成されているが、NSA 形では浮動面に垂直な面で形成している(図 11. 参照)。そのため後述するように、オフトラック特性が良好となり、トラック密度を向上させることが可能となった。更にギャップ部の形成にも新しい加工法を採用している。従来のガラス浸透法では、作業温度をある程度以上高めなければならない、フェライトとガラスの間に相互拡散を生じて、シャープなギャップを形成することが不可能であった。この問題は高密度記録を目指したヘッドの場合には、より重要な制約条件となる。そこで相互拡散が少なく、しかも十分な強度を有している、新しいガラスギャップ形成法を開発した。以上のように NSA 形浮動ヘッドでは、浮動系に NSA 形を採用しただけでなく、特殊な微細加工技術をも駆使して、高性能化を図っている。

最近開発した NSA 形浮動ヘッドの具体例を、図 5. に示してある。これらはすべて図 3. で示したモノリシック形ヘッドを応用したものである。ウインチェスタ相当品と高密度形は移動ヘッドと呼ばれ、他の 1 つは固定ヘッドアセンブリと呼ばれるものである。また表 1. には速度 40m/s における各種ヘッドの仕様を示してある。

4. 動作原理

NSA 形浮動ヘッドの動作原理を図 6. に示してある。磁気ディスクが停止しているときは、同図(a)に示されているように、スライダは弱ばねの押付荷重 F でディスクに押し付けられている。このとき図

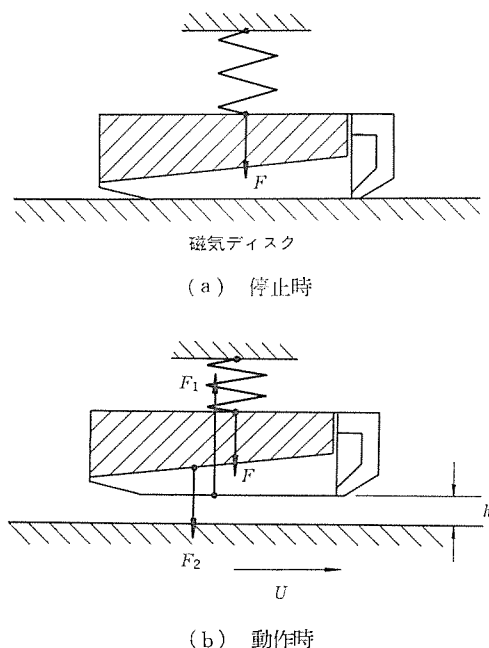


図 6. NSA 形浮動ヘッドの動作原理

(b)に示すように、ディスクが速度 U で矢印の方向に回転すると、スライダの浮動面には浮上力 F_1 が矢印の方向に働き、吸着面には吸着力 F_2 が矢印の方向に作用する。結局動作時には、スライダは押付荷重 F 、浮上力 F_1 、吸着力 F_2 の 3 力のつりあいによって、安定して浮動することになる。3 力の間には常に式(3)

$$F_1 = F + F_2 \quad \dots\dots\dots (3)$$

に示した関係が成立している。浮上距離 h はこの 3 力のバランスの結果決まる。上式からわかるように浮上力 F_1 を一定とすると、ばねによる押付荷重 F は、吸着力 F_2 が発生する分だけ少なくて済み、多くの場合 3g 以下で十分である。一方、従来のウインチェスタ形のスライダでは吸着力 F_2 が存在しないから、押付荷重 F と浮上力 F_1 とは等しくなり、約 10g となっている。押付荷重 F が小さければ、コンタクトスタートストップ時におけるスライダとディスク間の摩擦も小さくなり、双方の摺動摩耗はほとんど消滅する。したがって表面の弱いめっきディスクへの適用や、ヘッド、ディスク双方の長寿命化に対して極めて有利となる。また吸着力 F_2 がより大きくなるよう設計すれば、動作時における浮上距離 h をさらに微小化することが可能となり、高密度記録に適した浮動ヘッドをも得ることができる。

流体力である浮上力 F_1 、吸着力 F_2 はよく知られたレイノルズ方程式から求めることができる。図 7. に示したモデルを用いると、次式で表される。

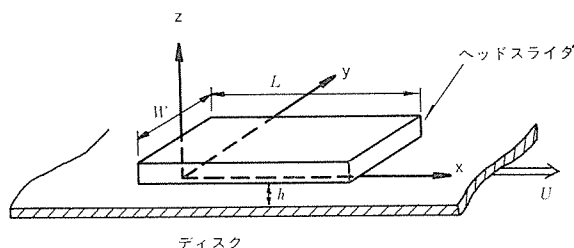


図 7. 流体力を計算するためのモデル

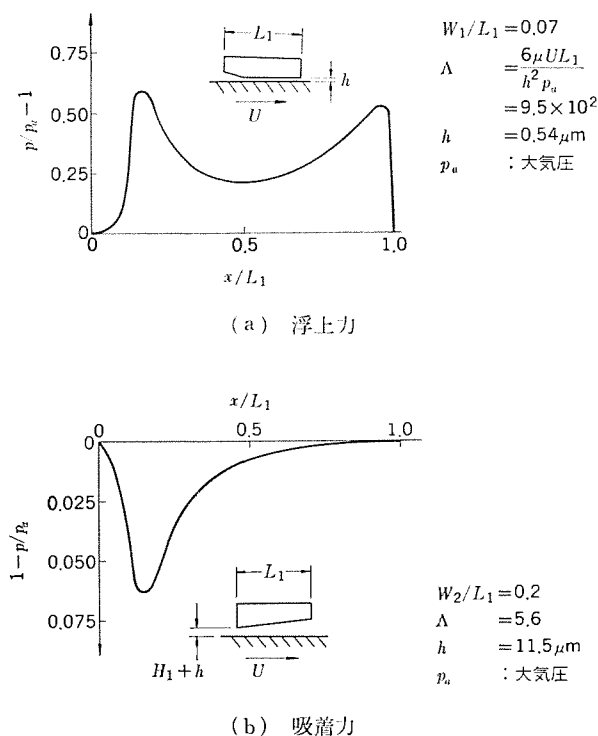


図 8. 浮上力及び吸着力の圧力分布

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(\rho h \frac{3 \partial p}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\rho h \frac{3 \partial p}{\partial y} \right) = 6 \mu U \frac{\partial}{\partial x} (\rho h) \dots \dots \dots (4)$$

