

MITSUBISHI DENKI GIHO

三菱電機技報



360	MMカイロテイコウ ソクティ	2	33
1	OK	MシャMMカイロ ソクティ	
2	OK	M' シヤ センシンリツコウ	
3	OK	M' シヤフシロテイコウ	
4	OK	M' シヤケンリュウテイコウ	
5		M' シヤ コウシンリツコウ	

Vol.52 No.7

交通特集

三菱電機技報

Vol. 52 No. 7 JULY 1978

交通特集

目次

特集論文

自冷式沸騰冷却チョッパ装置	太田 幹雄・三金 敏雄・栗野 敏昭・室田 仁・藤井 雅雄	487
マイクロコンピュータを使用した車載自動運転装置とその試験装置	六藤 孝雄・平野 文弥	492
近畿日本鉄道㈱納め変電所集中管理システム	塚本順一郎・安居院憲彰・川原健志・阿藤 隆英・土井 弘	497
鉄道車両用電気品のミニコン化単体試験装置	石本 正明・豊田 武人・六藤 孝雄・森原 健司・松田 哲	502
新しい操作卓による鉄道車両試験装置	石田 隆朗・得能 泰・尾崎 晃	507
高速道路交通流の統計的性質と事故検出手法	中崎 勝一・中堀 一郎	511

普通論文

高圧コンビネーションパネル〈新 HC シリーズ〉	加来 政博・清水 文隆・徳永 光彦	519
省エネルギーのための電力管理用機器	西岡 隆文・水原 博久	523
大容量かご形ポールチェンジ荷役ウインチ用電機品	前田 文生・鎌水 律夫・木戸 正克	527
4,000 V 2,500 A 高耐圧大容量サイリスタの特性	多田 昭晴・川上 明・岩本 英雄・三原 潔彦	532
72~204 kV タンク形 GCB 新シリーズ	佐藤 邦彦・大沼 昭栄・懸山 弘・細見 守	536
耐力点検出法電気レンチ	濵谷 博司・大西 力	541
DA-501 形三菱ダスト濃度計	竹内 秀夫・福寿 幸男・坪田 勝司・佐藤 敏博	545
東京電力㈱袖ヶ浦発電所 4 号 1,000 MW クロスコンパウンドタービン発電機	速水 和夫・伊藤 裕之・松本 敬之・植松 豊・松尾 義博	550
特許と新案		517
キナゾロン環含有エボキシ樹脂の製造法・空気清浄装置・電波的目標探知装置・レコードのプログラム再生装置		
当社の登録実用新案一覧	516・557	558
スポットライト		555
『MELCOM』80 シリーズモデル 18/28・業務用加湿機・三菱システム天井(表紙-3)		

FEATURING TRANSPORTATION

CONTENTS

FEATURED PAPERS

A Thyristor-Chopper Controller with Natural Vaporization-Condensation Cooling	Mikio Ota et al.	487
Microcomputer-Aided ATO Equipment, and Equipment for Testing It	Takao Muto & Fumiya Hirano	492
A Centralized Railway-Substation-Control System	Jun'ichiro Tsukamoto et al.	497
Minicomputerized Diagnostic Testing Equipment for the Electrical Equipment in Railroad Coaches	Masaaki Ishimoto et al.	502
Testing Equipment for Railroad Coaches Comprising a New Type of Operator Console	Takaharu Ishida et al.	507
The Statistical Properties of Expressway Traffic Flow, and the Detection of Impediments	Katsuichi Nakazaki & Ichiro Nakahori	511

GENERAL PAPERS

The New Series HC High-Voltage Combination Panels	Masahiro Kaku et al.	519
Power-Management Equipment for Energy Saving	Takafumi Nishioka & Hirohisa Mizuhara	523
Electrical Equipment for Large-Capacity Pole-Change Squirrel-Cage Cargo Winches	Fumio Maeda et al.	527
Characteristics of 4000V 2500A High-Voltage, High-Power Thyristors	Akiharu Tada et al.	532
A New Series of 72~204kV Tank-Type SF ₆ -Gas Circuit Breakers	Kunihiko Sato et al.	536
An Electric Wrench Using the Principle of Yield-Point Detection	Hakushi Shibuya & Tsutomu Onishi	541
The Type DA-501 Dust Analyzer	Hideo Takeuchi	545
A 1000MW Cross-Compound Steam-Turbine Generator for TEPCO's Sodegaura Power Station	Kazuo Hayami	550

表紙

新しい操作卓による鉄道車両試験システム

表紙は電鉄車両試験用計算機システムの周辺機器として開発した文字表示、画像表示、音声出力及びデータ入力の機能を有する操作卓である。

操作卓はコンピュータ化された電鉄車両試験において、試験作業員の情報不足を補ない、試験作業の効率向上のために計算機システムと試験作業員を結合し、試験進捗状況のアナウンスと作業内容、目視確認内容の指示及び故障また異常個所に関する情報提供を行うものである。

この装置は現場環境に十分耐え操作性にも優れており、またプラズマ放電パネルの使用によって画面のひずみやちらつきを極力防止した。

COVER

Computerized Electric-Railcar Testing

This system features alphanumeric- and graphic-display, audio-output, and data-input capabilities, and the control console provides information to test personnel, improving their testing efficiency by linking them with the computer system, announcing the progress of the tests, displaying the test procedures and the items to be checked visually, and giving information on defective or abnormal items. The console offers outstanding operability, which is increased by the use of a plasma-discharge display panel that greatly reduces screen distortion and flickering.

アブストラクト

<p>自冷式沸騰冷却チョッパ装置 太田幹雄・三金敏雄・栗野敏昭・室田 仁・藤井雅雄 三菱電機技報 Vol.52・No.7・P487～491 電気機器の冷却方式として理想的と言われる沸騰冷却方式を電車用チョッパ制御装置に世界で初めて適用した。 この装置は、2,500V 1,000Aの逆導通サイリスタを使用し、走行風を利用した自冷式で、メンテナンスフリー化及び信頼性の向上が期待される。 本文では、沸騰冷却方式の基本的特性と、実用化に至る開発過程の概略及び実用器について紹介する。</p>	<p>高速道路交通流の統計的性質と事故検出手法 中崎勝一・中堀一郎 三菱電機技報 Vol.52・No.7・P511～515 この報告では、高速道路交通流の実測データより、交通流の基本変数である車頭時隔と速度と、交通量などの実用的なマクロ時間変数との統計的関係を明らかにした。また、これら時間変数を使って統計的交通流予測モデルを導いた。さらに、この予測モデルの応用例として事故検出手法を提案し、その有効性を確かめた。</p>
<p>マイクロコンピュータを使用した車載自動運転装置とその試験装置 六藤孝雄・平野文弥 三菱電機技報 Vol.52・No.7・P492～496 マイクロプロセッサを主要演算素子に使用して列車自動運転装置(ATO装置)を構成した。この装置は、従来の機器と比べて小型化と高信頼化とを実現している。機器の性能・構成について詳細に述べるとともに、マイクロコンピュータで構成された自動試験装置(ATOシミュレータ)についてその機器の諸元と、ATO装置と組合せた結果について紹介している。</p>	<p>高压コンビネーションパネル(新HCシリーズ) 加来政博・清水文隆・徳永光彦 三菱電機技報 Vol.52・No.7・P519～522 3/6kVクラスの高压コンビネーションパネルは、近年負荷の大容量化や、安全面のグレードアップの要求、輸出商談における外国規格の適用など、仕様の多様化傾向が強くなっています。これらに効率よく対処できるパネルが必要となってきた。このため従来のHCシリーズをモデルチェンジし、これらに十分対処できる新HCシリーズ(HC-X, Y, Z)の開発を完了したので、特長・性能・構造について述べる。</p>
<p>近畿日本鉄道㈱納め変電所集中管理システム 塙本順一郎・安居院憲彰・川原健志・阿藤隆英・土井 弘 三菱電機技報 Vol.52・No.7・P497～501 近畿日本鉄道㈱に納入した変電所集中管理システムは、大阪地区40変電所を西大寺に設置した電力指令所より集中自動管理するシステムである。この論文では、電鉄変電所特有の定常的業務や、事故復旧のような異常時処理の自動化について記述するとともに、2台のオペコンで40変電所の監視・指令業務がスムーズに行えるよう配慮されたマンマシンインターフェースについても述べる。</p>	<p>省エネルギーのための電力管理用機器 西岡隆文・水原博久 三菱電機技報 Vol.52・No.7・P523～526 電力需要家に対する省エネルギー化の要請は、80年代に予想される電力供給能力の逼迫という情勢により日増しに強くなっている。当社ではかかる電力事情にかんがみ、電力の計測・監視・制御機器の開発、供給を通じ、省エネルギー(省電力)化に貢献している。本文では、これらの機器群の紹介・考察・背景を述べ電力管理による省エネルギー化促進への提言したい。</p>
<p>鉄道車両用電気品のミニコン化単体試験装置 石本正明・豊田武人・六藤孝雄・森原健司・松田 哲 三菱電機技報 Vol.52・No.7・P502～506 近年とみにエレクトロニクス化の著しい鉄道車両用電気品の保守用設備として、当社はミニコンピュータを利用して単体試験装置を製作・納入してきた。 ここでは、単体試験装置にミニコンピュータを適用した場合のメリットを整理した上で、ATC試験装置・ATO試験装置・チョッパ試験装置の実用例を4例紹介する。</p>	<p>大容量かご形ポールチェンジ荷役ウインチ用電機品 前田文生・鎌水律夫・木戸正克 三菱電機技報 Vol.52・No.7・P527～531 多目的貨物船の増大とともに、荷役機械用電機品の占める役割は大きい。今回、起動・制動をひん繁に繰り返すベレーカー用電機品に、全閉防水形のかご形ポールチェンジ誘導電動機の単機容量で80kWという国際的な大容量機を製作したので、その構造・特徴・制御装置の概要、及び種々の試験結果について紹介する。</p>
<p>新しい操作卓による鉄道車両試験装置 石田隆朗・得能 泰・尾崎 晃 三菱電機技報 Vol.52・No.7・P507～510 近年の鉄道輸送需要の増加に伴い、列車の効率的運用のため、保守点検体制の確立の一環として鉄道車両試験のコンピュータによる自動化が進められてきた。今回、耐環境性に優れた現場試験員用の設置形操作卓と可搬形操作卓を開発したので、これのソフトウェア及びハードウェアのシステム構成及び仕様について述べる。</p>	<p>4,000V 2,500A高耐圧大容量サイリスタの特性 多田昭晴・川上 明・岩本英雄・三原潔彦 三菱電機技報 Vol.52・No.7・P532～535 直径100mmの大口径シリコンウエハを使用した4,000V, 2,500Aの世界最大容量をもつ高耐圧大容量サイリスタを開発したのでその設計、製造並びに素子の特長、定格、特性を紹介する。 素子は、新しい拡散技術やゲート構造、外装設計技術などを採用したもので、400μs以下のターンオフ時間、300A/μs以上の臨界オン電流、上昇率などのすぐれた動特性も兼ね備えており、電力系統、電鉄など装置のコンパクト化、高性能高信頼度化などに大きく貢献する。</p>

Abstracts

Mitsubishi Denki Gihō: Vol. 52, No. 7, pp. 511~15 (1978)

The Statistical Properties of Expressway Traffic Flow, and the Detection of Impediments

by Katsuichi Nakazaki & Ichiro Nakahori

The article discusses headway and speed, the two basic variables in traffic flow, and clarifies their statistical relationship to such practical macro-time variables as total traffic volume, on the basis of actual measurement of expressway traffic flow. Using these time variables, a statistical traffic-flow predictive model is developed, and as an example of its application a method of detecting impediments to traffic flow is suggested and its effectiveness demonstrated.

Mitsubishi Denki Gihō: Vol. 52, No. 7, pp. 487~91 (1978)

A Thyristor-Chopper Controller with Natural Vaporization-Condensation Cooling

by Mikio Ota, Toshio Mikane, Toshiaki Awano, Hitoshi Murota & Masao Fujii

Vaporization-condensation heat-transfer, considered an ideal method of cooling electrical equipment, has been applied for the first time anywhere to the cooling of thyristor-chopper controllers for electric-railway coaches. The controllers, using 2500V 1000A reverse-conducting thyristors, are naturally cooled by the train's slipstream, and promise major advances in freedom from maintenance and reliability. The article outlines the basic properties of the vaporization-condensation method and the process by which it was commercialized, and describes equipment in actual service.

Mitsubishi Denki Gihō: Vol. 52, No. 7, pp. 519~22 (1978)

The New Series HC High-Voltage Combination Panels

by Masahiro Kaku, Fumitaka Shimizu & Mitsuhiko Tokunaga

Requirements for larger capacity and upgraded safety and the application of various international regulatory standards to equipment for export have resulted in demand for 3/6kV-class combination panels that can efficiently accommodate this growing trend towards variant specifications. This demand is answered by the new Series HC (Types HC-X, HC-Y and HC-Z) panels, an improved version of the existing series. The article describes its features, specifications and configuration.

Mitsubishi Denki Gihō: Vol. 52, No. 7, pp. 492~96 (1978)

Microcomputer-Aided ATO Equipment, and Equipment for Testing It

by Takao Muto & Fumiya Hirano

Automatic train operation (ATO) equipment employing microcomputers is smaller and more reliable than conventional equipment. The article details the performance and configuration of this new equipment, and introduces the performance of an ATO-testing simulator and the results obtained by connecting it to ATO equipment.

Mitsubishi Denki Gihō: Vol. 52, No. 7, pp. 523~26 (1978)

Power-Management Equipment for Energy Saving

by Takafumi Nishioka & Hirohisa Mizuhara

Calls for more efficient use of energy will become more urgent with the increasing pressure on power-supply capacity expected in the 1980s. Mitsubishi Electric is contributing to energy-saving efforts through the development and supply of equipment for the measurement, monitoring and control of electric power. The article introduces equipment of this sort and presents pertinent factors and background material in an effort to promote energy saving through power management.

Mitsubishi Denki Gihō: Vol. 52, No. 7, pp. 497~501 (1978)

A Centralized Railway-Substation-Control System

by Jun'ichiro Tsukamoto, Kenzo Agui, Takeshi Kawahara, Takahide Ato & Hiroshi Doi

A system has been delivered to the Kinki Nippon Railway that provides centralized control of 40 substations in the Osaka region from a power-control center located at Saidaiji. The article describes the operational duty characteristic of railway substations—both normal and abnormal, including fault clearance—and discusses the man-machine interface, which enables monitoring and instruction procedures to be carried out smoothly for the 40 substations from two operator consoles.

Mitsubishi Denki Gihō: Vol. 52, No. 7, pp. 527~31 (1978)

Electrical Equipment for Large-Capacity Pole-Change Squirrel-Cage Cargo Winches

by Fumio Maeda, Ritsuo Yarimizu & Masakatsu Kido

Larger multipurpose cargo ships have meant a greater role for electric cargo-handling equipment. Totally enclosed waterproof pole-change squirrel-cage induction motors with a single-unit output of 80kW—large by any standard—are being manufactured by Mitsubishi Electric for Velle single-boom cranes, which are subject to frequent starting-braking duty. The article outlines motor construction and features, and control equipment, and presents various test results.

Mitsubishi Denki Gihō: Vol. 52, No. 7, pp. 502~06 (1978)

Minicomputerized Diagnostic Testing Equipment for the Electrical Equipment in Railroad Coaches

by Masaaki Ishimoto, Takehito Toyota, Takao Muto, Kenji Morihara, Satoshi Matsuda

Mitsubishi Electric has delivered stand-alone prototype diagnostic testing equipment using minicomputers, for use in the maintenance of the new types of electrical equipment for railroad coaches in which electronics is increasingly applied.

The article sets out the advantages of applying minicomputers in such test equipment, and introduces four examples of diagnostic test equipment for automatic train-control and automatic train-operation equipment, and for thyristor-chopper controllers.

Mitsubishi Denki Gihō: Vol. 52, No. 7, pp. 532~35 (1978)

Characteristics of 4000V 2500A High-Voltage, High-Power Thyristors

by Akiharu Tada, Akira Kawakami, Hideo Iwamoto & Kiyohiko Mihara

The article reports on the design, manufacture, features, ratings and characteristics of a 4000V 2500A thyristor, the most powerful in the world, which has been developed using a silicon wafer with a diameter of 100mm. The new thyristor applies the latest diffusion technology, gate construction and package design, and provides excellent dynamic characteristics, including a turn-off time of 400μs maximum and a critical on-current rate of rise of 300A/μs or more. It thus promises to make an important contribution to decreasing the size and improving the performance and reliability of equipment for electric power networks, railways and so on.

Mitsubishi Denki Gihō: Vol. 52, No. 7, pp. 507~10 (1978)

Testing Equipment for Railroad Coaches Comprising a New Type of Operator Console

by Takaharu Ishida, Hiroshi Tokuno & Akira Ozaki

With increasing demand for rail-transport capacity, work on the computerization of coach testing is proceeding in an effort to standardize inspection and maintenance procedures and thus raise train-operation efficiency. Highly environment-resistant operator consoles—both fixed and portable—have been developed for field-test personnel. The article presents software- and hardware-system configurations and specifications.

アブストラクト

<p>72～204kVタンク形GCB新シリーズ 佐藤邦彦・大沼昭栄・懸山 弘・細見 守 三菱電機技報 Vol.52・No.7・P536～540</p> <p>72～204kV定格域のタンク形ガスしゃ断器(GCB)の新シリーズの開発、製品化を完了したので、その特長、構造や動作につき説明し、試験結果の概要について述べる。このGCBは、実用性を徹底的に追求したもので、操作機構の見直し改良も行っている。試験は、規格に規定された試験項目だけでなく操作機構の重要性に着目した種々の実用性能検証試験も実施し、いずれも良好な結果を得ている。このGCBの完成により、72kVから550kVまでのタンク形GCBのシリーズ体系が、新しく完備されたと言える。</p>	<p>DA-501形三菱ダスト濃度計 竹内秀夫・福寿幸男・坪田勝司・佐藤敏博 三菱電機技報 Vol.52・No.7・P545～549</p> <p>工場などから生ずる排ガスについては、大気汚染防止法に基づき排ガス中のダスト濃度を測定記録することが義務づけられている。最近、その測定の複雑さから省力化を望む声が強く、自動計測器の要求が高まりつつある。このような背景から、β線透過法を測定原理とするDA-501形三菱ダスト濃度計を製品化した。本文では、DA-501形の概要を紹介とともに、ダスト濃度測定の現状を報告する。</p>
<p>耐力点検出法電気レンチ 渋谷博司・大西 力 三菱電機技報 Vol.52・No.7・P541～544</p> <p>土木建築等で使用される高力ボルトの締付方法として、一般には締付トルクをコントロールするトルク法が採用される。トルク法の改良として、ボルトの耐力点では締付トルクの上昇値が急変することを電動レンチの電流の変化としてとらえ、ボルトの耐力点でボルトを締結する方法を実用化したので紹介する。本法は、ボルトの耐力点を検出しているために外部条件に左右されず、軸力が一定にそろう特長をもっている。</p>	<p>東京電力(株)袖ヶ浦発電所4号1,000MWクロスコンパウンドタービン発電機 速水和夫・伊藤裕之・松本敬之・植松 豊・松尾義博 三菱電機技報 Vol.52・No.7・P550～554</p> <p>本機はプライマリ2極・631MVA、セコンダリ4極・533MVAの2速度1,000MWクロスコンパウンド機である。ユニット容量増大とともにトラブル・フリーの要求がますます厳しくなっており、当社製大容量機の製作・運転実績の反映、実物大モデルで実証すみの新技術適用など、特に信頼性の確保と向上に重点を置いて設計・製作した。</p> <p>その結果今年初めに全工場試験を好成績で完了したので、本機の設計面での考慮点、試験結果などの概要につき紹介する。</p>

Abstracts

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 52, No. 7, pp. 545~49 (1978)

The Type DA-501 Dust Analyzer

by Hideo Takeuchi, Yukio Fukuju, Katsushi Tsubota & Toshihiro Sato

Antipollution regulations often require factories to measure and record the dust content of stack gas, and because measurement is so complex, demand has recently increased for the labor-saving advantages offered by continuous analyzers. This has led to the commercialization of the Type DA-501 dust analyzer, which operates on the principle of β -ray absorption. The article describes the analyzer, and reports on the situation regarding the measurement of dust content.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 52, No. 7, pp. 536~40 (1978)

A New Series of 72~204kV Tank-Type SF₆-Gas Circuit Breakers

by Kunihiko Sato, Akiyoshi Onuma, Hiroshi Kakeyama & Mamoru Hosomi

A new series of SF₆ GCBs has been developed and commercialized for ratings of 72~204kV. The article discusses their features, construction and operation, and outlines test results. These GCBs have been improved by a complete reworking of the operating mechanism for greater utility. Tests, including not only those mandated by regulatory standards but also a number of utility-verification tests based on a recognition of the importance of the operating mechanism, achieved uniformly satisfactory results. The development of these breakers means that Mitsubishi Electric is now able to offer a full range of tank-type GCBs from 72kV up to 550kV.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 52, No. 7, pp. 550~54 (1978)

A 1000MW Cross-Compound Steam-Turbine Generator for TEPCO's Sodegaura Power Station

by Kazuo Hayami, Hiroyuki Ito, Takayuki Matsumoto, Yutaka Uematsu & Yoshihiro Matsuo

This two-speed 1000MVA cross-compound generator for the Sodegaura Power Station of Tokyo Electric Power has a primary 2-pole rating of 631MVA and a secondary 4-pole rating of 533MVA. With increases in single-unit capacity, demands for troublefree operation have grown increasingly stringent, and this machine was designed and manufactured with primary emphasis on improving reliability on the basis of Mitsubishi Electric's wide experience in the large-capacity generator field, coupled with new technology verified using a full-scale model. Complete factory tests were completed early in 1978. The article outlines factors considered in the design of the generator and the results of the tests.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 52, No. 7, pp. 541~44 (1978)

An Electric Wrench Using the Principle of Yield-Point Detection

by Hakushi Shibuya & Tsutomu Onishi

High-strength bolts used in civil engineering and construction are commonly tightened by controlling the clamping torque. The article describes an improved method that utilizes the fact that the rapid change in the increase in clamping torque that occurs at the yield point of the bolt can be detected by changes in the current of a power wrench, to enable the bolt to be tightened to the yield point. Since this method depends on detection of the yield point, it is unaffected by external influences and maintains uniform bolt tension.

自冷式沸騰冷却チョッパ装置

太田幹雄*・三金敏雄*・栗野敏昭*・室田仁*・藤井雅雄**

1. まえがき

車両 チョッパ用制御装置は、電力消費量の節減、保守費の低減、及び熱発生の抑制を目的にして実用化され、大きな効果を上げている。

チョッパ制御装置には、大容量半導体素子が使用されており、従来から、構造が簡単で、素子交換が容易な強制風冷式が採用されていたが、冷却のためのブロワーモータ、エアフィルタの定期的点検・定期的交換を必要とし、これらがチョッパ制御装置にとって保守とブロワ騒音との面で残された課題になっていた。

また、最近の半導体技術の進歩により、半導体素子の高耐圧化・大容量化が進められ、定格容量 2,500 V 1,000 A の高速スイッチング逆導通サイリスタが実用に供されるようになった。このような大容量素子では、電極面の単位面積当たりの発生熱量が 10 W/cm^2 にも達する。したがって、大容量素子を用いてチョッパ制御装置を構成する場合、素子の発生熱を短時間に大量に取り去ることが可能な冷却方式が必要である。これらの条件を満足させるため沸騰冷却方式を電車用チョッパ制御装置に採用して完成させた。

ここでは、沸騰冷却方式の基本的特性と、実用化に至るハードウェアの開発過程の概略及び実用器について紹介する。

2. 沸騰冷却方式の特性

2.1 構成及び動作原理

現在、実用化されている沸騰冷却方式の代表的な構成を図 1. に示す。冷却系は、主に蒸発器と凝縮器、それらを結合する蒸気管と液もどり管となり、系内は真空中にされた後、冷媒液が蒸発器内を満たす程度に充てんされる。半導体素子（以下、素子と略す）などの発熱体は、蒸発器内の冷媒液中に浸される。

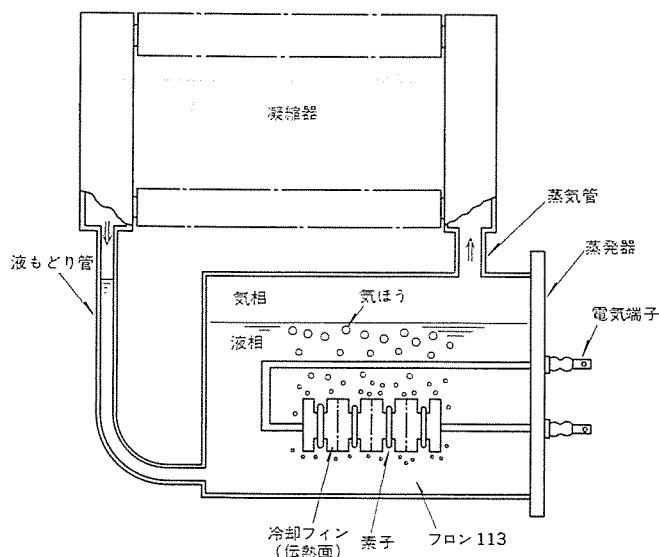


図 1. 沸騰冷却方式を用いた冷却装置の概略図

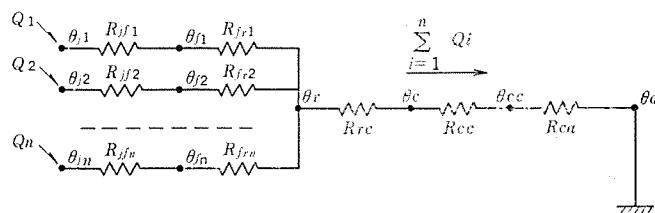
発熱体が通電などによって発熱すると、発熱体の冷媒液に接触する面（伝熱面）の状態は、熱負荷が増大するとともに自然対流状態から気ほうが発生・離脱する沸騰状態へと移行する。この沸騰に伴う、気ほうのかく乱効果や潜熱輸送効果などによって伝熱面は極めて有效地に冷却される（これを 1 次冷却という）。発生した蒸気は、蒸発器と凝縮器における蒸気密度の差に基づく圧力差によって蒸発器から凝縮器へ蒸気管を通じて移行する。凝縮器の外壁面は、その使用条件に応じて空気冷却や水冷却などの方法で冷却され（これを 2 次冷却という）、蒸気は凝縮器の内壁面でほぼ等温状態で凝縮・液化される。液化された冷媒は、重力によって自然落下し、液もどり管を経て蒸発器内に還流する。したがって、大量の熱輸送がポンプなしで行われ、更に素子などの回路部品が空気中に直接に露出しないため、じんあい（塵埃）・油・水などによる汚損による絶縁劣化の心配のない信頼性の高い冷却方式が実現される。

2.2 熱の伝達経路

開発した沸騰冷却式チョッパ制御装置における熱の伝達経路の概略を熱回路網を使って図 2. に示す。装置内の各素子の接合部に発生した熱は、素子の内部熱抵抗 R_{jfi} ($i=1 \sim n$) を経、沸騰熱伝達に基づく熱抵抗 R_{fri} ($i=1 \sim n$) を介して冷媒液中に拡散される。更に、凝縮に基づく熱抵抗 R_{rc} 、凝縮器壁の伝導抵抗 R_{cc} を経、周囲空気へ熱抵抗 R_{ca} を介して放熱される。ただし、凝縮器が空気冷却されている場合を示す。

一般に、 R_{rc} 、 R_{cc} は、他の熱抵抗と比べて小さく無視できる。また、 R_{jfi} は素子の内部構造によって決定される。したがって、1 次冷却に関する R_{fr} と、2 次冷却に関する R_{ca} とに主眼が置かれて冷却系が設計される。

2 次冷却の凝縮器については、種々の形態が考えられ、冷却効率や構造上で優れた特性を有するフイン付管が空気冷却用としてよく



R_{jfi} ($i=1 \sim n$) : 素子接合部と冷却フィン(伝熱面)間の熱伝導に基づく熱抵抗

R_{fri} ($i=1 \sim n$) : 伝熱面と冷媒液間の沸騰熱伝達に基づく熱抵抗

R_{rc} : 冷媒蒸気と凝縮器内壁面間の凝縮熱伝達に基づく熱抵抗

R_{cc} : 凝縮器壁の熱伝導に基づく熱抵抗

R_{ca} : 凝縮器外壁面と周囲空気間の対流及びふく射熱伝達に基づく熱抵抗

Q_i ($i=1 \sim n$) : 素子の発熱量, n : 素子の個数

θ_{ji} ($i=1 \sim n$) : 素子接合部温度

θ_{ji} ($i=1 \sim n$) : 冷却フィン(伝熱面)温度

θ_r : 冷媒(液、蒸気)温度, θ_c : 凝縮器内壁面温度

θ_{cc} : 凝縮器外壁面温度, θ_a : 周囲空気温度

図 2. 热の伝達経路

表 1. フロン 113 (R 113) の物理的性質

項目	単位	R-113
化 学 式		$\text{CCl}_2\text{F}-\text{CClF}_2$
分 子 量		187.39
沸 点	(1 atm) °C	47.57
凝 滲 点	°C	-35
密 度	液 (30°C) g/cc	1.553
	飽和蒸気 (沸点) g/l	7.38
比 熱	液 (30°C) cal/g°C	0.218
蒸 発 潜 热	(沸点) cal/g	35.07
熱 伝 導 度	液 (30°C) kcal/mh°C	0.0775
可 燃 性		なし
絶 緣 抵 抗	液 MΩ·cm	45.49×10^5
(60 Hz)	蒸気 MΩ·cm	94.18×10^5
破 壊 電 壓	液 V/mm	12,600
	蒸気 V/mm	17,300

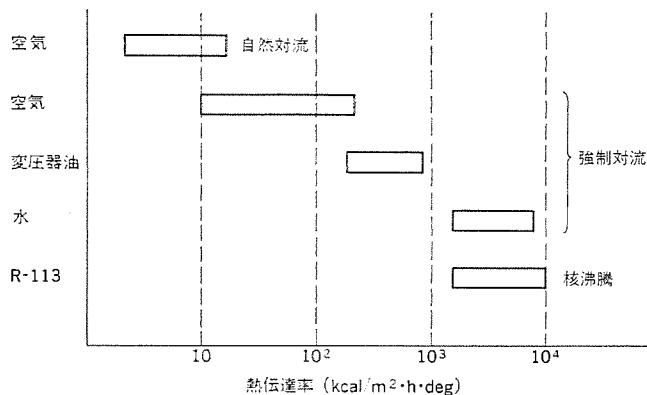


図 3. 各種冷媒の熱伝達率の比較

用いられる。また、凝縮器の容量は、すえ(据)付寸法上の制限、及び動作時の素子接合部温度 θ_{ji} ($i=1 \sim n$) が素子の最大許容温度を超えないように冷媒液温度 θ_f を定めることなどから設計される。

2.3 フロン 113 の熱伝達特性

発熱体が冷媒液中に直接に浸される沸騰冷却方式では、冷却効率がよい、電気絶縁性が高い、蒸気圧が低い、化学的に安定で腐食性がないことなどの要件から、冷媒としてフロン 113 (R-113) が主に用いられる⁽¹⁾。表 1 に R-113 の物理的性質を示す。

図 3 は、各種冷媒の熱伝達率を比較して示したものである。R-113 の沸騰熱伝達率 (核沸騰) が、従来の強制空気冷却などの熱伝達率と比べて極めて大きいことが分かる。水は熱伝達率が大きく、冷媒として優れているが、電気絶縁性や腐食などの点で難点があり、一般に用いられない。

図 4 は、R-113 の大気圧下の飽和プール沸騰曲線 (飽和温度 = 47.6°C) である。伝熱面は直径 0.2 mm の白金線の表面で水平に張られ通電加熱された場合を示す。電気機器の冷却には、主に点 A から点 B (極大熱負荷点) の核沸騰域が利用され、点 B を超えた遷移沸騰域・膜沸騰域は、電気機器の信頼性・安全性及び R-113 の熱安定性の点からほとん

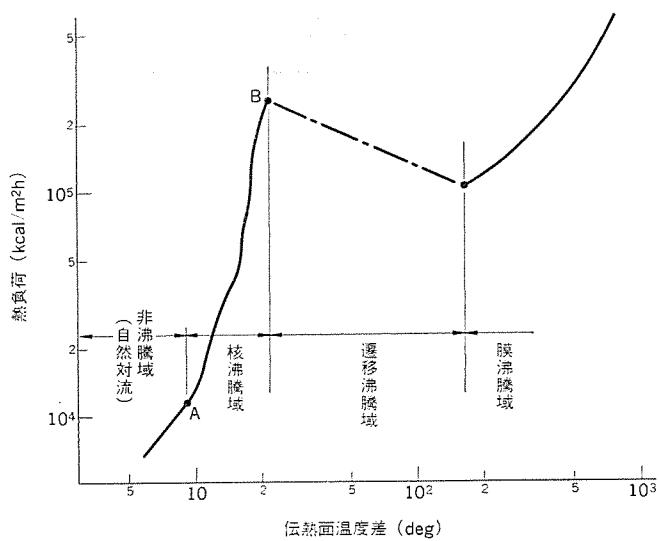


図 4. R-113 の飽和プール沸騰曲線 (大気圧)

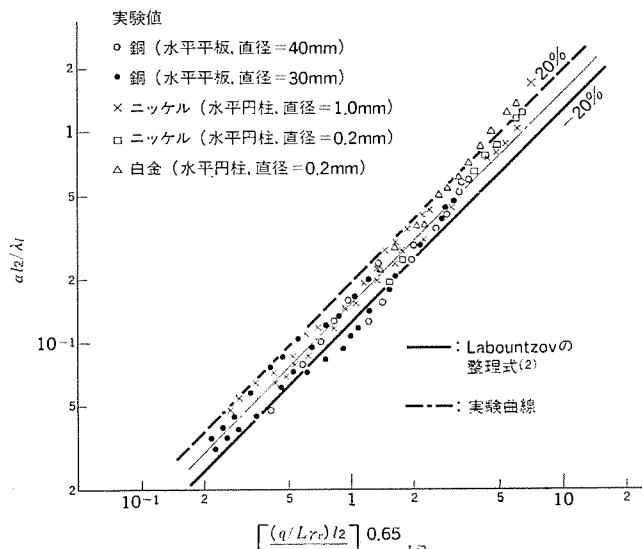


図 5. R-113 の核沸騰熱伝達率の無次元表示

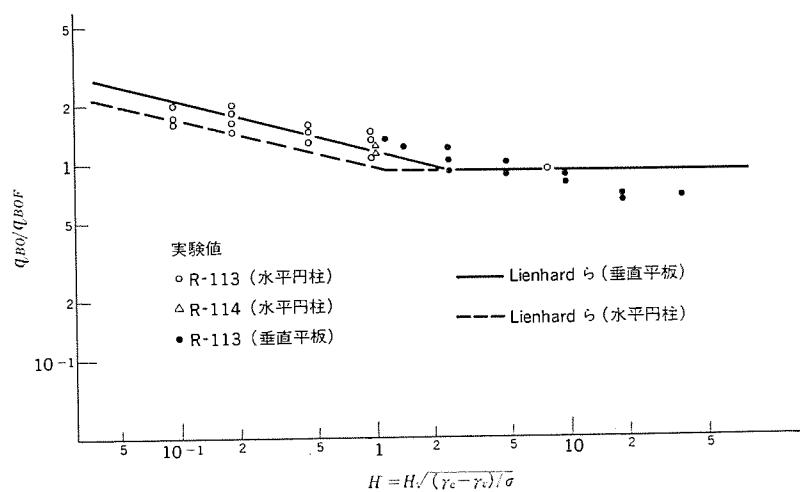


図 6. R-113 の極大熱負荷の無次元整理

ど用いられない。

図 5 は、種々の伝熱面について得られた、R-113 の核沸騰熱伝達率の実験値を整理したものである。

図中の実線は、Labountzov の整理式⁽²⁾

$$\alpha l_e / \lambda_e = 0.125 \left[\frac{(q/L\gamma_v) l_e}{\gamma_e} \right]^{0.65} P_{re}^{-1/3} \dots \dots \dots \quad (1)$$

である。ただし、 q 、 α は熱負荷 ($\text{kcal}/\text{m}^2\text{h}$)、熱伝達率 ($\text{kcal}/\text{m}^2\text{h}\cdot\text{deg}$) で、 λ_e 、 γ_e 、 C_{pe} 、 σ 、 L 、 P_{re} は冷媒液の熱伝導率 ($\text{kcal}/\text{mh}\cdot\text{deg}$)、比重量 (kg/m^3)、比熱 ($\text{kcal}/\text{kg}\cdot\text{deg}$)、表面張力 (kg/m)、蒸発潜熱 (kcal/kg)、プラントル数で、 γ_v は冷媒蒸気の比重量 (kg/m^3)、 J は熱の仕事当量 ($\text{kg}\cdot\text{m}/\text{kcal}$)、 T_s は飽和温度 ($^\circ\text{C}$) である。式(1)の係数の 0.125 を 0.158 とすると実験値のほとんどは、1 点鎖線で示した実験曲線のように、 $\pm 20\%$ の範囲内に整理できる。

図 6. は、R-113 の極大熱負荷を整理したものである。極大熱負荷は、平滑面における限界熱負荷を与えるものとして重要である。図中の実線及び破線は、Lienhard ら⁽³⁾によって求められた実験曲線で、実線は垂直平板、破線は水平円柱を伝熱面とする場合を示す。 q_{BO} は極大熱負荷 ($\text{kcal}/\text{m}^2\text{h}$) の実験値、 q_{BOP} ($\text{kcal}/\text{m}^2\text{h}$) は理論値で、

$$q_{BOF} = 0.13[\sigma g^2 (\gamma_e - \gamma_v) / \gamma_v^2]^{1/4} \dots \dots \dots \quad (2)$$

で与えられる。ここで、 g は重力加速度 (m/h^2)、 H' は基準化された長さである。 H は伝熱面の代表寸法で、水平円柱では直径、垂直平板では板の高さで表される。極大熱負荷は、伝熱面の代表寸法が増加するとともに減少し、 $H' \geq 1.17$ (水平円柱)、 $H' \geq 2.7$ (垂直平板) でほぼ一定になる。

伝熱面が粗面化などされると、核沸騰熱伝達特性も図 5. で得られる特性より数倍くなる。

3. 開發過程

沸騰熱伝達及び冷却媒体の循環系などの基礎的な実験データは、種々得られているが、車両用に適した2次冷却の方式・構造及び製造技術の確立が切望されていた。沸騰冷却では、密閉容器内に半導体素子、及びこれに付属する材料・部品を封入することになるので、これらのものの耐フロン性の検証が必要であった。開発を進めるに当たって研究しようとした項目を大別すると、(1)冷却の基本技術、(2)冷却装置の製造技術、(3)使用部品・材料の選定である。

まず、2次冷却すなわち凝縮器の冷却方式を決定するためと、沸騰

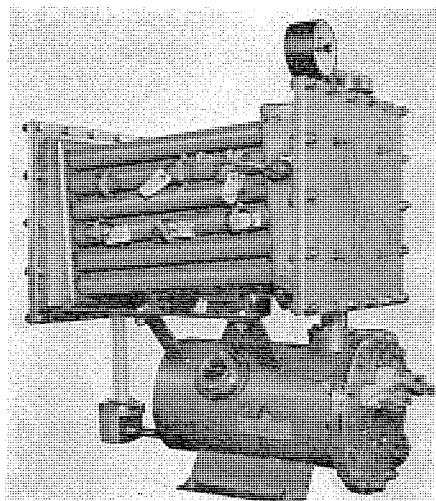


図 7. 第1次試作器のモードマップ

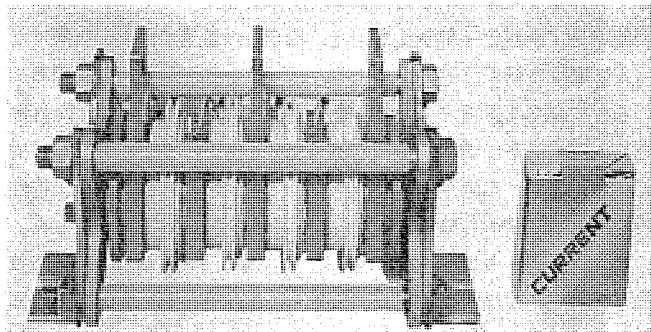
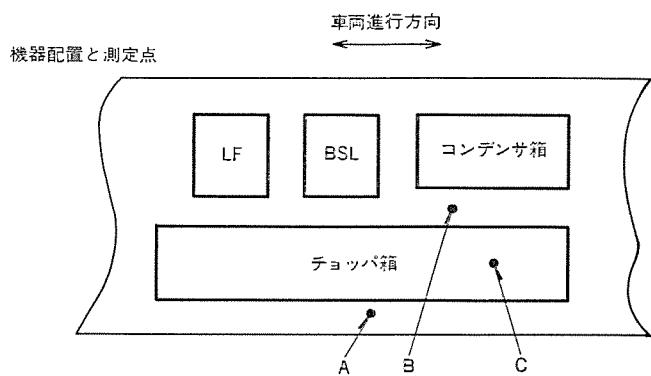


図 8. 第1次試作器のタイナードスティック



測定点	風速 (m/s)		
	車速 20 km/h	40 km/h	60 km/h
A (上)	2.5	6.3	5.5
A (下)	3.4	7.1	9.2
B (中)	1.0	1.5	1.6
B (下)	2.0	2.2	4.0
C (底)	6.5	12	14

図 9. 車両走行風の測定結果

騰冷却の実態をは(把)握するために昭和48年に第1次試作を行うことから始めを。

3.1 第1次 試作

第1次試作のモデルは図7.に示すもので、発熱体には図8.に示すダイオードスタックを用いて実験を行った。このモデル実験から、沸騰冷却の特長を發揮する種々のデータが得られた。自然循環で期待どおりに冷却が行えること、半導体 フイン-フロン間の沸騰熱伝達、フロン蒸気-凝縮器間の凝縮熱伝達及び凝縮器 フイン-空気間の熱伝達率が計算値とほぼ一致することが判明し、2次冷却の自冷及び風冷時の冷却特性が把握できた。これらのデータから、2相式 チョッパ制御装置を1相1タンクユニットの2ユニットで構成する場合と等価な定格を想定し、昭和50年次の第2次試作器の計画に移った。これと併行に、予想されるタンク内使用部品・材料をカプセル内にフロン液とともに封入してこう(恒)温炉中に長期間放置する耐フロン寿命試験を開始した。