ここで $p(x, y)$: 局所圧力

h : 浮上距離

μ : 潤滑流体の粘性係数

U : ディスクの速度

計算に当たっては潤滑流体は圧縮性流体とし、粘性係数一定、等温変化を条件としている。計算結果の1例を図8.に示す。相対速度 50 m/s, 押付荷重 2g, 浮上距離 $0.54 \mu\text{m}$ のとき、浮上力は約 12g, 吸着力は約 10g であった。

5. 特性

5.1 浮動特性

磁気ディスクの回転速度の増加とともに、スライダがどのように浮上するか、速度と浮上距離との関係を実験的に求めた。浮上距離の測定は、回転している透明なガラスディスク面上にスライダを浮動させ、反対側から白色光を当てたとき、スライダ浮動面上に呈する干渉色を観察することにより行った。NSA 形スライダの浮動特性を、ウィンチェスタ形のそれと比較して図9.に示してある。このときのNSA 形スライダは、IBM 3348 ウィンチェスタ相当品として製作したものである。押付荷重はNSA 形で3g, ウィンチェスタ形で10gである。

まずウィンチェスタ形スライダに注目すると、回転速度の増加とともに、浮上距離はそれにほぼ比例して増加しており、低速時の浮上距離は小さく、高速時のそれは直線的に大きくなっている。そのため低速時には摺動摩擦を生じ、高速時には高密度記録が不可能になるという問題を引き起こしている。一方NSA 形スライダでは、同様に速度を増加していくと、10 m/s 近傍までの間に浮上距離は0 から $0.4 \mu\text{m}$ と急上昇している。これはばねの押付荷重が小さいことによる。そして、その後は速度をあげても、浮上距離は $0.4 \mu\text{m}$ から $0.6 \mu\text{m}$ までと漸増するのみである。これは速度の上昇とともに吸

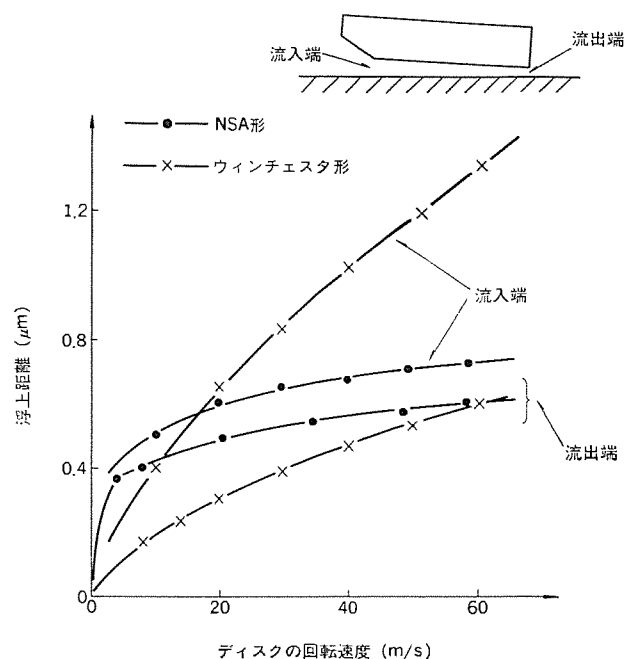


図 9. NSA 形とウィンチェスタ形の浮動特性

着力が増加してくるからである。このように低速時には浮上距離が急激に立上がり、高速時には逆にあまり大きくならないことが、NSA 形スライダの特長である。高速時における浮上距離は、スライダの設計により任意に設定することが可能で、表1.に示してあるように、相対速度 40 m/s のとき、ウィンチェスタ相当品では $0.5 \mu\text{m}$, 高密度形では $0.4 \mu\text{m}$, 薄膜ヘッド用では $0.35 \mu\text{m}$ となっている。更に実験室段階では $0.2 \mu\text{m}$ の浮動ヘッドも試作している。

次にNSA 形浮動ヘッドが真に長寿命で信頼性の高いヘッドであるかを確認するため、コンタクトスタートストップを繰返す寿命試験を行った。実験中に生ずるであろう摺動摩擦の有無は、ヘッドの再生電圧を常時測定することによって判定した。その結果80,000回の繰返し回数を経ても何ら変化がなく、なおも使用可能な状態であった。通常の浮動ヘッドでは15,000回の繰返し回数を保障しているにすぎないから、このスライダがいかに優れているものであるかがわかる。

5.2 電気特性

NSA 形高密度ヘッドとウィンチェスタ形ヘッドの周波数特性を図10.に示してある。図ではウィンチェスタ形の低域における再生出力を基準にして、双方の出力レベルをデシベル表示でプロットしてある。NSA 形はウィンチェスタ形より全体にレベルが大きく、特に高周波領域におい

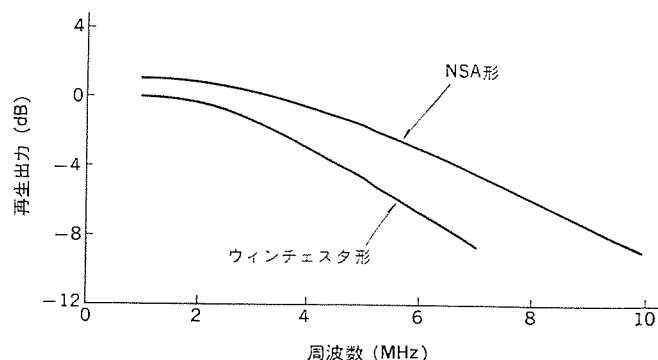


図 10. NSA 形とウィンチェスタ形の周波数特性

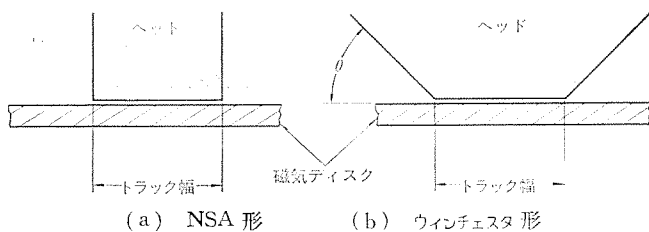


図 11. ヘッド部の断面形状

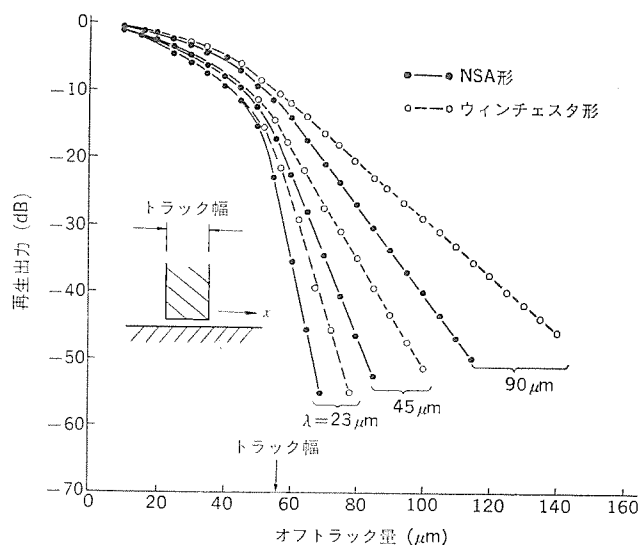


図 12. オフトラック量と相対出力

てその差が顕著になっている。このことは NSA 形がウィンチェスタ形に比べて周波数特性に優れ、高密度記録に適していることを証明している。

また NSA 形浮動ヘッドでは、図 11. に示すように、ヘッド部のトラック幅を浮動面に垂直な面 ($\theta=90^\circ$) で形成している。そのため側面漏話の最も少ない形状となっている。一方、ウィンチェスタ形では側面角 θ が 45° となっているため、側面漏話の影響を無視することはできない。その存在はトラック密度に悪影響を与え、特に最近のように高トラック密度が要求される段階では、より一層考慮しなければならない問題である。一般に側面漏話は次式⁽⁵⁾で表される。

$$N(x) \propto -54.6(x-W)/\lambda \cdot \sin \theta \quad [\text{dB}] \quad (5)$$

ここで $N(x)$: オントラック状態の出力に対する オフトラック状態における出力の減衰比

x : オフトラック量

W : トラック幅

NSA 形、ウィンチェスタ形双方の測定結果を図 12. に示してある。NSA 形がウィンチェスタ形に対して、オフトラック量の増加による出力の減衰比が大きいがわかる。その分だけ磁気ディスク面上における各トラック間のガード幅を減少させることが可能となり、トラックピッチをつめることができる。このように NSA 形はトラック密度の点からも、高密度記録に適したヘッドであるといえる。

6. む す び

コンピュータ用磁気ディスク装置に用いられる、高性能で信頼性の高い NSA 形浮動ヘッドを開発した。このヘッドは従来のウィンチェスタ形ヘッドでは見られなかった新しい機能を持っており、耐摩耗特性に優れ、高密度記録に適したヘッドとなっている。

その実現には新しく開発した微細加工技術に負うところが大きい。具体的には、浮動系において NSA 形の採用とスライダの小形化により、 $0.35 \mu\text{m} \sim 0.4 \mu\text{m}$ という微小な浮上距離を、極めて安定に実現することができた。また新しいギャップ形成法などを採用することにより、ヘッド効率を改善し、線記録密度を向上させることができた。さらにトラック幅加工にも新しい加工法を導入して、トラック密度の向上を図った。

このヘッドの場合には、軽荷重でありながらも、微小な浮上距離を任意に設定することが容易であるから、高密度記録が可能であるばかりでなく、保護膜の薄いめっきディスクを用いるような用途にはその特長を発揮してより有利になるものと思われる。したがって、このヘッドは現在のウィンチェスタ形ヘッドに代替できるのはもちろんであるが、更に記録密度の高い次世代のヘッドに最も適しているものと考えている。

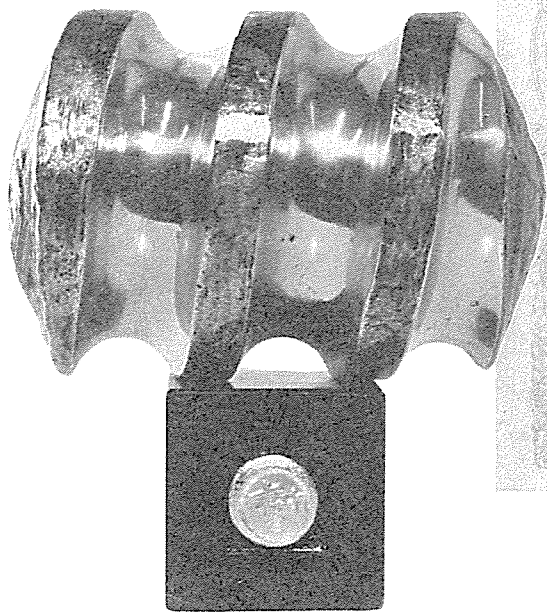
最後に、この研究を進めるに当たり、種々ご指導いただいた NHK 総合技術研究所研究設備運用センターの関係者のかたがたに、厚くお礼申しあげる。

参 考 文 献

- (1) A. S. Hoagland : Computer, 12, No. 5, p. 12 (1979)
- (2) 日経メカニカル, 10, 15号, p. 58 (1979)
- (3) 鳥生ほか : 昭和54年度精機学会春季大会論文集, p. 577
- (4) 鳥生ほか : 昭和54年度精機学会春季大会論文集, p. 579
- (5) 安田ほか : 通研実報, 26, No. 2, p. 447 (昭52)

第12回市村賞 貢献賞を受賞

「たて形レコードプレーヤーの開発・実用化」で



三菱電機はこの程「たて形レコードプレーヤーの開発・実用化」により、第12回市村賞を産業の部(貢献賞)で受賞いたしました。たて形レコードプレーヤーは、日本の狭い住宅事情と一人で音楽を楽しみたいという風潮を背景に生み出されたもので、古くからの発想を新しい技術により商品化したものです。このたて形レコードプレーヤーの商品化は、レコードプレーヤーの小形化、省スペース化を促進させるとともに、機能、デザイン面での新しい展開を可能にし、また喫茶店、レストラン、バーなど業務用として新市場を創造しています。