また、車両の走行風を利用することを目的にして現車で行った走行風測定試験の結果は、図9.のとおりで、凝縮器の小形化に寄与することが判明した。

3.2 第2次試作

第2次試作では、フインチューブ式及びプレートフィン式等の3種類の凝縮

器を試作して試験に供した。第1次試作器と比べて更に凝縮器構造の簡略化・小形化・軽量化を図り、約半分の重量で構成が可能になった。試験の結果、過渡温度上昇、フロン液の必要量など、沸騰冷却の設計に必要な貴重なデータが得られ、風冷式 チョッパ装置の外形寸法・重量以下で構成することが可能になった。また、凝縮器の構造については、車両用として要求される冷却性能・耐久性・工作性等を種々の角度から検討し、ワインチャーブ式を採用することにした。

第1次試作から第2次試作を通じ、製造方法・溶接技術・真空技術を経験し、冷媒取扱いなどに習熟し、信頼度の高い製造技術の確立を図ることができた。

第2次試作器でデータを徹底的に収集し終わったころ、使用部品の耐フロン寿命テストが1か年以上を経て終了した。フロン自身の劣化の有無についての分析、材料部品の化学的変化の有無及び電気的諸性能・特性などの変化の有無について調査した結果から、フロン液中で使用する材料・部品の選定を終え、実用器製作へ大きく前進した。

3.3 実用器試作

1、2次の試作モデルの結果を踏まえ、電車用 チョッパ装置としての実用器を試作した。

仕様は、制御容量が DC 1,500 V、150 kW 電動機 8 台制御、定格電流が 1,500 A で、1 相分の半導体素子を 1 タンクに収めて 2 タンクで チョッパ装置を構成した。

チョッパ装置では、サイリスタは高速でスイッチングし、しかも小形タンク内に半導体スタックが高密度に構成されるので、ゲート制御に及ぼす主回路のスイッチングノイズの影響を十分に配慮して設計した。

また、圧力容器の安全装置、及び チョッパ装置の保護協調についても十分に検討を行った。

工場でタンクユニット単体試験を行ったが、自然循環も期待どおりであり、ねらいどおりの冷却特性を得た。チョッパ運転による組合せ試験では、主回路大電流の チョッピングによる沸騰熱伝達と、直流等価負荷における沸騰熱伝達との相間関係を示すデータや、保護システムの作動について貴重なデータを得ることができた。フロン液温度 47°C における半導体 フィン-フロン間の熱抵抗は、素子損失 1 kW で 0.015 °C/W であった。チョッパ制御装置としての電気的諸性能をいかんなく発揮できるものとの確認が得られた。チョッパ装置全体として振動試験を実施し、車両積載上に問題のないことを確認した。

走行状態での温度上昇は静止試験データから計算される温度上昇と一致することが認められ、車両用 チョッパ装置に フロン 沸騰冷却を応用することに自信を高めた。

これらの一連の開発段階におけるデータを分析・検討し、凝縮器の冷却性能・構造・耐久性・保守・取扱い、及び小形軽量化・生産性向上について徹底的に見直しを行い、フロン 沸騰冷却 チョッパの設計法と生産技術とを確立することができた。

3.4 構成部品

タンクユニットを構成する部品・材料の耐フロン性については、十分な注意が必要で、それぞれについて厳しいスクリーニングを実施して信頼度の高い部品を選定している。

(1) ブッシング

主回路・補助回路に用いる絶縁端子は、無機物を焼成製作したもので、容器に直接に溶接できる構造である。ヒートサイクル・ヒートショック・振動テスト後に許容漏れ量以下であることを確認したものを使用した。

(2) 連成圧力計

タンク内の冷媒蒸気圧力を検知するもので、気密を要する部分は部品単位で漏れ試験を行い合格したものを組立使用した。

(3) 温度リレー

フロン液温を検知するもので、圧力容器の保護装置としても使用し、信頼度の高い動作が要求される。完全気密構造で、長期耐 フロン 浸し(漬)試験を実施して動作の安定性を確認した。

(4) 放圧板

圧力計・温度リレーを後援するものとして最終的にタンク破裂を防止する保護装置である。耐 フロン 材料で構成し タンク に溶接している。

4. 帝都高速度交通営団(千代田線) 納め チョッパ装置

フロン 沸騰冷却 チョッパ装置の実用 第1号として帝都高速度交通営団(千代田線)に納入した。この装置の特長、仕様及び試験結果を次に示す。

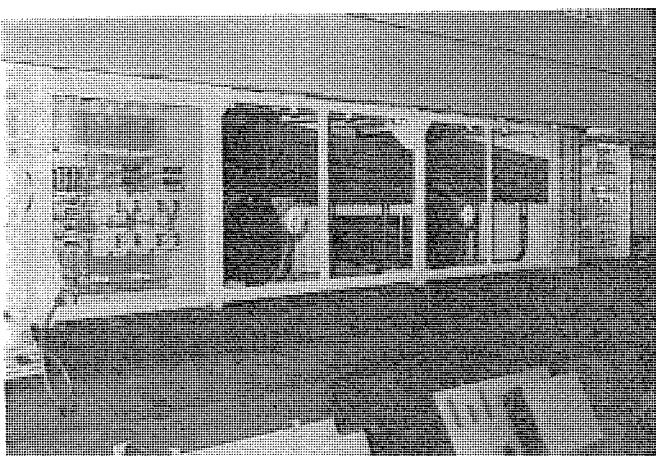


図 10. 帝都高速度交通営団(千代田線) 納め フロン 冷却 チョッパ 装置

4.1 大容量素子の採用

1、2次試作器による基礎実験から、試作実用器の チョッパ 運転による高速スイッチング動作に至るまで、その冷却特性は我々の期待に十分に答えるものであった。得られた冷却特性から、更に大容量の素子の冷却に適していることを確認し、定格電流 1,000 A クラスのサイリスタを採用することにした。これにより、ハードウェアを大幅に縮小でき、部品数も半減することになり、装置の小形・軽量化と高信頼度化とを図れることになった。

4.2 タンクユニット構造

タンクユニットは、半導体を密封したタンクと凝縮器とで構成し、チョッパ回路の 1 相分を 1 ユニットにまとめ、2 ユニットで チョッパ 装置を構成する。交換単位は ユニット 単位で、チョッパ本体に簡単に取付け・取外しが行え、主回路端子などは チョッパ 本体側の密閉室で接続する。タンクは、全周溶接で封じ完全に気密を保っている。凝縮器は、外部から点検・清掃が行えるように工夫している。

4.3 仕様

- (1) 制御容量 1,500 V DC 150 kW × 8 電動機
- (2) 定格電流 1,500 A
- (3) チョッパ 周波数 330 Hz × 2
- (4) 構成 1 相 / 1 タンクユニット × 2 ユニット

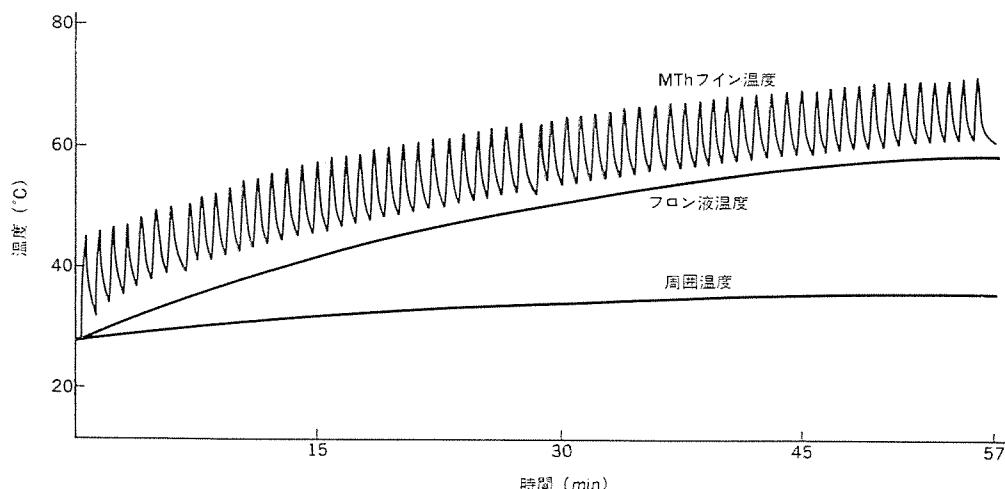


図 11. 温度上昇試験結果（工場試験）

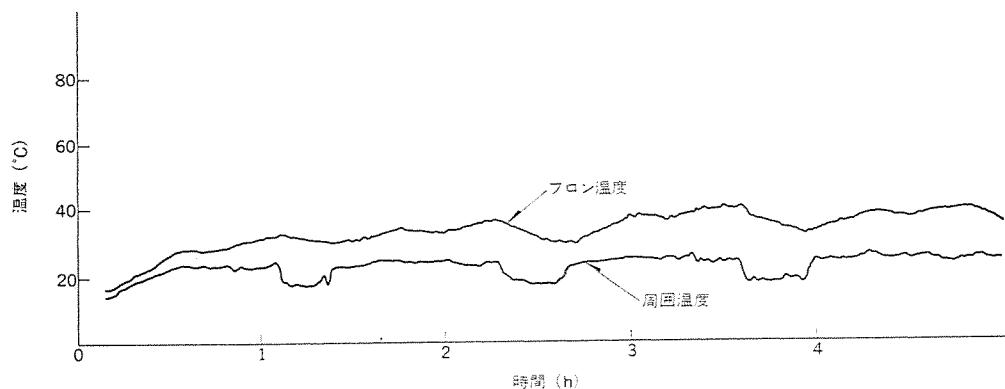


図 12. 現車走行温度試験結果

- | | | |
|----------|----------------|------------------------------------|
| (5) 素子 | 主サイリスタ | 2 S-1 P-1 A FR 1000
(逆導通 サイリスタ) |
| | 補助サイリスタ | 2 S-1 P-1 A FR 1000
(同上) |
| | フリーホイーリングダイオード | 2 S-1 P-1 A FD 1000
(ダイオード) |
| (6) 冷媒 | フロン 113 | |
| (7) 2次冷却 | 自冷（走行風利用） | |
- なお、使用した逆導通 サイリスタの定格は次のとおりである。
- (1) 繰り返し耐電圧 2,500 V
 - (2) 平均順電流 1,000 A
 - (3) ターンオフタイム 30 μ s

4.4 試験結果

現車と等価な負荷及び冷却風を模擬した工場試験の結果、チョッパ運転でフロン液温の上昇値は約 22°C で、サイリスタファインのスイッチングによる過度温度上昇値は約 14°C であった（図 11.）。これは、設計値を下回る温度で、良好な冷却特性を示しており、所期の目標を十分に達成している。

現車走行試験では、フロン液温の上昇値は約 15°C で（図 12.），使用中の凝縮器のファイン汚れによる冷却性能低下を考慮しても十分に余裕のある値であった。

5. むすび

昭和 48 年から開発に着手して以来、各種の基礎研究、数次にわたる試作を経てここに実用化されたフロン沸騰冷却チョッパ装置は、プロレスによるメンテナンスフリー化をもたらすとともに、更にチョッパ装置のサイリスタ素子数を半減することを目指して 2,500V 1,000

A の逆導通 サイリスタを採用することが可能になり、信頼性の向上にも大いに寄与するものと思われる。この有用性が認識されて今後のチョッパ装置は、フロン沸騰冷却式に移行するものと確信する。

また、開発を通じて得られたかずかずの重要な技術は、今後、更に新しい分野へ適用されて貢献することであろう。

最後に、この開発・実用化に当たって絶大なご尽力・ご指導をいたいた帝都高速度交通営団の関係者のかたがたに深く感謝する次第である。

参考文献

- (1) 小林ほか：三菱電機技報, 48, No. 2, p. 229 (昭 49)
- (2) 甲藤：伝熱概論，養賢堂 (昭 39)
- (3) J. H. Lienhard et al. : Trans. ASME, Ser. C, 152 (1973)

マイクロコンピュータを使用した車載自動運転装置とその試験装置

六藤 孝雄*・平野文弥*

1. まえがき

近年、マイクロコンピュータは、半導体集積技術の進歩に伴って急速に進歩発展を遂げ、小形・軽量、経済性、高信頼度などの利点が鉄道の分野にも大きく影響を与えている。鉄道における制御システムは、中央制御・信号情報伝送・個々の列車制御と広域にわたる制御と情報伝送とを必要とするので、マイクロコンピュータを活用するのに適合している。

ここでは、列車に設置されて自動運転操縦を主として行う列車自動運転装置（以下ATO装置と称す）に応用した例と、その自動試験装置（自動運転シミュレータ）に使用した例について詳細に紹介する。

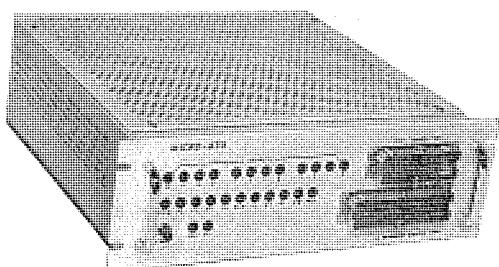


図1. ATO装置外観

2. マイクロコンピュータ導入の背景

列車の自動運転装置の実用化は、帝都高速度交通営団日比谷線において1964年9月に始まる。当初、ハードウェアはゲルマニウムトランジスタを使用したアナログ演算方式であったが、その後、間もなく熱的に増幅率の安定したシリコントランジスタに更新、更に大阪市交通局に納入している。1972年にはデジタルIC化されたATO装置が東京都交通局に、1973年に新交通システム三菱試験線に、1974年には入換機関車ATO用装置を日本国有鉄道にそれぞれ納めている。1976年にはロータリ式除雪機関車の自動運転制御にマイクロコンピュータを応用したATO装置を日本国有鉄道に納入している。この装置は、除雪車の投雪能力を最大に發揮させるため、雪質と投雪エンジン負荷状態とを検知して列車速度を制御するもので、マイクロコンピュータ導入に適合した広域の制御対象を処理している。これらは装置をデジタル化することによって納入後の特性調整がなくなるとともに、高精度の演算を行っている。

今日では高度に自動化された新交通システムを建設する段階に至っている。新交通システム車両は、無人運転を志向しており、車両自体が従来の鉄道車両と比較して小形であるため、車両積載機器の小型・軽量化を図るとともに、高信頼度化が要求されている。

そこで、この用途に合わせてマイクロプロセッサM58710Sを、従来のはん(汎)用マイクロコンピュータ構成でなく専用プロセッサとして着目

し、専用マイクロコンピュータ構成を実施したATO装置を実現した。この方式にすることによって計算機としての拡張性を失うことと引換えに、最小部品で構成することによって不要な拡張部品を除いて小形化と高信頼度化を得ることができた。

一般に、車両機器は、主回路機器も含めて半導体化が進んでいる。これらの機器の良否や制御性能を判別する試験装置が必要とされているが、このたびマイクロコンピュータ化されたATO装置と合わせてこの装置の性能を現車と等価的に試験できるシミュレータ装置を標準マイクロコンピュータで構成した。この装置は、被試験対象であるATO装置のための車両性能・路線条件・地上信号が模擬されてダイナミックに制御性能が確認できる。

3. ATO装置の機能

ATO装置は、中央制御所の運行管理システムからの出発指令に従って駅出発から駅間の速度制御、及び次駅における定位置停止までの一連の運転操縦を自動的に行う。制御機能は、大別して駅間走行機能と定位置停止機能とに分かれる。駅間走行機能は、駅出発と同時に開始され、列車速度は速度制限信号（以下、ATC信号と称す）を基準にして発生されたK_o、K_A、K_B、K_Cの4本のATO速度パターン（図2. 参照）によって決定される。列車の力行装置並びにブレーキ装置への指令は、このATO速度パターンと列車速度との比較によって決定される。定位置停止機能は、列車を駅の定位置に自動的に停止させる機能で、地上に停止ループが敷設され、この停止ループを車上のATO信号受信器で検出して定位置停止制御が開始され、内部で発生した2次曲線の停止パターン（図7. 参照）に従って列車を停止させる。

停止点までの距離計測は、速度発電機のパルス出力を計数することによって行われる。また、積分誤差を補正して高精度の停止精度を得るために、地上からの距離補正信号を使用する。

3.1 駅間走行制御

ATC速度信号と出発指令とを入力すると、制御が開始される。速度制御方式は、制御プログラムを変更することによって下記の2方式のいずれも実施可能である。

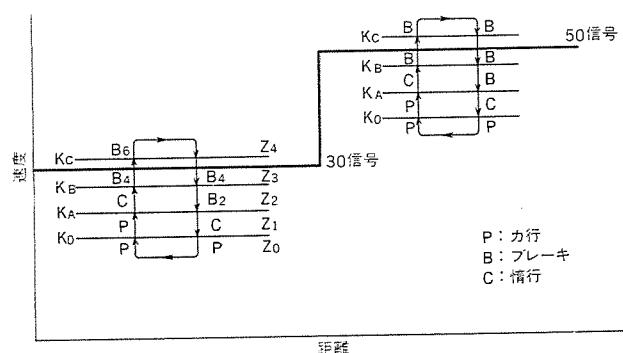


図2. ゾーン制御方式の制御原理

3.1.1 ゾーン制御方式

図2.のよう、ATC信号に応じてプログラム演算で複数本（この装置では $K_0 \sim K_C$ の4本）の速度パターンを発生させ、 $Z_0 \sim Z_4$ の5領域の各速度帯域に応じて力行・だ（惰）行・ブレーキノッチを選択し、列車の速度制御を行う。列車速度が K_0 パターン以下のときは力行指令になり、速度が上昇して K_A パターンを超えると惰行になる。下りこう配で加速して K_B 、 K_C パターンを超えると、 B_4 、 B_6 のブレーキが作用して列車は減速される。一度ブレーキが指令されると、力行・惰行・ブレーキの動作ひん度を増さないように Z_2 の速度帯で B_2 ステップのブレーキにしてヒステリシスを持たせてある。力行時のノッチ選択は、ATC信号の組合せで決められる。この制御方式は、力行ノッチ数が少ないので制御装置を使用した車両にも適合している。

3.1.2 定速度制御方式

ATC信号によって目標速度 V_p を決定し、この目標速度と列車速度との偏差を少なくする制御方式である。速度偏差に応じて力行ノッチ段、ブレーキステップ数を選択し、目標速度 V_p を超えて列車速度偏

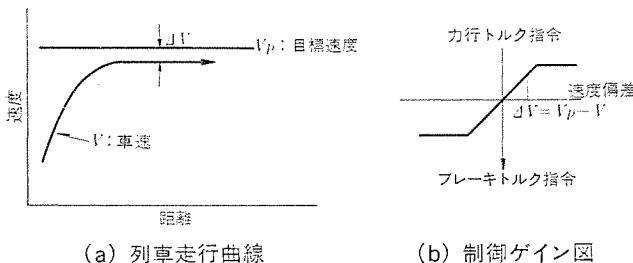


図3. 定速度制御方式の制御原理

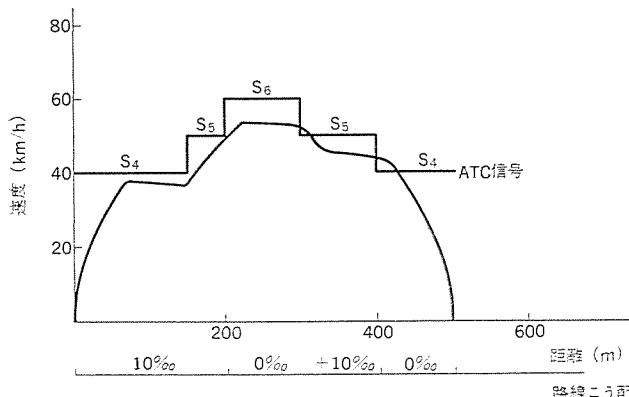


図4. ゾーン制御方式によるATOランカーブ

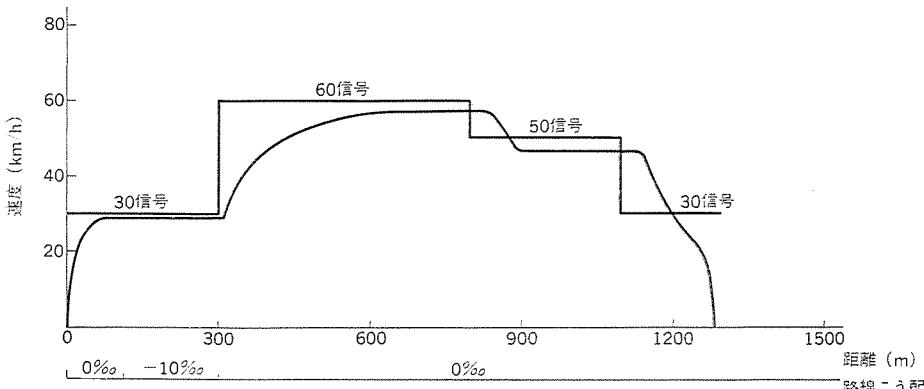


図5. 定速制御方式によるATOランカーブ

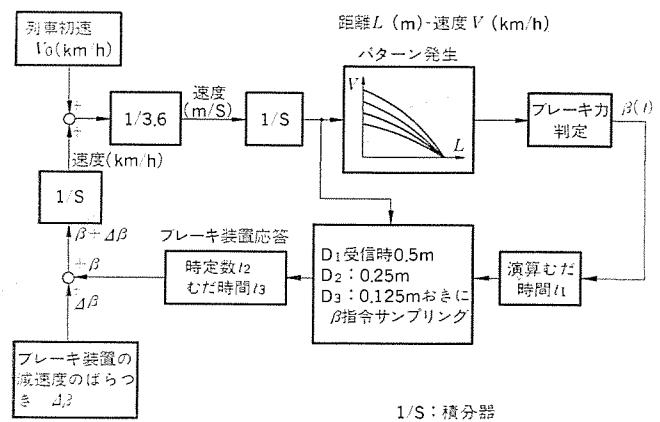


図6. 定位置停止 ブロック図

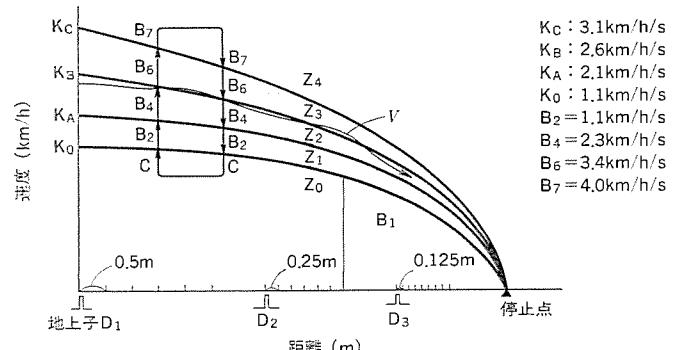


図7. 定位置停止 パターン

差が大きくなれば、ブレーキステップ数を増加させ、目標速度 V_p 以下で列車速度偏差が大きくなれば、力行ノッチ段を増加させる。

ATC信号が下位に変化すると、下位に変化した信号まで、ある一定の減速度パターン（緩和パターン）を発生する。減速度パターンが下位信号値まで下がると、その値を保つようになる。信号が上位に変化すると速やかに上位信号の値に上昇する。

3.2 定位置停止制御

ブレーキ制御を行って列車を定位置に停止させる場合、列車制御系は等価的に図6.のブロック図で表される。速度 V (km/h)で走行している列車を L (m)先の目標点に停止させようとする場合、必要な減速度 β (km/h/s)は式(1)で示される。

$$\beta = \frac{V^2}{7.2 L} \quad \dots \dots \dots (1)$$

この装置は、平均減速度 β_0 の基準パターンをプログラム演算で作成し、パターン速度と定速度との差によって減速度を加減し、列車速度を基準パターンに追従させて定位置停止を行う。具体的には図7.に示すように、基準パターン K_B をはさむようにそれぞれ停止点に收れん（歟）する異なる減速度のパターン K_0 、 K_A 、 K_C をプログラム演算で発生させる。各パターンに分けられた速度帯を Z_0 、 Z_1 、 Z_2 、 Z_3 、 Z_4 とし、列車速度が基準パターンに追従するように各速度帯における

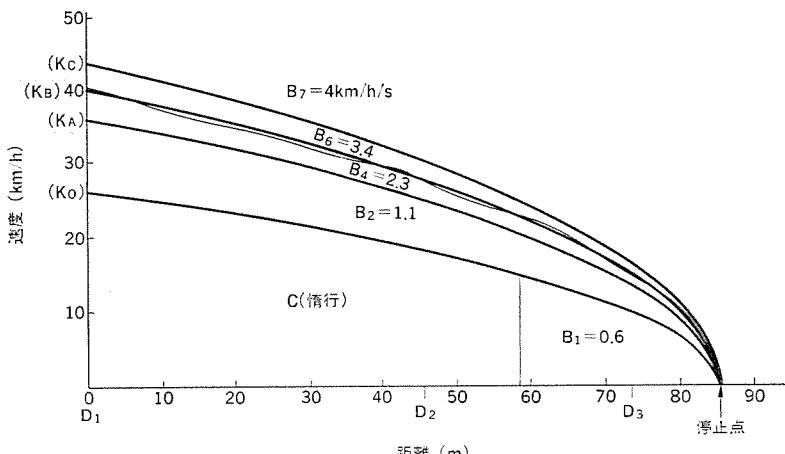


図 8. ゾーン制御方式による定位置停止曲線

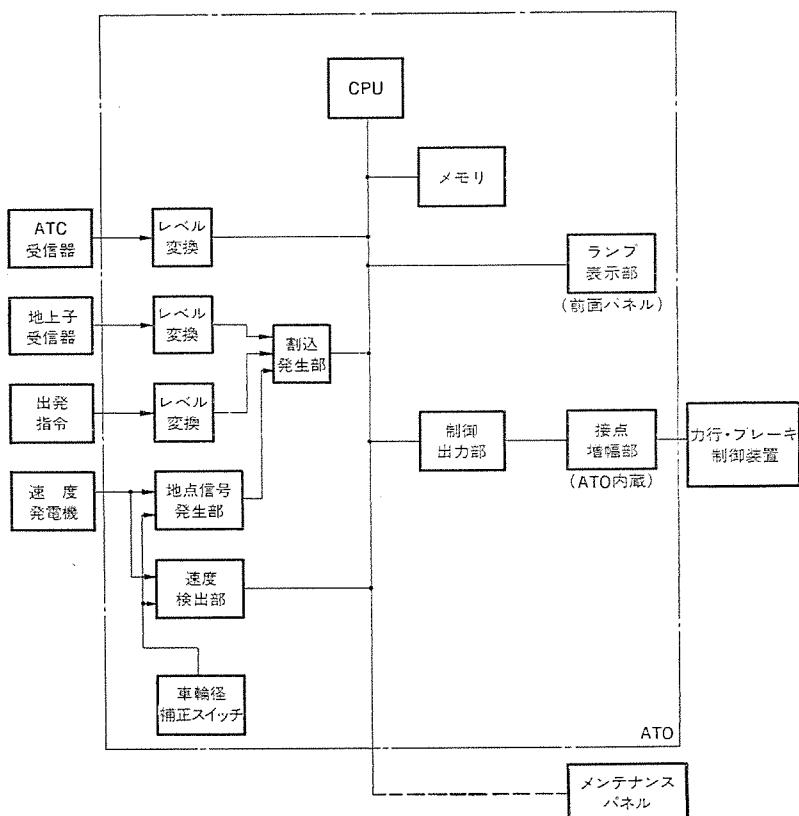


図 9. ATO 装置 ハードウェア構成

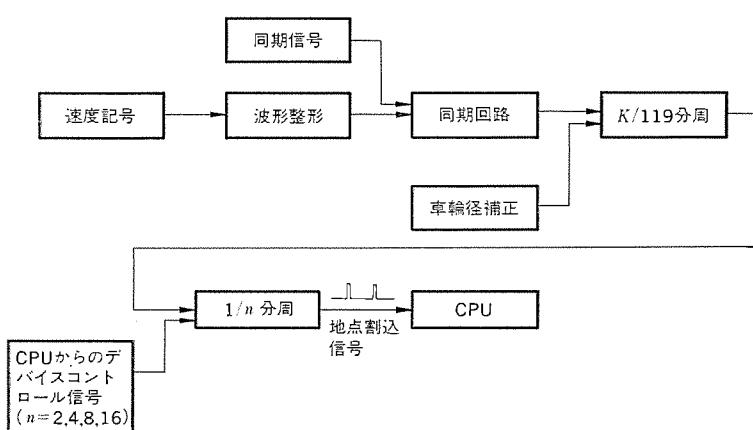


図 10. 地点信号発生 ブロック

ブレーキ力を選ぶ。

4. ATO 装置のハードウェアの構成

ATO 装置は、マイクロプロセッサ（1チップ CPU）、メモリ、レベル変換、割込発生部、地点信号発生部、速度検出部、車輪径補正スイッチ、制御出力部、ランプ表示、接点増幅部より構成されている。ハードウェア及びプログラムのデバッグ、保守点検を容易にするために外部にメンテナンスパネルの接続が可能である。

4.1 マイクロプロセッサ (M 58710 S)

8ビット並列処理 CPU

基本機械語命令 78

基本命令実行時間 2~9 μs

(クロック周波数 2 MHz のとき)

直接アクセス可能なメモリ容量 65,536 バイト

入出力ポート数 各 256

多重割込み可能

サブルーチンの度数 無制限

4.2 メモリ

メモリ容量は ROM が 3.5 K バイト、RAM が 0.25 K バイトを積載し、ROM は制御プログラム領域、RAM はデータ領域として使用されている。

4.3 レベル変換

各信号入力 (DC 24 V) を IC 5 V レベルに変換する。ノイズによる誤動作を防止するためにフォトカップを使用して外部との絶縁を図っている。

4.4 割込み発生部

出発指令、定位置停止区間における地点補正信号 D_1 、 D_2 、 D_3 及び走行車が所定距離を走行するごとにパルスを発生する地点信号などの信号があるごとに CPU に割込みをかける。

4.5 地点信号発生部

走行車が所定距離を走行するごとにパルスを発生し、CPU に割込みをかける。この所定距離は、プログラムで 1 m, 0.5 m, 0.25 m, 0.125 m の 3 段階に切替え可能である。図 10.において $K/119$ 分周の K は車輪径の値によって変化する値であり、119 は速度発電機の 1 回転当たりに発生するパルス数を 30 としたときの値である。

4.6 速度検出部

走行車の速度を 2 進のビット情報に変換する。

(1) 検出速度 0~127.5 km/h

(2) 最小分解能 0.5 km/h

(3) サンプリング時間 200~230 ms

図 11.において基準時間発生部 (タイマ) は、車輪径補正スイッチの設定位置に応じて設定時間が変わり、所定時間内の速度発電機のパルス数を計測して速度を算出する。基準時間発生部 (タイマ) からの待機要求信号、シフト信号は一定時間経過するごとに発生し、CPU へ待機要求を出すと同時に、カウンタの内容をバッファレジスタにシフトする。

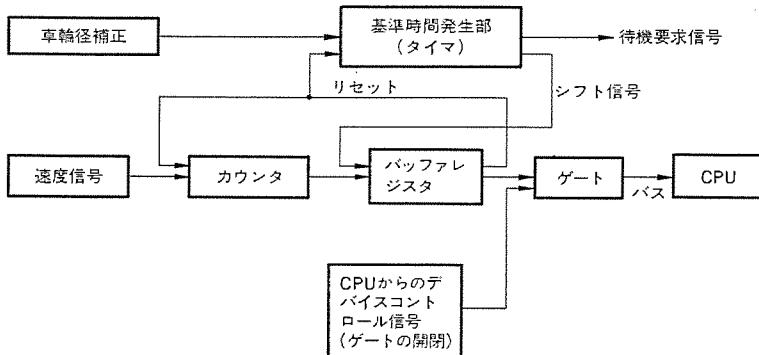


図 11. 速度検出 ブロック

表 1. ATO 装置の主要諸元

方 式	マイクロプロセッサによるプログラム制御方式
主 要 機 能	1. 出発制御機能 2. 駅間走行制御機能 3. 駅定位置停止機能 (目標 ±30 cm 以内)
コンピュータ仕様	(1) COU (2) クロック周波数 (3) ROM (4) RAM (5) CPU 割込み (6) 入出力ポート数
	M58710S (8ビット) 1.82 MHz 3.5 K バイト 0.25 K バイト 5 点 { 入力 2 ポート { 出力 4 ポート
使 用 電 源	DC 5 V ±5% 5 A DC 24 V ±10% 1 A
外 形 尺 法	(幅)320 mm × (高さ)100 mm × (奥行)295 mm
重 量	3.8 kg

4.7 車輪径補正スイッチ

車輪径補正是、常時操作するものではないので、誤って操作されないようにプリント基板上に取付けられている。

4.8 制御出力部

CPU からの 2 進のコード化されたデータを力行・ブレーキ指令として出力する。

4.9 ランプ表示部

プログラムデバッグを容易にするため(外部にメンテナンスパネル接続可)、現在実行中のアドレスデータを前面パネルに表示する。

4.10 接点増幅部

IC 5 V レベルの力行・ブレーキ指令を 24 V 接点レベルに増幅する。

5. ATO 装置のソフトウェアの構成

ATO 装置のプログラムは、イニシャライザ、出発プログラム、地上子処理プログラム(D_1, D_2, D_3 補正信号)、地点処理プログラム、駅間走行プログラム、定位置停止プログラムから構成されている。

5.1 イニシャライザ

ATO 装置電源投入時、及びリセットボタンを押したときに ATO 装置を初期状態にする。

- (1) RAM エリアのリセット
- (2) 走行車の速度チェック
- (3) ATC 信号の判定
- (4) 非常、常用最大、転動防止ブレーキ等の出力などの機能を有する。

5.2 出発プログラム

出発指令によって起動され、出発条件が満足されると、駅間走行プログラムを起動する。万一、列車が走行中に出発指令があった場合には、ハードウェア回路で受け付けを禁止する。

- (1) ATC 信号の判定
- (2) 出発条件に応じた出力発生

- (3) 地点信号距離間隔を 1 m にセット
- (4) 駅間走行プログラムの起動

などの機能を有する。

5.3 地上子処理プログラム (D_1, D_2, D_3 補正処理プログラム)

地上子に敷設された D_1, D_2, D_3 の地上子の信号によって起動され、おのおのの停止点までの距離をセットし、定位置停止プログラムへ分岐する。

- (1) 各補正を信号に応じた停止点までの距離をセットする。
- (2) 地点信号の距離間隔を D_1 受信時 0.5 m, D_2 受信時 0.25 m, D_3 受信時 0.125 m にセットする。
- (3) 定位置停止プログラムの起動

などの機能を有する。

5.4 地点処理プログラム

地点信号(割込み)があるごとに駅間走行プログラム、定位置停止プログラムのいずれかを起動する。

- (1) 駅間走行中か、定位置停止制御中かの判断
- (2) 駅間走行プログラム又は定位置停止プログラムの起動

などの機能を有する。

5.5 駅間走行プログラム

出発プログラムで出発可能と判断されたとき、及び地点処理プログラムで駅間走行中であると判断されたときに起動され、駅間走行制御を行う駅間走行プログラムについてゾーン制御方式の例を示す。

- (1) ATC 信号の判定
- (2) ATC 信号変化の有無判定
- (3) ATC 信号下位変化時の緩和パターン発生と処理
- (4) 走行車の速度帯域判定(ゾーン判定…… $Z_0 \sim Z_4$)
- (5) ATC 信号及び速度帯域に応じた力行ノッチ、ブレーキステップの出力

などの機能を有し、走行車が 1 m 走行するごとに制御される。

5.6 定位置停止プログラム

地上子 D_1, D_2, D_3 を受信したとき、及び地点処理プログラムで定位置停止制御中と判断されたときに起動され、定位置停止制御を行う。

- (1) 停止パターン発生
- (2) 走行車の速度帯域判定(ゾーン判定…… $Z_0 \sim Z_4$)
- (3) 速度帯域に応じたブレーキステップの出力
- (4) 停止距離演算

などの機能を有し、地上子 D_1 を受信時 0.5 m, D_2 を受信時 0.25 m, D_3 を受信時 0.125 m ごとに走行車を制御する。

表 2. ATO シミュレータ装置の主要諸元

コンピュータ 仕様	CPU	M 58710 S
	ROM	16 K バイト
	RAM	8 K バイト
周辺機器	CRT ディスプレー	80 文字×24 行
	X-Y レコード	1 ペン, サイズ A4 級
	タイプリータ	インクジェット式, 33.3 文字/s
操作台	主幹制御器	ワンハンドルマスコン
	速度計	LM 11P
	操作スイッチ	出発スイッチ, 車輪径補正スイッチ その他各種
性能	列車速度	0~120 km/h
	最大路線長	4 km/h
	路線こう配	+70%~-70%
	ATC 信号	8 種, 任意に設定
	ブレーキステップ数	常用 7 段, 非常 1 段
	ノッチ曲線	4 ノッチ並に 7 ノッチ
	定位置停止補正信号	D ₁ ~D ₃ の 3 種

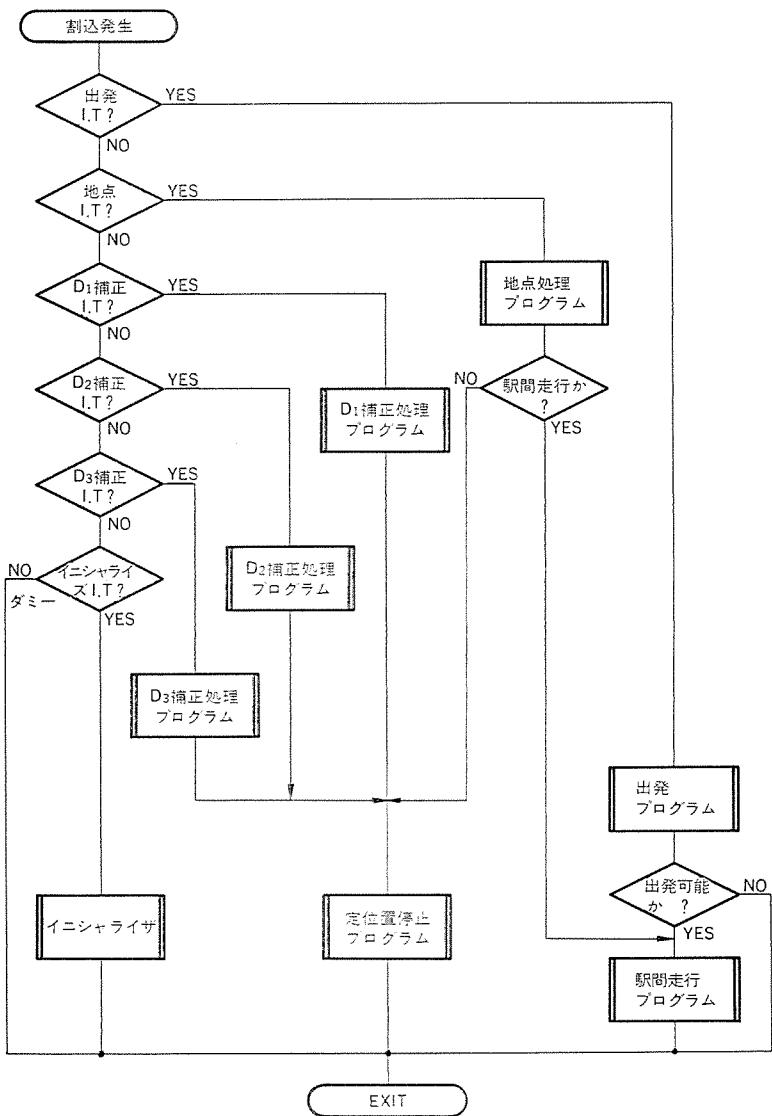


図 12. ATO 装置の概略フローチャート

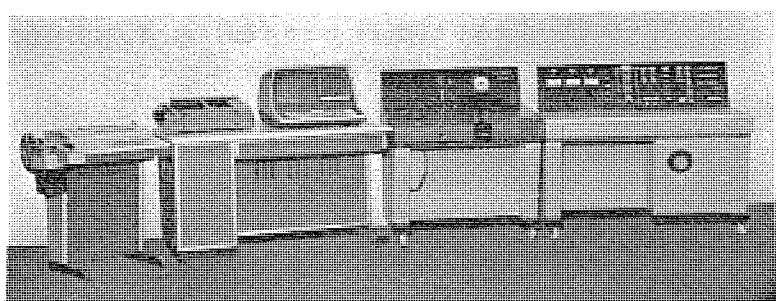


図 13. ATO シミュレータ装置

6. 列車自動運転装置シミュレータ

車両性能、路線条件、地上信号などをマイクロコンピュータで模擬し、現車試験と等価にATO装置の各種試験が行える。

ATOの動作・特性・性能についての工場試験は、従来主として静止試験で行われているが、シミュレータ装置を用いることによって現車と等価な条件でダイナミックな動作試験を行うことができる。

6. 1 模擬内容

シミュレータ装置の模擬内容の概要は次のとおりである。

6. 1. 1 車両条件

- (1) 力行装置(ノッチ曲線)の特性
- (2) 車輪径の設定
- (3) 速度発電機の等価機能
- (4) ブレーキ装置(ブレーキ力)の特性
- (5) 走行抵抗特性

6. 1. 2 路線条件

- (1) ATC 信号 8種類
- (2) 路線こう配の設定
- (3) 地上子(D₁, D₂, D₃)の設定

7. むすび

従来、複雑な論理演算を個別のデジタル IC を使って構成していたものと比べてマイクロコンピュータ化されたATO装置は、小形・軽量化され、外観的に1/10程度になった。プログラムによる制御の自由度は増し、列車の目標速度に対する追従性や、定位置停止精度の向上が更に期待される。無人列車がATO装置で走行する日も遠くない昨今であるが、目的とした制御内容をハードウェアで構成すること自体が技術であった時代から、システムが要求する制御性能を最適に設定することが技術である時代に変わりつつある。