●針圧の付加方法

トーンアームの前後・左右・上下3方向のバランスは工場で調整されています。針圧はトーンアームの回転軸より下方に設けられている重りを前後に移動させ、テコの原理で付加するマタティックバランス方式です。たて形プレーヤーの針圧は一度調整しますと、カートリッジの種類にほとんど関係ないという特長があります。

●操作方法

光検出系と新LSIの開発により、すべての操作を電子化し使いやすく信頼性の高いプレーヤーとしました。

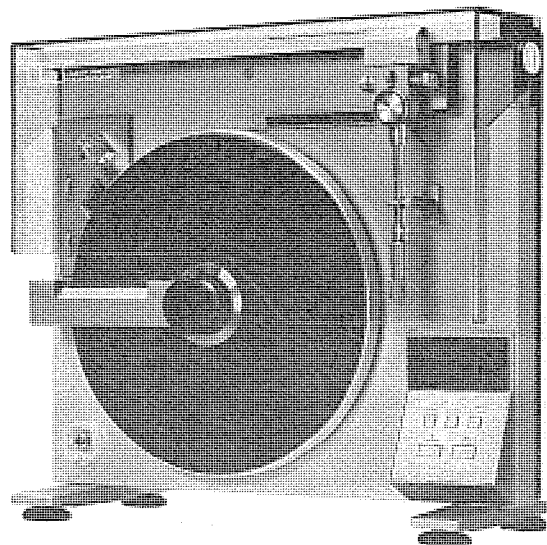
原理・特長

●トーンアームの送り機構

たて形レコードプレーヤーのトーンアーム送り機構は、一本のレール上をモータを介したワイヤでアームベースを直線的に移動させるリニアトラッキング方式です。ピックアップ針先のレコード音溝に沿っての変化量を光学的に検出し、アームベース移動用モータを駆動します。この検出能力はレコード溝一本分で約100ミクロンです。

●ターンテーブル駆動方式

たて形レコードプレーヤーは、ワウ・フラッター発生の最大要因であるレコード盤の部分的な質量不均一に対して十分な考慮が必要です。そこでターンテーブルも含めた回転系のワウ・フラッター特性を向上させるため、ターンテーブルとほぼ同質量のフライホイールを回転軸の後方に設け、ベルトで駆動する方式としました。これによりレコード盤の最大偏重心量30g・cmに対しワウ・フラッター0.05%以下となっています。



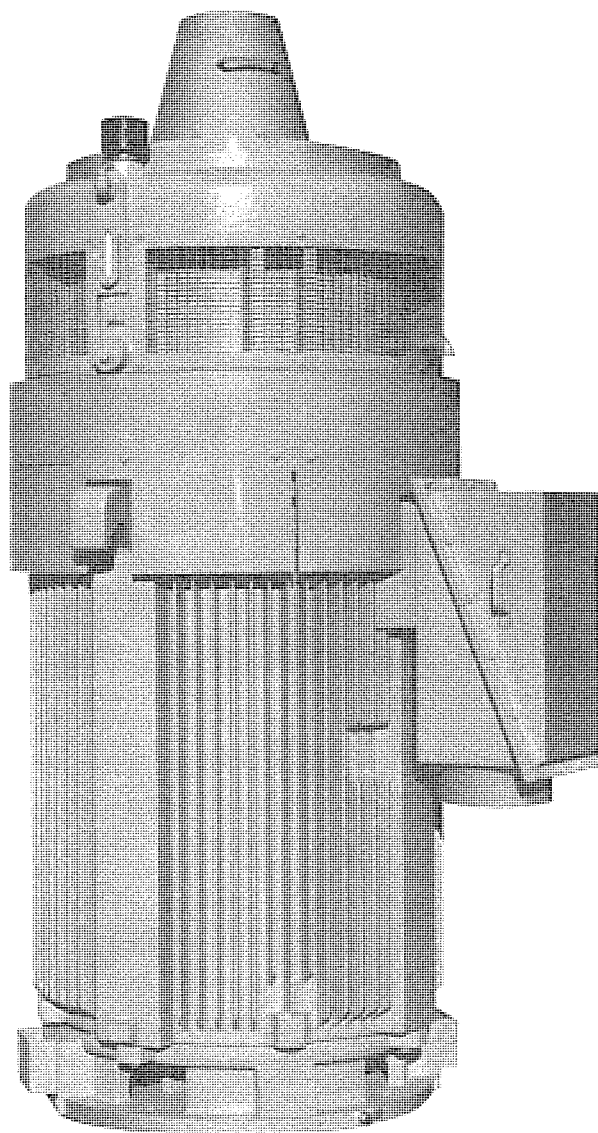
たて形リニアトラッキング電子制御フルオートプレーヤーLT・5V形

深井戸ポンプ用ハイスラスト 三菱立形ホローシャフトモータ

水を取扱うポンプは各方面で広く利用されており、その種類も非常に多く、今後ともその需要は増加するものと思われます。三菱電機では、これらのポンプ用電動機を長年にわたり数多く製作してきましたが、この度、その高い技術と豊富な経験をもとに、主として深井戸用やタービンポンプ用のハイスラスト立形ホローシャフトモータを開発しました。この種のモータはNEMA規格に準拠して設計されたものが、欧米で広く普及しています。当社は、その中で需要の大きい375kWまでを標準としてシリーズ化しました。現在、すでに数十台を製作中です。

特長

- コンパクトでハイスラストの構造
当社が長年製作してきた数千台にもおよぶハイスラスト立形ソリッドモータの技術を駆使した設計で、コンパクトで高い信頼性を持った構造となっています。
- 高信頼度を誇る絶縁性能
屋外はもちろん、高湿度・腐食環境にも十分耐える、信頼性の高いF種絶縁システムを採用しています。
- 容易な据付作業
ポンプシャフトとの直結は上部のドライブカップリングで行います。ポンプシャフトの上下位置調整はカップリング調整ナットでできるため、直結・据付作業はたいへん容易で、振動問題に対してもきわめて有利です。
- フランジ寸法を標準化
各わく番ごとにNEMA規格の3種類のフランジ寸法を標準化しているので、リプレースの場合にも便利です。
- 逆転防止装置の設置
逆流が発生しないように、逆転防止装置をつけて信頼度を高めました。



300kW, 6P, 4kV 全閉外扇形の例

標準仕様

定格電圧、周波数	460V、2300V 60Hz (3000V、6000V級および50Hz用も製造します)
外被形式	Weather-protected Type 1 (WP1)
特 性	NEMA Design B
サービスファクタ	1.15
絶縁種別	F種
スラスト荷重	NEMA 175%EHT (300%EHTも製作可)

注 EHT: Extra High Thrust

配電用変圧器の 三菱NR形負荷時タップ切換器

三菱電機では、配電用変圧器用として、このほど新たにスター結線にもデルタ結線にも適用できる小形・小容量のNR形抵抗式負荷時タップ切換器を開発しました。このNR形は、単純な駆動メカニズム採用で高信頼性と小形・軽量化（当社比重量約65%）を実現し、変圧器への適用がきわめて容易となり、メンテナンスも非常に楽になりました。

特長

●長い接点寿命

切換方式には抵抗方式を採用しているため、接点の消耗はきわめて少なく、長い接点寿命を誇ります。

●切換がスムーズ

タップ選択開閉器の可動接点には、ローラコンタクトを採用。接点の消耗に関係なく、切換動作はスムーズで、高信頼性を発揮します。

●接点配列や駆動系を単純化

タップ選択開閉器方式の採用で、接点配列や駆動系が非常に単純化されました。

●分解・組立が容易

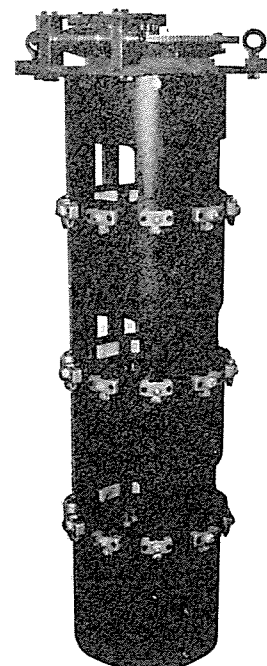
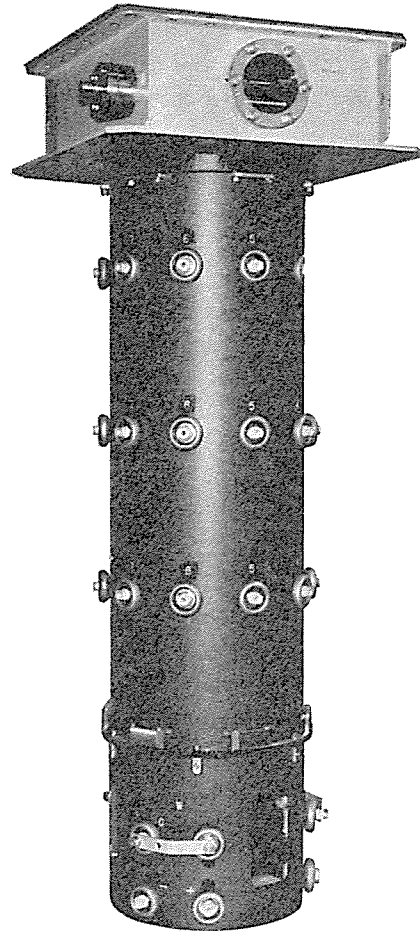
構造が単純化されているため選択開閉器インサートの分解・再組立が容易で、ユーザーご自身の手でメンテナンスを短時間内に行っていただけます。

●埋込タイプ

変圧器への組み込みは、油密絶縁筒を介した埋込方式。変圧器本体の油面を下げずに選択開閉器インサートのメンテナンスを行うことができます。

定格仕様

相数	3
最大通過電流	250A
最大ステップ電圧	700V
定格ステップ容量	175KVA
対地絶縁	300BIL
相間絶縁	250BIL
切換能力	JECおよびIECの要求を満足する
接点温度上昇	定格電流連続で20℃以下
短絡電流通電能力	JECおよびIECの要求を満足する
電氣的寿命	20万回以上
機械的寿命	80万回以上
タップ点数	25点以下



タップ選択開閉器インサート

これまで高圧ナトリウムランプは最も高い効率を有してはいるが、不十分な演色性のためにその用途が限定されていました。そこで三菱電機では、従来のものより大幅に演色性を改善した高圧ナトリウムランプを開発、演色性改善形高圧ナトリウムランプ《ハイルックス・DL》として発売を開始することにいたしました。演色性の改善で良好な視環境を実現し、省電力光源のエースである高圧ナトリウムランプの用途を大幅に広げました。特に工場照明の分野では、一般工場などで広くご使用いただけます。当面は6機種——220W・360W・660W各2機種(透明形・拡散形)——を6月より逐次発売いたします。

特長

●高効率を維持しながら演色性を大きく改善

120lm/Wの高効率で、これは当社蛍光水銀ランプ《ニューデラックス》の約2倍です。また平均演色評価数はRa=60で、特に赤色(R₉)、緑色(R₁₃)、および肌色(R₁₅)の見え方を大幅に改善し従来の高圧ナトリウム照明への抵抗感をやわらげています。

●一般形水銀灯安定器で点灯

バイメタル始動器をランプに内蔵したセルフスタート形で、一般形水銀灯安定器(100V・200V用)で点灯します。

●光束劣化が少なく長寿命

発光管材料として使用される高品質のアルミナ・セラミックとあいまって、新開発のイットリア添加タングステート電極の採用により、すぐれた光束維持率と平均12,000時間の長寿命が得られます。