マイクロコンピュータがなかった時代の技術者が、定位置停止に必要な高精度の2次曲線を発生させることに苦心したことが間もなく昔語りになる日が近い。マイクロコンピュータを応用した実用形のATO装置を試作したが、今日、半導体集積回路素子の開発やその応用技術は日進月歩であり、今後とも研究を進めていきたい。関係各位のご教示をお願いしたい。

近畿日本鉄道(株) 納め変電所集中管理システム

塙本順一郎*・安居院憲彰**・川原健志*・阿藤隆英***・土井 弘***

1. まえがき

今回近畿日本鉄道(株)に納入したこのシステムは、2府2県に及ぶ大阪地区40変電所を、西大寺に設けた電力指令所より集中自動管理する画期的なシステムである。

このシステムは計算機を主体とした、いわゆる CBSC 方式 (Computer Based Supervisory Control) の変電所集中制御システム (略称 CSC : Centralized Substation Control) である。電鉄変電所特有の多数の定常的業務や事故復旧の処置は計算機のソフトロジックで自動化されており、2台の CRT を内蔵した指令操作盤を用いた会話形式によるマンマシンインターフェースにより、指令員の監視及び指令業務を合理的に行えるようになっている。

また、ハードウェア部分は、計算機はもとより、指令操作盤、電源装置及び伝送路も2重化され、部分的な障害では運用に支障のないような構成としている。更に、全体としてコンパクトな構成とするため、伝送制御には1:4方式を採用し、監視機能の大部分をCRTで行うことにより受送電表示盤の縮小化を図った。

この論文では、その構成の概要及びこのシステムの特長的な機能について述べる。

2. システムの構成

2.1 雷子計算機

2. 1. 1 ハードウェアシステムの構成

このシステムの中核部ともいえる計算機には高性能・高信頼度の小形制御用計算機《MELCOM》350-7を採用し、かつ、計算機システムのか(稼)動率向上のため、中央処理装置、磁気ディスク、及び入出力装置は2重系になっている。

計算機 ハードウェア システム 構成図は、図 2. に示すとおりである。

2.1.2 ソフトウェアシステムの構成

計算機のソフトウェアは、システムで発生する処理要求を能率よく実行できるよう設計されており、その構成は次のとおりである。

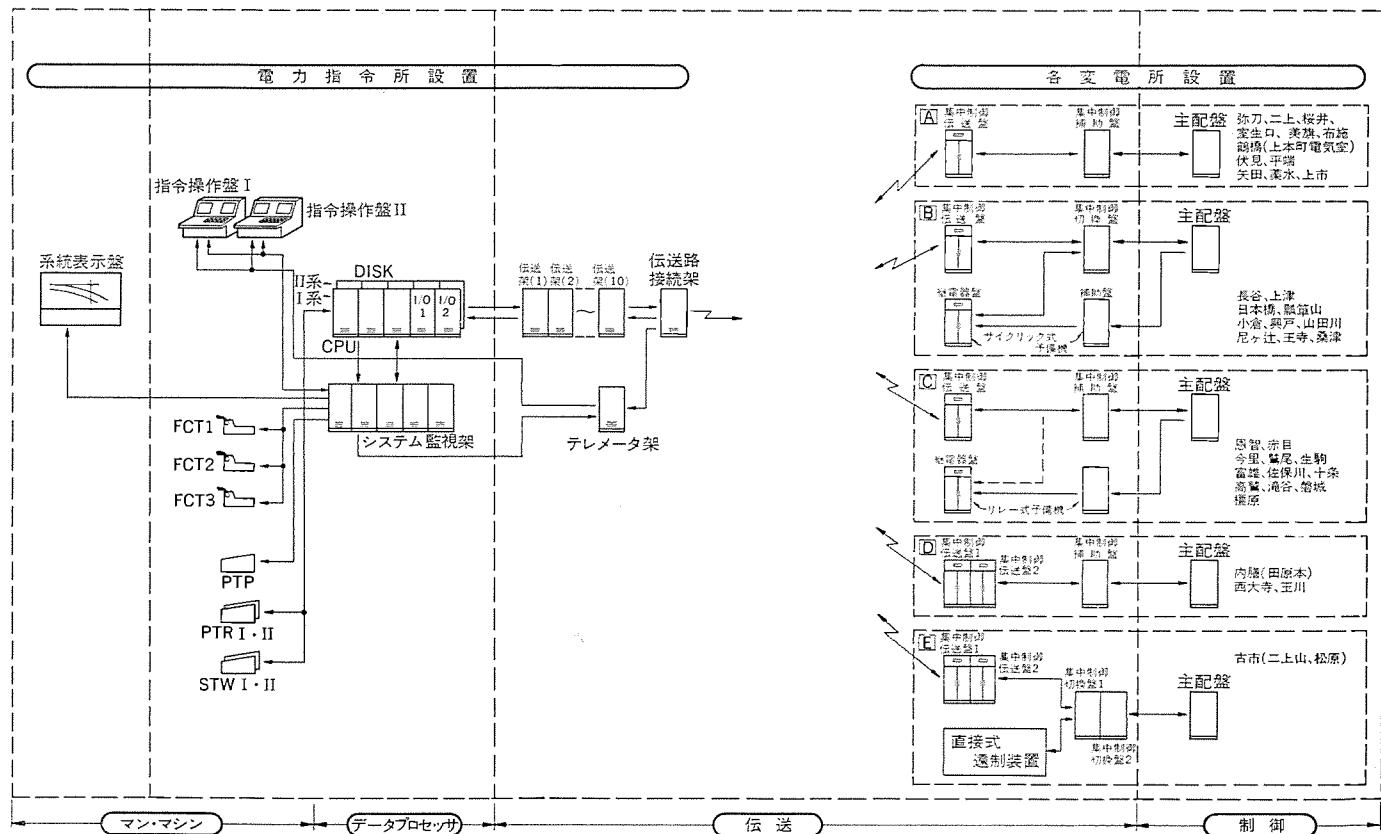
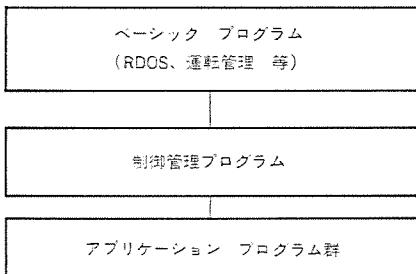


図 1. システム構成図

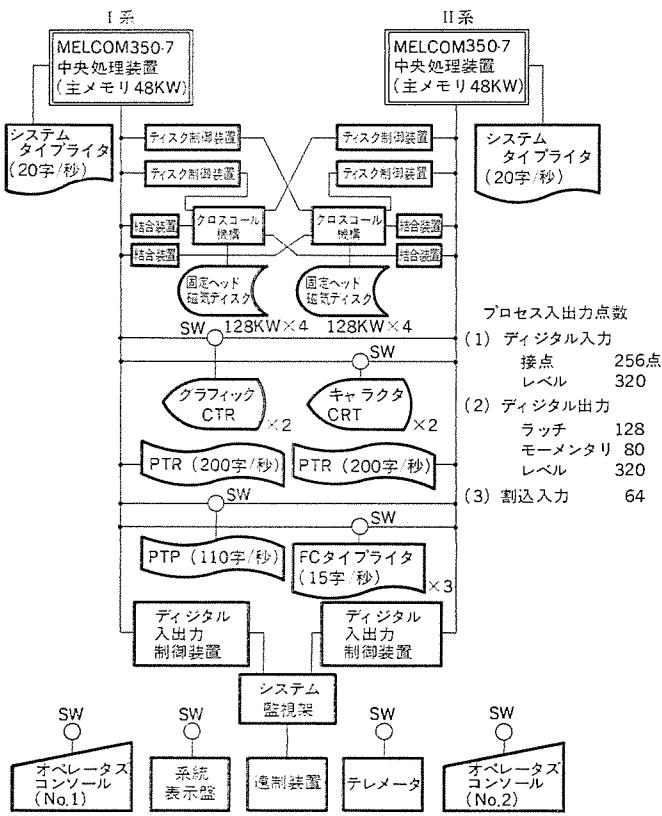


図 2. 計算機 ハードウェア 構成

(1) ベーシック プログラム

各プログラムの実行制御、システムの入出力制御、エラー監視及び計算機運転系統の制御処理を行う一連の管理プログラムである。

(2) 制御管理 プログラム

モニタと各アプリケーションプログラムとの間にあり、処理プログラム単位のマルチプログラミング、変電所機器制御上の機器間インタロック処理及びオペレータズコンソール入出力処理を行い、次の3つのサブシステムから構成される。これにより、各アプリケーションプログラムは、2重系及び入出力待ちを意識せずに製作できる。

(a) 実行制御 サブシステム

プログラム実行時、両系の同期をとり、処理要求単位にローカルコモンエリアを生成し、この単位で、処理プログラムをマルチプログラミングの形で並行処理をしたり、処理途中での入出力待ち処理を行う。

(b) 機器制御 サブシステム

機器制御上の変電所間制御インタロック処理、遠制入出力処理を行う。

(c) オペレータズコンソール 入出力処理

オペコン処理と各アプリケーションとの間にあり、アプリケーションプログラムで発生する、CRTとの会話、アナウンスメントタイプライタへの出力などマシンコミュニケーション処理を行う。

(3) アプリケーション プログラム

CSCシステムの各種監視、制御などの業務処理を行っているプログラムである。

これには、周期的に起動されるもの、変電所の状態変化により起動されるもの、定時刻に起動されるもの、及び指令操作盤からの要求により起動されるものとがある。

2.1.3 運転方式と運転管理システム

(1) 運転方式

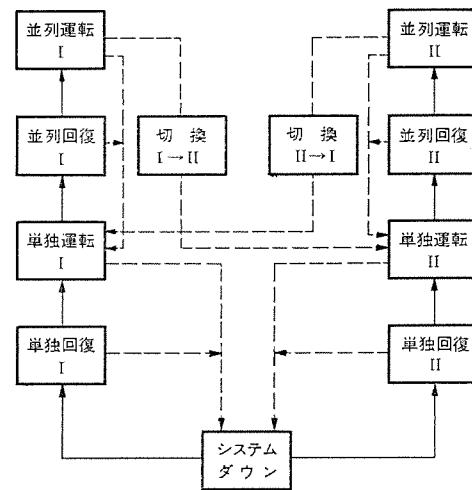


図 3. 計算機運転状態遷移

運転方式は、計算機システムの重故障によるシステムの停止時間を少なくし、かつ処理の継続性を考慮し、システムの中止時間を極力少なくするため、並列同期運転(Dual System)方式が採用されている。

各系の計算機運転状態には、次の4種の状態があり、各状態への移行は図3に示す。

(a) 主 系

計算機システムは正常であり、入出力機器も自系に接続されており、各機能を実行している状態である。

(b) 従 系

計算機システムは正常で、主系と同じ動作をしており、主系で重故障発生時は、いつでも主系として切換可能な状態である。

(c) 回 復

単独運転、又は並列運転を行うための回復動作を行っている状態である。

(d) 切 離

システムから切り離されている状態である。

(e) テ スト

テスト系に接続されている入出力機器に対して、オンラインと同様なサービスを行う。これにより、2台の計算機は独立したシステムとして動作可能である。これは変電所機器増設に伴うプログラム変更、試験を運転系に影響を与えるために設けている。

(2) 並列同期運転方式

次の方針により、並列運転を実現している。

(a) 入力 データ、時刻の一一致化

遠制表示入力データ、操作指令盤入力データは、ディスククロスコールにより、主系から従系へ2重書きし、従系は、2重書きされた主系のデータに従って処理する。また時刻も主系から従系へ送る。

(b) プログラム 実行順序の一一致化

計算機内部の生成データをリソースとするプログラムについて、同一リソースをアクセスするプログラムの実行順序を主系と従系で同期させる。

したがって主系と従系の処理結果はすべて一致し、系切換時の処理の連續性が保証できる。

2.2 集中制御用伝送装置

2.2.1 集中監視制御方式

このシステムの集中制御伝送装置としては、論理回路部をIC化し、高信頼度化・小型化をはかった《MELDAC》500を採用しており、

表 1. 制御所側装置（親局）と制御所（子局）のグループ対応表

グループ	No.	被制御所名	グループ	No.	被制御所名
1	1	日本橋	6	1	内膳
	2	鶴橋		2	王寺
	3	磐城		3	長谷
	4	桜原		4	栗水
2	1	玉川	7	1	美旗
	2	瓢箪山		2	上津
	3	鷺尾		3	佐保川
	4	上市		4	滝谷
3	1	西大寺	8	1	二上
	2	尼ヶ辻		2	矢田
	3	小倉		3	桑津
	4	室生口		4	(予備)
4	1	布施	9	1	古市
	2	興戸		2	高麗
	3	山田川		3	伏見
	4	赤目		4	十条
5	1	生駒	10	1	桜井
	2	弥刀		2	今里
	3	恩智		3	富雄
	4	平端		4	(予備)

符号伝送方式についても、電気学会通信専門委員会において制定された「サイクリック情報伝送装置基準」に準拠した CDT 方式とし、計算機との結合はワードシリアル・ビットパラレルの電流レベル渡しを行い、インターフェース回路の簡略化及び高速結合を行っている。

このシステムでは制御対象が 40 変電所にも及ぶことから信頼性を考慮し、装置 1 か所の故障が系統全体に影響を与えることのないよう、制御 (1 : 4)、表示 (1 : 1) × 4、計測 (2 : 40) × 2 の方式を採用した。また、地理的に隣接する変電所の伝送装置については、1 台の制御所側装置の故障によりその地区全体の制御が不可能にならないよう、制御所側装置を分散させることにより装置停止による影響を軽減している。表 1. に制御所側装置のグループ No. と被制御所名の対応づけを示す。

この伝送装置により制御する項目としては、しゃ断器、断路器及び電鉄用変電所特有の保安錠などがあり、それらには各機器に対応した全変電所に共通の名称がつけられている。また、表示項目の中で全変電所に共通の故障表示項目についてはポジション No. の統一がはかられている。電圧・電流の遠方計測機能はアナログ搬送により伝送されたものをテレメータ架で受信し、選択によりメータ指示を行っている。

2.2.2 ハードウェアシステムの構成

伝送装置のハードウェア構成は図 1. に示すおりであり、主要な仕様については表 2. に示す。

このシステムの特長的な点は上記のとおりである。

(1) サイクリック方式

サイクリック方式を採用し、表示信号・制

表 2. 伝送方式

	制御	表示	計測	備考
対向方式	1 : 4	(1 : 1) × 4	2 : 40 (将来 48)	
符号方式	NRZ 等長符号	NRZ 等長符号	—	
同期方式	フレーム同期方式	フレーム同期方式	—	電気学会通信専門委員会 CDT 情報伝送装置仕様基準に準拠
符号検定方式	連送照合+パリティ検定+定マーク検定	連送照合+パリティ検定	—	
伝送方式	常時サイクリック伝送	常時サイクリック伝送	選択時伝送	
計算機との受け渡し	電流信号によるレベル渡し (ワード直列ビット並列)	電流信号によるレベル渡し (ワード直列ビット並列)	0~24 V 信号による接点渡し (選択信号)	
M 伝送速度	200 bit/s	200 bit/s	50 bit/s	
O 使用周波数	800, 1,200 Hz 1,600, 2,000 Hz	800, 1,200 Hz 1,600, 2,000 Hz	2,465, 2,635 Hz 2,805, 2,975 Hz	
D M レベル	送信 -2~-30dBm 受信 0~-22dBm	送信 -2~-30dBm 受信 0~-22dBm	送信 -2~-30dBm 受信 0~-22dBm	

御信号 (若しくは監視信号) を常時送出することにより装置機能の常時監視を行い信頼性を高めている。

(2) 集中制御切換盤・補助盤の設置

従来から使用されてきた遠制装置をバックアップ装置として利用し、かつ種々の主配盤とのインターフェースを容易にするため切換盤又は補助盤を設けている。

(3) 誤制御防止回路

計算機との受渡し口に特殊なインターロック回路を設けることにより、特定の制御信号を受けないようにし、計算機異常など不測の事故による誤制御が発生しないような考慮をしている。

2.2.3 情報の伝送路網

このシステムにおける伝送路網は、制御対象が広範囲になることから、マイクロ回線・通信線搬送回線・有線回線との併用によるものとし、一部の場所を除いて常用・う (迂回) 回の回線 2 重化を行っている。図 4. にこのシステムの伝送路網を示す。

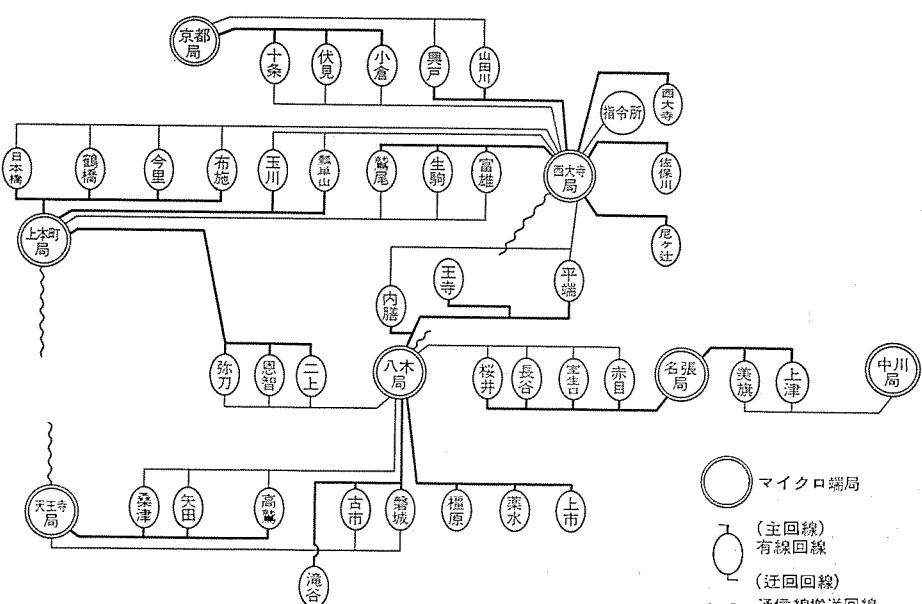


図 4. 伝送路網

なお、1つの回線に最大4変電所分の信号を周波数分割にて多重的に乗せ回線を有効に利用できるようにしている。

3. システムの特長

このシステムでは、単なる集中制御ではなく1歩進んだより高度な集中制御を行っている。その特長を挙げると次のようになる。

3.1 電力指令操作の自動化

(1) 広域に及ぶ電力系統制御とその制御・管理の自動化
33kV, 22kVの近畿日本鉄道(株)社内特高送電線はしゃ断器・断路器によって構成されており、特に断路器の制御には複雑なインタラックがある。このような系統に対して、目的系統を指定するだけで系統状態を(把)握し必要なチェックはすべて行った後、合理的な制御シーケンスを自動的に編集し、その編集データにもとづいて順序制御出力をするようにして制御における指令員の高度な判断を軽減している。

また、計画休送電処理における制御と休送電作業に伴う多種多様なチェック、及び管理をすべて自動的に処理するようにして、休送電取扱いの簡易化と保安度の向上を図っている。これら制御の方法は、そのときの状態に応じて変化するダイナミックシーケンスの作成によったものであり、また、電力系統の形態を規定しないので極めて柔軟性に富んだものとなっている。

(2) 故障処理の自動化

故障発生時の故障内容と故障状況を把握し、具体的にその情報を提供するとともに、それぞれの故障に応じ機器の開放制御、再閉路制御等の処理も指令員の承認操作だけで自動的に行うようにして、異常時でも的確な対処ができるようにしている。また、このとき外線における多重事故の判定を行い、多重事故と判定された場合には再閉路を中止し事故の拡大の防止を図っている。

(3) 拡張性のある指令操作盤と電力系統の監視指令操作の効率化
すべての電力系統運用業務がこの指令操作盤から行うことができ、文字CRTディスプレー装置と图形CRTディスプレー装置を組込むことにより、対話形式による簡単な指令操作を可能にした。電力系統監視においても変電所スケルトン、系統図をソフト化することにより必要なときに的確な情報が表示できる。このため一覧性のある電力系統表示が得られるばかりでなく、装置の小形化にも寄与し、変電所増設等のシステム変更に対して新たな操作盤を設ける必要がなくなった。

3.2 マンマシンインターフェース

このような特長の中から、ここでは指令操作の効率化に焦点を絞っ

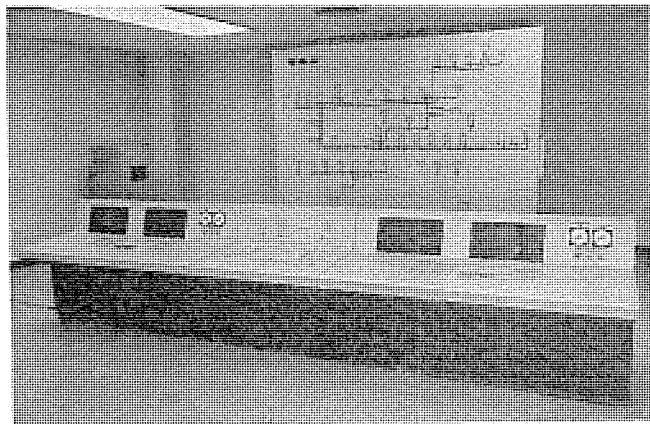


図 5. 指令操作盤

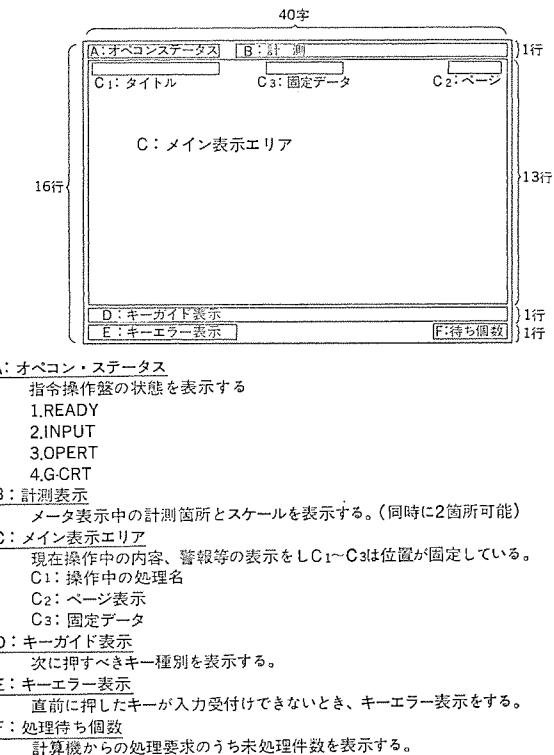


図 6. 文字 CRT ディスプレー 装置の画面分割

て述べてみる。

(1) 文字 CRT ディスプレー 装置の表示

文字 CRT ディスプレー 装置は、故障警報の表示、自動処理の承認要求のように電子計算機からのメッセージ、指令員の操作ガイド、入力データ等の表示を色付きの文字でもってマンマシンインターフェースを構成するものである。この画面は、1処理に1画面を割り当てる、その表示エリアは図 6 のとおりである。

すなわち1処理1画面としているので、指令操作盤の使用状態を表示する必要があり、このためオペコンステータスとして次の4種を表示している。

(a) READY

(初期状態) 指令操作盤を使用していない状態で新しい処理要求を受付け可能な状態。

(b) INPUT

指令操作盤操作途中、又は命令キーを押した後まだ計算機が入力処理途中で、新しい処理要求又はレディキーが受付けられない状態。

(c) OPERATE

入力処理が終了して、次に新しい処理要求、又はレディキーが受付け可能な状態(ファンクションキーによる起動の場合)、若しくは計算機よりの処理要求の画面が表示されている状態。

(d) G-CRT

图形 CRT 表示の操作中状態で「スケルトン」「系統図」キー押下から変電所キー押下までの間の状態。

操作手順については、次に入力すべき内容がガイド表示され、そのための入力キー種別が、キーガイド欄に表示されるので指令員の操作は非常に容易になっている。また、このとき誤った入力をすれば、キーエラー表示欄に入力エラーの表示がなされる。メイン表示エリアに各処理ごとの内容の表示をするが、これが1画面に収まらないときにはページ機能を利用して、複数画面に表示すること

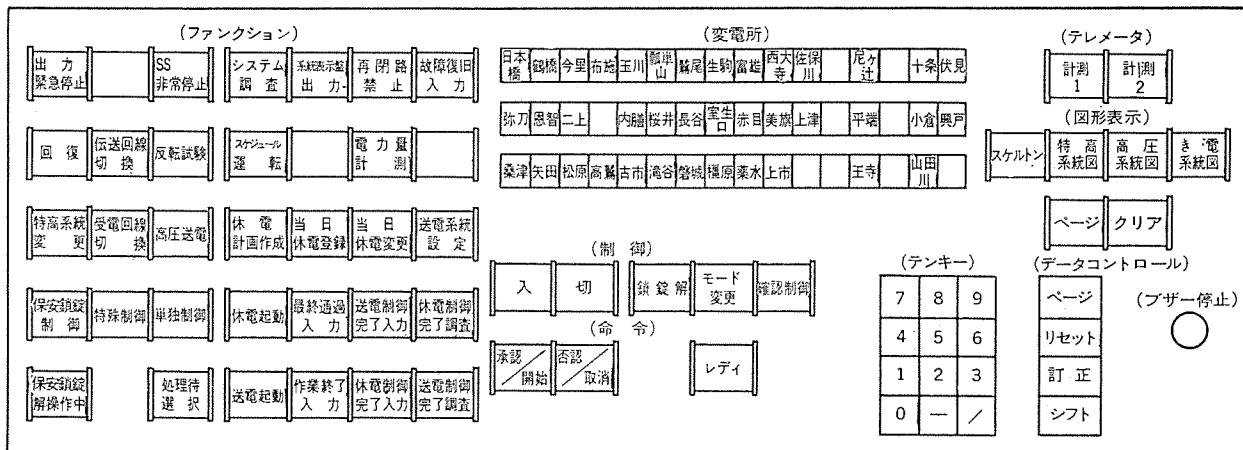
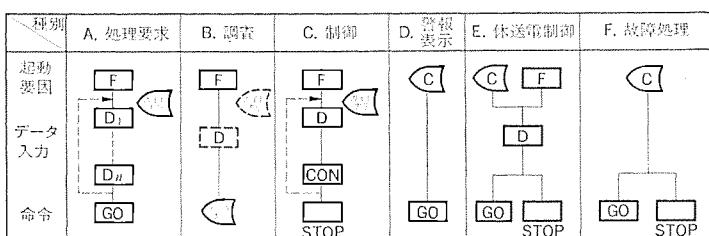


図 7. 指令操作盤のキー配列



記号の説明

1. 起動要因
F——ファンクション選択により起動するもの
C——CPUより起動するもの
2. データ入力
D, D₁, … D_nはデータキー及びデータコントロールキーにより入力されるデータを示す。
3. 制御
CON——入、切、鎖錠解、モード変更、確認制御、の5種類の制御キーによる操作を示す。
4. 命令
GO——承認／開始キーによる命令。
STOP——否認／取消キーによる命令。

図 8. オペレーションの種類

とができる。また、その文字表示は操作ガイド、入力データ、コメント、故障内容など重要度あるいは必要度に応じて指令員の注意を喚起させるために表示色を指定している。

(2) キーボードのキー配列

入力キーは、ファンクションキー、変電名キー、制御キー、命令キー、テンキー、特殊キーなどの各群ごとにまとめて図7. のように配列されている。キー操作を簡略化するため似かよった機能とか、使用頻度の少ない機能については共通のキーを設けて、ファンクションキーの数を極力減らしている。すなわち、この共通キー（例えば「電力量計測」）を押せば文字用CRTディスプレー装置に機能名を表示して、これを選択することによって目的の機能を達成できるようになっている。

(3) オペレーションの分類

変電所集中制御化の全処理機能のオペレーションを分類すると図8. のようにA～Fの6種類に分解できる、この1つの操作又はその組合せですべての処理が可能である。機能によってオペレーションの起動が指令員の操作で開始されるものと、電子計算機の内部からの起動によるものがあるが、いずれの場合にも文字用CRTディスプレー装置の操作ガイドに従ってキー入力していくべき。

このようにオペレーションを一元化したこと、操作をガイド化したこと、CRTに標準装備のはん（汎用）のキーボードを使用せず専用のキーボードを採用したこと、同時に2台のカラーCRTディスプレー装置が使用できることにより、指令員の判断と操作が非常に容易になっ

た。

3.3 処理待ち選択機能

集中度が高くなるにしたがって、処理要求が多数発生したときの対策がどのようになされているかが操作上のポイントになる。

指令操作盤では1つの処理に1画面を割当ているため、操作中に例えば故障警報のように電子計算機内部からの処理の承認要求が発生したときには、後で発生した処理が待たされることになる。特に指令をしなければ、操作が終われば発生順に表示されてくる。しかし指令員にとって「処理待ち」の有無、それが複数個ある場合にはそれぞれの内容を知る必要があり、場合によっては処理の順序づけを行う必要がある。

そこでこのシステムでは「処理待ち選択」という機能を付加した。まず待たされた処理の有無は、文字用CRTディスプレー装置の画面上で、その個数が當時表示されているので指令員はただちに判別できる。次にファンクションキー「処理待ち選択」を押下すれば、待ちとなっている処理の項目がすべて表示される。このうち優先して処理したい場合には、その項目を指定すればその内容が表示され、以後は通常の操作でその処理が可能になる。この操作を繰り返すことによって待たされている処理を順序づけて処理していくことができる。また、この操作は2台の指令操作盤のうち、すいている指令操作盤からも操作できるので処理を迅速化できる。

4. むすび

以上、近畿日本鉄道(株)変電所集中管理システムの概要と特長について述べてきたが、今後、変電所制御の集中化に伴い、ますます計算機を主体にしたシステムが増加するものと考えられる。

この論文が変電所の集中制御方式の設計計画の立案上での参考になれば幸いである。

最後に、このシステムの開発に際し、多大のご協力・ご指導いただいた近畿日本鉄道(株)の皆様に感謝の意を表します。

参考文献

- (1) 日高：電気鉄道 No. 355, 31, 12 号 (昭 52)
- (2) 笠原, 上田, 日高, 東野：近畿日本鉄道研究所技報, 8, No. 1 (昭 51)
- (3) 笠原, 日高：近畿日本鉄道研究所技報, 7, No. 1 (昭 50)

鉄道車両用電気品のミニコン化単体試験装置

石本正明*・豊田武人*・六藤孝雄**・森原健司**・松田哲***

1. まえがき

鉄道車両の車載電気品のエレクトロニクス化は、隆盛の一途をたどっているが、これら電気品の保守サイドにおいても次のような理由から、最近とみに新技術導入の気運が著しい。

(1) 専門の熟練者を配置しなくとも、非熟練者で容易に車載電気品の保守ができるようになる。

(2) 故障発生時のトラブルシューティングの容易化・迅速化・正確化を図り、車両の運用効率を上げる。

(3) 同様に、機器のオーバホール（全般検査時など）に際しても、機器の性能チェックや調整作業の能率を上げて、機器の運用効率を上げる。

(4) データをなるべく広範囲に、かつ同時性を持たせて精度よく採取し、機器性能の追跡を定量的・総合的に行えるようにする。

(5) 電車総合試験装置とハードウェアやソフトウェアの共用化を図り、設備のか(稼)動率の向上と保守作業技術の標準化を図る。

当社は、この要請に答えるべく、従来から車載電気品を装置単独で保守できるよう単体試験装置を製作・納入してきたが、最近ではこの単体試験装置に、ミニコンピュータ（以下ミニコンと呼ぶ）を適用している。単体試験装置のミニコン化により、具体的に次のようなことが更に容易になり、上記各項が実現される。

(a) ミニコンの利用により、試験プロセスがプログラム化されるので、試験ステップごとに得られる試験結果を即座に判断し、次のステップを正しく選択することが可能になる。

(b) 車載電気品でエレクトロニクス化の進んでいるATC、ATO、チョッパ装置などは、一般に試験に当たって各種の入力信号の設定や出力信号の処理タイミングが複雑で、人為的に処理するのが困難である。これがプログラム化されることにより、試験の信頼度・精度の向上と所要時間の短縮を図ることができる。

(c) ミニコンに付随する各種のマンマシンコミュニケーション機器を利用できるので、試験状態の表示や人為操作の依頼を試験員が理解しやすい形で伝えることができる。このため従来に比し作業性が大幅に向上升す。

(d) 同様にランダムに行われた試験結果を、保管・管理しやすい形に整理して出力する、あるいは、外部システムにインプットしやすい媒体にアウトプットすることが可能になる。

(e) 車載電気品の設計変更に伴う機種間の相違は、車載電気品と単体試験装置との間のインターフェースの仕様があらかじめ合わせてさえいれば、試験の処理手順や処理内容は単体試験装置のソフトウェアで柔軟に対

応できるので、保守サイドとしてはさして大きな問題としないで済むようになる。すなわち、インターフェースの仕様を合わせておけば、設計者はほとんど保守を意識しないで、車載電気品の設計変更を行うことができるようになる。

(f) 人為試験では困難であった系統総合模擬試験（外部機器の動作を種々模擬した信号を印加して、当該機器の性能をテストする）が容易に行えるようになる。

ミニコンを単体試験装置に適用した場合のメリットは、ほぼ以上のとおりであるが、中でも(a)、(b)、(e)項はこれまで熟練者のノウハウと呼ばれていたものを、機械化した試みとして注目される。

以上のような思想に基づいて製作された単体試験装置の代表例として、以下に新幹線博多総合車両基地納め ATC 試験装置 2 例（昭和49年度製作）、国鉄大宮工場納め DE 11 形機関車用 ATO 試験装置 1 例（昭和50年度製作）、及び名古屋市交通局日進車両工場納めチョッパ試験装置 1 例（昭和51年度製作）の4例を紹介する。なおこれら4例はいずれもミニコンとして《MELCOM》70形、又は姉妹機《MELCOM》350-7形を採用している。

2. 新幹線用 ATC 試験装置

新幹線博多総合車両基地には、ATC の単体試験装置として仕業・交番検査用装置と全般室内検査用装置の2種類の装置が導入されている。

2.1 仕業・交番検査用 ATC 試験装置

2.2.1 用途

仕業検査又は交番検査において、車上の ATC 装置を車載の状態で

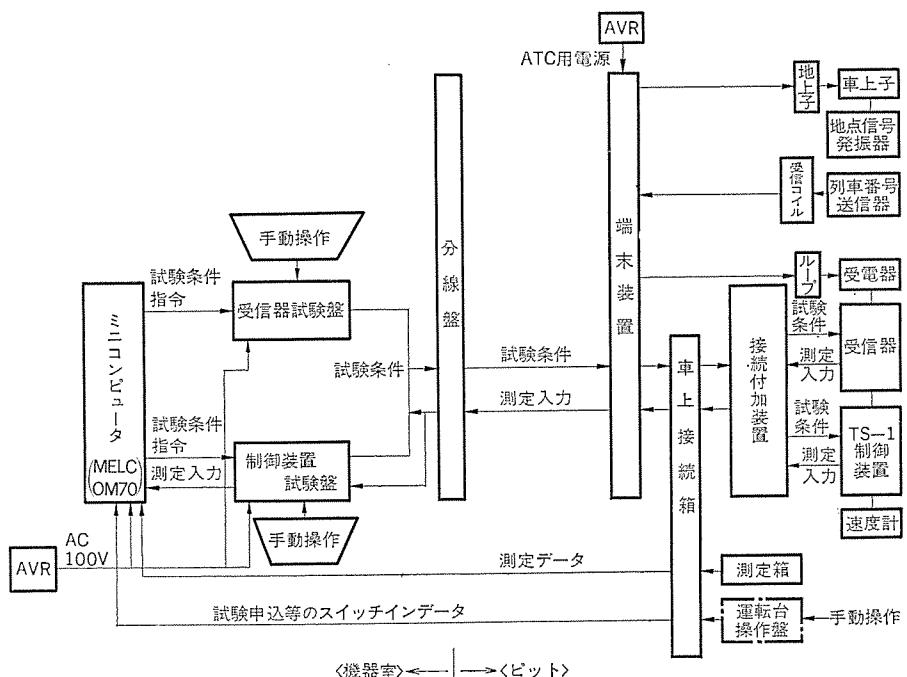


図 1. ATC 試験装置構成図（仕・交検用）

表 1. ATC 試験項目

試験対象装置	部 位	項 目
TS-1 制御装置	照査部 (A) (1号, 2号)	速度検出精度試験
		同期時速度検出精度試験
		車輪径補正試験
		電源変動試験
		f-DC 出力特性試験
		f-DC 最小動作試験
		比較器出力電圧試験
	照査部 (B)	速度検出精度試験
		同期時速度検出精度試験
		車輪径補正試験
		電源変動試験
		f-DC 出力特性試験
		f-DC 最小動作試験
		比較器出力電圧試験
受信器	論理部	繼電器時素試験
		繼電器時素試験
		繼電器時素試験
	共通部	シーケンス試験
		速度照査精度試験
		1 OUT OF 3 動作試験
	総合	同期動作試験
		故障検出作用試験
		応答時間試験
	帯域ローパス	入出力特性試験
		周波数特性試験
列車番号装置	復調部 (1号, 2号)	入出力特性試験
		周波数特性試験
	選択増幅部 (1号, 2号)	入出力特性試験
		選択特性試験
	照査部	入出力特性試験
		周波数特性試験
	搬送波発生部	出力特性試験
		CR ₂ 入出力特性試験
	総合	測端レベル試験
		リレー電圧試験
		時素特性試験
		妨害波特性試験
		1 OUT OF 3 動作試験
		最小動作入力試験
		共振感度試験
		f ₀ Q 測定試験

注) * 印は仕業・交番検査では行わない。

試験するための装置である。試験装置は地上に定位設備され、車上 ATC 装置とはコネクタで結合される。ATC 装置の動作の良否を試験するための動作試験線・3 線と、動作だけでなく特性も試験できる動作・特性試験線・3 線の合計 6 線 (12 か所) にコネクタをはじめとする末端装置が配置されている。動作試験は試験時間が短いので、3 線を切換えてシリアルに試験するのに対し、動作・特性試験は同時に 3 線がパラレルに試験できるよう配慮されている。

試験内容は表 1. に示すとおりである。

2.1.2 構成

この試験装置の構成は図 1. に示すとおり、大きく分けて室内機器と現場機器とからなり、更に室内機器は車上 ATC 制御装置用と受信器用機器とこれらを制御するミニコンとから構成される。現場機器は等価信号を与えるための結合器と測定入力のレベル変換の機能を持った末端装置と、コネクタ・ケーブル収容を兼ねた車上接続箱と、特性検査を行う場合に車上に持込んで使用する接続付加装置・運転台操作盤などから構成されている。

2.1.3 オペレーション

車上 ATC 装置を自動モードで試験するときは、まず ATC と車上接続箱間に接続付加装置をつなぎ込む。これが完了すれば運転台操作盤で試験開始の命令を行う。それ以後はミニコンより試験条件指令が、受信器試験盤と制御装置試験盤とに与えられる。両試験盤は、指令に従って試験条件信号を発生し末端装置を経由して車上の ATC 装置へ送る。測定する入力でデジタル処理を行うものは直接試験盤へ送られるが、アナログ入力は測定箱でデジタル信号に変換してからミニコンへ送られる。

手動モードで試験する場合は試験盤を操作して試験条件を設定し、その時の ATC 出力の動作の確認、あるいは測定を機器室と車上の検査員とが連絡をとって行う。測定又は動作結果の判定は検査員にゆだねられている。

2.2 全般室内検査用 ATC 試験装置

2.2.1 用途

全般室内検査は、ATC 装置を車両から取外した上で検査室で精密に行う検査である。検査対象として受信器と TS-1 制御装置からなる ATC 装置、及び列車番号装置がある。(列車番号装置は列車番号を地上側で検知することを目的とするもので直接 ATC とは関係しない)。

試験方法には自動と手動の 2 モードがあるが実際の運用では自動試験が主であり、被試験装置に異常がある場合に、異常箇所や原因の究明などのために手動検査を行う。試験項目は表 1. に示すとおり仕・交換と大きな相違はないが、内容は深度化されている。

2.2.2 構成

この試験装置は図 2. に見るように、各試験対象機器へ試験条件を与え測定を行う機器群と、それら機器を制御するミニコン、試験操作をするための総合操作盤、その他より構成される。

ミニコンには TS-1 制御装置、受信器の上りと下り、列車番号装置の各手動操作盤が末端機器として接続されており、すべて独立並行して制御可能になっている。したがってこれらを操作する総合操作盤も図 3. のように、各機器ごとに操作パネルが分けられている。

2.2.3 オペレーション

以下に TS-1 制御装置を自動モードで試験する場合のオペレーションを例にとって述べる。

(1) キャラクタディスプレーを操作して、試験日付・形番などをインプット

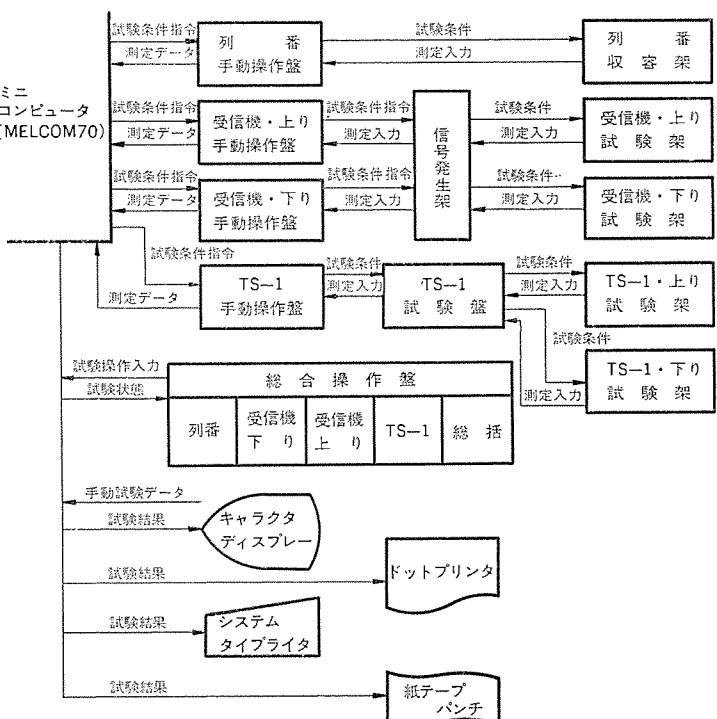


図 2. ATC 試験装置構成図 (全般室内用)