●暖か味のある光色

色温度2150K、ゴールドデンホワイトで、白熱電球に似た暖か味のある光色です。

●点灯方向は任意

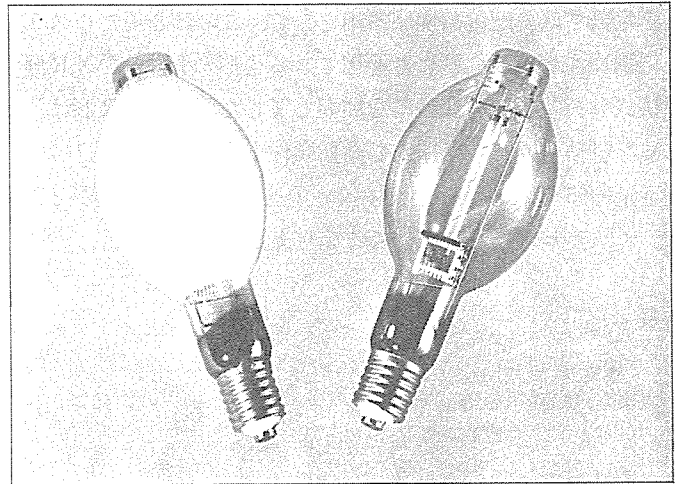
高圧水銀ランプと同様、点灯方向に制限がなく、使いやすくなっています。

用途

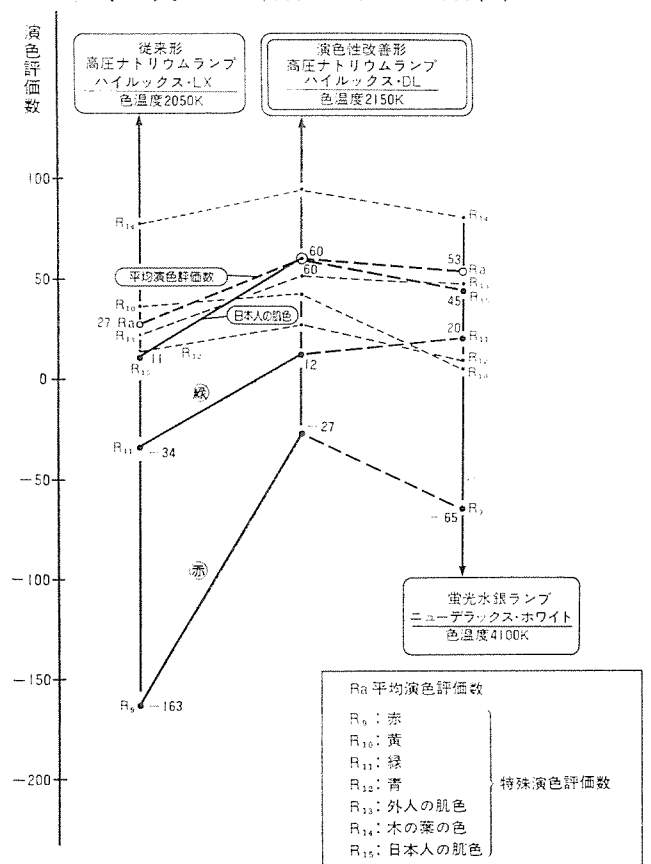
当社の省電力高効率ランプ(高圧ナトリウムランプ《ハイルックス・LX》)の演色性を大幅に改善したもので、特に工場照明で代表される屋内照明分野でそのすぐれた特長を発揮します。

屋内照明———高天井工場、倉庫、体育館、スケート場、大ホール等

屋外照明———道路、公園、広場、商店街、空港、競技場、壁面照明等



演色性改善形高圧ナトリウムランプ
《ハイルックス・DL》360Wタイプ NH360(F)LX・DL



演色性改善形高圧ナトリウムランプ《ハイルックス・DL》の演色性

演色性改善形高圧ナトリウムランプ《ハイルックス・DL》定格表

平均演色評価数 Ra=60 色温度2150K

種類	形名	ランプ定格消費電力(W)	ランプ電流(A)	ランプ電圧(V)	全光束(lm)	ランプ効率(lm/W)	平均寿命(時間)	点灯方向	発売時期
透明形	NH220・LX・DL	220	2.1	130	23,000	105	12,000	任意	55年8月
	NH360・LX・DL	360	3.3	130	43,200	120	12,000	任意	55年6月
	NH660・LX・DL	660	5.9	130	85,500	130	12,000	任意	55年8月
拡散形	NH220・LX/DL	220	2.1	130	22,000	100	12,000	任意	55年8月
	NH360・LX/DL	360	3.3	130	41,000	114	12,000	任意	55年6月
	NH660・LX/DL	660	5.9	130	82,000	124	12,000	任意	55年8月