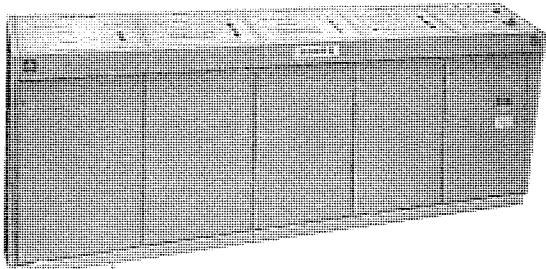


図 3. ATC 総合操作盤 (全般室内用)

トする。

- (2) 総合操作盤上で初期設定を行い、起動を命令する。
 - (3) 試験が開始されるが、試験途中で ST-1 制御装置に異常が発見された場合には、「否」及び「TS-1 異常」のランプが点灯し、試験は停止する。このような場合には、検査員は手動操作盤の検査状態表示を見て異常の起きた検査項目番号を知り、その番号をキャラクタディスプレーを介してリクエストすれば、検査データが画面上に表示される。表示フォーマットは検査記録紙にほぼ対応し、タイトルはカナ文字、データは数値表示され、正常データは緑色、異常データは赤色で出力される。
 - (4) 検査がすべて終了すれば、その旨操作盤上に表示して試験が終了する。
- 以上に示したのが ST-1 制御装置の通常の検査手順であり、受信器、列車番号装置についてもほぼ同様である。なお検査をする項目の設定は全項目を一括して連続検査を行うように設定するとともに、1 項目単位の設定も可能である。検査結果の出力は、あらかじめ印刷された検査記録紙に所定のフォーマットでプリントアウトされ、検査結果で異常のあるデータ

には NG が同時にプリントされる。検査結果は他システムの車両管理に供するため、紙テープに出力することもできる。

3. ディーゼル機関車用ATO 試験装置

3.1 用途

この試験装置は、武藏野操車場自動システムにおいて入換に用いられている DE 11 形機関車にとう(搭)載されている ATO 装置の全般検査時の詳細性能試験、及びトラブルシューティングを行なうべく導入されている。具体的には次のような機能をもっている。

- (1) 回路動作試験：車載 ATO 装置の特性や動作を詳細にチェックする。またプリントカード単位で不良検出を行う。
- (2) シミュレーション：車載 ATO 装置の動的な総合動作のシミュレーションを行なってチェックする。
- (3) プリントカード試験：(1)で検出された不良プリントカードの

表 2. ATO 試験項目

部 位	項 目
各 回 路	電源部出力電圧試験 車内信号表示灯回路動作試験 転動防止回路動作試験 停止ブレーキ回路動作試験 非常ブレーキ回路動作試験 砂まき回路動作試験 警笛・力行音声回路動作試験 ブレーキ音声回路動作試験 單打ベル回路動作試験 空転回路動作試験 滑走回路動作試験 コンバータ充油回路動作試験 前進回路動作試験 後進回路動作試験 入力指令回路動作試験 力行ノッチ回路動作試験 ブレーキノッチ回路動作試験 総合動作特性試験 (シミュレーション)
プリントカード	カード単位動作試験 カード内各部動作チェック

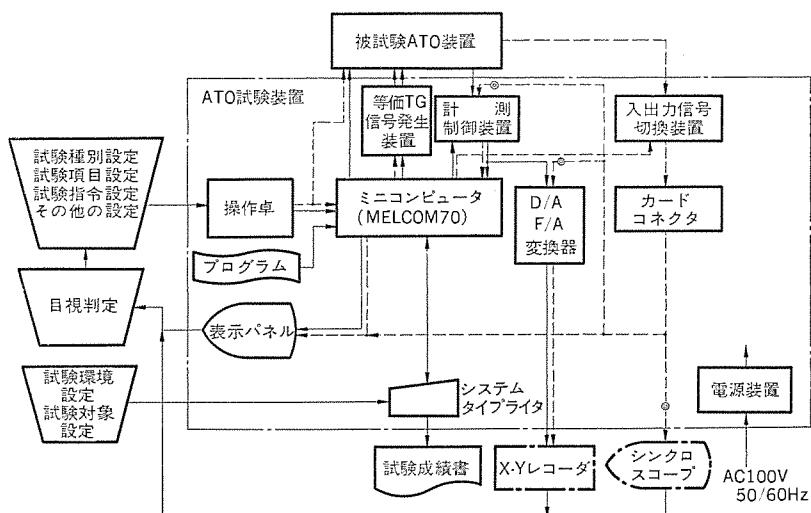


図 4. ATO 試験装置構成図

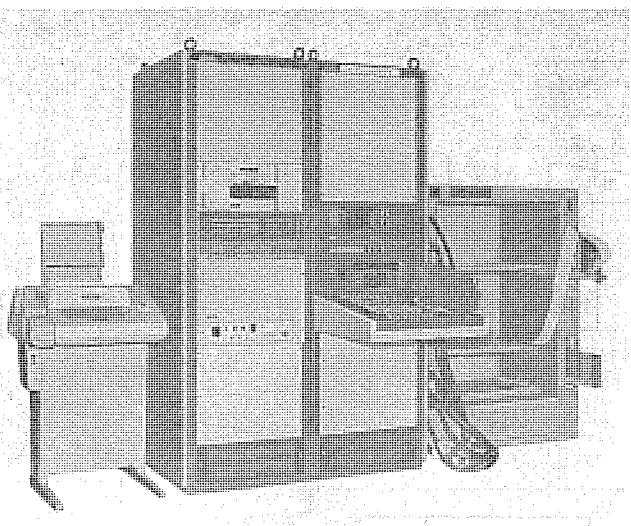


図 5. ATO 試験装置

部品単位での不良検出を半自動的に行う。

実際の試験項目を表 2. に示す。

3.2 構成

この試験装置の構成を図 4. に、外観を図 5. に示す。構成機器のうちミニコンとシステムタイプライタとは、はん(汎)用コンピュータとして他の用途にも使えるよう考慮されている。

3.3 オペレーション

(1) 回路動作試験：試験パラメータの選択と入力条件の設定を試験員が行うと、データの採取、その良否判定、良否判定結果に基づいて不良が予想されるプリントカードの摘出、及びそれらの結果の試験成績書の作成までが、すべて自動的に行われる。また、試験途中に操作員の操作が必要になった場合には、ディスプレー装置にその旨が表示されるとともに、ブザーが鳴動されて操作員の操作待ちの状態になる。このような状態で操作員の操作が完了してその旨が入力されると、試験が再開される。なお、回路試験は、原則として操作パネルに設定された試験範囲について自動的に進段していくが、試験番号ごとの実施が命令されたときか、又は NG が発生したときのみ、試験を 1 ステップずつ進めることができる。

(2) シミュレーション：実走行モードに対応して次の 3 モードがある。

- (a) 第 1 押上げ（定距離転送）モード
- (b) 第 2 押上げ（定速運転）モード
- (c) 第 1, 第 2 押上げの連続モード

この試験は、ATO 装置の制御出力に基づいて演算を行って求めた刻々の速度値を等価 TG 信号として ATO 装置にフィードバックし、ATO 装置が搭載されている機関車と列車の動作をシミュレーションするものである。計測データは、指令速度と演算によって求められた刻々の車両速度との速度偏差及び走行距離である。なお、この試験についても、回路動作試験と同様に、ATO 装置側のスイッチ類の操作とシミュレーションによる走行結果を得るために X-Y レコーダのカセットを除き、試験成績書の作成までが、すべて自動的に行われる。

なお、このシミュレーション試験の結果を図 6. に示す。

(3) トラブルシューティング：この試験は、前述の回路動作試験において不良カードが発見された場合の不良カード内部の細部のトラブルシュートを目的にしており、手動操作によって試験パラメータの選択と入力並びに動作状態の計測と良否判定を行うもので、そのための手動による試験パラメータ設定スイッチ群及び手動計測端子群が準備されています。

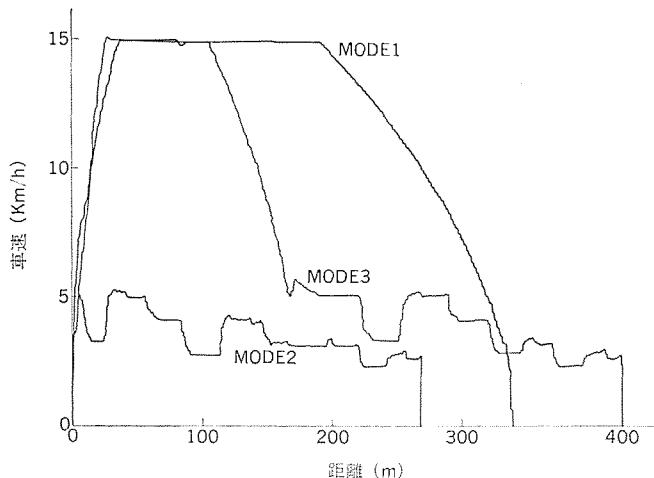


図 6. ATO シミュレーションの X-Y レコーダ出力

る。なお、被試験カードへの等価信号の入力は、ATO 装置の被試験カードが本来実装されるべきカードコネクタから信号を引き出し、この信号を被試験カード対応に自動的に切換えられて回路が構成される。

4. チョッパ試験装置

この装置は可搬構造になっており、必要に応じて車両近傍まで移動できる。このため従来の定置形試験装置に比し使い勝手が向上している。具体的には次のような特長を持っている。

- (1) 試験装置の設置位置まで車両（又は車載装置）を移動させる必要がなく、車両の入替え（又は車載装置の解装）をはじめとするやっかいな作業が不要になる。
- (2) 車載装置を在姿で試験できるので、装置の調整や故障診断に当たって、電源や周辺回路などの外部条件の変動に伴う性能変化に悩まされることがない。
- (3) 固定形の定置設備とすると、編成列車内のぎ（儀）装位置に対応する数だけ端末装置が必要なため、端末装置は重複投資をせざるを得ないし、工事に伴う建設費も必要になるので、この可搬形の試験装置に比べて、コストは割高になる。

4.1 用途

(1) ゲート回路動作試験：チョッパゲート制御部の機能回路ごとの試験、すなわち制御電源電圧、限流値パターン、止めノッチパターン、各条件下における通流率、ゲートパルス出力の周波数及びパルス幅、保護回路の動作シーケンス及び動作レベルなどを自動的に試験する。不良が発見されると、トラブルシューティングを行い、制御カードの中から不良のカードブロックを自動的に摘出し、ディスプレー装置又はタイプライタを介して出力する。

(2) プリントカード試験：ゲート回路のカード単体の性能チェック及び上記回路動作試験中に発見された不良カードブロックのトラブルシューティングを行う。

実際の試験項目は表 3. に示すとおりである。

4.2 構成

この試験装置の構成を図 7. に、使用状態を図 8. に示す。

4.3 オペレーション

(1) ゲート回路動作試験：この試験装置と車上チョッパ装置とをワンタッチ式のコネクタの付いた試験ケーブル 2 本で接続する。次に試験年月日・車両番号・形式・NG 处理を操作卓よりインプットした上で、試験種別を回路試験と指定し、試験指令ボタンスイッチを扱って試験開

表 3. チョッパ試験項目

部 位	項 目
ゲート回路	ゲート制御回路電圧試験
	パターン電圧試験
	チョッパ周波数試験
	通流率試験
	ゲートバルス幅試験
	リミッタ機能試験
	保護シーケンス試験
プリントカード	保護セット値確認試験
	カード単位動作試験
	カード内各部動作チェック

始を命令する。試験途中で NG が発生すれば、その都度不良データと不良カード名がプリントアウトされる。試験終了後試験結果がシステムタイプライタより一括して（又は要求があれば NG 項目とそのデータのみ）出力される。

(2) プリントカード 試験：被試験カードを操作卓上のカードコネクタ部にそろ（挿）入する。カードの試験に必要な各種の等価信号は、すべてこの試験装置の内部で発生されるので、他の正常なカードなどとの結合は不要である。カード単位で性能チェックを行う場合は、操作卓上で試験種別をカード試験と指定し、当該カードに対応するボタンスイッチを扱えば、試験が自動的に行われ良否が判定される。不良と判明したカードを更に詳細にトラブルシュートしたいときには、操作卓上のジャックに外部の計測器を接続し、自動試験をステップ進段ボタンを扱いながら 1 項目ずつ進め、この試験装置の判定結果と外部計測器の計測値とを参考にしながら進める。

4.4 信頼度の維持対策

この試験装置は可搬形であり、かつ建屋内の自然環境に置かれるので、十分な信頼度を維持するために、次のように耐環境性とセルフチェックに考慮が払われている。

(1) 耐環境性の強化：周囲温度は動作時 0 ~ 35°C、保存時 -5 ~ 40°C、相対湿度は動作時最高 90% まで、また耐振性は運搬時 1 g まで、それぞれ耐えられる。

(2) セルフチェック機能の完備：等価信号発生部と計測部とは、試験中に異常が検出されると自動的にセルフチェックされる。ミニコンと試験ケーブルは、セルフチェックの命令が入力された時に限りセルフチェックされる。ランプ、ブザー、ディスプレーなどのマンマシン機器は、セルフチェックの命令をインピットすれば、所定の順序に従って動作するので、これを試験員がチェックし判定する。

4.5 電車総合試験装置（列車検査装置）との互換性

車両保守作業の標準化及び経済性を考慮して、この試験装置の有するソフトウェアのうち、ゲート回路のトラブルシュート部は、後日導入された電車総合試験装置にも同じものが採用されている。また同様にハードウェア面でも、ミニコンとその周辺装置の一部について、電車総合

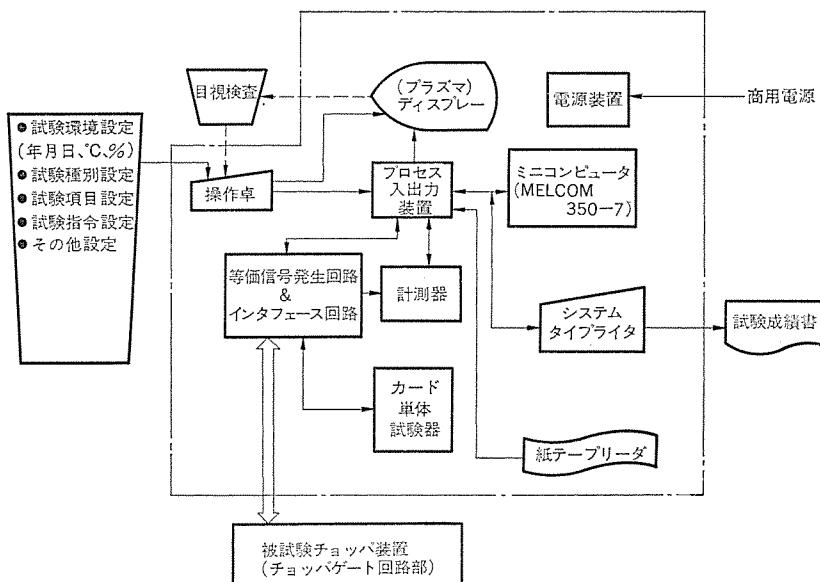


図 7. チョッパ試験装置構成図

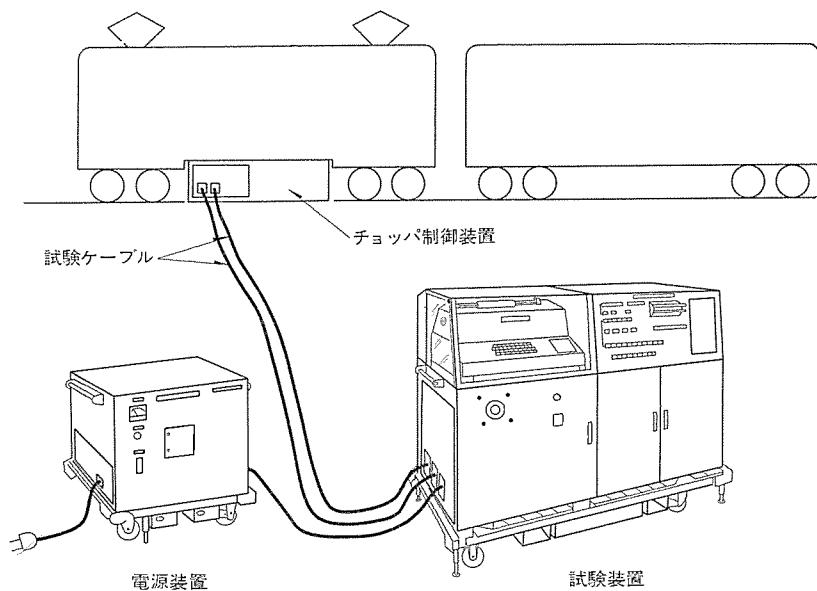


図 8. チョッパ試験装置使用状態図

試験装置がこの試験装置と互換性を持つように設計されており、使用上の便宜が図られている。

5. む す び

車載電気品を単体で試験する単体試験装置にミニコンピュータを実装した例は以上の外にも、国鉄の浜松工場、我孫子電留線、松戸電車区、幕張電車区、大船工場に納めた ATC 試験装置などがあり、いずれも好調に稼動している。

実用効果としては、試験プロセスの選定、試験条件の設定、外部条件の模擬などを自動化した効果は特に大きく、当社工場内における試験結果によると、試験所要時間が従来の数%に縮減している。

当社としては、今後はマイクロプロセッサの活用なども考慮しながら、更に優れた保守設備を提供したいと考えている。斯界のご指導を仰ぐゆえんである。

新しい操作卓による鉄道車両試験装置

石田 隆朗*・得能 泰*・尾崎 晃*

1. まえがき

近年の鉄道輸送需要の増加に伴い、列車の効率的運用のため、保守点検体制の確立の一環として鉄道車両試験のコンピュータによる自動化が進められてきた。一方、車両技術の進歩に伴い、今後多様化する試験を効率よく行うために、現場に分散配置できる計算機用周辺機器の必要性が生じてきている。今回、耐環境性に優れた現場試験用の設置形操作卓と可搬形操作卓を開発し、それを利用した鉄道車両試験用システムを工場内で完成した。

2. 開発の概要

コンピュータ化された鉄道車両試験において、試験効率の向上を目的としたマンマシンシステムの改善が著しい。

現状のマンマシン装置には、中央の操作室に設置するCRT内蔵の自動操作盤と車両周辺にて、在姿データ入力、目視確認用の移動操作盤の2つの種類を有しているものが多い。

一方、車両技術の進歩に伴い今後多様化するであろう試験を効率よく行うためには、現場作業員個々が必要な情報を必要なタイミングで入手する必要がある。そのためには現在特定の操作室に集中しているマンマシンインターフェースを、試験現場に分散配置することが好ましいと考えられる。

このような観点から将来の多様化に対応できるマンマシンインターフェースとして、文字表示、音声出力及びデータ入力を含み、耐環境性にすぐれた設置形パネルディスプレー装置及び可搬形パネルディスプレー装置の開発を行った。

設置形パネルディスプレー装置（以下設置形と略す）は、検査ピットサイドに設置でき、従来のディスプレー装置で必要とした操作機器室なしで、中央の操作機器が現場に配置され、現場作業員とのコミュニケーションがスムーズに行われる。

可搬形パネルディスプレー装置（以下可搬形と略す）は、移動操作機器として作業指示が音声と同時に文字表示もできるような機能を備え、車両周辺での使用及び運転室の持込みが可能である。

また車両の進歩に伴いこのシステムには、車両改造がつきものであり、ソフトウェア的にもこの改造に追従すべく、プログラム体系を標準化し、車両改造に伴う変更に容易に対処できる配慮が必要になる。以下、新装置を利用したシステム構成とソフトウェアについての配慮について述べる。

3. システム構成方法と特長

車両試験の概略フローを図1に示す。図のようにこのシステムでは、必ず手動の準備作業がある。また試験を行い不良が検知された時は異常内容の表示が必要である。

以下の章では新操作卓を使用しての、システムの構成として、中央集中形と分散形との例を掲げまた特長を述べる。

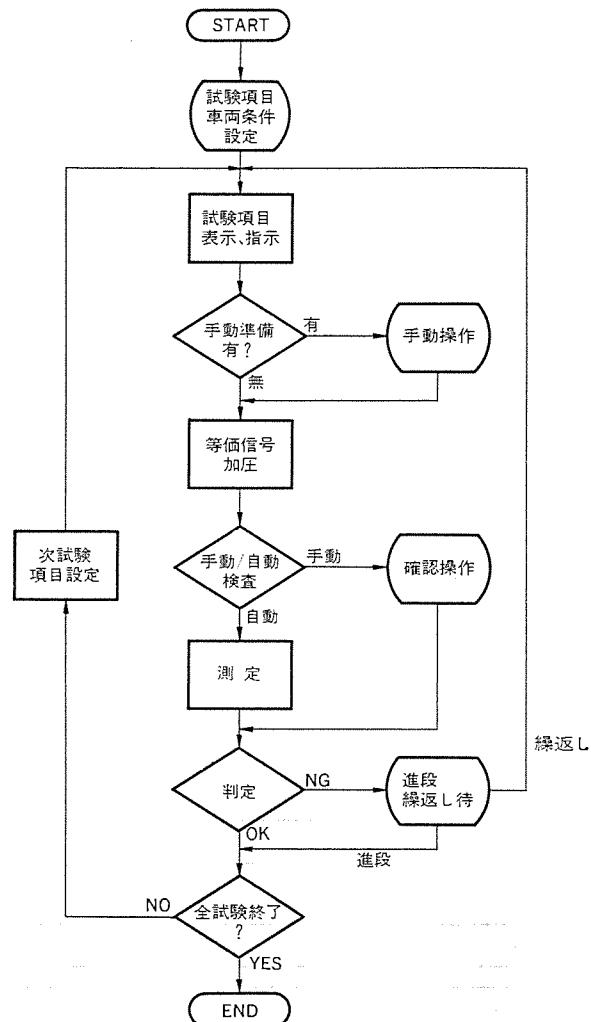


図1. 車両試験の概略フロー

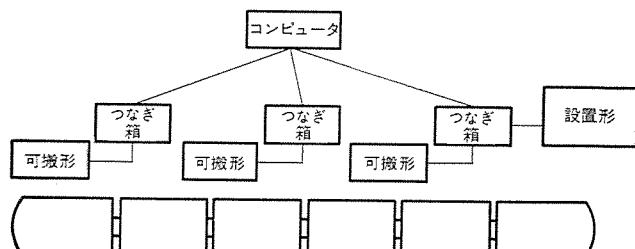
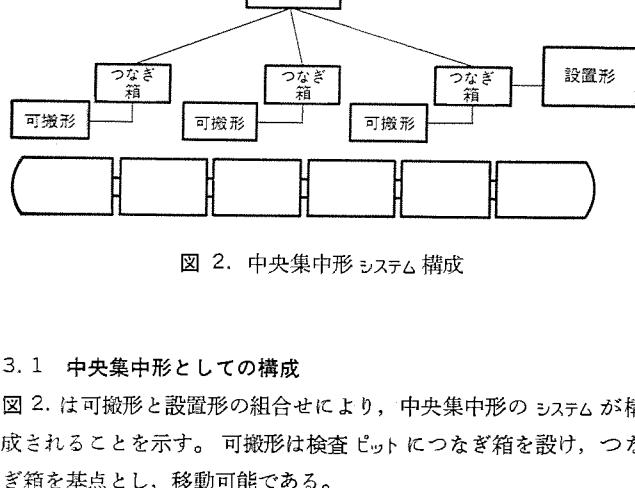


図1. 車両試験の概略フロー



(1) 設置形

- (a) 試験進捗状況の表示
- (b) 作業内容の指示及び アナウンス
- (c) 目視確認内容の指示及び アナウンス
- (d) 不具合発生時の異常箇所に関する情報の提供
- (e) 不具合発生時の制御指示入力
- (f) 結果表示
- (g) 試験実行のための各種 ユーティリティの起動

(2) 可搬形

- (a) 手動操作の作業内容の表示及び アナウンスと完了の入力
- (b) 目視確認内容の表示及び アナウンスと良否入力
- (c) 現場収集データの入力

このような中央集中形のシステム構成は、車両を編成した状態で試験する定期的な検査と臨時の検査に適している。

3.2 分散形としての構成

図3.は可搬形を数台使用することにより、分散形システムが構成されることを示す。この場合可搬形の機能としては3.1節で述べた設置形と可搬形の両方が可能である。

このように分散形にすることにより同時試験が可能になり、試験時間の短縮が計れ車両を分離したユニット単位での試験に適している。

図4.に設置形(耐環境形パネルディスプレー)装置を、図5., 図6.に可搬形(可搬形パネルディスプレー)装置表示部とキーボード部を示す。

3.3 特長

このシステムの特長は操作性向上のための配慮を行ったことと作業上の情報不足を解消したことにある。

操作性向上の配慮については

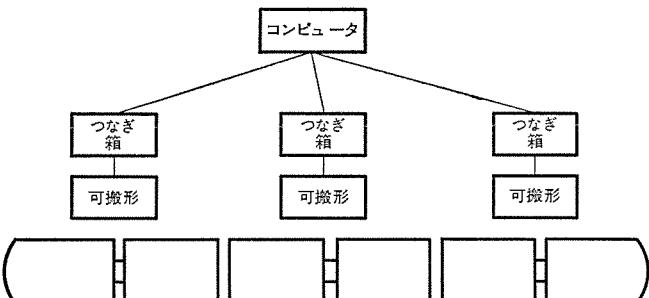


図3. 分散形システム構成



図4. 設置形パネルディスプレー装置

- (1) 鉄道車両試験個別の入力項目をファンクションキーとして採用し、操作数を少なくかつ簡単にした。
- (2) カーソルはプログラムコントロールにより必要なポジションに移動させる方とし、はん雑なカーソル操作をなくした。
- (3) 入力指示画面の採用により、データ入力が必要な場合には入力指示画面を表示し、入力ポジションの番号を指定して入力する方式とした。図7.に入力指示画面の1例を示す。

情報不足の解消については

- (1) 移動形の操作機器に文字出力を可能にした。
- (2) 自動音声通報装置の出力を操作機器単位にした。
- (3) 現場設置に耐えられる。
- (4) ブラズマディスプレーの使用により画面のひずみやちらつきをなくす。

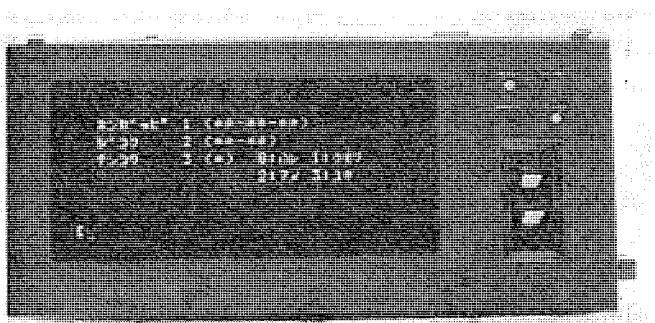


図5. 可搬形パネルディスプレー装置表示部

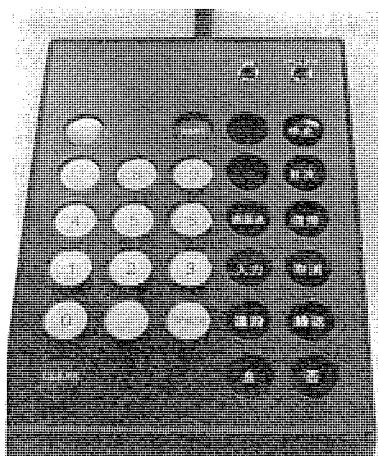


図6. 可搬形パネルディスプレー装置キーボード部

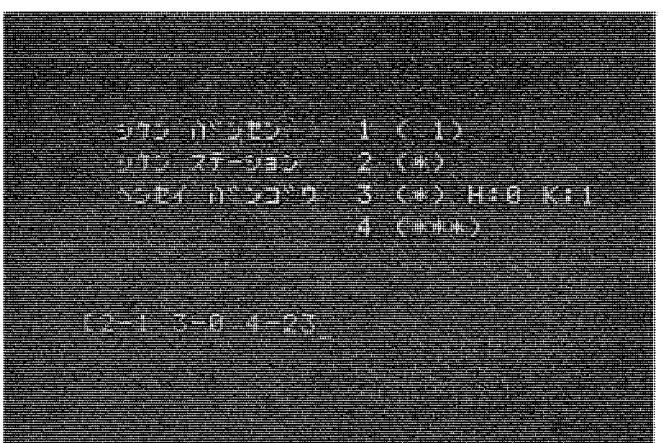


図7. 入力指示画面例

した。

- (5) 文字寸法の大きなディスプレーを使用し表示面より離れても使用できる。
等である。

4. 実験システム構成

4.1 ハードウェア構成

新操作卓を使用した実験システム構成を図8.に示す。

計算機は、《MELCOM》350-7を使用し、PCCH(プログラム制御チャンネル)経由でマイクロプロセッサ制御の設置形、可搬形の両ディスプレー、また、プロセス入出力経由で自動音声通報装置が接続されている。

自動音声通報装置はフロッピーディスク方式のものを採用し、メッセージの検索時間を短縮した。

4.2 ソフトウェア構成

ソフトウェアの設計製作には、変更に強い、流用が可能の2点を重視し、モジュール化、パラメータ化を図り、プログラムのメンテナンスを容易にするために、上位コンピュータ上でのクロスアセンブリで開発し、プログラム開発時間の短縮を計った。

また将来のニーズを考慮して、車歴管理用コンピュータへの接続、車両基地システムへの接続を容易に実現できる構成とした。

以下にソフトウェアの構成を述べる。

- (1) ベーシックソフトウェア
(a) 《MELCOM》350-7リアルタイムディスクオペレーティングシステム(RDOS)
(b) ユーティリティプログラム
(2) スケジューラ
(a) トランザクションスケジューラ
4.2.1 項で詳しく述べるが、キュー管理及びタスクのスケジュールを一括管理するプログラムである。
(b) パネルディスプレースケジューラ
4.2.2 項で詳しく述べるが、パネルディスプレーの入出力の制御を行うプログラムである。

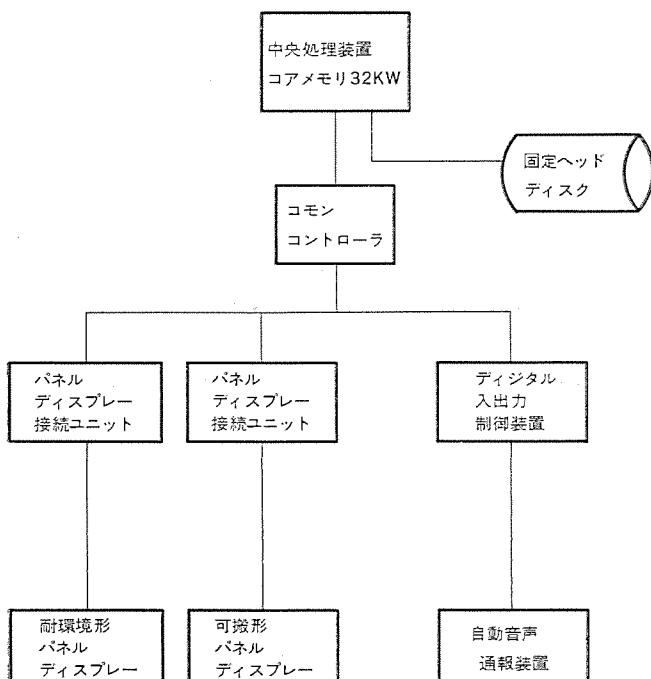


図8. 実験システム概略構成

(3) 試験実行プログラム

コントロールワードに従い試験の実行をするプログラムである。

(4) ファンクションプログラム

試験装置用プログラムパッケージでコントロールワードに対応している。

(5) 試験結果ファイル作成プログラム

(6) 試験装置用ユーティリティ

(7) 各種ハンドラ

以上の構成による。図9.にプログラム構成を示す。

4.2.1 トランザクションスケジューラ

基本サブルーチンを除きすべてキュー起動方式をとり、プログラムの分割を容易に実現するため、また、プログラム間のインターフェースをできるだけ明確にするのを目的として開発された。

キューはキューーテーブルとして一括管理し、トランザクションはパケットを介して処理プログラムへ渡される。パケットはキューーテーブルからのリンクによってキュー構成が保たれている。

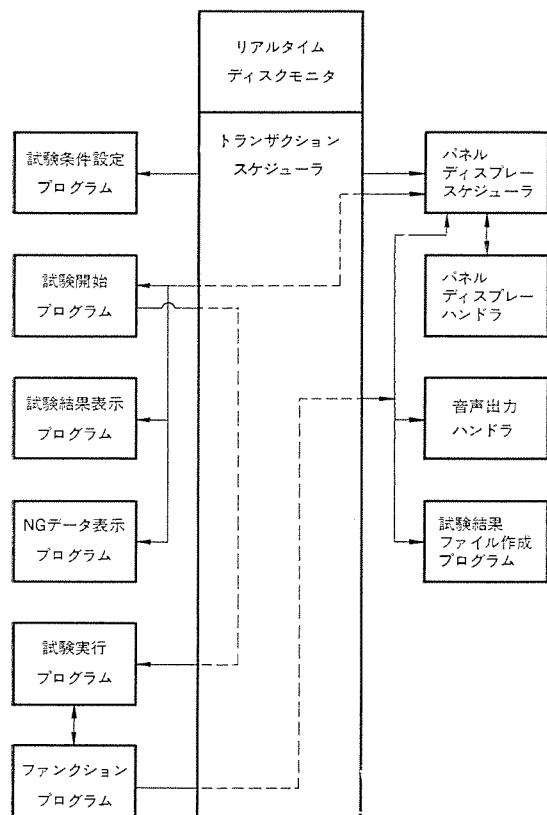


図9. プログラム構成図

コントロールビット領域	
リターンキュークアント	ジョブキュークアント
ジョブキューヘッド	
ジョブキューtail	
リターンキューヘッド	
リターンキューtail	

図10. キューーテーブルフォーマット

キューの種類は ジョブキューとリターンキューの2種類に分かれ、他サブシステムへの処理依頼をした場合の同期処理を容易にしている。キューの媒体はコア、ディスクの2種類を設け情報量に応じ使い分けることができる。

図10. にキュー・テーブルのフォーマットを示す。

4.2.2 パネルディスプレー スケジューラ

画面単位に固定わくテーブルと入出力の変動項目に対応する画面制御テーブルを設け、画面の変更に対しても容易に対応できる。

両テーブルともオフラインプログラムで生成可能であり、テーブルの交換で画面変更ができる。

入力チェックでは処理プログラムへ渡す前に長さ、種類のチェックを行い誤入力を速やかにチェックし操作性を高めている。

入力欄をディスプレーの最下段に設け、入力項目に対応する番号とともにデータ入力することにより、入力指示項目欄のカッコの中へ移される。誤入力に対しては入力指示項目欄の前に?を表示しオペレータへ知らせている。(図7. 参照)

5. 開発品の主な仕様

表1. に設置形及び可搬形の仕様を示す。

両ディスプレーは、人間工学的要素を取り入れ、設置形は専用台を

表1. 設置形及び可搬形の仕様

	可搬形ディスプレー	設置形ディスプレー
ディスプレー部		
表示色	赤	赤
表示面積	横222×縦92 (mm)	横222×縦112.4 (mm)
表示文字数	256 (32字×8行)	480 (40字×12行)
文字寸法	横4.5×縦6.5 (mm)	横3.6×縦5.2 (mm)
ドットピッチ	1.00 (mm)	0.8 (mm)
表示文字	英数字、カナ、記号(128)	同左
キーボード部	タッチ式キー使用	同左
ファンクション	12個	30個
英数字	数字10個	40個
その他	4個	15個
電気仕様		
電源電圧	AC 100V±10%	同左
電源周波数	50Hz又は60Hz	同左
消費電力	100VA	200VA
環境条件		
動作温度	0°~40°C	0~40°C
動作湿度	20~80%	15~85%
振動	JIS E 4031適合	同左
衝撃	JIS E 4032適合	同左
重量	本体部 4.5kg キーボード 1.1kg 内蔵	71.0kg 机内に取付け
音声出力用スピーカー		

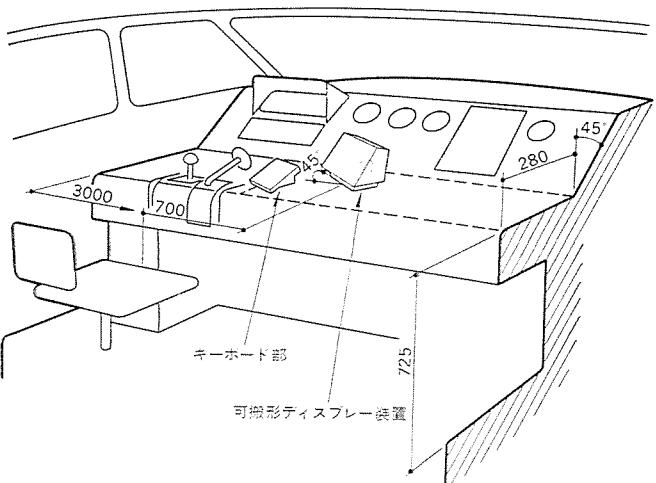


図11. 運転台においての可搬形の適用例

設け、操作面の高さ700mmとした。また、画面角度は視線に対して90°に設定した。

可搬形は可搬性を実現するため箱体をアルミニウムで製作し、各使用場所で最適な画面角度が得られるよう垂直面に対して、8°~13°まで可変となる構造とした。(重量5.6kg)

キーについては可搬形はテンキーとファンクションキーのみで構成し、設置形は車歴管理用としても使用できるようはん(汎)用キー、テンキー、ファンクションキーで構成した。

図11. に運転台においての可搬形の適用例を示す。

6. むすび

以上、新操作卓を用いた鉄道車両試験システムの概要について述べたが、このシステムは工場においての実験試作システムであり、今後実システムとして導入する際には改良点を盛り込んだ製品とする予定である。また今後のニーズとして車上モニタ、及び車歴管理等の多様化するユーザの要求にこたえて、システムの改良開発に鋭意努力していく所存である。最後にこのシステムを完成するに当たり、多大なご尽力をいただいた方々に深く謝意を表しておきます。

なお、この開発は日本船舶振興会の補助事業の1つとして行われた。

参考文献

- (1) 原ほか：帝都高速度交通営団納め電車総合試験装置、三菱電機技報、49, No. 3, 221 (昭50)
- (2) 通信機械工業会：人間特性からみた機器とシステムのあり方 (昭52)
- (3) 通信機械工業会：マンマシンシステムの設計手順と人間工学データの使い方 (昭52)

高速道路交通の統計的性質と事故検出手法

中崎勝一*・中堀一郎**

1. まえがき

近年、高速道路の整備・拡充に伴い、有効な交通管制の必要性が高まるとともに、高速道路交通現象の解明が待たれている。高速道路では、事故などによる渋滞が発生すると、流出ランプが数少ないために、大部分の車は高速道路上で渋滞の解消を待たされることが多い。このため、ひとたび渋滞が発生すれば、その渋滞はなかなか解消しにくい。特に、事故が発生した場合の渋滞時間は、事故検出後流入制限が行われるとすれば、事故検出遅れ時間のほぼ2乗に比例すると言われており、事故の早期発見は交通管制上の重要な課題である。このため、現在の交通管制システムでは、道路上の検出器からの情報をもとにして、交通流の状態を常時監視している。そこでは、交通流の状態をあらわすマクロ変数は、交通流の平均時特性を表す区間密度、通過台数、速度の平均値が使われることが多い。

交通流理論は、道路上の交通現象をとり扱うものである。特に高速道路では、交通流の静的現象だけでなく動的現象をマクロにとり扱う流体力論の適用研究が盛んになってきている^{(1)~(3)}。そこでは、上記のマクロ変数については、通過台数のポアソン分布則、速度分布の正規性などマクロ変数の分布を決定する統計的解析が主になされってきた^{(2) (3)}。一方、事故の早期発見などの交通流の動的現象をとり扱うために、交通流のダイナミックスをこれらマクロ変数を使った統計的モデルで記述しなければならないが、そのような試みは十分にはなされていない。このダイナミックな統計的解析を困難にしている点は、平均速度などの一部のマクロ変数が通過台数による平均値となり、他の時間平均によるマクロ変数と整合しないため、そのモデルが非線形になることである。

したがって本稿では、はじめに従来の統計的解析を実測データとともに紹介する。次に、上記のダイナミックな統計的解析上の困難を解決するために、時間平均に統一した実用的なマクロ変数の新しい組合せを導入し、これらマクロ変数と速度と交通量などの従来からの変数との関係を明らかにする。更に道路上の2地点でのこれらマクロ変数を入出力変数として、これらの間に成立するダイナミックな統計的関係に基づく交通流予測モデルを導く。最後にこのモデルを利用した事故検出手法を提案し、模擬事故による数値例でその有効性を確かめる。

2. 高速道路交通の基本変数

高速道路交通を特徴づけるものは、車両のランダムな到着とその運動に伴う速度である。従来から、この点に注目されて到着分布と速度分布がよく調べられてきた。ここでは、到着と速度を示す基本変数として、車頭時隔（1台の車が通過してから次の車が通過するまでの時間間隔）と速度を考え、これらの分布を実測データをもとに検討する。

まず、実測方法について説明する。名神高速道路での交通流実測は、昭和49年3月に図1.(b)に示す桜井パーキングエリア京都側に

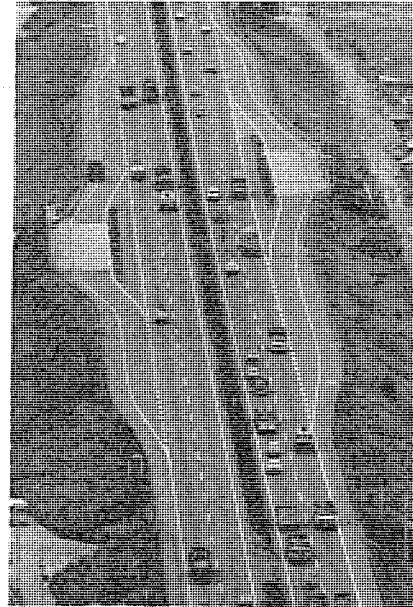


図1.(a) 名神高速道路での交通流

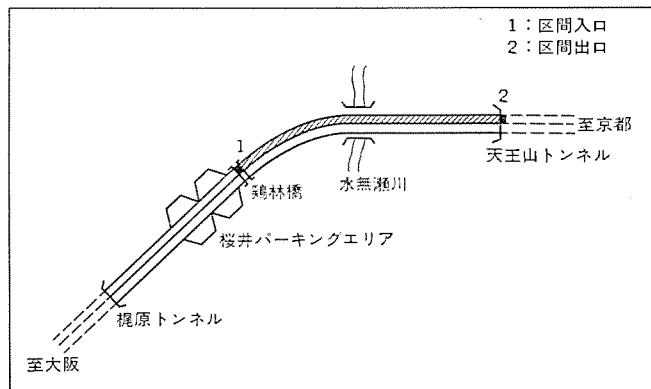


図1.(b) 実測区間図

ある陸橋（鶴林橋）と天王山トンネル大阪側入口を両端とする京都方向2車線からなる道路区間（区間長1.48 km）で行われた⁽⁸⁾。その日の10~12時のデータは、1時間当たりの交通量は約2,500台／2車線で、ほぼ定常な交通状況を示していた。交通流データ収集は区間両端で行われ、走行車線と追越車線のそれぞれにおいて車両の通過速度と通過時刻を計測した。このデータを処理して、車頭時隔、速度、交通量など到着と速度の情報のすべてを得ることができる。

2.1 車頭時隔分布

車頭時隔分布は、車線ごとの通過時刻を観測することで得られる。ある車線上を続いて通過する車の通過時刻を t_{i-1}, t_i としたときに、車頭時隔 h では、

$$h_i = t_i - t_{i-1}$$

で得られ、このデータを数多く集めることにより車頭時隔分布が得られる。通常の交通状況では、車頭時隔は指數分布になる^{(2) (3)}。こ

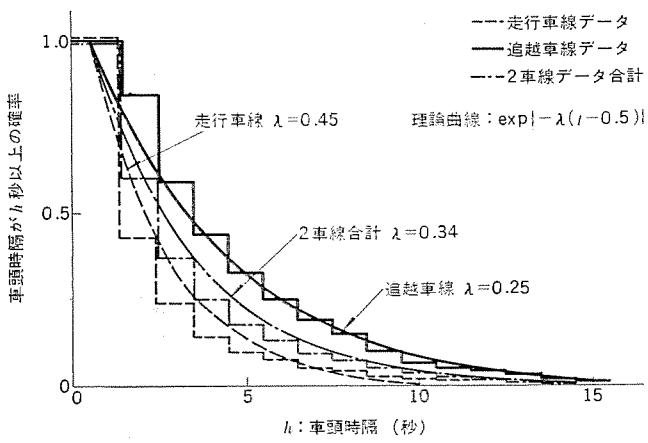


図 2. 区間入口での車頭時隔分布

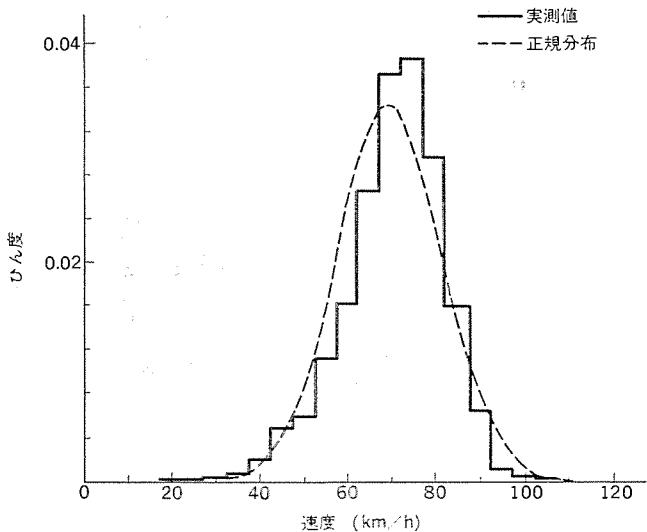


図 3. 区間入口での速度分布

の実測で得られた車頭分布を図 2. の階段曲線に示す。この実測では、データ取得上の問題により、1秒を最小時間単位としたため、正確な車頭時隔分布を得ることはできなかったので、理論曲線は、このことを考慮して、0.5秒だけ右にずらした指数関数で与えた。図 2. では、実測データがこの理論曲線とかなりよく合っていることが分かる。

2.2 速度分布

速度分布は、ある地点を通過する車の速度を観測することで得られる。従来、通常の高速道路における速度分布は実測データから正規分布で近似できると言われている。速度分布の実測データを図 3. に示す。図 3. では、この実測データは必ずしも正規分布であるとは言えないが、これは、実測地点の地形が平たんでないこと、実測地点の近傍にトンネル入口、及び合流部が存在することなどの原因によるものと考えられる。

3. 実用的なマクロ変数

高速道路交通の基本変数は、前節で述べたように車頭時隔と速度である。しかし、車両ごとのこれらの変数でもって交通流の指標とすることは、交通流のマクロな特性と結びつきにくいなど、実用上問題となることが多い。従来、この点を解決するために、簡単に計測できる通過速度、通過台数をもとにして、通過車両の平均速度、調和平均速度、単位時間あたりの通過台数をあらわす交通量、平均車頭時隔などが、交通流をあらわすマクロ変数としてよく用いられ

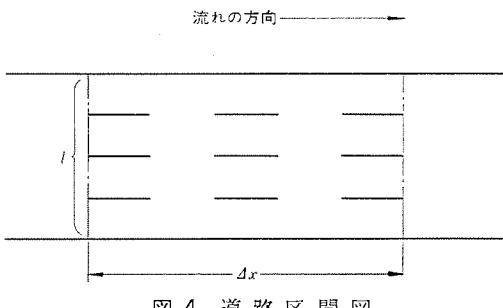


図 4. 道路区間図

てきた。これらは地点で得られる値をある時間にわたって平均したものと考えることができる。ここでは、このように位置を固定して時間平均することで得られる基本的なマクロ時間変数として、次のような時間変数の組合せを考える。

図 4. に示す長さ dx 、車線数 l の 1 方向道路区間の 1 地点において、時間間隔 Δt に通過する車両台数を n 台とし、それらの速度を $V_1 \sim V_n$ とする。このとき、この地点におけるマクロ時間変数として、次式で定める速度調和 s (注 1)、交通量 q 、及び速度和 p を定める。

$$s \triangleq \sum_{j=1}^n \frac{1}{V_j} / (\cdot \Delta t) \quad \dots \dots \dots (1)$$

$$q \triangleq n / (\cdot \Delta t) \quad \dots \dots \dots (2)$$

$$p \triangleq \sum_{j=1}^n V_j / (\cdot \Delta t) \quad \dots \dots \dots (3)$$

このとき、従来よく使用してきた調和平均速度及び平均速度は、それぞれ q/s 、 p/q で表される。したがってマクロな時間変数の組合せとして速度調和、交通量、及び速度和、又は、調和平均速度、交通量、及び平均速度のいずれの組をとってもよいことが分かる。本稿では、以下で述べる統計的予測モデルとの関連上、都合のよい速度調和、交通量、及び速度和を実用的なマクロ時間変数として採用する。また、これら時間的なマクロ変数に対応して、空間的なマクロ変数、交通密度、交通運動量が筆者によって提案されている⁽⁵⁾。これら時間変数と空間変数の間には、速度調和と交通密度、交通量と交通運動量、並びに速度和と交通エネルギーの変数間にその期待値が等しいという関係がある。

3.1 交通量と車頭時隔の関係

統計理論をあてはめると、車頭時隔分布が指數分布のとき交通量分布はポアソン分布になる⁽⁴⁾。すなわち、観測時間幅 t の間に n 台の車が到着する確率 $P_r(n)$ は、次式であたえられる。

$$P_r(n) = \frac{1}{n!} (\lambda t)^n e^{-\lambda t}$$

ここで λ : 平均交通量

観測時間長が 12 秒のときの実測値 (2 車線合計の実測値) との比較を示した図 5. によれば、実測値とポアソン分布は一致していると考えられる。

3.2 速度調和、速度和と基本変数の関係

ここでは、速度調和と速度和のマクロ時間変数と交通流の基本変数である車頭時隔と速度との関係を調べる。

高速道路の車の流れを遠くからながめると、あたかも道路というベルトコンベアの上に並べられた車が、相互の位置を微妙に変えながら流れてくるように見える。このことを利用して高速道路交通流を次

(注 1) 個々の車長の違いを無視すれば、オキュパンシと速度調和は同じ量を計測していると考えられる。

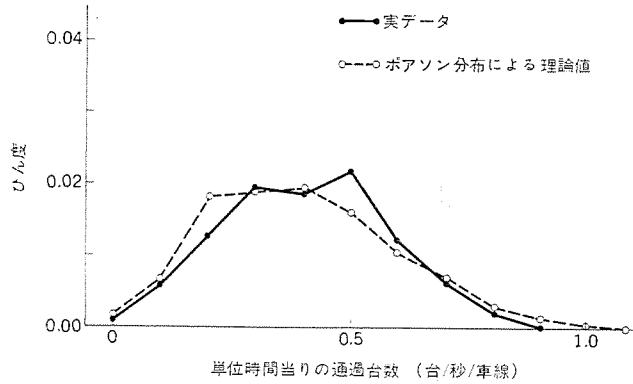


図 5. 交通量分布

のランダム過程で近似してみる。

ある時間間隔に到着する車の台数 n は離散値形ランダム変数であり、その確率 $P_r(n)$ は、前節のように車頭時隔分布より求まる。その変数 n に対して、同一分布に従う変数列（速度列あるいは速度の逆数列）、

$$x_1, x_2, \dots, x_n, \dots$$

が与えられているとき、そのランダム和 Z

$$Z = x_1 + x_2 + \dots + x_n$$

は、速度和あるいは速度調和に対応する。

以下では、変数 n と変数列 x_i の独立性（車の到着と速度の独立性）を仮定してランダム和 Z の分布を計算して、実測値と計算値の比較よりその独立性の程度を調べる。

ここで、その独立性を仮定すれば、ランダム変数 Z の分布関数 $f_z(Z)$ は次式で求まる⁽⁷⁾。

$$f_z(Z) = \sum_{k=0}^{\infty} f(Z) * f(Z) * \dots * f(Z) * P_r(k) \dots \dots \dots \quad (5)$$

ここに $f(\cdot)$: ランダム変数 x_i の分布関数

$P_r(k)$: ある時間間隔に k 台の車が到着する確率

* : たたみこみ積分

$$f(Z) * g(Z) = \int_{-\infty}^{\infty} f(Z-t) g(t) dt$$

また逆にランダム和の分布 $f_z(Z)$ と到着確率 $P_r(k)$ から、ランダム変数のモーメントが求まるので、その分布 $f(x)$ を決定することができる。図 6., 図 7. によれば、式(5)による計算値と実測値はほぼ一致しているように思われる。この結果、変数 n と変数列 x_i の独立性がほとんど保たれており、かつ速度調和と速度和の分布は到着分布（車頭時隔分布又は交通量分布）と速度分布から記述できることを示している。また逆に、速度分布は、到着分布と速度調和分布、あるいは到着分布と速度和分布から求めることができる。

したがって、実用的なマクロ時間変数として定義された速度調和と速度和は、車の到着とその速度を結びつけたランダム和であることが明らかになった。また、車の到着とその速度の独立性が保たれる通常の交通状況では、交通流の実用的なマクロ時間変数として交通量と速度調和、あるいは交通量と速度和で十分であろう。このように計測すべきマクロ時間変数の数を節約できることは、空間的なマクロ変数として交通密度と空間平均速度という 2 つの変数を重要視することに対応している。今まで述べてきた交通流の基本変数と実用的なマクロ変数の関係を図 8. になる。

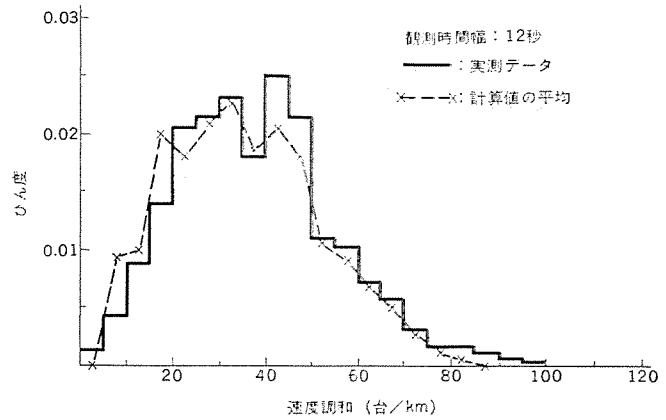


図 6. 区間入口での速度調和分布

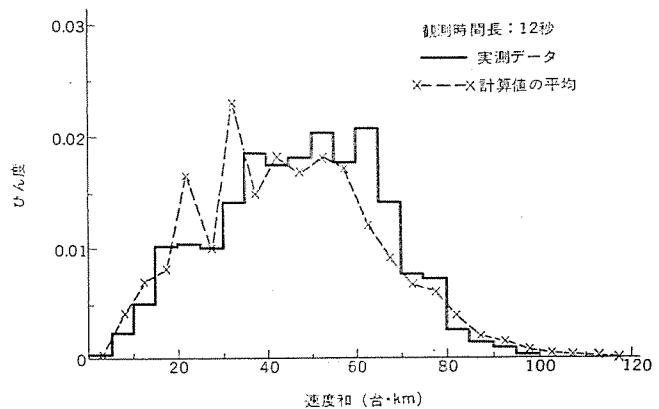


図 7. 区間入口での速度和分布

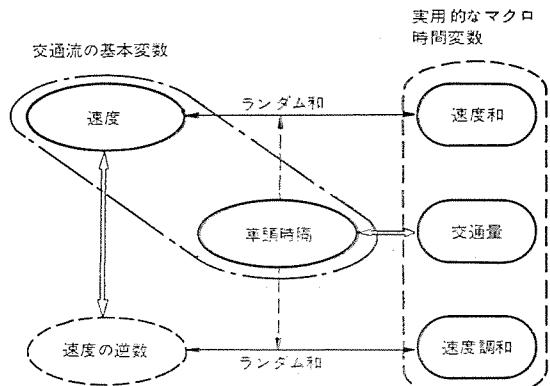


図 8. 交通流のマクロ時間変数の関係

4. 統計的予測と事故検出

ここでは、高速道路交通流のダイナミックスを簡単に表すために、交通流が上流から下流へ一方向に流れることを利用して、図 9. のように上流地点と下流地点の実用的なマクロ変数間に成立する統計的モデルを導く。更に、このモデルを用いれば、短期的な交通流の予測が可能あることを示し、高速道路における事故検出への応用例について述べる。

4.1 交通流の統計的予測モデル

交通現象は、長い間を対象とすれば一般に変化しているが、数時間

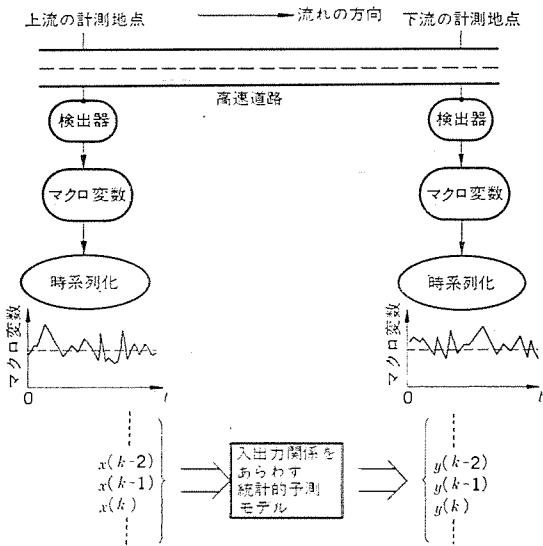


図 9. 統計的予測 モデル

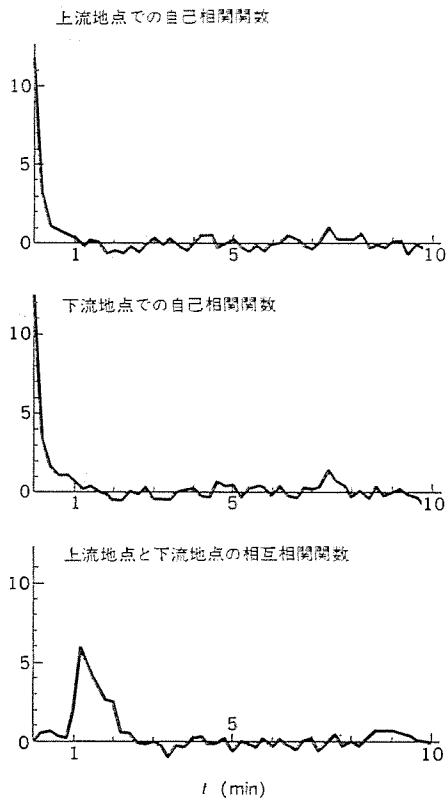


図 10. 交通量データの自己・相互通関関数

以下の短い期間を考えると、その不規則的な変動を作り出すシステムに変化のない定常確率過程と考えることができる。以下では簡単のため、対象とする交通現象が定常確率過程とみなしうるとして考察を進める。

まず、上流地点と下流地点における等時間間隔(注2)ごとのマクロ時間変数の時系列データをもとにし、2地点での時間変数の相関を調べる。図10.に示した交通量の相互通関関数から、区間の旅行時間の分布に相当するピークが読みとれる。この相互通関関数をもとに、交通流のダイナミックスを、次のような入出力関係を示す自己

(注2) 通常、この時間幅は、上流地点から下流地点までの平均旅行時間の1/10~1/5程度の長さにとる。

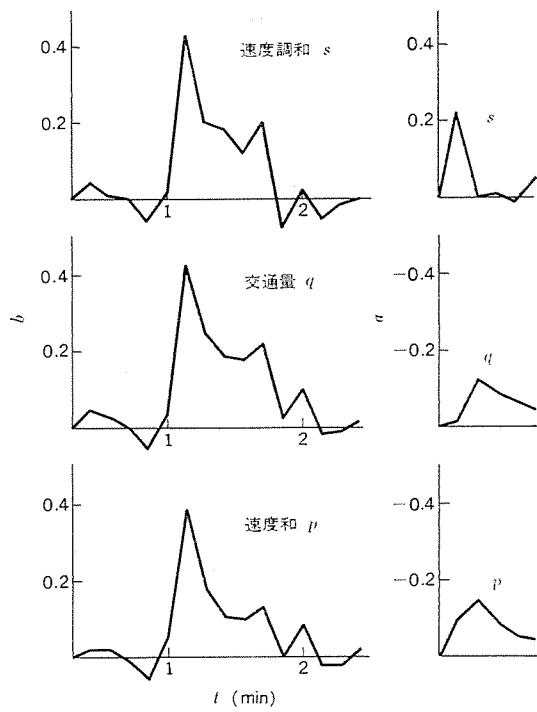


図 11. 交通流予測 モデルの係数

回帰 (AR) モデルで表す。

$$y(s) = \sum_{m=1}^M a(m) y(s-m) + \sum_{m=1}^L b(m) x(s-m) + \varepsilon(s) \quad \dots \dots \dots (6)$$

ここに $y(s)$: s ステップのときの下流地点での時間変数の平均値からの偏差

$x(s)$: s ステップのときの上流地点での時間変数の平均値からの偏差

$\varepsilon(s)$: s ステップの予測誤差をあらわすノイズ

$a(m), b(m)$: AR モデルの係数

M, L : モデルの次数

図11.に時間変数ごとに示すモデルの係数は、相互通関関数から最小自乗法などを用いて決定できる⁽⁵⁾。このモデルは、2地点間のマクロ変数の入出力関係をあらわすモデルと考えることができ、交通流の短期予測モデルとして利用できる。すなわち、上流地点と下流地点での過去の値を用いて、現在の時間変数の値を予測することができる。我々は、この特性を用いて恵那山トンネルの換気制御に利用した⁽⁹⁾。

その予測値の平均値からの偏差 $y^*(s)$ は、

$$y^*(s) = \sum_{m=1}^M a(m) y(s-m) + \sum_{m=1}^L b(m) x(s-m) \quad \dots \dots \dots (7)$$

で、表される。真値と予測値の差 $\varepsilon(s)$ は、予測誤差と呼ばれ、次式で表される。

$$\varepsilon(s) = y(s) - y^*(s) \quad \dots \dots \dots (8)$$

図12.によれば、正常な交通状態では、速度調和、交通量、速度和の順に、これらの予測誤差は平均値0で特定の分散をもつ正規白色雑音に近いと考えられる。

4.2 事故検出手法の説明

従来、事故検出にはオキュパシティ、交通量又は速度の異常を調べるか、あるいはそれら各変量の時間差分、空間差分を調べることが行われてきた⁽¹⁰⁾。この方式では検出時間を短くするためには、検出器のちょう(稠)密な設置が不可欠である。この検出器の稠密な配置はコストの大幅な増加をもたらすため、より粗い設置による事故検出の手法が望まれている。

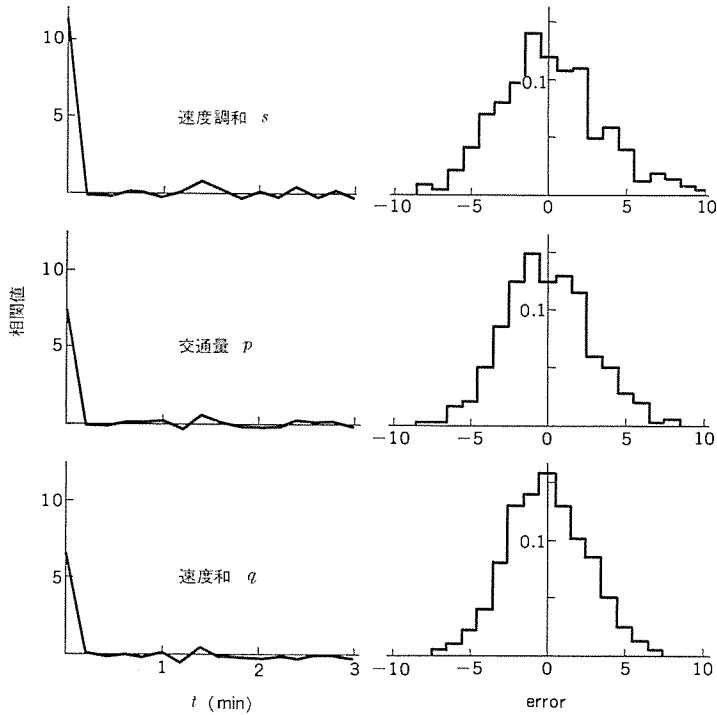


図 12. マクロ 時間変数の予測誤差

4.2 節では、この点を考えて、予測誤差の正規性を利用した事故検出手法を提案する。予測誤差の正規性は、図 12. に示したように、対象道路区間が正常であるかぎり保たれる。速度調和、交通量、速度和の正規分布の適合度は x^2 検定でそれぞれ 20, 40, 98% である。しかし交通事故などの異常現象が発生すれば、正常状態であてはめた予測モデルは適合しなくて、予測誤差の性質に変化が生じる。予測誤差をならすことにより、その平均的傾向を的確にとらえ、それによって交通状態の異常を検出する。この際、事故検出の誤りを避けるために次式で定める ε_k^* が、連続してしきい値 Δ_k を超えた場合に事故と判定する。

$$\varepsilon_k^* = \{\varepsilon(I) + \varepsilon(I-1) + \dots + \varepsilon(I-k+1)\}/k \quad \dots \dots \dots \quad (9)$$

$$(k=1, 2, 3, \dots, n_c)$$

ただし、しきい値 Δ_k は、予測誤差の標準偏差とパラメータ k の値から決定できる⁽¹¹⁾。

4.3 数値例による事故検出手法の検討

名神高速道路の実測データを使って、事故時の交通状況を模擬するために、区間出口での走行車線の交通量データを零にした。その模擬事故に対して、予測モデルの時間変数として事故検出した場合の結果を図 13. に示す。その結果、事故発生後 12 ステップ 144 秒で事故と判定できた。(このとき、 ε_k^* は、 k について 1, 2, ..., 5 として、しきい値 Δ_k を超えているかを調べた。)

5. む す び

この報告では、高速道路交通の基本変数（車頭時隔と速度）と実用的なマクロ 時間変数（速度調和、交通量と速度和）の関係について述べた。その結果、通常の交通状況では、交通量と速度調和、あるいは交通量と速度和の 2 つの時間変数を計測することで交通流の

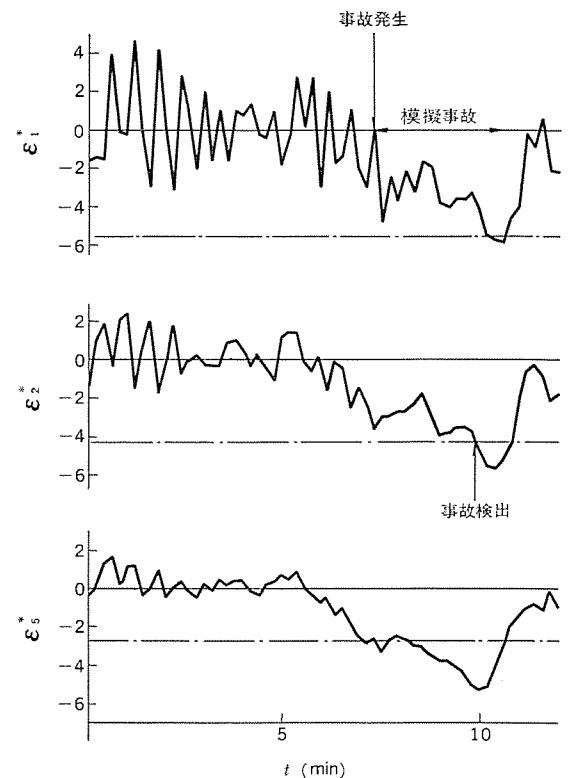


図 13. 事故検出の様子

状態をは(把)握できることを示した。また、これら時間変数を使って統計的交通流予測モデルを導き、その応用例として事故検出手法を提案し、その有効性を確かめた。

高速道路の交通管制システムでは、ここで述べたような統計的手法によるアプローチが不可欠であろう。今後の問題として、このような統計的手法を渋滞現象に拡張することである。

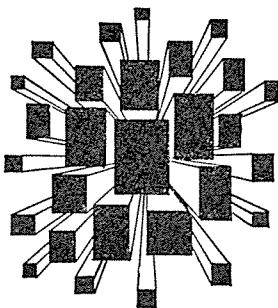
最後に、交通流データの実測に際し種々ご援助いただいた日本道路公団の関係者のかたがたに謝意を表する。

参 考 文 献

- (1) L. Isaksen and H. J. Payne : IEEE. Trans. AC.18, No. 3, 210 (1973)
- (2) D. C. Gazis : Traffic Science, John Wiley and Sons. (1974)
- (3) W. D. Ashton : The Theory of Road Traffic Flow, John Wiley and Sons. (1966)
- (4) 佐々木：交通流理論，技術書院 (昭 40)
- (5) 中堀、中崎：第 6 回制御理論シンポジウム, 87 (昭 52)
- (6) 渡辺、中堀ほか：三菱電機技報, 49, No. 3, 254 (昭 50)
- (7) A. Papoulis : Probability Random Variables and Stochastic Process, McGraw-Hill (1965)
- (8) 赤池、中川：ダイナミックシステムの統計解析と制御，サイエンス社 (昭 47)
- (9) 植木、中堀ほか：土木学会論文集, 265, No. 9, 83 (昭 52)
- (10) R. E. Pera and R. Nenzi : Proceedings of the IEEE, 61, No. 5, 542 (1973)
- (11) 北川：推測統計学 I, 岩波書店 (昭 33)

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
1127122	掛け金装置	岩田尚之・杉田信	1138998	低圧安全弁	猪熊章
1127123	掛け金装置	岩田尚之・杉田信	1138999	トースタのダッシュポット	篠崎功三・岡部勇
1127124	飯びつ兼用炊飯器	{大沢和夫・石井寛夫 宇佐見忠・中村勝男	1139000	のり養殖網干出装置	{大久保貴一・木名瀬武男 織井勝雄
1127125	吸排気トップの接続装置	安田幸夫	1139001	超電導コイル	藤原健三・佐藤隆
1127126	配電線制御装置	天野恒	1139002	掛け金の開放装置	加藤悟・榎道治
1127127	暖房器	田中修・村上政明	1139003	天井パネルの煽り止め装置	閑歳弘通・鈴木実
1127128	抵抗溶接機 フリッカ防止装置	細野勇・佐野善之助	1139004	電気掃除機	長嶺元・高橋豊
1127129	蓄熱暖房器	{須田洋・石井勝巳 遠藤清・鶴谷嘉正	1139005	自動車用排気浄化装置	浅山嘉明・小西寛示
1127130	蓄熱暖房器	{須田洋・石井勝巳 宇佐見忠	1139006	自動車用排気浄化装置	浅山嘉明
1127131	限流装置	{井上武男・西楽隆司 白沢宗・宮本紀男	1139007	トランジスタソケットの取付構造	森好晴
1127132	放射線遮蔽装置	{永井昭夫・上田和宏 広三寿	1139008	自動溶接機	飯田幸雄・杉山尚男
1127176	給湯装置	成田勝彦・岩崎善彦	1139009	内ば歯車の抜止め装置	大藪寛史
1129608	油入変圧器	宮崎昭彦	1139010	吸引又は吐出用弁装置	久山貴美雄
1134740	低沸点ガスの連続液化装置	明石克寛・荻野治	1139011	カメラケース	本谷昇一・松島純治
1136411	電気ストーブ	中村富家・慶野長治	1139012	冷蔵庫のバイメタルスイッチ取付装置	永野幸信
1136428	卓上丸ノコ盤	入江厚	1139013	冷蔵庫	中島勇
1138976	液体封入形回転電機	{有働星一・生駒鉄郎 生原春夫・広田透雄 高井一三・鳥居睦男	1139014	カメラケース	本谷昇一・松島純治
1138977	蒸発器	織田隆嗣	1139015	刻印装置	早川照馬
1138978	機器収納装置	一ノ瀬与三郎	1139016	密閉形電動圧縮機	新井剛・東条隆博
1138979	集電装置	藤本常友	1139017	二温度型冷蔵庫	織田隆嗣
1138980	スイッチローラ	向井徳樹・松川光男	1139018	冷蔵庫	岡村正道
1138981	磁気記録再生装置	国井郷志	1139019	内燃機関用負圧切換装置	斎藤実
1138982	糸長計	{高橋賢司・和田安司 木原孝治	1139020	電気こたつ	長沢重雄
1138983	巻取物巻換装置	谷口良輔	1139021	吹出口ルーバー取付装置	鈴木太八郎
1138984	変圧器	{松原彰雄・白神十九一 富樫義弘・杉田保彦	1139022	気泡発生器	川合輝一・小池利男
1138985	電子機器装置等のパネル引出装置	松本洋	1139023	エアポンプ	川合輝一
1138986	石油燃焼器の消火装置	中村勇	1139024	空気調和機	丸山忍
1138987	超音波探触子	丸田紳一・佐藤春治	1139025	羽根車	富樫健二
1138988	限流しゃ断器	渡辺陸夫・石田秀樹	1139026	中間冷却器	大藪訓宥
1138989	電子機器の取付装置	岡本勝義・田中稔男	1139027	電動式締付機	弘瀬潔・中山和嘉
1138990	サイリスタの点弧装置	長谷川雅言	1139028	ターニング装置の潤滑機構	池上秋水
1138991	電気掃除機	長嶺元・福田興司	1139029	環状螢光ランプ用照明器具	{井上員成・松尾治 鈴木政勝
1138992	つかみ機構	中野大典・佐藤正昭	1139030	環状螢光ランプ用照明器具	{井上員成・松尾治 桂秀年
1138993	時計付電気機器の時計駆動機構	岡部堅太郎	1139031	放電灯用安定器のコンデンサ取付構造	岡田恒宏・岩沢清
1138994	半導体装置	前田甫	1139032	放電灯安定器のコンデンサ取付装置	山本千春・添田稔
1138995	細線の接合装置	{山本勇・小倉正久 山崎雅敏	1139033	冷水器付冷蔵庫の水受装置	望月雅之
1138996	励磁切替装置	浅野哲正	1139034	テープレコードのテープ自動反転装置	小幡雅己・山田輝穂
1138997	冷媒圧縮機の弁座板	土屋邦彦	1139035	冷・温水機の給水装置	柴田実
			1139036	自動列車制御装置	鳥居健太・石本正明
			1139037	冷暖房装置または冷温蔵庫	{明石克寛・田中修 福島満
			1139038	冷房装置または冷蔵庫	{明石克寛・田中修 福島満



特許と新案

レコードのプログラム再生装置 (特許 第759602号)

発明者 中村信弘

この発明はレコード盤の任意の部分を選択してくり返し再生を行うレコードのプログラム再生装置に関するものである。

従来のレコード再生ではレコードの一部分を選択再生することが非常に面倒であるが、この発明はかかる欠点を解消したものである。この発明では図1に示すようにピックアップ(2)が θ_1 だけ回転したときこのピックアップと連結させたポテンショメータ(4)の出力電圧を利用している。

図2において(5-1)はピックアップヘッド(2)をレコード盤から離す位置を検出する離針点検出設定用ポテンショメータであり、(5-2)はピックアップヘッド(2)をレコード盤(1)にあてるべき位置を検出する接針点検出設定用ポテンショメータである。(7-11), (7-12)は比較回路、(8)はピックアップヘッド制御装置であり、離針制御装置(8-1), 接針制御装置(8-2), ピックアップの回転制御装置(8-3), 自動再生状態を保持する保持回路(8-4)を少なくとも備えている。

選択再生を行う場合、あらかじめレコード盤上の選択部分の最初と最後の点に対応するピックアップの回転角に相当する電圧に上記接針点検出設定用ポテンショメータ(5-1)と離針点検出設定用ポテンショメータ(5-2)の電圧を設定しておく。

ピックアップが回転して選択部分の最初の位置に来たときピックアップアームの回転により生じるポテンショメータ(4)の出力とポテンショメータ(5)

ー1)の出力とが一致し、その一致信号を接針制御装置が入力してピックアップ(2)を接針動作させて自動再生を開始する。そしてピックアップが回転して選択部分の最後の位置に来たとき比較回路(7-12)の出力を離針制御装置が受けてピックアップの離針動作を行わせる。カウンタ(8-5)によりくり返し再生することができる。

以上で述べたこの発明によればレコード盤の任意の部分を簡単な操作と短いアクセスタイムのもとに選択かつくり返し再生が可能となり、特に学習機器に利用して効果大である。

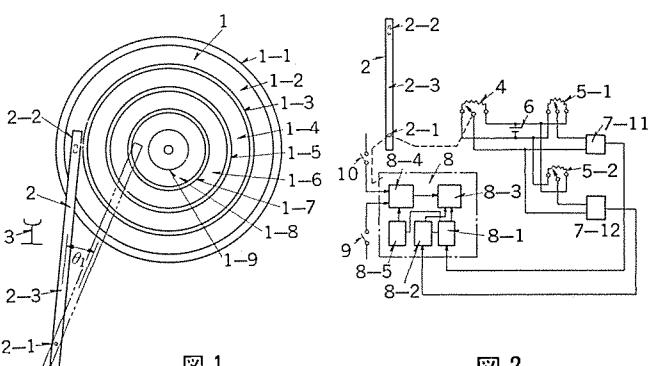


図1

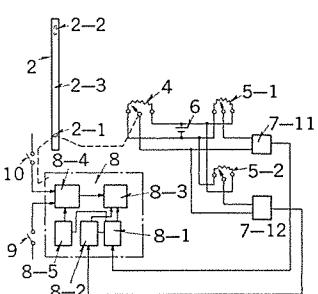


図2

空気清浄装置 (実用新案 第968998号)

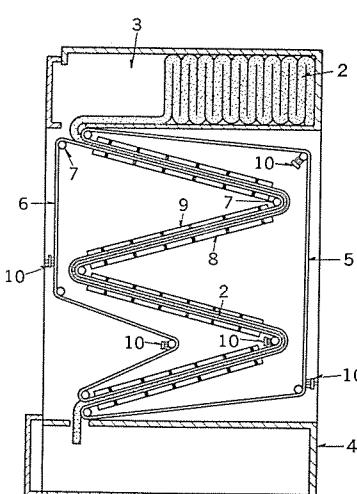
考案者 平山健一

この考案は、空気清浄装置のろ材送り装置に関するものである。

従来のこの種の空気清浄装置においては、長期使用中に汚染空気などによってろ材をきょう(挟)圧するチェーンにじんあいが付着し、このチェーンと鎖車とのかみ合いが悪くなつて、チェーンが外れたり、ろ材にバイアス力が加わって正常ろ材の送りができなくなるよう欠点がある。この考案は図に示すように、駆動源(図示せず)によりガイドローラ(7)を介してチェーン(5)(6)が駆動され、このチェーン(5)(6)により挟圧されたろ材(2)の新しい部分が、ろ材供給部(3)から下方に向って移動し、汚染空気をろ過し、汚染された部材は収納部(4)に収納されるとともに空気流通部に新しいろ材が移動するようにしたものにおいて、上記ろ材(2)の移動時に、伝達機構に接して清浄部材(10)(ワイヤブラシ等)を設けるようにしたものである。

したがつて、この考案によれば、清浄部材(10)によって、ろ材の移動時に清浄部材を自動的に清浄することができるため、チェーンが外れたり、ろ材の送りができなくなるようなことのない優れた実用

的効果を有するものである。



特許と新案

電波的目標探知装置 (特許 第759583号)

発明者 渡 部

優・玉 真 哲 雄・横 尾 正 孝・田 中 安 敏

この発明は不要反射信号を自動的に抑圧する電波的目標探知装置に関するものである。

図において、入力端子(10)にはミキサ(2)および(3)が接続されている。ミキサ(2)には固定局部発振器(1)が接続されていて、入力信号と局部発振信号が混合される。ミキサ(2)の出力は遅延線路(4)によりおおむねレーダパルスくり返し時間に等しい時間遅延される。遅延線路(4)の出力は直接位相検波器(5)にまたミキサ(3)の出力は90°位相器(6)を介して位相検波器(5)にそれぞれ接続されていて、遅延線路(4)の出力信号とミキサ(3)の出力信号の間の位相差に応じた誤差信号が位相検波器(5)で得られる。遅延線路(4)とミキサ(3)の出力は消去回路(7)の入力に接続されていて、この消去回路(7)は2つのIF信号が振幅、位相共に等しいとき出力が零となり、つまり消去が行われ、その出力は消去回路出力端子(11)より導出される。位相検波器(5)の出力はループフィルタ(8)および発振器(9)を介してミキサ(3)に接続される。ループフィルタ(8)は位相検波器(5)ループフィルタ(8)および発振器(9)からなる帰還ループにおいて周波数特性を規定する働きをする。また、発振器(9)は電圧により発振周波数を制御できる発振器である。

一般に、不要目標からの反射信号は長いパルス状をなしているから、帰還ループの応答速度を送信パルス幅より遅くとっておけば、不

要反射信号に対しては帰還ループが働き、遅延を受けた信号と遅延を受けない信号との位相差を零とし消去回路(7)に導入される。送信パルスごとの入力端子(10)における受信信号振幅が等しい場合には、消去回路(7)で消去される。一方、目標物からの反射信号に対しては、帰還ループが応答できず、消去回路端子(11)には

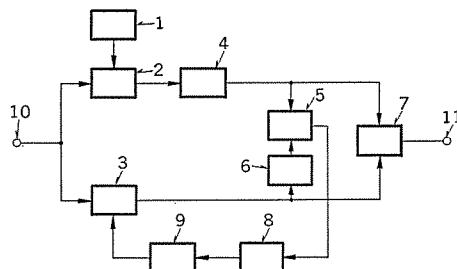
$$ZAS \sin \pi f d T$$

ここで f_d … 受信信号が有するドップラ周波数

T … レーダパルスくり返し周期

A … 遅延線路(4)とミキサ(3)から導出される信号の振幅なる出力が得られる。

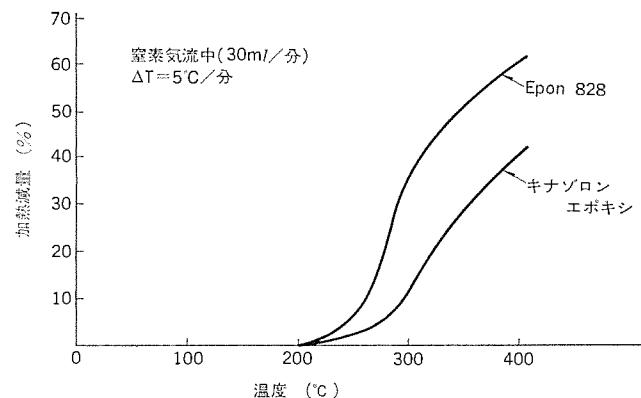
このように、この発明によれば不要目標からの反射信号のみを消去して航空機等の目標物からの反射信号のみを検出し得る。



キナゾロン環含有エポキシ樹脂の製造法 (特許 第686307号)

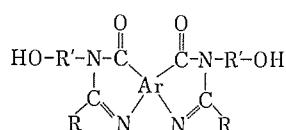
発明者 西崎俊一郎・森脇紀元

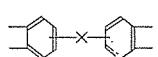
この発明の製造法によって得られるエポキシ樹脂は芳香族複素環の導入にもかかわらず通常の硬化剤とよく相溶し、容易に硬化性組成物をうる点に特徴があり、注形、積層、接着、塗料等に用いて効果の大なるものである。図はこの発明の製造法により得られたキナゾロン環含有エポキシ樹脂の硬化物と従来のビスフェノールA系エポキシ樹脂の硬化物について、熱天びんによってそれぞれ測定された加熱減量曲線であり、この発明によるものが優れていることが明らかである。