※上記定格値は標準値を示し、全光束、効率は100時間点灯後の値を示します。

当社の登録実用新案

登録番号	名 称	考 案 者	登録番号	名 称	考 案 者
1197785	回路しゃ断器	飯 尾 司	1198476	保護回路付安定化電源回路	木 村 健 治
1197786	故障表示装置	上 田 敦	1198477	エレベータ用 冷房装置の凝結水排水装置	桜 井 宏
1197787	トランジスタタイマ	横田敦信・川畑博志	1198478	バイメタル 装置	飯 尾 司
1197788	電気機械の鉄心冷却装置	平山袈婆雄	1198479	テレビカメラ	本谷昇一・佐伯義行
1197789	軸受箱装置	八木治夫	1198480	密閉型圧縮機の防振装置	河 原 寛・土屋邦彦
1197790	冷蔵庫等の箱体	早川孝昭	1198481	安定化電源の短絡保護回路	菊 川 毅
1197791	点検回路	江田伸夫	1198482	変圧器	白 井 満・藤岡泰治
1197792	点検回路	辻倉洋右・江田伸夫	1198483	方向探知器	島 康 雄・稲宮健一
1197797	電力トランジスタの制御回路	橋本春夫・茂木 充	1198484	密閉形電動圧縮機のアキュムレータ支持装置	土屋邦彦・土屋貴史
1197803	電気車のチョッパ式制御装置	綿谷晴司・内海 暁	1198485	電子レンジ	慶 野 長 治
1198417	負荷駆動装置	畑 和 広	1198486	電気こたつ	山本成一郎・長沢重雄
1198435	電動機の通風装置	重浦淳一	1198487	電気器具のプラグ	南日国伸・菊池俊男
1198443	しゃ断器引外装置	白石和男	1198488	高周波加熱装置	熊田泰治・田村邦夫
1198444	電気機器用筐体	片山泰一・花崎 美 雄	1198489	自動電圧調整装置	一ノ瀬与三郎
1198445	電磁粒子式連結装置	小林良治	1198490	電子レンジのスターラーファン	熊田泰治・田村邦夫
1198446	空調調和装置	鈴木太八郎・渡辺 雅 典	1198491	ジュースミキサー	丸 山 泰・福田 剛
1198447	集中定数形 サークュレータ	中原昭次郎・川端俊一郎	1198492	回転 テーブル	沢 永 寧
1198448	電気機器巻線	田尻浩己・棚倉 勇	1198493	電磁ポンプ 駆動装置	古屋芳明・永井 敏
1198449	遠隔計量装置	林 正之・山根満徳	1198494	受信機保護装置	川口義昭
1198450	回転電機の支持装置	岡 祐 輔	1198691	電気温水器	桜井信捷・日比野浩一 藤田喜助
1198451	慣性摺動式内燃機開始動装置	松本 剛・森崎文雄 高見 昭	1200749	カセグレアンテナ 装置	森 川 洋・吉田 連
1198452	慣性摺動式内燃機開始動装置	高見 昭・松本 剛 森崎文雄	1200750	電磁開閉器	梶田保雄
1198453	巻線挿入装置	堀 尾 猛	1200751	平衡継電装置	下 迫 賀 生
1198454	電気掃除機の集塵装置	長 嶺 元・福田興司 高 橋 豊	1200752	温度表示装置	中田仗祐
1198455	入力 インターフェース 回路	水野公元	1200753	ブラシレス 励磁機の断線検出装置	村西有三・平山博英
1198456	障害物検出装置	渡辺幸康	1200754	保護継電装置	江田伸夫
1198457	回転電機の異状検出装置	天笠信正	1200755	窓用換気扇取付枠	五十田 稔・鈴木 欽 三
1198458	回転電機の異状検出装置	天笠信正	1200756	磁気連結装置の制御装置	岡田清秀・浜田富美雄
1198459	水冷式半導体装置	高貝良典・山下信三	1200757	タツ 接続装置	小林忠雄
1198460	内燃機開始動装置	平田 毅・山根恒夫	1200758	回転機における磁気楔	野口昌介
1198461	計数器の銘板	小野達男・永見 勉	1200759	差し込み型端子台	野 村 聡
1198462	物体の押当て装置	早川照馬	1200760	高速度しゃ断器	亀田康幸
1198463	電気かみそり	増田三郎・熊田泰治	1200761	ファンコイルユニットの加湿装置	山崎起助・湯山 丕
1198464	電気かみそり	熊田泰治	1200762	検出装置	浅野哲正
1198465	混成集積回路装置	荒金堅次郎	1200763	攪拌装置	長 嶺 元・野口善弘
1198466	刻印装置	佐野賢三	1200764	石油燃焼器	佐藤芳夫・加納 実
1198467	電気車の制御装置	平尾新三	1200765	電気掃除機	長 嶺 元・高橋 豊
1198468	ヘアードライヤー	川合輝一・小池利男	1200766	空調調和機	上妻親司
1198469	電子加熱器	柴 田 実	1200767	空調調和機	渡 辺 進・笠原文彦
1198470	ヘアードライヤー	川合輝一・小池利男	1200768	ガス封入開閉器	杉尾憲一
1198471	電気掃除機の吸込風量調節装置	武井久夫・菊池俊男	1200769	空冷式冷房装置	高橋克己・渡 辺 進
1198472	ファンモータの速度制御装置	藤 井 学・太田 誠	1200770	副反射鏡登用梯子の取付装置	山尾道弘
1198473	ヘアードライヤ	川合輝一	1200771	電力加熱装置	大崎嘉彦
1198474	壁ぬき プッシング 装置	岸田光弘・塩見 実	1200772	ガスしゃ断器	金谷正和・左中英夫
1198475	照明器具用 ガードの取付装置	日山数久・深川雅敏	1200773	ホモガスアンテナ 反射鏡骨組構造	塚田憲三

登録番号	名 称	考 案 者	登録番号	名 称	考 案 者
1200774	回路しゃ断器	中山 豊	1200796	機関の排気制御装置	松 本 修
1200775	パネルの飾り枠体	田中克幸・吉積純一	1200797	蓄熱暖房機	根岸宣匡
1200776	マイクロストリップ基板の取付装置	八原俊彦	1200798	移動通路用手摺	田島尚志・木名瀬武男 矢野勇・木村稔
1200777	マンコンベヤの駆動装置	三矢周夫・中谷 博	1200799	移動通路用手摺	田島尚志・木名瀬武男 矢野勇・木村稔
1200778	回転変圧器	山崎照明	1200800	冷媒圧縮機	南 恒彦
1200779	誘導加熱 コイル	藤室雅司	1200801	冷蔵庫の野菜入れ	林 八郎・木南 勤
1200780	誘導加熱 コイル	上田時芳	1200802	ズボンプレス 器	大竹 操
1200781	エレベータの風音防止装置	山田春夫・大野 釦	1200803	放射線の線源装置	山本 明・津田栄一 三富至道
1200782	ウォーキングビーム式誘導加熱装置	藤室雅司	1200804	偏向ヨーク保持装置	石井宏和・中田克己
1200783	エレベータガイドレール据付用防風板	池田 弘・生田哲夫	1200805	充電発電機の制御装置	松本新太郎
1200784	圧力スイッチ	阪井秀雄	1202524	回転電機	西沢秀晃
1200785	ガイドシュ-	瀬原田三郎	1202525	磁気連結装置	吉田 公一
1200786	回転型 ボテンショメータ	青井 保	1202526	電力系統保護装置	北浦孝一・高田信治 太田久雄
1200787	電子レンジの扉装置	熊田泰治	1204379	自動ジグザグミシンのカム装置	藤田次朗・堀本耕一
1200788	高周波加熱装置	町原義太郎	1204380	輸送装置	白石初男
1200789	空気調和機	山崎輝久	1204381	屋根の融雪装置	近藤正司・市村伸男
1200790	空気調和機のドレン防露装置	徳永 龍	1204382	機関着火用配電器の換気装置	荒川利弘・山根恒夫
1200791	移動体の制御装置	浅野哲生・北野 満	1204383	検相装置	横田敦信
1200792	加湿装置	山下紀夫			
1200793	機関点火用配電器の換気装置	大西正義			
1200794	ヘアドライヤー	川合輝一・小林雅和			
1200795	機関の過回転防止装置	斉藤 実			