この発明はエポキシ基と反応性の基を有する硬化剤によって容易に硬化することができ、特に耐熱性と機械的性質にすぐれた硬化物を与えるキナゾロン環含有エポキシ樹脂の製造法に関するものである。

この発明は、一般式



(式中 Ar は  ,  をあらわし、X は芳香核同志を

直接つなぐ炭素-炭素結合、アルキレン基、-O-, -NH-, -S-, $-SO_2-$, $-C(=O)-NH-$, $-C(=O)-O-$ をあらわし、R はアルキル基、アリル基、R' は芳香族基をあらわす) であらわされるビスキナゾロンフェノールとエピハロゲノヒドリンとを、アルカリ性触媒の存在下に反応させることを特徴とするものである。上記反応に際し、エピハロゲノヒドリンの量はビスキナゾロンフェノールのフェノール部分 1 当量に対し 3~20 当量用いることが好ましく、また反応は常温ないし 100°C 程度で行われる。

高圧コンビネーションパネル<新HCシリーズ>

加来政博*・清水文隆*・徳永光彦*

1. まえがき

3/6 kV 級高圧コンビネーションパネルは、その適用範囲が拡大されるにつれて要求される仕様、機能も多様化している。一方、価格面においても経済性が厳しく要求される。これらもろもろの条件を満足させ、かつ生産性の向上を図るべく、この新 HC シリーズ高圧コンビネーションパネルは、VA 的手法により従来の HC シリーズの全面的見直しを図り、開発されたものである。

以下にこれらの特長、シリーズ構成・構造を中心に紹介する。

2. 特長

2.1 安全性の向上

JEM-1225(高圧コンビネーションスタート) M4, 及び M5 級に適合(HC-X, HC-Y)し、特に、M5 級を主眼に設計している。更に安全インターロックの構造は、シンプルにしてかつ堅ろう・確実にするために電気的・機械的インターロックを兼ね備えたインターロックスイッチ方式を採用し、誤操作・誤動作が生じない機構としている。

2.2 計画が容易である

(1) シリーズが豊富で、適用範囲が広い

①標準引出しタイプの HC-X, ②主ブロックを盤面より操作するタイプの HC-Y, ③NEMA 規格に適合する HC-Z の 3 機種で構成され、広い範囲の仕様要求に適応できる。

(2) 2段積タイプ、3段積タイプいずれも可能である

標準高さ(2,300 mm) 1面においてユニットの段積みが①取扱いを重視した2段積タイプ、②すえ(据)付スペースを有利にする3段積タイプ、いずれをも標準として、顧客の要求により自由に選択できる。

(3) 真空式・気中式のいずれのコンタクタも適用可能

真空式・気中式コンタクタのいずれも標準の台車に積載可能であり、負荷の種類、使用条件等によりコンタクタを選定できる。

(4) 適用負荷容量が大幅に拡大

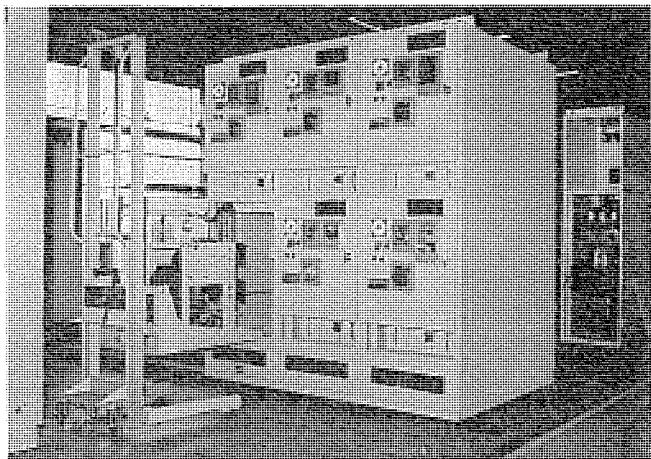


図 1. HC-Y (2段積みの例)

従来の 3/6 kV, 100 A, 200 A シリーズに、新たに 3/6 kV 級 400 A を加え、適用容量の拡大を図った。

2.3 据付け、基礎工事が容易である

(1) 基礎工事が容易

列盤の機会が多い LH 形高圧配電盤(引込盤、トランス盤、しゃ断器盤等)と基礎関係を合わせていて従来に比較し、基礎工事が容易になった。

(2) 母線連結が容易

母線室は盤内に収納されており、引込盤、しゃ断器盤等との列盤を容易にしている。

(3) ケーブル引込み工事が容易

ケーブル引込みスペースが広く、ケーブル工事がやりやすくなっている。

2.4 オプション仕様が豊富

(1) 電源部にシャッタ装置が取付け可能

(2) 負荷のメガリングを盤正面より行うことが可能

(3) 主ブロック引出し用のリフタ上でコンタクタの動作テストが可能

2.5 生産性の向上

新 HC シリーズ高圧コンビネーションパネル(以下新 HC シリーズといふ) HC-X, HC-Y, HC-Z は、それぞれの箱体(フレーム)、及び主ブロックをすべて統一化し、基本構造体に機構部品を追加していくことにより、それぞれの機種が構成できるようにしているため、生産性の向上と、短納期への対応が可能になった。

3. シリーズ構成

新 HC シリーズは、HC-X, HC-Y, HC-Z より構成されているが、図 2 のファミリツリーに示すようにドアを除く基本部分はすべて共通である。このように新 HC シリーズは、従来別々の構造を有していた旧シリーズの HC-E(ドアを開いて主ブロックを操作するタイプ)と、

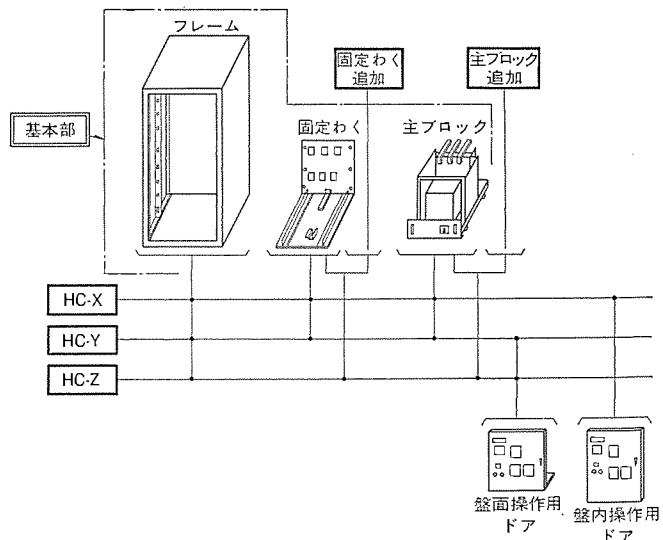


図 2. HC-X, HC-Y, HC-Z ファミリツリー

表 1. シリーズ構成と適合規格

シリーズ	構造	適合規格		回路の接続	形状
		級別	条件		
HC-X	盤内操作 TYPE (ドア開け (主ブロック操作))	JEM 1225 M4/M5	【M4級】 監視制御盤を開いたとき主回路充電部に誤って触れることがないこと また、電力ヒューズ、コンタクタは電源充電部並びに他き電線引出し導体と離隔していること また断路器部でその開閉能力以上の電流を遮断することがないようインタロックを備えていること 【M5級】 更に母線を含む電源充電部はき電線の引出し導体と離隔するが充電部が露出しないよう絶縁被覆されていること	主回路 制御回路	
HC-Y	盤面操作 TYPE (ドア開け (主ブロック) (操作可能))			自動 連結	
HC-Z	NEMA TYPE (ドア閉 (主ブロック) (操作可能))	NEMA ICS-2-324 E2	1. 主回路を切り離す離隔装置を持つこと 2. コンタクタが励磁されているときは離隔装置の操作が不可能なこと 3. 離隔装置は高圧室とのびらと次のインタロックを有すること ①とびらを閉じていなければ断路器を挿入することやコンタクタの励磁ができないこと ②完全挿入位置のときはとびらは開不可能なこと 4. 耐圧(インパルス電圧)が高い 2.5kVにおいてインパルス45kV 5kV " " 60kV		

HC-S (ドアを開いた状態で電源断路器を操作するタイプ) に、新しく輸出向け用として NEMA 規格適合品を加えシリーズ化したもので、基本構体に機構部品を追加することにより、各機種が構成できるところに大きな特長がある。

表 1. はこのシリーズの適合規格、形状関係を示したものである。

3.1 HC-X

前面のドアを開いて主ブロックを操作するはん(汎用)用タイプである。

3.2 HC-Y

主ブロックの操作は、前面のドアを開いた状態で行えるようにした盤面断路器操作形である。

なお、運転中はドアが開かないように、ドア部にインタロックを設けている。(このインタロックは、人為的に解除可能)

3.3 HC-Z

HC-Z は、輸出商談の増加に伴い、このシリーズに加えたもので、NEMA (National Electrical Manufacturers Association) の 2.5/5 kV 級の汎用交流コンタクタ、E 級コントローラ ICS-2-324、E₂ 級(表 1. 参照)に適合するもので、主ブロックの前面を高圧室のとびらとし、このとびらと主ブロックとの間にインタロック装置を設けているのが特長である。

4. 構造とインタロック装置

4.1 各部の構造

4.1.1 フレーム

従来のユニット積上げ方式を 1 面 1 フレーム方式とし、生産性の効率化を図った。各ユニット(上・下ユニット)間の仕切りは、固定わく(4.1.2 項参照)で行う。

4.1.2 固定わく

固定わくは、各ユニットの仕切りと主ブロック用のわく組を構成するもので、この固定わくには主回路の固定側ジャンクション、裏面に CT

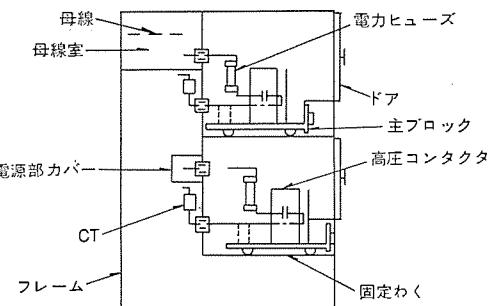


図 3. 構造 (HC-Y 2段積みの例)

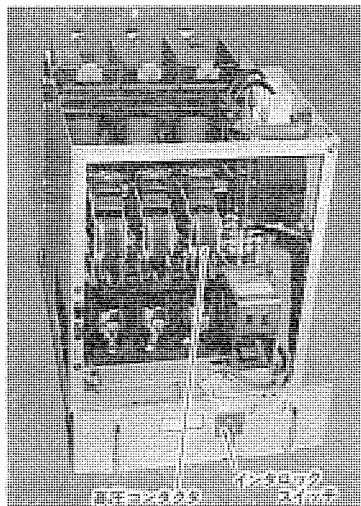


図 4. 主ブロック

(計器用変流器)、床部にレール、アース端子、及びインタロック用当板を設けている。

4.1.3 主ブロック

主ブロックには、主要器具及びインタロック装置が組込まれている。すなわち前方に高圧コンタクタ、後方に PF (電力ヒューズ)，右上部に操作電源用トランジスタを積載しており、前面下部にインタロックスイッチととってを取付けた化粧パネルを設けている。主ブロックの前面は、保護用のガード (HC-X, HC-Y)，又はとびら (HC-Z) となっている。後面には、主回路電源、及び負荷側ジャンクションが設けられており、主ブロックを操作することにより主回路が自動連結される。制御回路は、手動差し込み形の端子としており主ブロック前面に設けている。

4.1.4 母線室

母線室は、フレーム内部の後面上部に納められており、この母線より各ユニットの電源端子までは、絶縁電線により配線されている。この電源ケーブル室は、仕切り板で離隔されている。(ただし JEM-1225, M4 級適合の場合を除く)，もちろんこの母線室は、下部の負荷ケーブル室とは仕切られている。

4.2 インタロック

4.2.1 インタロックスイッチ

インタロックスイッチは、主ブロック操作時における誤動作を、電気的・機械的に完全に防止するもので、主ブロック操作時にはこのインタロックスイッチを必ず操作しなければならず、このときコンタクタを開放する。特にラッチ式(瞬動式)コンタクタのときは、このインタロックスイッチとコンタクタのトリップ機構とを係合させ、コンタクタを機械的にも開放させる方式を採用している。

このインタロックスイッチは、切換スイッチ(電気的回路を構成する)に

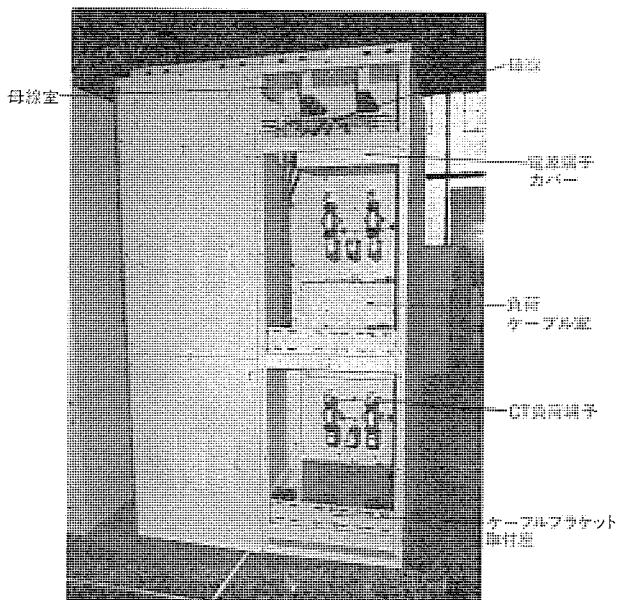


図 5. 母線室・ケーブル室

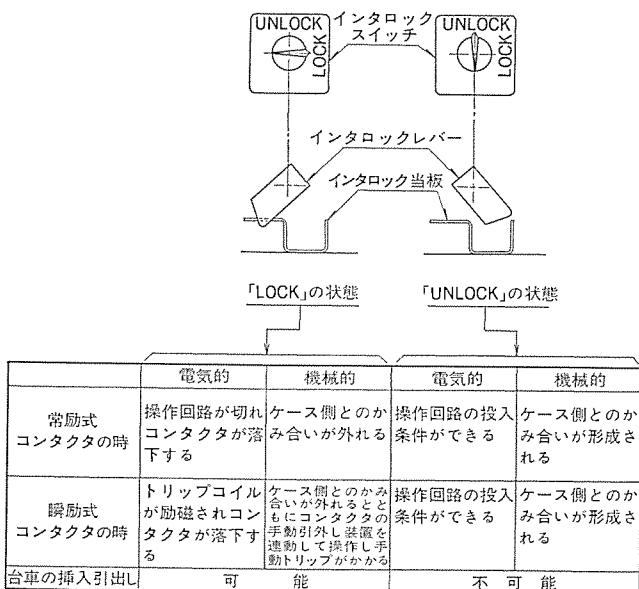


図 6. インタロックスイッチの動作

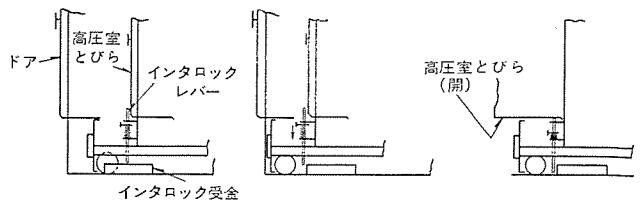
機械的 インタロック 機構を設けたもので「LOCK」の状態では、高圧コンタクタの投入回路が形成されるとともに、インタロックレバーが固定わくに設けられている インタロック 当板に係合して、主 ブロックの操作が不可能になる。また、この インタロックスイッチ を「UNLOCK」にすると、インタロックレバーと インタロック 当板との係合が外れると同時に、コンタクタを トリップ し主 ブロック の操作を可能にする。更に主 ブロック が完全にそろ(挿)入されていない状態(主回路が不完全接触のとき)では、インタロックスイッチ を「LOCK」にすることが必ず投入回路が形成されないため、コンタクタを入れることができない。

4.2.2 HC-Y のインタロック

HC-Y は、上記 インタロックスイッチ に加え、ドア部に インタロックピン を設け(表 1. 参照)、主 ブロック が挿入位置にあるときは、ドアが開かない構造としている。

4.2.3 HC-Z のインタロック

HC-Z は、主 ブロック の前面を高圧室のとびらとしており、台車とこの高圧室とびらとの間に下記 インタロック を設けている。



(a) 完全挿入位置 (b) 完全断路位置 (c) 高圧室とびら開

図 7. HC-Z の インタロック

(1) 主 ブロック が完全挿入位置では、高圧室とびらは開くことができない。

図 7. (a) のように主 ブロック が完全挿入位置にあるときは、インタロックレバーが固定わくに設けられている インタロック 受金に当たり下方に下げることができず高圧室とびらを開けることができない。また図 7. (b) のように主 ブロック を完全断路位置まで引き出すと インタロックレバー を下げることが可能になり、高圧室とびらを開くことができる。

(2) 高圧室とびらが開いているときは、主 ブロック を挿入することができない。

図 7. (c) のように高圧室とびらが開いている状態では、インタロックレバーが押し下げられており、この インタロックレバー が インタロック 受金にあたるため、主 ブロック は挿入ができない。

5. 過電流強度と保護協調

図 8. に新 HC シリーズ の保護協調曲線の 1 例 (6 kV, 400 A) を示す。図からも分かるように、過電流領域は 3E リレー(又は過電流继電器)にて保護を行い、短絡電流領域は電力ヒューズで行うように協調を図っている。特に 400 A 級の電力ヒューズと コンタクタ の協調については、技術的に困難を伴うところであるが、高しや断容量の当社製高圧コンタクタとの組合せにより、その協調も十分図られている。

6. 主要部品定格と適用容量

3 kV, 6 kV, 400 A クラス を シリーズ 化したことにより、従来、しゃ

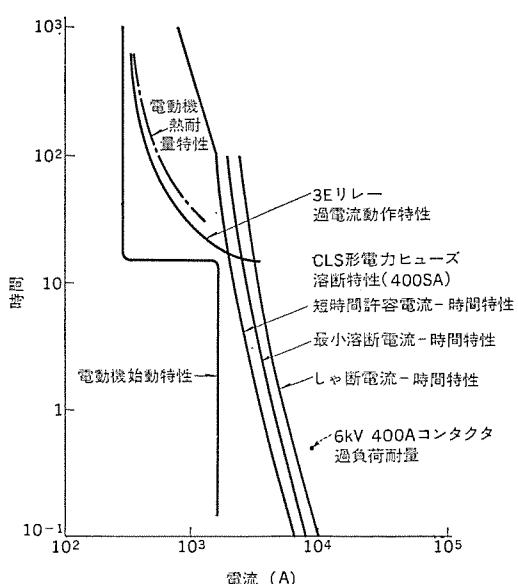


図 8. 保護協調曲線 (6 kV 400 A の例)

表 2. 主要部品定格

主要部品	回路電圧	3 kV	6 kV
電力ヒューズ		CLS-M 形 3.6 kV 250 MVA 50 SA, 100 SA, 200 SA 300 SA, 400 SA	CLS-PB 形 7.2 kV 500 MVA 50SA, 100SA 300 SA, 400 SA
高圧コンタクタ (気中式)		SH-S 形 3.3 kV	SH-W 形 3.3 kV
操作電源		25 MVA 750 V ATR 100 A, 200 A	50 MVA 400 A
高圧コンタクタ (真空式)		3-VZ 形 3.3 kV 25 MVA 200 A, 400 A	6-VZ 形 6.6 kV 50 MVA 200 A, 400 A

表 3. 適用負荷容量

電圧	コンタクタ	負荷の種類	最大負荷容量
3 kV	気中式	IM (電動機)	1,500 kW
		Tr (変圧器)	2,000 kVA
		C (コンデンサ)	700 kVA
	真空式	IM	1,500 kW
		Tr	2,000 kVA
		C	700 kVA
6 kV	気中式	IM	3,000 kW
		Tr	4,000 kVA
		C	
	真空式	IM	3,000 kW
		Tr	4,000 kVA
		C	1,400 kVA

断器盤の範囲となっていたこのクラスのものを、経済的なコンビネーションパネルとすることができる。表 2. に新 HC シリーズの主要部品定格、表 3. に適用可能な負荷容量を示す。

7. 標準シーケンス

図 9. IC標準シーケンス (HC-X, Y, Z 共通) を示す。

8. 盤寸法

新 HC シリーズの定格、段積み別の外形寸法を図 10. に示す。

9. 応用シリーズ

応用シリーズは、減圧始動方式の外、各種応用の盤を製作することができる。

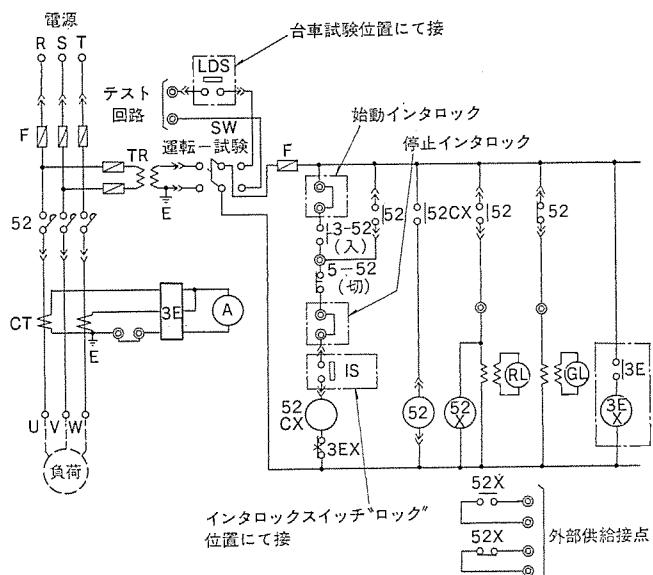


図 9. 展開接続図 (じか入れ、気中コンタクタの場合)

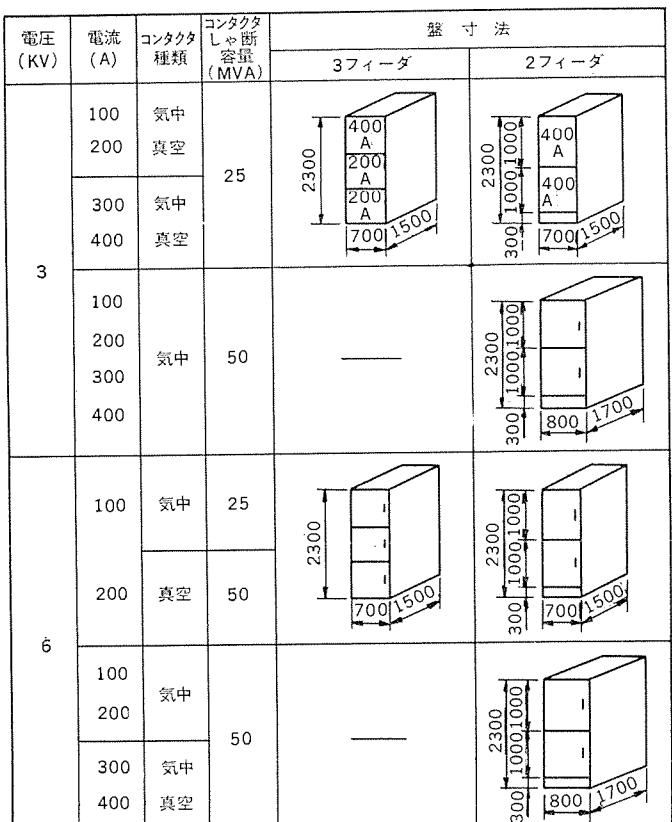


図 10. 盤寸法表

10. むすび

新 HC シリーズは、適用容量の拡大や多様化する客先仕様を、効率よく生産に結びつけることを最大の目標として開発したもので、発売開始以来 100 余台を製作・納入しその成果が実証されつつある。

今後とも、国内各分野における適用範囲の拡大、輸出の拡大など伸展を期待している。

省エネルギーのための電力管理用機器

西岡 隆文*・水原 博久*

1. まえがき

電力の省エネルギーの問題は、社会的な重要課題となっており、電力需要家において、より適切な電力の計測・監視・制御を行い、電力の安定した供給を受けると同時に、省エネルギーを目的とした電力の合理的な使用が求められている。

- 省電力の方法としては、次の3点が考えられる。すなわち、
(1) 不必要な電力使用を抑止する。
(2) 設備・機器の高効率化を図り、消費電力を低減する。
(3) 負荷の最適運転により、負荷率の改善を図り、ピークの出現を極力抑止する。

更に、日常の保守点検、データの収集等を通じ、現状の正確なは(把)握を行い、データの分析と計画立案をもとに省エネルギーを志向する方策を追求することが重要である。

本文は種々の電力管理計器を、紹介するものである。

2. 電気料金

電力が合理的に使用されているかどうかを判断する基準の1つに、電気料金を指標とする方法がある。高圧電力・特別高圧電力の需要家の電気料金の体系は、契約電力で決まる基本料金と、使用した電力量で算定される電力量料金の2本立てからなっている。そしてそれらの料金は電力の効率的使用に対する割安に、非効率的使用に対する割高になるような体系となっている。したがって一定の負荷をどれだけの電気料金で運転するかが、効率的運転を行ったか否かの目安となる。

基本料金は契約電力が決まるのであるが、デマンドが契約電力を超過した部分については一般料金より約20%割増しの特別料金の1.5倍の違約金が徴収される。あるいはデマンドが契約電力以下であっても割引ではなく契約電力通りの基本料金が徴収される。また、この基本料金には使用した電力の力率により力率割引が適用されており、遅れ85%を基準として、これより力率が1%改善されるごとに1%割引され、逆に1%悪くなるごとに1%割増しされる。また力率が進みであった場合は力率は100%とみなされる。

電力量料金は契約電力と基準電力の比で決まる基準電力量について一般料金が適用され、これを超過した部分については約20%割増しの特別料金が適用される。

以上の料金体系より、電力管理の方策としては

- (1) 電力量料金を低減するために電力量の使用量を節減する。
(2) 基本料金の超過を防ぐためにデマンドが契約電力を超過しないように監視する。更に負荷のピークを抑止することにより契約電力

表 1. 電気料金体系

$$\begin{aligned} \text{電気料金} &= [\text{契約電力(kW)}] \times [\text{基本料金率(円/kW)}] \times \left[\frac{1 + \frac{85\%}{100\%} - \text{平均力率(\%)} }{100\%} \right] \\ &+ [\text{電力量(kWh)}] \times [\text{電力量料金率(円/kWh)}] \end{aligned}$$

表 2. 電力料金表の1例

料 金	基 本 料 金 (円/kW)				電 力 量 料 金 (円/kWh)			
	高 壓 電 力		特 別 高 壓 電 力		高 壓 電 力		特 別 高 壓 電 力	
	甲	乙	A	B	甲	乙	A	B
一般料金	865.00	1,120.00	1,085.00	1,060.00	8.90	8.55	8.30	8.15
特別料金	1,038.00	1,344.00	1,302.00	1,272.00	10.68	10.26	9.96	9.78

をも低減することも可能である。

- (3) 力率割引を適用できるように回路の力率を改善する。
の3項目が重要である。

3. デマンドの管理

デマンド管理の基本は、契約電力を適正な値に設定すること、及び、デマンドが契約電力を超過しないようにすることである。契約電力を適正な値に設定するためには受電設備の負荷曲線を調査・分析することにより、負荷の時差運転・制限運転・深夜電力の利用等で負荷のピークを抑止し、負荷率の改善を図る。これにより契約電力が平均の負荷に対し過大にならないよう設定することが省エネルギーや(電力料金体系)の面から有利である。次にデマンドが契約電力を超過しないように監視し、超過のおそれがある場合は不要不急負荷をしゃ断するなどの処置が必要である。デマンド管理用の機器はこうした背景から種々の機能を持ったものが要求されている。

デマンド管理用機器に要求される機能としては、デマンド計測に関する諸データの表示、契約電力をデマンド値が超過するおそれのある場合は警報の発生、同時に負荷制御信号を出力することによる負荷の自動しゃ断、並びにデマンド値の記録などがあり、規模や用途あるいは負荷の状況などに応じて、上記の機能を種々に組合せたものが製作されている。以下にデマンド管理装置の具体例について詳述する。

3.1 1 警報デマンドメータ (HK-2 BSH 形、図 1.)

デマンドの使用量に対して設定された2段階の警報値により2段階の

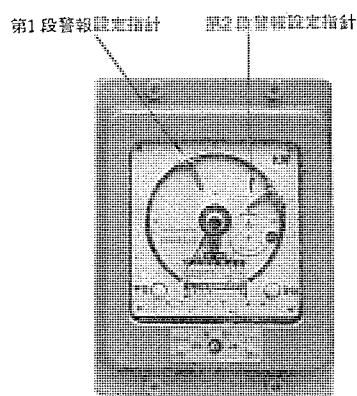


図 1. 警報 デマンドメータ HK-2 BSH 形

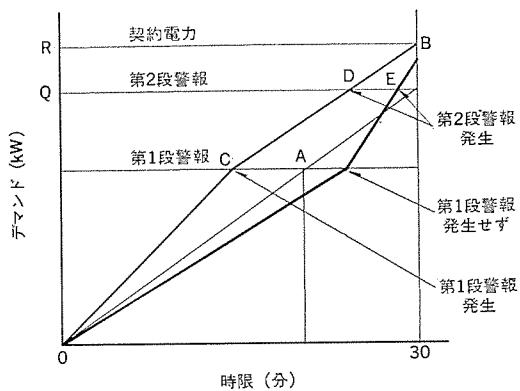


図 2. 警報 デマンドメータ HK-2 BSH 形動作説明図

警報を発生する デマンドメータである。第 1 段階警報の設定は目標とする デマンド 値の 60 %, 70 %, 80 %, 90 % 及び 95 % のうちいずれかを選択する。図 2.において、この警報値に対応する デマンド 時限より早く デマンド 値が警報値に達すると (C 点) 第 1 段警報接点信号を出力する。またこの時に目盛板右側に設けられた許容負荷表示ダイヤルにより、超過を防止するにはいくらの負荷にすればよいかを % 目盛りで読みとることができる。第 2 段警報は契約電力よりやや低めの値にするのが好ましい。デマンド 値がこの値に達すると (D, E 点) 無条件に第 2 段警報接点信号を出力する。

これらの警報接点にランプ、ベル、ブザーを接続し、動作させ、同時に許容負荷ダイヤルを利用して制御する負荷を決め、負荷しゃ断を行えば、デマンド の契約電力超過を防止することができる。

3.2 デマンド監視装置

(MICAM-DM形、図 3.)

デマンド が契約電力を超過するのを防止するため、電力の使用状況を連続的に監視し、その時点までの デマンド とその時点における電力とによって、 デマンド 時限終了時における デマンド 値を予測して契約電力を超過する場合に警報を発する装置である。

デマンド 監視の機能は 4 図に示すように、 デマンド 時限 (30分) ごとにリセットする 30 分カウントと 1 分ごとにリセットする 1 分カウント

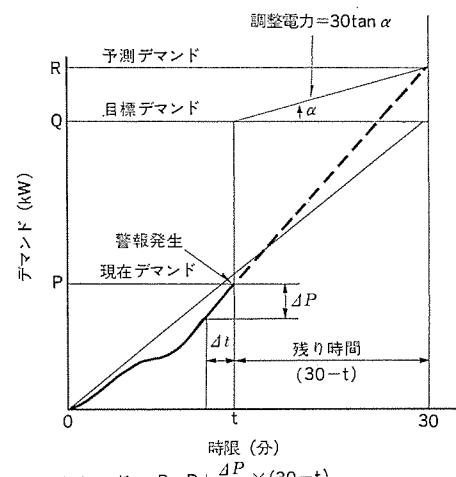


図 4. デマンド 監視・制御記録装置動作説明図

でカウントし、1分カウントのリセット直前の値 (ΔP) と残り時間 ($30-t$) とを乗算回路で積を求め、この値に30分カウントの計数値 (P) を加算回路で加え、 デマンド 時限終了時における最終 デマンド の予測値 $\{P + \Delta P \times (30-t)\}$ として表示する。

この予測 デマンド の値をあらかじめ設定した契約電力と比較し、超過すれば接点などの警報信号を発生させ、また一度超過しても予測 デマンド の値が契約電力以下となれば、警報を解除する。警報信号回路に、 デマンド 値が超過した場合に電力供給を停止可能な機器を接続しておけば、制御もあわせ可能となる。なお、30分時限の始めにおいては予測 デマンド 値が大きく変動するので、時限最初の5分間は警報信号を発生させないようにしている。

この装置は予測値の演算により デマンド の超過を早期に知ることができるようにその調整量が表示され、しかもそれに応じて警報信号が输出され、しかも演算は1分ごとに更新されるなど極めて合理的でしかも有効な装置である。

4. 力率の管理

力率の管理は負荷の無効電力分に対応して電力用 コンデンサ の投入量を調整し、負荷回路の力率を 100 % に維持して配電線での電力損失の軽減、力率割引による電気代の基本料金の低減、電圧の安定化などを目的としている。

負荷の無効電力分の大きさ・時間的変化の実態を調査して適正なコンデンサ 容量・制御方式を決定する。電力用 コンデンサ を當時全部投入しておけば最高の力率が得られるが、夜間・休日等の軽負荷時には極端な進相力率になり異常電圧を生じるとか、配電線の損失が増すなど、種々の悪影響をもたらすので、負荷変動に対応して コンデンサ の投入量を調整する必要がある。

4.1 タイムスイッチ方式

一定期間における無効電力の変動周期が予測できる場合には時間による制御方式が適している。力率改善用 タイムスイッチ (TS-53-EX 形、図 5.) を用いてしゃ断器又は開閉器を操作し力率改善を行う。日曜・祭日等の休日には コンデンサ を投入しないようにした 1 か月周期用として月間 タイムスイッチ を組合せる方法もある。

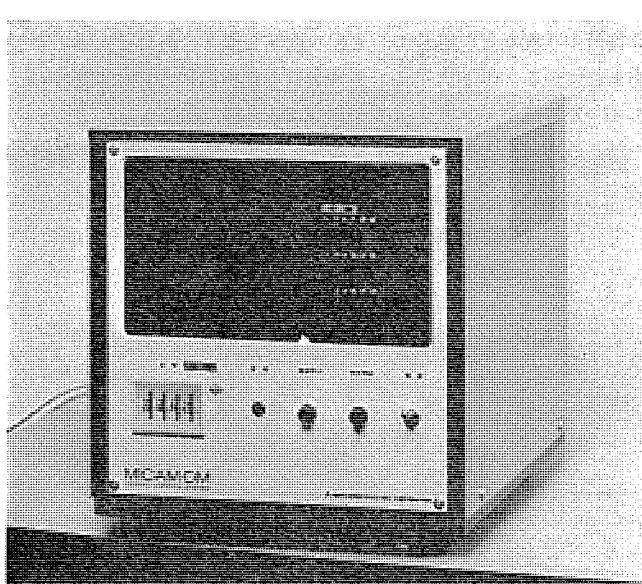


図 3. デマンド 監視装置

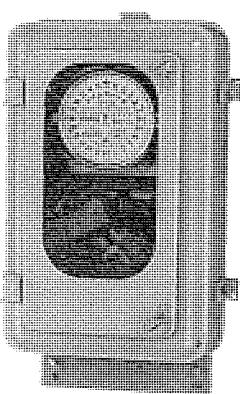


図 5. 力率調整用 タイムスイッチ TS-53 EX 形

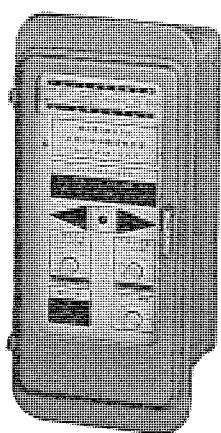


図 6. 3 相力率自動調整装置 MICAM-VAR 形

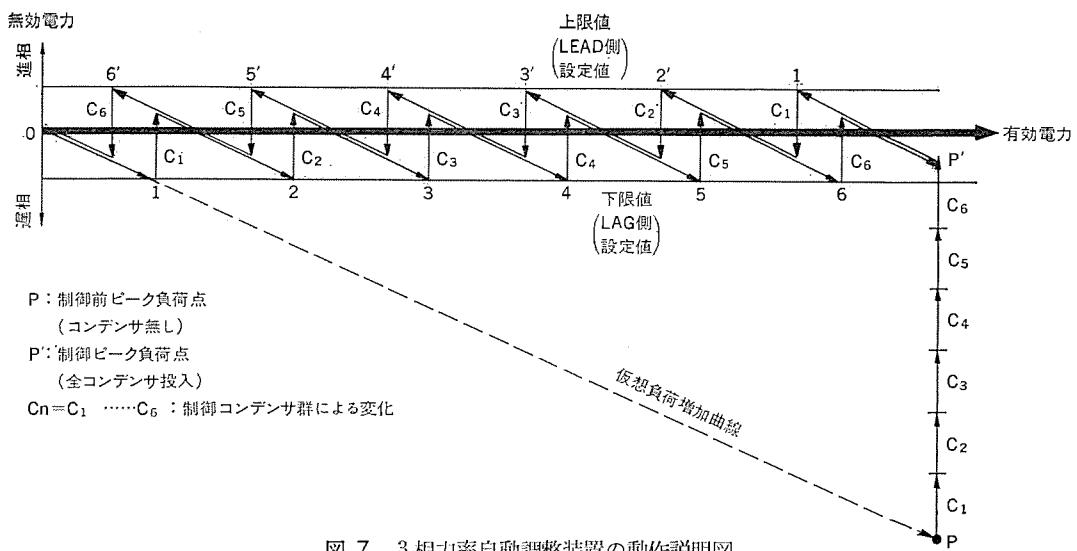


表 3. 発信装置の種類

方 式	形 名	シ ン ボ ル	容 量	用 途	出 力 パ ル ス 数
トランジスタ式	K ₁		DC10V40mA以下 受量器3台以内	デマンドメータ、総合メータ等精度を要する計器の直接駆動用	9,000P/kWh(2次)
サイリスタ式	K ₉		AC110V 0.5A以下	記録積算計器の直接駆動用	1P/乗率kWh(1次)
リードスイッチ式	K ₅		DC100V 50mA以下 (火花消去器内付)	カウンタの直接駆動用	1P/乗率kWh(1次)
フォトトランジスタ式	K ₁₀		AC 50VA以下 110V以下 0.5A以下 DC 10VA以下 110V以下 0.1A以下	カウンタの直接駆動用	10P/乗率kWh(1次)

4.2 無効電力自動調整装置 (MICAM-VAR 形, 図 6.)

無効電力を測定し、その値があらかじめ設定した設定値より遅れていくとコンデンサの投入指令を、また、設定値より進んでいればコンデンサの引外し指令を発信して、コンデンサバンクを適当な時間遅れをもたせて順次サイクリックに投入又は引外しを行い、全負荷回路の無効電力が所定の範囲内におさまるよう自動調整する装置である。図7.により動作を説明すると、制御コンデンサは6バック等容量とし、O～Pは制御コンデンサなしの場合の仮想負荷増加曲線で、負荷が増加しその無効電力値が下限値をこえると1の点でC₁が投入される。更に負荷が増加すればC₂、C₃～C₆まで順次投入される。逆にピーク時から負荷が減少して、その無効電力値が上限値をこえると、サイクリック動作により、まずC₁のコンデンサがしゃ断される。更に負荷が減少していくければC₂、C₃～C₆まで順次しゃ断し、常に系統無効電力を一定範囲に保持する。

5. 電力量の管理

電力量を管理するには、全消費量だけでなく各フィーダ、設備・機器の負荷曲線の調査・分析が必要である。これらのデータをもとにして次のような管理を行う。

- (1) 電力使用状況の把握
- (2) 電力の合理的利用方法の立案

(3) 電力単位の立案

(4) 原価計算

そしてこれらのデータ収集のために発信装置付電力量計、カウンタ、記録計等の機器が必要である。

5.1 発信装置付電力量計

電力需給の合理化、管理の能率化を図るために、使用電力量に比例したパルス信号を外部に発信する機構を備えた電力量計で、次の形式があり、用途、精度に適応するものを使用する。

(1) K 1 形……電力量計の回転円

板と同軸に取付けられた切欠きのある回転しゃへい板と、それをはさむ3対のコイルで円板の回転数に

比例した9,000 P/kWh(2次)の高精度の無接点パルス信号を発信する。(図8.)