〈次号予定〉 三菱電機技報 Vol. 54 No. 7 電気機器のモニタリング特集

特集論文

- 発電機コンディションモニタ
- かご形3相誘導電動機の回転子導体温度監視装置
- ころがり軸受モニタリングシステム
- 油中ガス自動分析装置による変圧器のモニタリング
- ガス絶縁機器の内部絶縁診断技術
- 鉄道車両用モニタリングシステム

普通論文

- 塊状突極形同期電動機の非同期始動特性

- レーダエコーシミュレータの開発
- 国内通信用衛星回線交換方式及び制御装置
—SCPC-DAMA システム—
- 14 MVA 直接水冷却水車発電機の開発と運転実績
- 医療用ライナック ML-15 M III 形の性能
- 徳島県防災行政無線システム
—地方自治体の非常災害及び一般業務用無線電話網の1例—
- マルチステップフォーカス電子銃の高解像度カラーディスプレイ管への応用
- サイリスタチップによるパワーモジュール

三菱電機技報編集委員				三菱電機技報 54 巻 6 号	
委員長	喜連川 隆	常任委員	的 場 徹	(無断転載を禁ず)	
副委員長	浦 徳 太 郎	〃	斎藤春雄		
〃	横 浜 博	委 員	柴田 謙三	昭和55年6月22日 印刷 昭和55年6月25日 発行	
常任委員	唐仁原孝之	〃	樋口 昭		
〃	増淵悦男	〃	神谷友清	編集兼発行人 本 間 吉 夫	
〃	葛野 信一	〃	池上麒一郎		
〃	三 輪 進	〃	福井三郎	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	
〃	高 月 一	〃	松島勇作		
〃	河原四良	〃	瀬辺国昭	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	
〃	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	
〃	武田克巳	〃	足立健郎		
〃	清 田 浩	6号特集担当	田村良平	Tel. (03) 233 局 0641, 振替口座 東京 20018	
〃	福 家 章				
				定 価	1部400円送料別 (年間予約は送料共5,200円)



コーンシールド形
放熱器採用

MR-2350形

冷蔵庫は家電品の中でも最も稼働率が高く、また最も消費電力量の大きな機種のひとつとなっています。三菱電機では、かねてより冷蔵庫の省エネルギー化に努力し、昨年度は主力機種である230ℓクラスのMR-293F形が41/42kWh/月の消費電力量で、省エネルギー化の記録製品となりました。55年度はさらにこの記録を更新し、MR-2350形(230ℓ)はMR-293F形より20%の省電力化を果し、実に36/37kWh/月の消費電力量を実現しました。

●省エネルギー化の要点

省エネルギー化すなわち省電力化は、各部分にわたる細かな改善の積重ねによるもので、その要点は次のようなものです。

- (1)放熱パイプを利用した露とり(電熱ヒータの排除)
- (2)ファンモータの庫外設置(モータ熱ロスの排除)
- (3)ドアパッキンの4重ヒレ(扉よりの熱侵入防止)

(以上は基本的には54年度製品と同方式)

(4)コンプレッサ効率の改善

体積効率の改善、2重弁方式の採用、ピストンリングの採用
その他により、成績係数(COP)を改善しました。(対54年度4%、対53年度22%向上)

(5)断熱の強化

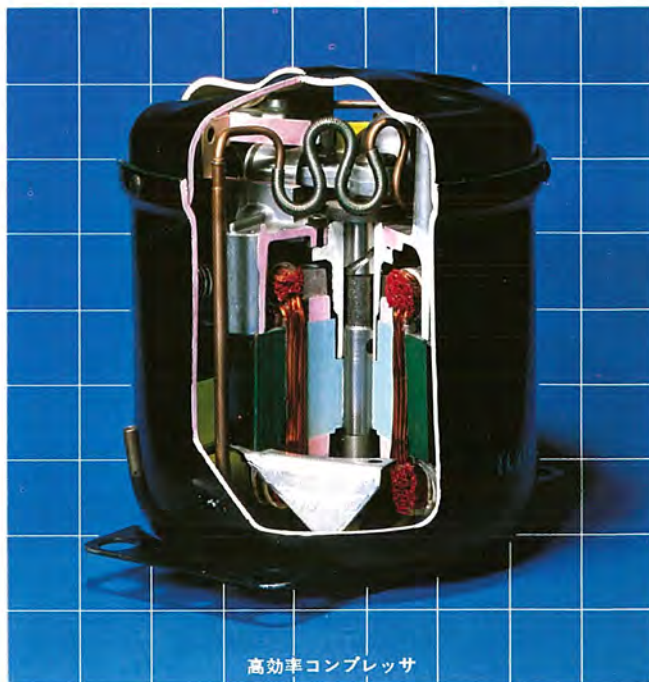
発泡ウレタンフォームの厚さを効率的に配分すると同時に、背面の断熱厚さを57%厚くすることなどにより、断熱を強化しました。

●その他のメリット

ドアポケット、1・2・3棚、その他の使い勝手を向上し、コンシールド形放熱器〈スキキリバック方式〉を採用し、ゴミやホコリによる放熱効率の低下を防止すると同時に、据付スペースの有効活用を図っています。

MR-2350形仕様

有効内容積(ℓ)	235(うち冷凍室55)
外形寸法(mm)	幅560×奥行635×高さ1,545
定格電圧・周波数	100V、50/60Hz共用
冷却の方式	ファン式(冷気強制循環方式)
冷凍室の性能	-18℃以下(スリースター)
月間消費電力量	50/60Hz時、各36/37kWh/月
霜取り	方式 操作 排水処理
その他	ヒーター式(自動制御) 自動開始、自動終了 自動蒸発式 背面スキキリのコンシールド コンデンサ採用



高効率コンプレッサ