(2) K 5 形……計量装置の最小位の回転軸に直結された永久磁石により対向して取付けられているリードスイッチをON・OFFして1パルスが電力量計と同じ乗率となる無電圧a接点形式で発信する。

(3) K 9 形……計量装置の最小位の回転軸の回転により永久磁石

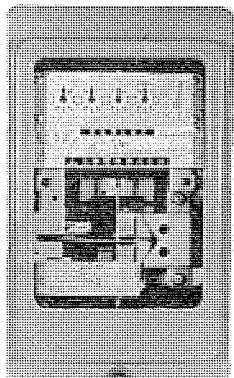


図 8. 発信装置付電力量計 MS-63 K 1 VR 形

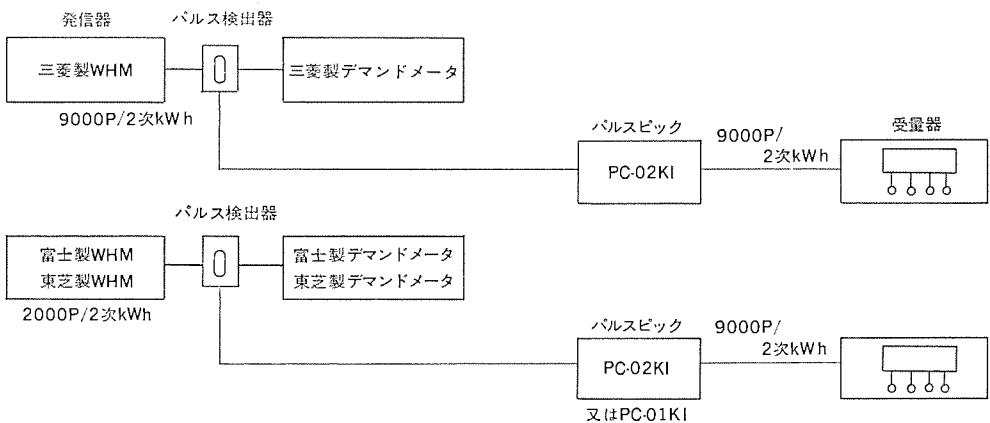


図 9. パルスピックによるパルスの利用

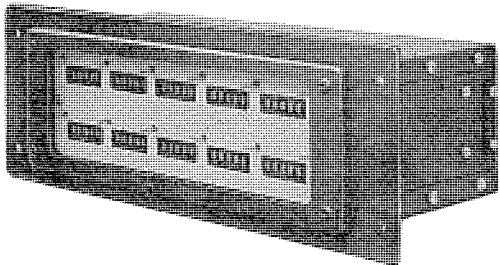


図 10. 電磁カウンタ 10回路用 (MT-10 D形)

を回転させ、2個のリードスイッチを交互にON・OFFさせてサイリスタを制御する。パルスが電力量計と同じ乗率となる交流用無電圧c接点形式で発信する。

(4) K10形……計量装置の最小位の回転軸の回転により切欠き付しゃへい板を回転し、フォトトランジスタをON・OFFさせて発信させる。パルスが電力量計の1/10の乗率となる無電圧a接点形式で発信する。

これらの発信装置の仕様を表3.に示す。

大口電力需要家の場合、パルス分離器(当社形名PC-02K1等)を使用することにより管理用電力量計からのパルス信号を利用すれば電力管理に大きな効果をもたらす。図9.に組合せの1例を示す。

5.2 電力量の表示・記録

工場やビルの電力の使用状況を測定する方法として、発信装置付計器からのパルスを中心伝送し、カウンタで計量し、一括表示する方法と、印字式積算記録計を用いる方式とが普及している。表示方法としては、1回路用(MT-4D形)、10回路用(MT-10D形)、20回路用(MT-20D形)があり、印字式記録計には、1回路用(MZ-6形)、2回路用(MZ-20形)、4回路用(MZ-40形)及び1回路用で累計と差の記録のできるMZ-61形とがあり広く用いられている。図10.に10回路用の受量器を示す。

5.3 電力の記録

直動形のペン書き式記録形で、瞬時電力をアナログ的に記録するもので負荷の変動状況、瞬間的な最大・最小値を知るのに効果的である。電力のほかに電圧・電流・無効電力・力率・周波数の測定もできる。

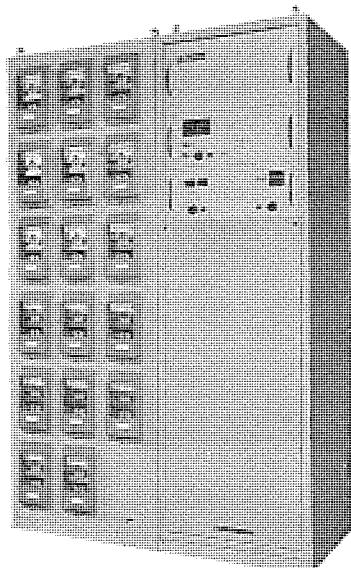


図 11. データロガー MICAM-3000形

6. データロガー (MICAM-3000形 図11.)

電力管理上必要な諸データを収集し、日報作成を行い、省力化をはかる一方、省エネルギーのためのデータを収集する装置として、データロガーを用いることが望ましい。このデータロガーは平常時には受電・変圧器2次・フィーダ等の電気量や温度、流量などの各種データを一定時間ごとに自動記録する。また、デマンド超過の恐れが生じた等の異常時あるいは地絡発生等の事故時又は機器の運転・停止時にはその時刻と項目名及びその状況を記録し、必要あれば警報を発生する。更に種々の入力信号によりあらかじめプログラムされた手順で出力信号を発信し、機器・設備の制御をも自動的に行うシステムである。このシステムの導入効果として、

- (1) 正確迅速なデータの収集
- (2) データ処理の省力化
- (3) 中央での監視・制御による設備の総合的運用
- (4) 将来計画に有効なデータの提供

等が掲げられる。主な機能は次のとおりである。

①データ記録、②データ表示、③デマンド表示・警報、④運転・故障記録、⑤上下限監視、⑥合計・平均・負荷率等の演算

また、この装置は特に導入しやすいように hen(汎)用化・低価格化を図って設計している。

7. むすび

電力管理用機器による電力の合理的な利用と省エネルギー化について当社製品を例にして、電力量・デマンド・力率の3要素に分けて管理方法を説明したが、今後とも、電力供給能力のひっ迫が予想され、電力需要家において、これらの計測・監視・制御機器の必要性は増大するものと思われる。この分野の機器も電子応用機器が中心となってきており、マイクロコンピュータの応用等により、高度の演算処理機能を持つ機器が普及しつつある。その意味で、ここに紹介した機器も電力需要家の期待に添いうるものと考え、更に、業種別に最適な機器を開発することが大切であると考える。

大容量かご形ポールチェンジ荷役ワインチ用電機品

前田文生*・鎌水律夫*・木戸正克*

1. まえがき

最近の海運界ではライナー(定期船)とトランパー(不定期船)の両方に供し得るワールドワイドサービスの船形として両者を組合せたライナー(Liner)とかRoll on/Roll off積込方式の頭文字を採ったRo-Roライナーなど種々の新造語で象徴されるように各種の多目的貨物船が各造船所で建造され、これらにとう(搭)載される甲板機械の性能や信頼性の向上に対する要求は一段と高まっている。各種荷役機械、特に荷役ワインチ用電機品は当社創業以来の歴史をもつ船用電機品の中でも不断の新技術開発と実用化に努めてきた分野であるが今回、単機容量で80kWという高ひん(頻)度の始動、制動を繰り返す機器としては、かつて類例のない世界的な大容量のかご形ポールチェンジ誘導電動機を開発しサイリスタ制御によるソフトスタート方式と組合せ安定した荷役操作が得られる画期的なコントロールシステムの荷役電機品を作成したので、電動機を主体にその構造や特長、制御装置の概要及び種々の試験結果について紹介する。

2. 装置の概要及び仕様

この電機品はデリックタイプのベレーシップシエイプクレーン(Velle Ship Shape Crane)用として製作されたもので下記に注文元及び機器の仕様を

表 1. 25トンベレーシップクレーン仕様一覧

用 途	ホイスティングウインチ (巻上用)	トッピングウインチ (俯仰用)	スリューウインチ (旋回用)	
ウ イ ナ チ 定 格	3.5/7t×112/ 56/23.5m/min	3.5/7t×112/ 56/23.5m/min	3.5/7t×60/ 30/12.5m/min	
機 械 部 分	主巻脚直径(mm) " 長さ(mm) ロープ直径(mm) 巻取長さ(m)	600 760+390 24, 24 180×1, 130×1	600 450+450 24 126×2	600 300+300 24 74×2
電 動 機	電 源 力(kW) 極 数 回転数(rpm) 定格形式 絶縁 ブレーキ	380V 50Hz 80/80/33.6 4/8/16 1,380/690/290 ED 40/40/40% 全閉防水形, 他力 通風式 F種 〔全閉防水形 直流電磁ディスクブレーキ内蔵 定格トルク 250kg-m〕	380V 50Hz 80/80/33.6 4/8/16 1,380/690/290 ED 25/25/25% 全閉防水形, 他力 通風式 F種 〔全閉防水形 直流電磁ディスクブレーキ内蔵 定格トルク 250kg-m〕	380V 50Hz 45/45/19 4/8/16 1,420/670/285 ED 25/25/25% 全閉防水形, 他力 通風式 F種 〔全閉防水形 直流電磁ディスクブレーキ内蔵 定格トルク 120kg-m〕
制 御 装 置	方 式 操 作 電 源 主幹制御器 接 触 器 盤 回転数検出器	電磁式極数変換 380V 50Hz 全閉防水 スタン F形 防滴 自立形 —	電磁式極数変換及 びサイリスタ式1 次電圧制御 380V 50Hz 全閉防水 スタン D形 防滴 自立形 スプロケット及び 電磁パルス検出器	電磁式極数変換及 びサイリスタ式1 次電圧制御 380V 50Hz 全閉防水 スタン D形 防滴 自立形 スプロケット及び 電磁パルス検出器

示す。

注 文 元 三菱重工業(株)横浜造船所

建 造 番 船 986, 987, 988

船 主 SITRAM(象牙海岸共和国)

用 途 ベレーシップシエイプクレーン

表 1. に 25 トンベレーシップシエイプクレーンの仕様を示す。

3. ベレーシップシエイプクレーンの操作原理と特長

ベレーシップシエイプクレーン(以下ベレーカーと呼ぶ)式荷役方式は、ベレー船長により考案された一般貨物用のガレス荷役方式で、その機能はデリックブームの振出角が両げん(舷)130°近くまでしか取れぬ事を除いてはデッキクレーンと同等である。図1.に25トンベレーカーの装置図を示す。

ベレーカーの操作原理はデリックポストに対しホイスティング(巻上げ)、トッピング(ふ(俯)仰), スリューイング(旋回)の3台のワインチを運動させて荷役を行うもので、そのうちホイスティングワインチはカーゴフックの巻上げ及び巻下げに使うワインチでワイヤロープを巻込み方向に運転すれば先端のフックはロープスピードの1/4の速度で上方に巻上げられる。トッピングワインチはデリックブームの上下、俯仰用に、またスリューイングワインチは旋回用に使うワインチで、トッピングとスリューイングワインチは互いに運動しており、スリューイングワインチを停止させトッピングワインチを巻込み方向に運転すればデリックブームは俯仰する。その場合フックの高さは変わらず水平方向に引き込まれるだけである。次にトッピングワインチを停止させ、仮にスリューイングワインチの右側のワイヤドラムを繰り出し運転すると、左側のワイヤドラムはロープを巻むようにしてあるのでデリックブームは左側に旋回することになる。したがって3台のワインチを運動させることによって荷を自由自在に移動することができる。この荷役方式はデッキクレーンに劣らぬ機能をもち、その構造が簡単なことからデッキクレーンに比較して次の利点がある。

(1) イニシャルコスト、設備費用の廉価。

(2) 保守費用が少なくてすむ。

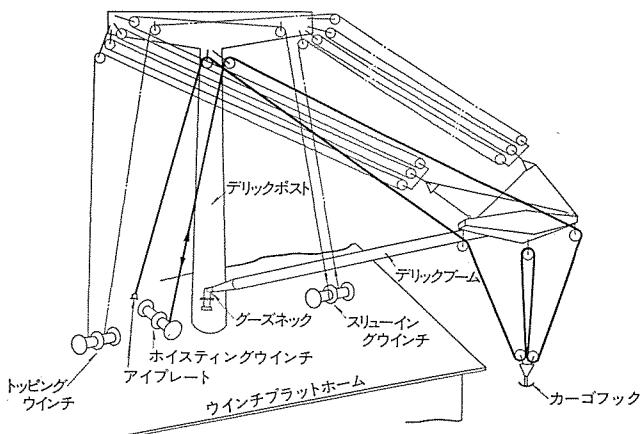


図 1. 25 トンベレーシップクレーンの装置図

- (3) 取付構造部材の軽量化とその費用の低廉。
- (4) 振り回し慣性が小さい。
- (5) 船体傾斜 15° くらいまで使用可能 (デッキクレーンは 5~7°)。
- 従来のデリックによる荷役方式と比べると
- (1) いつでも使用できる状態にある。
 - (2) 大きな荷役範囲をもち貨物は望みの位置に容易に置くことができる。
 - (3) ブリベンターガイ不要のため甲板すえ(据)付面積が大きくとれる。
 - (4) 索取りが簡単なためロープが交さすることがない。
- 以上の利点をもつが、ガイルス荷役方式のため最大振出角が小さく貨物の擺れが大きいという欠点がある。

4. ベレーカークレーンの荷役サイクル

荷役 ウィンチ用電動機を設計する上で最も重要な要素は荷役サイクル(デューティサイクル)である。本機の場合はベビーカーであるためスピードが遅く、図2. のように製作仕様として示された計画サイクルでは一般的な荷役 ウィンチに比べかなり緩やかなサイクルである。しかし、実際の荷役サイクルはオペレータの操作技術によって大きく変わり、熟練したオペレーターであれば図3. のように最短の経路を通って荷役を行うことになり、ホイストイング ウィンチの休止時間は荷物の掛け外し時だけといふ極端に過酷な使用をされることになる。しかし荷役 ウィンチ用電動機としては当然このような使用にも耐えるものでなければ実用には供給得ない。したがって本機の製作にあたっては図3. の荷役サイクルを対象にして設計を行った。

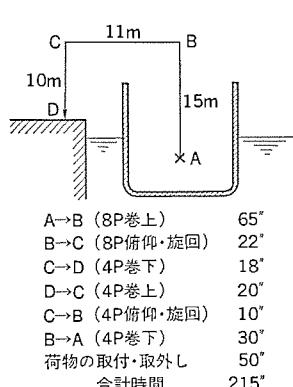


図2. 基本的標準荷役サイクル

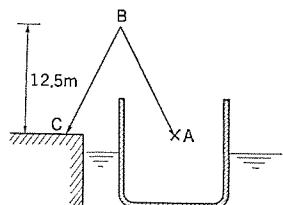


図3. 過酷条件時の荷役サイクル

5. 荷役 ウィンチ用電動機の設計指針

周知のように荷役 ウィンチにかご形 ポールチェンジ 誘導電動機を使用する場合、通常この種の電動機は始動、制動の インチング を頻繁に繰り返すので定速度運転時の損失以外に次式に示すような始動、回生制動損失が発生する。

2次損失 Q_2 及び 1次損失 Q_1 は次式より求められる。

$$Q_2 = \frac{GD^2 \cdot N_s^2}{730} (S_1^2 - S_2^2) \frac{T_M}{T_M \pm T_L} \times 10^{-3} \quad (\text{kW} \cdot \text{s})$$

$$Q_1 = \frac{r_1}{r_2} \cdot Q_2$$

GD^2 : 電動機軸系の全 GD^2 ($\text{kg} \cdot \text{m}^2$)

N_s : 同期速度 (rpm)

S_1 : 変速始めの スリップ (P. U.)

S_2 : 変速後の スリップ (P. U.)

T_M : 電動機の平均トルク ($\text{kg} \cdot \text{m}$ 又は P. U.)

T_L : 負荷トルク ($\text{kg} \cdot \text{m}$ 又は P. U.)

r_1 : 1次抵抗 (Ω)

r_2 : 2次抵抗 (Ω)

一般的にこの損失は全損失の 60~70% を占め、その上電動機が加速中又は減速中という最も冷却能力の減退している時に発生して、しかも電動機内に蓄積されるために荷役 ウィンチの設計に際しては、この損失を極力小さくし放熱効果の高い構造とすることが重要である。従来、これら熱的条件からオールラウンドの荷役 ウィンチとしては全閉形で 45 kW を製作限界としてきたが今回、一躍倍出力の 80 kW という大容量なかご形 ポールチェンジ 方式の電動機が製作できたのは、ヘビーウィンチで荷役サイクルタイムが長くとれたという好条件こそあれ、「低 GD^2 化」と「冷却の改善」を成し得た集大成のたまものといえよう。図4. に電動機の速度 - トルク、電流特性を示す。

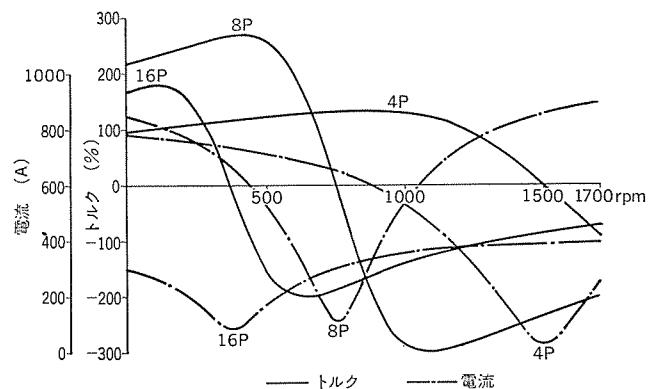


図4. 25トンベレーカークレーン用ホイストイング電動機の速度 - トルク、電流特性

6. 電動機の構造及び特長

6.1 構造

この電動機は直接、波浪をかぶる露天甲板に設置されるため全体を防水形構造とし、反直結側には直流電磁ブレーキを内蔵して荷役機械としての条件を具備し、電動機の下部には両軸翼をもつ冷却用ファンモータを設置し、電動機本体の内・外部を強制空冷し冷却効果の増大を図るとともに安全な荷役作業ができる構造にしている。

図5. に ウィンチ用電動機、図6. にその構造断面図を示す。

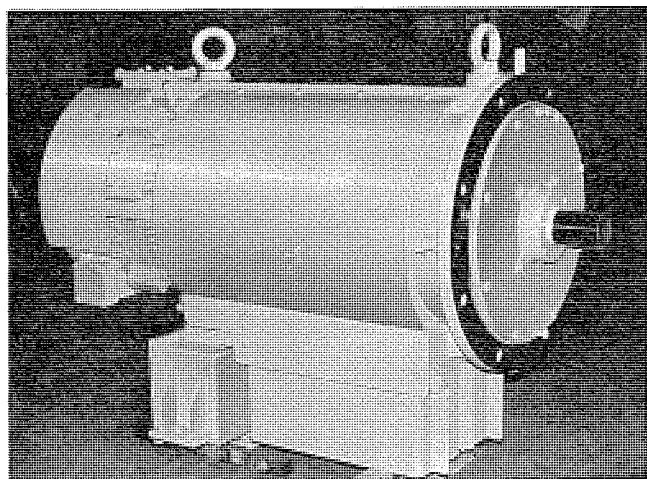


図5. ウィンチ用電動機

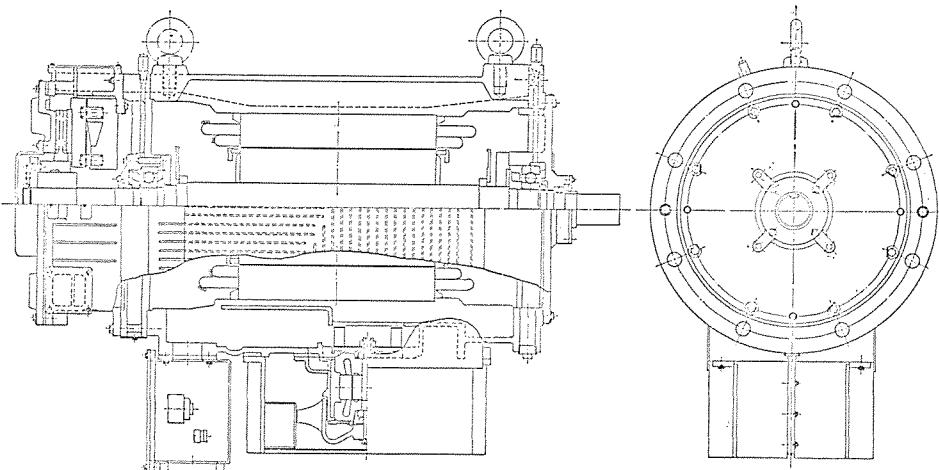


図 6. ウィンチ用電動機の構造断面図

6.2 特長

この電動機は従来のウィンチ用電動機の特質に加え、更に下記の特長をもたせている。

(1) 低 GD^2

軸系の GD^2 の大部分は電動機が占めているので始動、制動損失を減らすためには電動機の GD^2 を減らすことが重要な課題である。本機は従来機に比べ倍出力によるわく番アップから必然的に電動機自身の GD^2 が増すところを、4/8 極と 16 極を同一鉄心に組込んだシングルロータにし、許容される限り小径長胴形にして極力 GD^2 が小さくなるよう設計した。この結果、従来のウィンチの始動、制動損失の全損失に占める割合が 60~70 % であるのに比べて、本機ではウィンチのスピードが遅いため定速運転時間が長いという条件もあるが、約 30 % という低い値に押さえることができた。

(2) 始動電流が小さい

回転子導体は高抵抗銅合金を使用し、ハイスリップ特性にして始動電流を 3 ノッチで約 450 % 程度と小さく設計し始動特性を優れたものにしている。特に複数台の同時運転による電圧降下を考慮した場合、始動電流を低く押さえる効果は大きい。

(3) 効果的な冷却法

始動、制動損失及び定速運転損失のうち、回転子に発生する損失はそれぞれ 86 % 及び 75 % で回転子の温度は 200~250°C に達する。この結果、固定子巻線の温度はこのふく(幅)射熱によって更に増加するため、回転子を冷却すること

が固定子巻線の温度を低く押さえ るキーポイントとなる。固定子巻線の熱は固定子コアを通ってフレームへ直接、伝わるのでフレームを冷却すればよいが回転子の熱は内気によつて間接的にフレーム、ブラケットに伝えられるので、回転子を強力に冷却するためにこの内気を常時、強制循環する必要がある。従来より荷役用電動機の外被には多数の冷却用 フィンを設け、他冷 ファンで電動機本体の内・外部を強制通風し発生熱を効果的に放散する構造となっていたが、今回、更

に冷却効果を高めるために冷却 フィンの数、高さ、厚み、ピッチ及び通風抵抗を減らすためのフィンの配列と、内気の循環路について検討を加えた。また、冷却 ファンのケーシングの幅を広げ、電動機全域に等分に冷却風が行き渡るように配慮したり、ブレーキの外被部にもカバーを設けフレームからの冷却風を再度ブレーキカバーのシャウ(摺)動部にも当てるようとするなど、全体にわたってよく冷える電動機となっている。

(4) 熱容量の高いブレーキ

本機は GD^2 を押さえて制動時の発生損失を小さくしたり、摺動部の面積を増してライニングの面圧を下げたり、ブレーキ部の冷却通風を改善したりして、結果的にはライニングやブレーキコイルの負担が軽減されているので長寿命化が期待され、併せて熱容量の高いブレーキとなっている。

構造的にはライニングの摩耗粉が極力、ブレーキケースの外周部に放出されるよう工夫され、清掃が容易な構造となっている。

7. 制御装置

(1) 制御盤の定格

電源電圧.....AC 380 V 3φ 50 Hz

電圧変動.....+10 % -15 %

周波数変動.....±5 %

周囲温度.....0~+50°C

(2) 制御方式

ホイステイングウィンチ電動機に対しては、4/8/16 P の極数変換による段階的可変速度装置によっているが、80 kW の大容量機では電流容量が大きくなり、これに相当する交流コンタクタでは荷役用電動機に対しては始動時、及び制動時のショックを軽減するため電動機の1次電圧をサイリスタにより制御し、クレンとしての性能を向上させている。図 7. にクッションスタート、ストップ方式のブロックダイアグラムを示す。

なお、クッションスタート、ストップの時間は次のとおりである。

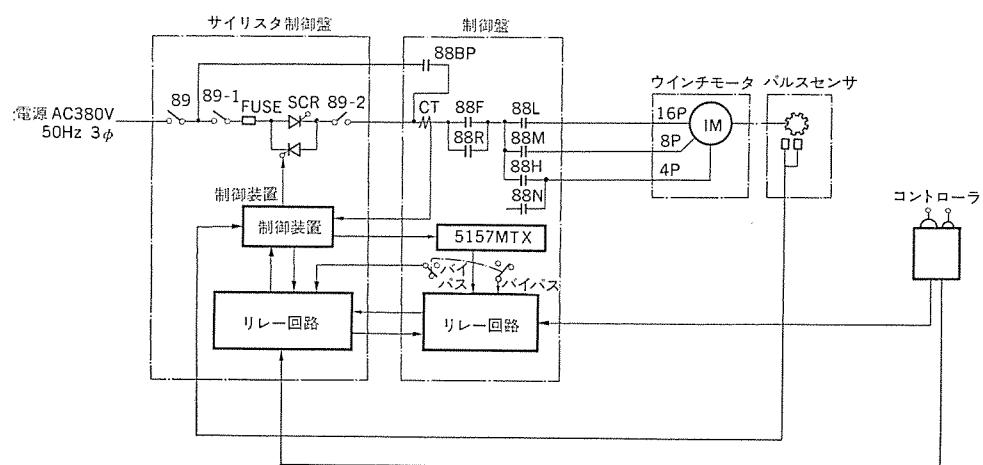


図 7. クッションスタート、ストップ方式のブロックダイアグラム

トッピングウインチ 80/80/33.6 kW
 5秒 0~1,500 rpm
 { 1.25秒 0~375 rpm (1ノッチ)
 { 1.25秒 375~750 rpm (2ノッチ)
 { 2.5秒 750~1,500 rpm (3ノッチ)

スリュウイングウインチ 45/45/19 kW
 6秒 0~1,500 rpm
 { 1.5秒 0~375 rpm (1ノッチ)
 { 1.5秒 375~750 rpm (2ノッチ)
 { 3秒 750~1,500 rpm (3ノッチ)

8. 試験法及び結果

実機に先行して2台の試作機を製作した。1台は当社での等価試験に用い、他は三菱重工業(株)下関造船所で製作したウインチに装備して実機による組合せ試験を行った。試験法としては今回のブレーキレンジの仕様を基にした標準の荷役サイクル(図2.)と、当社で計画した過酷な荷役サイクル(図3.)の2パターンでおのおの熱的・等価な荷役サイクルタイムを算定し、下記の性能試験を行った。

8.1 電動機単体での等価温度試験

100%負荷 380V 50Hzで5秒ON, 11秒OFFの過酷運転を行つ

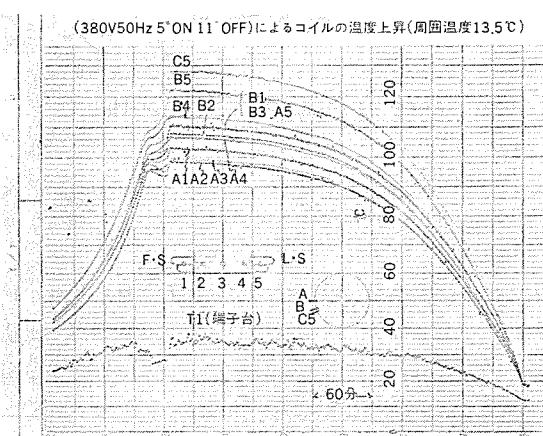


図 8. 過酷な荷役サイクルテスト(固定子コイル)

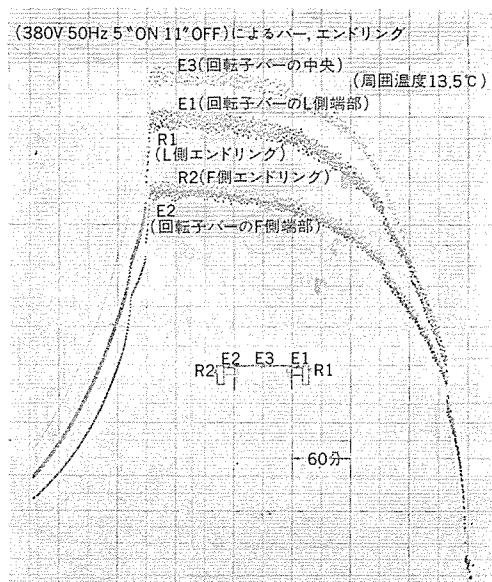


図 9. 過酷な荷役サイクルテスト(回転子)

たときの固定子コイル及びバー、エンドリング部の温度チャートを図8., 図9.に示す。また、図10., 図11.におのおののサイクルテストにおける固定子及び回転子の温度分布を示すが、他冷ファンの冷却効果が歴然としており、特に内部ファンを設置している意義は大きい。

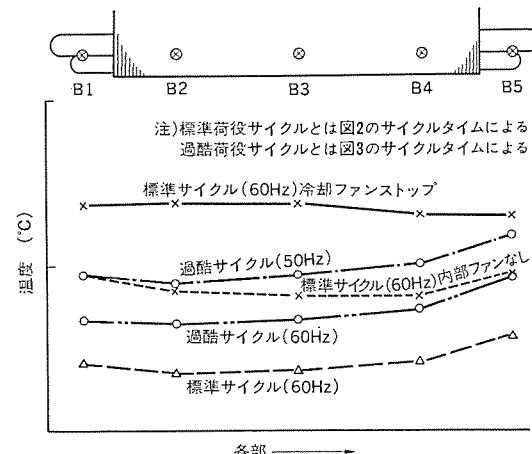


図 10. サイクルテストにおけるコイルの温度分布(固定子)

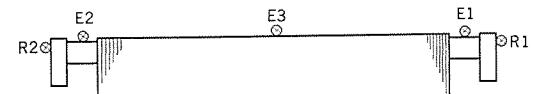
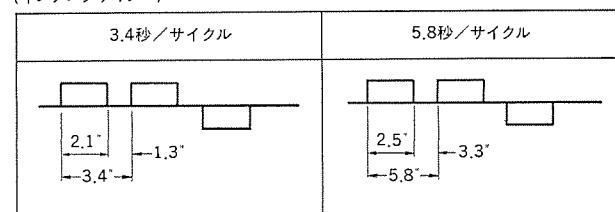


図 11. サイクルテストにおける回転子の温度分布

(インチングサイクル)



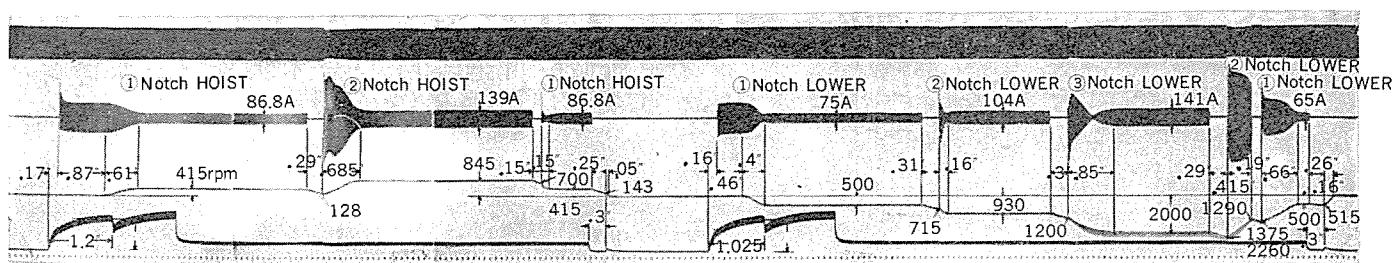
(試験結果.....インチングテストによる絶対温度°C)

テストサイクル	インチング回数	固定子コイル						ブレーキ				F側軸受(外輪)	室温	ファン入口		
		A1	A2	A3	A4	A5	C5	ブレーキカバー(中)	ブレーキカバー(外)	招動板	ブレーキディスク	マグネットコア	ブレーキコイル			
3.4°	860回 / 47分	112 (75)	116 (75)	118 (77)	120 (80)	122 (94)	74 (46)	77 (46)	97 (58)	97 (58)	65 (47)	158 (80)	70 (60)	14	14.5	
5.8°	1183回 / 115分	94 (30)	95 (30)	98 (30)	99 (30)	100 (30)	124 (30)	69 (23)	71 (25)	92 (30)	85 (30)	55 (24)	130 (52)	60 (25)	15	15

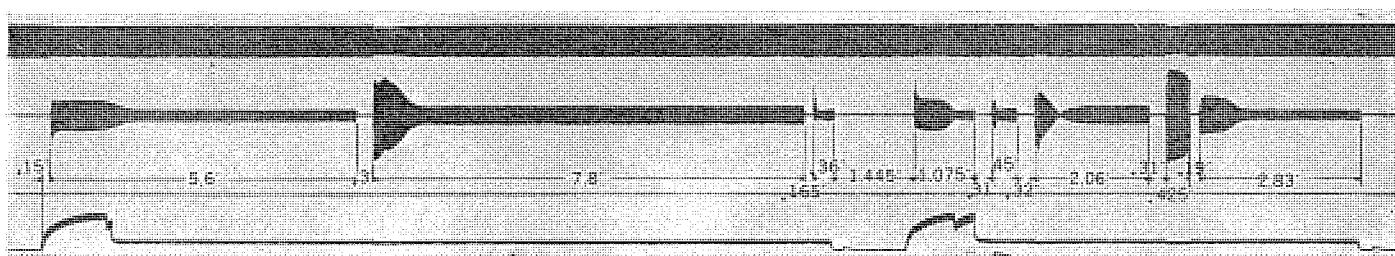
※()内数値は試験開始時の温度(°C)
 固定子コイルのA1~A5, C5は測定点を示す(図10による)

図 12. インチングサイクルと試験結果

100 % Load における電圧、電流、回転数及びブレーキ電流の値を起動制御時間



C-A テストにおける運転時間の代表例（横船計画 サイクル 100 % Load テスト）



C-B テストにおける運転時間の代表例（三電計画 サイクル 100 % Load テスト）

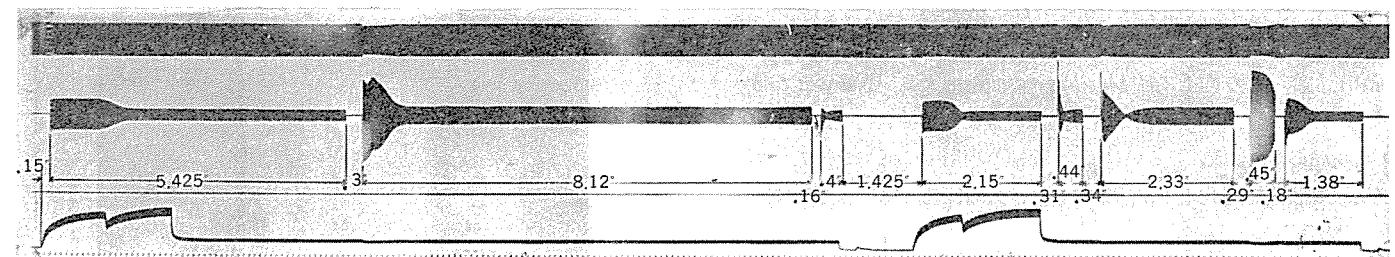


図 13. オシロ 計測代表例

8.2 組合せ試験

(1) 試驗裝置

試験荷重 12 トン、ローラー速度 32 m/min、リフト揚程 5 m

(2) 組合せ温度上昇試験

100 % 負荷での下記の 2 例と 50 % 負荷で温度試験を行った。

[C-A テスト (標準 サイクル)] サイクルタイム 60 秒

1, 2ノッチ 上げ 15秒, 下げ 11秒, 休止 34秒

[C-B テスト（過酷 サイクル）] サイクルタイム 50 秒

1, 2 ノット 上げ 15 秒, 下げ 11 秒, 休止 24 秒

固定子コイル、ブレーキ部、軸受部等の温度を実測したが、当社で施行した電動機単体での等価温度試験(図8.)とほぼ類似の結果を得た。

(3) インチングテスト

100 % 負荷、1 ノットだけの インチングで 5 m の リフトを上下して各部の温度上昇の傾向及び許容 インチング 能力の確認を行った。運転は自動運転装置により、その結果を図 12. に示す。

(4) 巻下げ制動時のスリップ量測定

50 % 及び 100 % 負荷で 1, 2, 3 の各 ノッチの速度から制動した場合、停止するまでのローパーのスリップ量をおのおの計測した。

8.3 オシロ計測

各運転中 オシロ測定を行った。図 13. に代表例を示す。

8.4 その他の試験

上記以外に サーミスタ 風速計による内・外気の風速分布の測定や、フレーム外被の温度分布、回転子バー及び軸の応力測定の外、サーモスターとサーミスタの熱応答性の確認等を行った。いずれも基礎技術資料としての貴重なデータを得た。

9. 許 価

今回の大容量機かご形 ポールチェンジ 誘導電動機の完成により、ベレーケ
レン用電機品としての所期の性能を十分に満足し、この種の荷役裝
置用電裝品として十分使用に耐えるものであることが確認できた。

10. ま す び

以上、ペレーカーーン用電菱品として開発した大容量かご形 ポールチェンジの電動機を中心にその構造や特長を紹介した。今回の大容量化の完成は、甲板補機用電機品の歴史の1頁を飾るものであり、この種の応用分野は広い。当社では今後とも、船舶の多様化に応じてあらゆる用途に対処できる電機品の提供につとめていく所存である。

終わりにこのウインチ用電機品の実用化に当たり、ご協力とご指導をいただいた三菱重工業(株)の関係者の方々にこの紙面を借りて、深く感謝申しあげます。

4,000V2,500A高耐圧大容量サイリスタの特性

多田昭晴*・川上 明**・岩本英雄*・三原潔彦*

1. まえがき

一般に高耐圧大容量サイリスタは、レオナード用・電気化学用・電鉄用をはじめとする交流電力制御・モータ制御・各種電力系統の応用装置に使用され、装置の信頼性及びコストパフォーマンスの向上に大きく貢献している。素子の応用分野の拡大及び装置の大容量化とともに、そのベースとなるサイリスタそのものも、高耐圧大容量化が要求され、図1に示すようにこの数年間にサイリスタの制御容量（定格電圧×定格電流）は著しく増大して、最近では耐圧4,000V、平均オン電流1,500Aの高耐圧大容量サイリスタが実用化されるようになった。

しかし、もともとサイリスタには耐圧が高くなるにつれてオン電圧の増大やスイッチング特性の低下などが著しくなる性質があり、シリコンウエハの単位面積あたりの制御容量には限界があった。したがって高耐圧大容量化の向上にはシリコンウエハの面積増大が一層必要となるが、ウエハが大口径になると電気的に均質な大面积高耐圧接合とかオーム接觸の形成、あるいはウエハ面積の利用率の低下を抑えた素子の熱放散の効率化などが困難になり、大口径化の障壁になっていた。

今回、これらの問題を解決し制御容量を更に増大させた新しい設計・製造技術を開発して、耐圧4,000V、平均オン電流2,500Aという最大級の容量を有する高耐圧大容量サイリスタFT 2500 AVの実現に成功した。

この素子は、上記の耐圧・電流容量のほか、 $di/dt \geq 300 A/\mu s$ 、 $dv/dt \geq 2,000 V/\mu s$ 、ターンオフ時間 $\leq 400 \mu s$ という優れた特性を有している。ここでは高耐圧大容量サイリスタの設計・製造に伴う問題点、素子の特長、定格、特性について述べる。

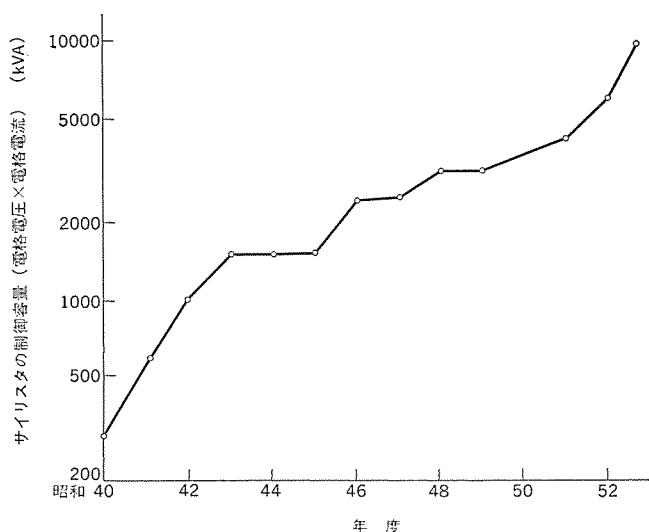
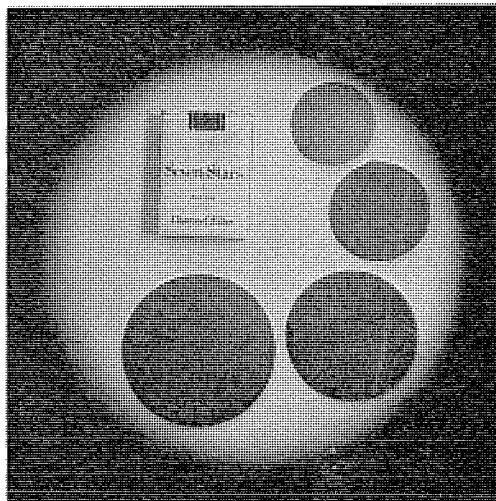


図1. サイリスタの制御容量の推移

2. 素子の特長

4,000V 2,500A 高耐圧大容量サイリスタFT 2500 AVでは直径100mmの大口径シリコンウエハを用いる。(図2)。

この大口径素子の実現にあたり、(1)大口径ウエハに電気的に均質な高耐圧接合を形成するための不純物拡散方法、(2)高耐圧化に伴うオン電圧の増大や動特性の低下を抑制する素子設計及び製造技術、(3)良好なオーム接觸を得る大面积電極形成技術と高信頼度の大形パッケージを開発した。以下高耐圧大容量素子の設計・製造に伴う問題点とその改善方法及び素子の特徴について述べる。



大きい順に
100φ 4,000V 2,500A サイリスタ
85φ 4,000V 1,500A サイリスタ
65φ 4,000V 1,000A サイリスタ
55φ 2,500V 1,000A サイリスタ

図2. シリコンウエハ

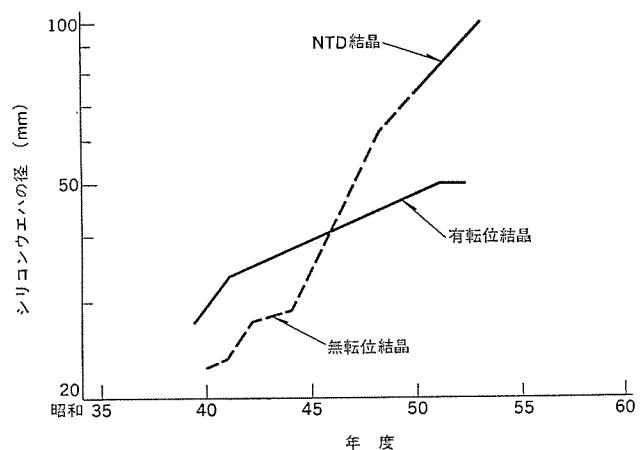


図3. サイリスタのウエハ径の変遷

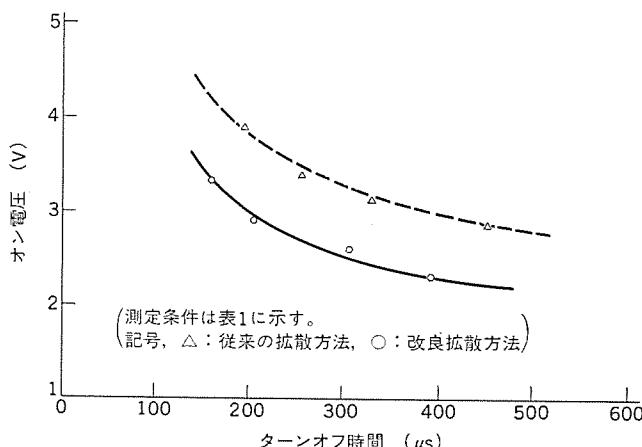


図 4. ターンオフ時間とオン電圧の関係

2.1 高耐圧大電流化

2.1.1 シリコン単結晶

サイリスタの基本的特性を大幅に左右する要因の1つがシリコン単結晶の均質性である。例えば均一な比抵抗分布を得ることや結晶の完全性を高めることは大口径になるほど困難になり、素子の大口径化を実現しにくくしている。しかし半導体結晶技術はサイリスタ、トランジスタ、ICなど素子製造技術と表裏一体をなして著しい進展をみせている。例えば電力用半導体素子に使用される最大シリコンウエハ径は図3に示すように予想以上に伸びつつある。特に1972年ごろから実用化されはじめたシリコン単結晶への中性子線照射技術により比抵抗の均一性が向上したことが注目される。

2.1.2 拡散技術

一般に、 $100\text{ mm}\phi$ の大口径になると不純物拡散工程における長時間の高温熱処理により、熱応力によるウエハの変形や結晶欠陥の発生が顕著になって、pn接合やキャリアライフトайム分布の均一形成が著しく困難になる。このため耐圧、オン電圧、ターンオフ時間など基本的特性が低下し制御容量の増加が望みにくい。例えば、オン電圧とターンオフ時間は原理的に相反する関係にあり、ターンオフ時間を短縮するとオン電圧は高くなるが、ウエハ内のキャリアライフトайム分布が不均一になると図4の破線のようにオン電圧が更に高くなりウエハの面積を大きくした割には電流容量が増えない。

これを解決するため、拡散温度を下げ、短時間で高耐圧に適した深いpn接合を形成し、かつウエハ内のキャリアライフトайム分布を均一にする拡散方法の改良を行い、同図の実線に示すように、オン電圧とターンオフ時間の相関を改善して、ターンオフ時間が $400\text{ }\mu\text{s}$ 以下でオン電圧を $2.3\sim2.6\text{ V}$ と低くすることを可能にした。

2.1.3 臨界オン電流上昇率 di/dt

応用上このクラスの電流容量を有する素子には $300\text{ A}/\mu\text{s}$ 以上の di/dt 耐量をもつことが要求される。

しかし、この di/dt 耐量は素子の耐圧が高くなるほど低下する傾向がある。これは高耐圧化に伴うターンオン損失の増加とターンオン領域のひろがり速度の低下による単位導通面積当たりの損失の増大により、ゲート近傍の温度が局部的に上昇し、いわゆるホットスポットが生じるためである。更に大口径になるほど全体がターンオンするまでの時間が長くなりウエハ面積の利用率が低くなるのが普通である。このためターンオン領域を極力短時間でひろげるようとする必要がある。この問題を解決するため新しく開発した超高速赤外線検出装置

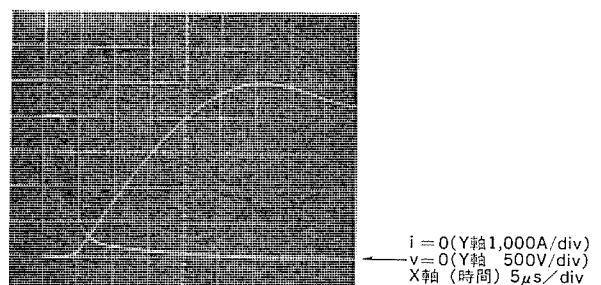
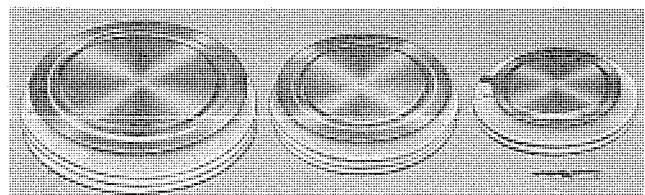


図 5. di/dt 測定波形



中央 : FT 1500 DV (4,000 V 1,500 A サイリスタ)
右端 : FT 1000 BV (4,000 V 1,000 A サイリスタ)

図 6. 左端は今回開発した FT 2500 AV

(シリコンに電流が流れている場所を $0.1\text{ }\mu\text{s}$ のシャッタ時間で検出可能)と電子計算機を併用してゲート構造を設計した。この素子ではゲート電流をいったん増幅し、その大きい電流を陰極に効率よく分配してターンオンが広い面積で瞬時にはじまるような構造を採用している。これによって図5に示すように $300\text{ A}/\mu\text{s}$ 以上という実用上十分な di/dt 耐量が得られるようになった。

2.1.4 大面積電極形成技術と大形パッケージ設計技術

大面積シリコンウエハを機械的に補強し、良好なオーム接觸を得るために電極金属板(モリブデンやタンクスチルなど)をシリコンウエハに合金接着する必要がある。しかし、直径 100 mm の大面積で全体に均一にろう付けすることは困難であり、部分的にろう着されない場所が発生しやすい。その結果、オーム接觸抵抗や熱抵抗が高くなるばかりでなく、シリコンウエハに部分的応力が加えられ特性を低下させやすいという問題がある。これに対し、電極金属板及びシリコンウエハの表面にろう材が一様に行きわたるような合金温度制御方法を工夫し、これをこの素子に適用することによって以上の問題を解決している。

この素子は圧接平形構造を採用したが、一般に平形パッケージでは、大形になるほど電極金属ブロックと周りの絶縁体(セラミック)との連結部の熱的機械的強度を十分に確保することが困難になる。しかし最大外形寸法が 150 mm にも及ぶこの大形パッケージの設計では、連結部に発生する熱応力の材質、構造依存性に関する研究成果を用いて、実使用中にパッケージに加えられる応力やひずみを効果的に吸収し、かつ内部の半導体エレメントを完全に密封保護することができる材料と構造を採用した。また $4,000\text{ V}$ 以上の高電圧に耐えるのに十分な絶縁沿面距離を内・外部に設けて、高信頼性が得られるようにした。

2.2 構造

図6に今回開発したFT 2500 AVの外観構造を示す。また同図に併せて示しているFT 1500 DV(4,000 V 1,500 A サイリスタ)、FT 1000 BV(4,000 V 1,000 A サイリスタ)にもこのサイリスタの技術を適用している。

表 1. FT 2500 AV の最大定格と電気的特性

最大定格

記号	項目	耐圧クラス			単位
		60	70	80	
V_{RRM}	ピーク繰返し逆電圧	3,000	3,500	4,000	V
V_{RSM}	ピーク非繰返し逆電圧	3,250	3,750	4,250	V
$V_{R(DC)}$	直流逆電圧	2,400	2,800	3,200	V
V_{DRM}	ピーク繰返しオフ電圧	3,000	3,500	4,000	V
V_{DSM}	ピーク非繰返しオフ電圧	3,000	3,500	4,000	V
$V_{D(DC)}$	直流オフ電圧	2,400	2,800	3,200	V

最大定格

記号	項目	条件	定格値	単位
$I_{T(RMS)}$	実効オン電流		4,000	A
$I_{T(AV)}$	平均オン電流	商用周波数、正弦半波 180 度 連続通電、 $T_j=72^\circ\text{C}$	2,500	A
I_{TSM}	サージオン電流	60 Hz 正弦半波 1 サイクル波 高値、非繰返し、 $T_j=125^\circ\text{C}$ スタート	50,000	A
I^2t	電流 2 乗時間積	1 サイクルサージオン電流に 対する値	1.4×10^7	A^2s
di/dt	臨界オン電流上昇率	$V_D=\frac{1}{2}V_{DRM}, I_{TM}=5,000\text{A},$ $di/dt=1.5\text{A}/\mu\text{s}, I_{GM}=1.5$ $\text{A}, f=60\text{Hz}, C=1\text{\mu F}, R=10\Omega, T_j=125^\circ\text{C}$	300	$\text{A}/\mu\text{s}$
P_{GM}	ピークゲート損失		30	W
$P_{G(AV)}$	平均ゲート損失		8	W
V_{FGM}	ピークゲート順電圧		20	V
V_{RGM}	ピークゲート逆電圧		10	V
I_{FGM}	ピークゲート順電流		6	A
T_j	接合温度		-40 ~ +125	$^\circ\text{C}$
T_{stg}	保存温度		-40 ~ +150	$^\circ\text{C}$
	正接力強度	推奨値 4,000	3,600 ~ 4,800	kg
	締付けトルク強度	推奨値		$\text{kg}\cdot\text{cm}$

電気的特性

記号	項目	測定条件	単位		
			最小	標準	最大
I_{RRM}	逆電流	$T_j=125^\circ\text{C}, V_{RRM}$ 印加	—	—	300 mA
I_{DRM}	オフ電流	$T_j=125^\circ\text{C}, V_{DRM}$ 印加	—	—	300 mA
V_{TM}	オン電圧	$T_j=125^\circ\text{C}, I_{TM}=7,850\text{A}$, 瞬時測定		2.6	V
dv/dt	臨界オフ電圧上昇率	$T_j=125^\circ\text{C},$ $V_D=\frac{1}{2}V_{DRM}$	2,000	—	$\text{V}/\mu\text{s}$
V_{GT}	ゲートトリガ電圧	$T_j=25^\circ\text{C}, V_D=6\text{V},$ $R_L=1\Omega$	—	—	3.0 V
V_{GD}	ゲート非トリガ電圧	$T_j=125^\circ\text{C},$ $V_D=\frac{1}{2}V_{DRM}$	0.25	—	— V
I_{GT}	ゲートトリガ電流	$T_j=25^\circ\text{C}, V_D=6\text{V},$ $R_L=1\Omega$	—	—	350 mA
I_{GD}	ゲート非トリガ電流	$T_j=125^\circ\text{C},$ $V_D=\frac{1}{2}V_{DRM}$	10	—	— mA
t_{gt}	ターンオン時間	$V_D=\frac{1}{2}V_{DRM}, di/dt=$ 100 A/ μs , $I_{TM}=5,000\text{A}$, $di/dt=1.5\text{A}/\mu\text{s}, I_{GM}=1.5\text{A}, T_j=125^\circ\text{C}$	—	3.5	— μs
t_q	ターンオフ時間	$I_{TM}=2,500\text{A}, di/dt=-$ $10\text{A}/\mu\text{s}, V_R=100\text{V},$ $dv/dt=10\text{V}/\mu\text{s}, V_{DM}=\frac{1}{2}V_{DRM}, T_j=125^\circ\text{C}$	—	—	400 μs
$R_{th(j-t)}$	熱抵抗	接合フィン間	—	—	0.0075 $^\circ\text{C}/\text{W}$

3. 定格と特性

高耐圧大容量 サイリスタ FT 2500 AV の定格と特性を表 1. に示す。主要な定格と特性につき次に説明する。

3.1 最大定格

FT 2500 AV の定格ピーク繰り返し逆電圧及び定格ピーク繰り返しオフ電圧は 4,000 V まである。このため 1,200 V の直流モータの駆動用電源には、従来の定格電圧 2,000 ~ 2,500 V のサイリスタでは素子を 2 直列接続して使用する必要があったが、このサイリスタでは直列接続することなく使用することができる。また定格ピーク非繰り返し逆電圧はサージ電圧を考慮して 4,250 V まで保証している。

定格平均オン電流はワイン温度 72°C で 2,500 A であり、また、定格サージオン電流は定格最高接合温度から通電する条件で 50,000 A である。定格臨界オン電流上昇率は前述した特殊な増幅ゲート構造を採用することにより 300 A/ μs という大きな値を厳しい条件のもとで保証している。

サイリスタのシリコンが大口径化するほどベーシックエレメントのそりが問題になる。このそりを除き、ベーシックエレメントとパッケージ間で電気的及び熱的に良好な接触を得るには一般に極めて大きな力で圧接して使用する必要がある。このサイリスタではこの問題を解決するため、シリコン基板とモリブデン板との合金法の改良及びパッケージの改良を行い、4,000 kg 程度の圧接力強度で実使用上十分な性能と信頼性を得ることができた。

3.2 電気的特性

最大オン状態特性及び最大オフ状態損失特性を図 7. 及び図 8. に示す。このようにオン電流 7,850 A においてオン電圧は 2.6 V と低いためオン状態損失も比較的小さく、平均オン電流 2,500 A でオフ状態損失は 5,800 W である。また、許容ワイン温度と平均オン電流との関係を図 9. に示す。このサイリスタには特に効率の良い冷却方法が要求され、沸騰冷却や水冷が主に採用されようとしている。

臨界オフ電圧上昇率は最高接合温度において 2,000 V/ μs 以上という大きな値であり、CR アブソーバやアノードリアクトルを小さくすることが可能である。

ゲートトリガ電圧及びゲートトリガ電流は 3.0 V 以下及び 350 mA 以下であり一般の大電力サイリスタと同程度である。また、ゲート非トリガ

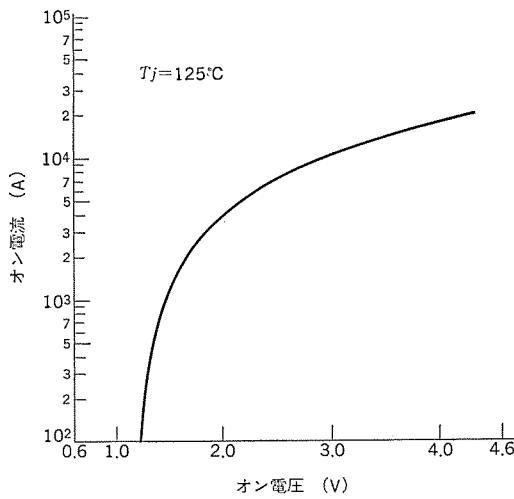


図 7. 最大オン状態特性

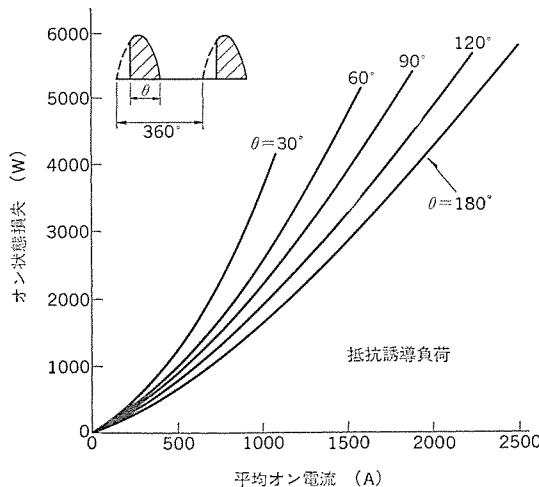


図 8. 最大 オン 状態損失特性 (単相半波)

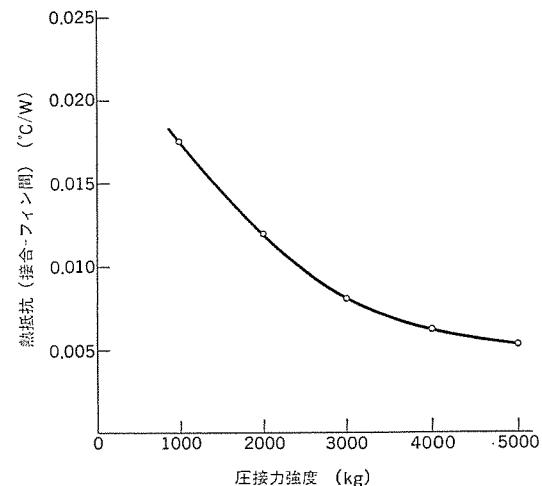


図 11. 热抵抗対圧接力強度 (代表例)

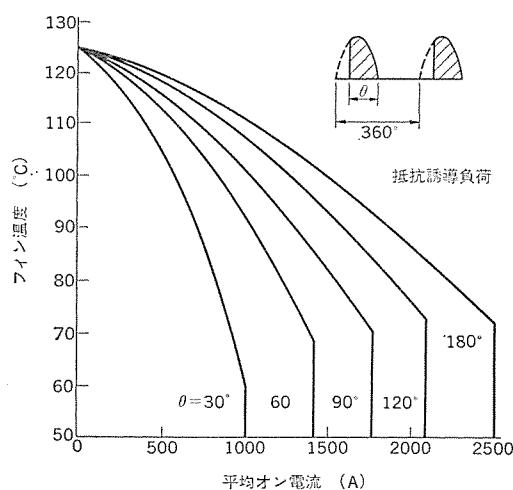


図 9. 平均 オン 電流の限界値 (単相半波)

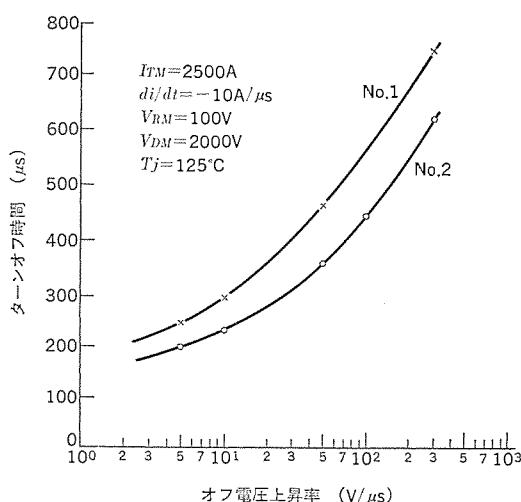


図 10. ターンオフ時間対 オフ電圧上昇率 (代表例)

電圧及びゲート非トリガ電流はそれぞれ 0.25V 以下、及び 10mA 以下であり、ゲートノイズに対し誤動作しにくくなっている。

直流送電用逆変換装置や直流スイッチなどの用途では一般に 400μs

以下の ターンオフ時間が要求される。このため FT 2500 AV では前述したキャリアライフトマイン制御技術により、高耐圧大電流という特長を生かしつつ ターンオフ時間を 400 μs 以下に抑えることに成功した。ターンオフ時間は電圧・電流・温度などの影響を受けるが、その 1 例として ターンオフ時間と オフ電圧上昇率 (dv/dt) の関係を図 10. に示す。

接合 フィン間の熱抵抗と圧接力強度との関係を図 11. に示す。このように定格圧接力強度 3,600~4,800 kg において熱抵抗の規格値 0.0075 °C/W は十分満足することができる。

4. 応用

FT 2500 AV は 4,000V という高耐圧でかつ 2,500A という大電流容量であるため、従来多数の素子を直並列接続して使用していた用途では、このサイリスタの採用により使用素子数を大幅に減少できる。また高 di/dt 定格、高 dv/dt 特性などの種々の特長を有するため アノードリアクトル や サージ 電圧抑制装置の小形化をはかることができる。更に、ターンオフ時間が短いため逆変換装置（他励 インバータなど）への応用では装置の効率が向上でき、DC チョッパへの応用では転流回路の小形化を達成できる。すなわちこのサイリスタの採用により装置の高性能化、高信頼度化、小形軽量化、コストダウンが可能になる。

このサイリスタの主な用途は、電力系統の応用装置（直流送電用変換装置・周波数変換装置・系統連系装置・無効電力制御装置など）、発電機の励磁装置や始動装置、サイリスタレオナード装置、電鉄地上変電所用変換装置、核融合実験装置のプラズマ制御用電源など幅広い分野があり、今後このサイリスタは応用技術の進歩とも相まって大容量の装置にますます使用されよう。

5. むすび

今回開発した高耐圧大容量サイリスタ FT 2500 AV について、素子の特長、特性、定格を中心に説明した。

応用装置の大容量化に伴い、電力用半導体素子の高耐圧大容量化がますます強く望まれている現在、従来の容量限界を大幅に破った 100mmφ 素子の実現は、応用技術の進歩を一段と早める上でもその意義は大きい。

今後は、6,000~8,000V 以上の高耐圧化、ターンオフ時間、サージオン電流、 di/dt 耐量など諸性能の一層の向上が課題となろう。

72~204kVタンク形GCB新シリーズ

佐藤邦彦*・大沼昭栄*・懸山弘*・細見守*

1. まえがき

当社は、SF₆ガスの優れた消弧性能と絶縁性能とにいち早く着目し、昭和40年に我が国最初のガスしゃ断器(GCB)を納入するとともに、まず72から550kVにわたるがいし形GCBシリーズの製品化を実施し、既に納入実績も3,000台に達している。

また、このがいし形GCBシリーズに並行してガス絶縁変電所(GIS)の研究にも着手し、昭和43年以來、800ユニットに及ぶ実績を持つに至っている。特に、550kV GISでは世界最初の実用変電所の建設を行い、このクラスのGISについては唯一の実績を持つメーカーである。

その後、これらの技術を生かし、変流器を内蔵できるなどの利点を持つタンク形GCBについても、GISのしゃ断器ユニットの発展形として72~550kVのシリーズを完成していた。こ

の段階で、タンク形GCBとしての基本性能、すなわち耐電圧性能・通電性能・しゃ断性能などの基本性能についての技術は確立されたと言える。

一方、基本性能に加え、更に実用性を徹底的に追求した単一圧力式タンク形GCBの新シリーズを得るために見直し検討を進めてきた。この一連の新シリーズの中で240/300kV及び550kVの单一圧力

式タンク形GCBは、既に製品化が完了している⁽¹⁾。

今回、この一連のシリーズ中の72~204kVの領域についても、タンク形GCB新シリーズの開発に成功し、昭和52年12月に形式試験も完了したので、以下に報告する。この新シリーズは、単に1定格だけを対象にしたものではなく、72から204kVまでの定格域をシリーズとして捕え、全面的に部品の共用化を図り、更に実用性能の向上という点に主眼

を置いて開発したものである。表1にその内容を示すが、詳細は後述する。

2. 特長

72~204kVタンク形GCB新シリーズは、GCBとしての一般的な特長の外に、信頼性を主体にした次のような特長を持っている。

- (1) 72から204kVまでをシリーズとして部品の共用化を図っている。
- (2) シール箇所が少ない。
- (3) 操作機構がシンプルである。
- (4) 全装可搬形である。
- (5) 低騒音である。

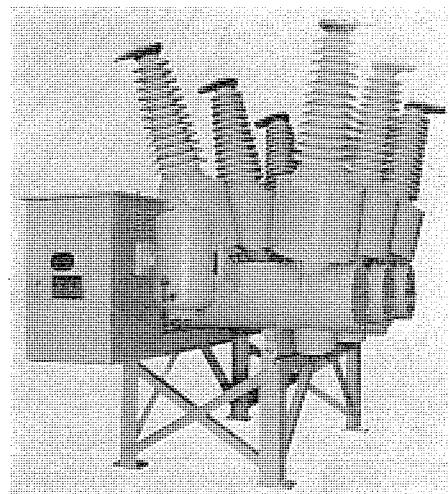


図1. 70-SFLT-32 A形 GCB 外観

表1. 72~204kVタンク形GCB新シリーズの開発

ユーザーにとって何がメリットか	メーカーとして何をすべきか
実用性能の向上	従来技術の有効活用 （各種方式の検討、FMEA） — 部品数の低減 — シール箇所の低減 — 部品の共用化 — 全装可搬化
	— 保守部品の低減、部品の共用化 — 構造の簡素化 — 操作機構の小形化、構成の見直し — 低騒音
	— 操作連結方式の検討 — 空気消費量の低減 — 振動系の低減 — ダッシュボットの改良
	— 操作機構の小形化 — タンクの一体溶接 — 構成、方式の検討

表2. 単一圧力式タンク形GCBシリーズ一覧

定格 定格 しゃ断電流(kA)	72/84	120	168	204	240	300	550
31.5	70-SFLT-32A 2000. 4000	100-SFLT-32A 2000. 4000	140-SFLT-32A 2000. 4000	170-SFLT-32A 2000. 4000			
	空気・ばね 1977. 12	空気・ばね 1977. 12	空気・ばね 1977. 12	空気・ばね 1977. 12	200-SFMT-50 2000.4000, (8000)	250-SFMT-50 2000.4000, (8000)	
	70-SFMT-40A 2000. 4000	100-SFMT-40A 2000. 4000	140-SFMT-40A 2000. 4000	170-SFMT-40A 2000. 4000			
40							
	空気・ばね 1977. 12	空気・ばね 1977. 12	空気・ばね 1977. 12	空気・ばね 1977. 12	油圧・油圧 1976. 2	油圧・油圧 1976. 2	
50					200-SFMT-50 2000.4000, (8000)	250-SFMT-50 2000.4000, (8000)	500-SFMT-50 2000.4000, (8000)
					油圧・油圧 1976. 2	油圧・油圧 1976. 6	
63					200-SFMT-63 2000.4000, 8000	250-SFMT-63 2000.4000, 8000	500-SFMT-63 2000.4000, 8000
					油圧・油圧 1977. 6	油圧・油圧 1977. 6	油圧・油圧 1977. 6

3. しゃ断器の構成

タンク形 GCB 新シリーズは、定格電圧が 72/84 kV, 120 kV, 168 kV, 204 kV の 4 種、しゃ断電流が 31.5 kA, 40 kA の 2 種、定格電流が 1,200 A, 2,000 A, 3,000 A, 4,000 A の 4 種からなる合計 32 機種で構成している。

タンク本体は、72/84 kV と 120 kV を 100 号用として共用し、168 kV と 204 kV とは 140 号用で計 2 系列である。しゃ断電流は

表 3. 定格及び外形寸法

定 格	形 式	70-SFLT	70-SFMT	100-SFLT	100-SFMT	140-SFLT	140-SFMT	170-SFLT	170-SFMT
		-32A	-40A	-32A	-40A	-32A	-40A	-32A	-40A
電 壓 (kV)	72/84			120		168		204	
電 流 (A)					1,200, 2,000, 3,000, 4,000				
しゃ断電流 (kA)	31.5	40	31.5	40	31.5	40	31.5	40	
投 入 電 流 (kA)	80	100	80	100	80	100	80	100	
短時間電流 (kA)	31.5	40	31.5	40	31.5	40	31.5	40	
再 起 電 壓 (kV/s)	0.75				1.0				
しゃ断時間(サイクル)				3					
無負荷投入時間 (s)				0.15					
操 作 壓 力 (kg/cm ²)				15					
ガス 壓 力 (kg/cm ²)				5					
絶 縁 階 級 (号)	60/70		100		140				
標 準 操 作 責 務			A, R						
し ゃ 断 点 数			1						
操 作 方 法			圧 縮 空 気						
外 形 図		図 2.	図 2.	図 2./3.					
外 形 尺 法 (mm)	A	1,440	1,590	1,810					
B	3,110	3,500	3,830						
C	1,340	1,340	1,090						
D	2,360	2,500	2,600						
E	1,410	1,510	2,070/3,000						
F	3,760	3,880	4,440/9,600						
G			—/1,940						
総 重 量 (含 BCT) kg	3,800	4,300	6,000	7,000					

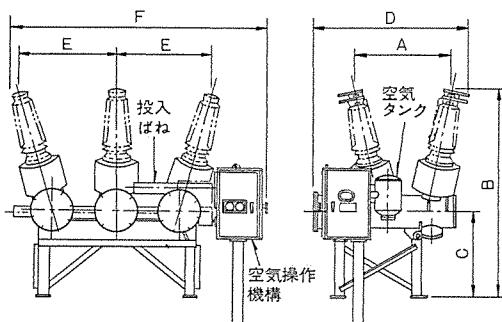


図 2. 72~204 kV SFLT/SFMT 形 ガス しゃ断器外形図 (3 相操作形)

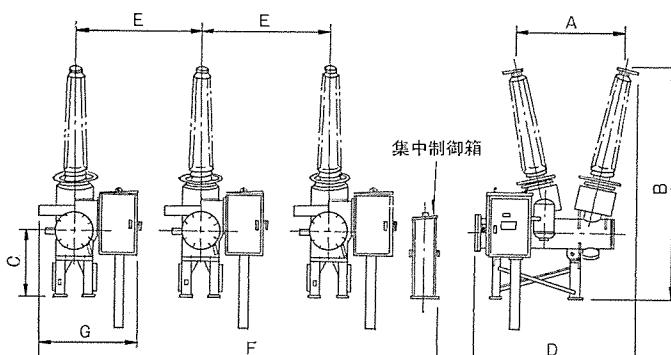


図 3. 168~204 kV SFLT/SFMT 形 ガス しゃ断器外形図 (単相操作形)

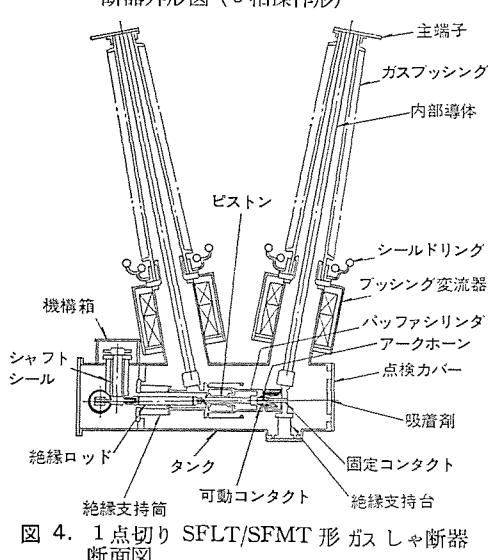


図 4. 1 点切り SFLT/SFMT 形 ガス しゃ断器断面図

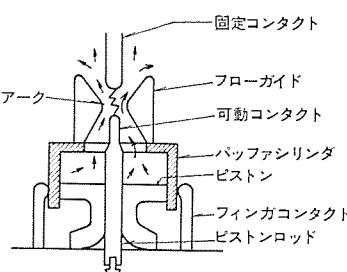


図 5. SFLT 形 消弧原理図

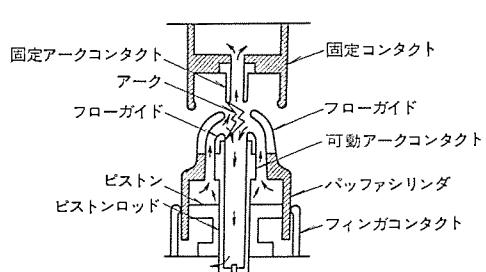


図 6. SFMT 形 消弧原理図

31.5 kA と 40 kA との 2 種であるが、しゃ断部だけが一部異なるだけで、他は全く同一である。

表 2. に、単一圧力式タンク形 GCB シリーズの一覧を、超高压・超超高压を含めて示す。

4. 定格及び外形

しゃ断器の定格及び外形寸法を表 3. に、また外観の 1 例を図 1. に、外形図を図 2., 図 3. に示す。なお、表 3. 中の外形寸法と図 2., 図 3. 中の外形寸法とが対応しており、寸法は標準がい管使用時の寸法で表示してある。

5. 構造及び動作

5.1 構 造

外形的には、図 2. に示す 3 相操作形と、図 3. に示す単相操作形との 2 種類がある。また、図 2. に見られるように、3 相操作形は 3 相タンクが一体溶接構造に構成され、ブッシングは相間方向にも傾斜して架台の寸法を最小にしている。しゃ断器の内部構造や操作機構、操作ロッド系は両者とも同一である。

(1) しゃ断部

図 4. にしゃ断器の単相の縦断面図を、また図 5., 図 6. にそれぞれ SFLT 形、SFMT 形の消弧原理図を示す。しゃ断電流が 31.5 kA の SFLT 形は 1 方向吹付け

であり 40 kA の SFMT 形は 2 方向吹付けである。また両者ともパッファ方式の消弧室はタンク内に収納され、しゃ断点数は 1 点である。

図 4. に示すように、消弧室は絶縁支持筒で水平にタンク内に支えられ、可動コンタクトは絶縁ロッドを介してシャフトシール部に連結され、外部から操作される構造である。固定コンタクトは、ほぼ下方向から

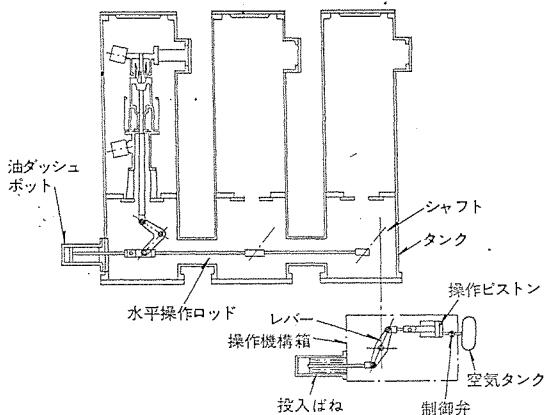


図 7. 操作ロッド系断面図

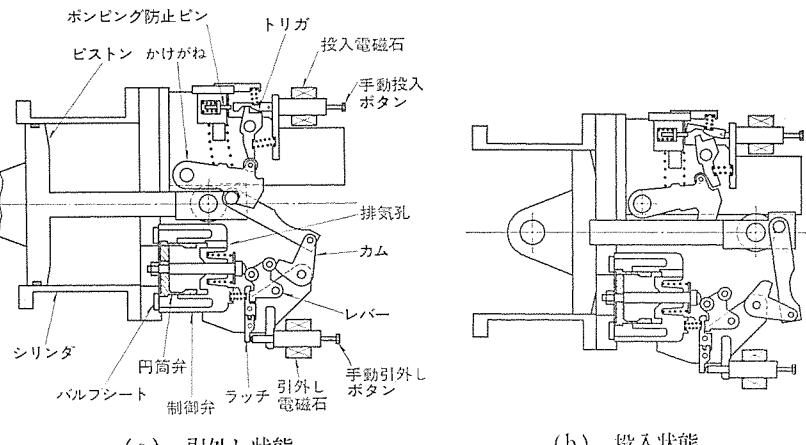


図 8. AM形空気操作機構図

絶縁支持台で支えられている。ブッシング部はガスブッシングで、内部導体は途中の支持なしで直接消弧室に接続されている。

(2) 操作ロッド系

図 7. に操作ロッド系の横断面図を示す。消弧室内部との関係が分かりやすいように、消弧室を90°回転して示してある。従来は各相独立タンクで、シャフトシール部も各相タンクに1箇所ずつ計3箇所にあり、相間の連結も大気中で構成されていたのに比べ、今回、タンクを一体溶接することによってシャフトシール部を1箇所にし、相間のガス配管もなくしてある。

この水平操作ロッドの一端は、シャフトシール部を介して気中側で操作機構と結合され、他端には油ダッシュポットが結合され、引外し動作の最終の緩衝を行う。

(3) 操作機構

操作機構には、引外しを空気、投入をばねで行うAM形空気操作機構を採用しており、これを図8.に示す。(a)は引外し状態を、(b)は投入状態を示している。

AM形空気操作機構は、かけがね・トリガ類で構成する投入側制御部と、制御弁・ラッチ類で構成する引外し側制御部とで構成し、いずれも操作出力部のシリンダ・ピストンに対して前面に配置して構造がシンプルで保守が容易である。

5.2 動作

(1) 投入動作

投入力はばねによっており、しゃ断器は引外し状態で図8.(a)のかけがねとトリガとで機械的に保持する。この状態で投入信号があると、投入電磁石がトリガをけり、かけがねが外れ投入ばね力によってシャフトシール部が回転し、図7.の水平操作ロッドが左方に駆動されてしゃ断器が投入される。

(2) 引外し動作

引外し力は圧縮空気によっており、投入状態を示す図8.(b)で引外し信号が入ると、引外し電磁石がラッチを外し、制御弁内の円筒弁が直接ばね力によって開き、圧縮空気がシリンダ内に供給されてピストンが駆動される。すなわち、弁は1段制御弁で構成されている。ピストンが駆動されると、操作ロッド系には、投入時とは逆方向の動きが与えられ、しゃ断器は引外される。

引外しの最終行程でピストンロッドに連結されたカムが回転し、制御弁は再び閉じ、シリンダ内の圧縮空気は、円筒弁内の排気孔を通って排気される。引外しの過程で圧縮・蓄勢された投入ばね力は、かけがねとトリガとが復帰することによって再び機械的に保持され、引

外し位置を保つ。このかけがねによる機械的保持方式は、従来からのAL形空気操作機構の長年の実績と経験とを最大限に生かしたものである。

6. 実用性能の向上

しゃ断器に要求される実用性能には、前述した基本性能はもちろんのこと、より高い信頼性・保守性や低騒音性があげられる。また、信頼性、すえ(据)付期間の短縮、適用の発展性(移動用しゃ断器など)の面から全装可搬化もあげられる。これを表1.に示したが、以下にその概略を説明する。

6.1 信頼性の向上

(1) 従来技術の有効活用

操作機構を信頼性という面からみると、まず、しゃ断器から要求される性能にマッチした操作方式であることが必要であり、そのため従来からある種々の操作機構の見直し、各種操作方式(空気・ばね・油圧などの組合せ)の比較検討や比較試験を行った。また、需要家のニーズについても調査・検討を加え、最終的に、実績ある当社のAL形空気操作機構の構造・構成を基本にし、1段制御弁のシンプルな構造にしたAM形空気操作機構を採用した。採用に当たり、従来から蓄積された技術や事故例の分析結果を生かし、FMEA(Failure Mode and Effect Analysis)などの信頼性解析の手法を用いた。また、その内容を種々の特殊実用性能検証試験にも十分に反映した。特殊実用性能検証試験の内容については後述する。

(2) 部品数の低減

VAなどの手法を用いて操作機構、しゃ断器構成、タンク構造、内部構造などの見直しを行い、従来品の約半分に部品数を低減した。

(3) シール箇所の低減

タンクを一体溶接構造にすることにより、シャフトシール部が3箇所から1箇所に、また固定シール箇所も相間のガス配管がなくなったことも加わって半減した。

(4) 部品の共用化

前述したように、この新シリーズは72から204kVまでの全定格域について消弧室、操作ロッド系、操作機構、更に全体の構成などの全面的共用化を図り、本来、定格ごとに設計されるタンク形構造に、がいし形しゃ断器の利点である部品の共用化・標準化方式を最大限に取り入れた。

6.2 保守点検性の向上

構造の簡素化と保守部品の低減に努力し、操作機構も制御部分をすべて前面に配置し、保守しやすい構成にした。また、操作機構の保守部品も従来と比べて半数以下に減じた。

6.3 低騒音化

タンクの一体溶接構造による剛性の向上、操作機構のタンク直接取付けによる振動の低減、空気消費量の低減(約1/2)、油タッショットの改良などにより、騒音値は数dB低減した。(騒音値については試験結果を参照)

6.4 全装可搬化

操作機構の小形化によって操作機構箱が縮小され、タンクの一体溶接によって架台の取外しが可能になり、全装輸送が可能になった。つまり、工場組立てのまま輸送できるので、現地におけるブッシング部のガスシール作業やタンク内組立作業がなくなり、信頼性の上で一段と向上したと言える。また、架台なしのじか置きで操作試験ができるので、架台だけの先送りも可能になり、更にブッシングを取り外さないで低圧のガスを封入したまま輸送できるので、現地の真空引き作業が不要で、ポンベから追加封入するだけでよく、据付期間が短縮できる。

7. 試験結果

試験は、交流しゃ断器規格 JEC-181(1975) 及び電力規格 B-122 に規定された各種の項目について行い、更に参考試験や実用性能面での検証項目についても実施し、その結果はすべて満足すべきものであった。72 から 204 kV までの全定格機種について検証試験を行ったが、以下にその代表的なものを報告する。

7.1 温度試験

温度試験は、各電流定格について連続通電試験及び過負荷試

験を実施した。連続通電試験結果の1例として、4,000 A 用の 70-SFLT-32 A 形 GCB の測定点と温度上昇値とを図 9. に示す。いずの上昇値も、規格値に対して十分に余裕があった。

更に、短絡電流を多数回しゃ断した後の通電性能についても検証し、温度上昇の点から問題のないことを確認した。

7.2 耐電圧試験

各定格機種について、せん(閃)絡電圧特性をは(把握した上で連続開閉試験前後に電圧階級に応じた商用周波電圧・雷インパルス電圧を印加し、耐電圧性能が十分であることを検証している。また、実用性能面における検証として、ガス圧が万一、大気圧まで低下した場合でも、常規対地電圧に耐え得ることを確認した。試験電圧は常規対地電圧の1.3倍で、印加時間は10分間である。

また、コロナ試験では可視コロナ・内部コロナについて試験を行った。可視コロナについては、発生電圧が乾燥及び注水条件で常規対地電

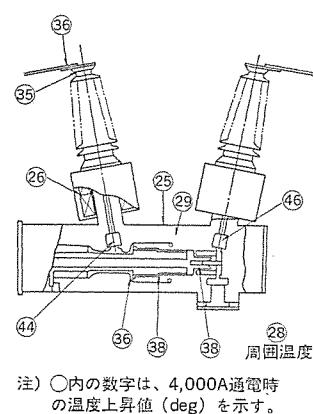


図 9. 温度試験結果
(70-SFLT-32 A 形
GCB, 4,000 A)

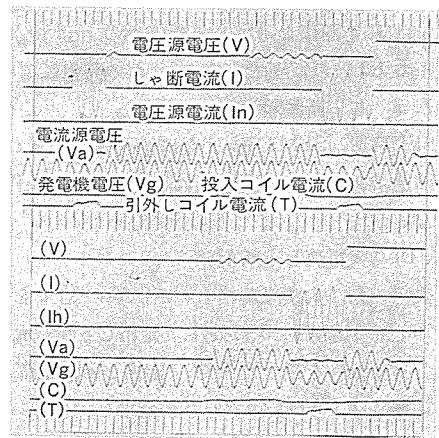


図 10. SFMT 形しゃ断器の短絡し
ゃ断合成試験 オシログラム

表 4. 合成しゃ断試験結果

供試器形式	試験条件	ガス圧力 (kg/cm²)	操作圧力 (kg/cm²)	給与電圧 (kg)	しゃ断電流 (kA)	動作責務	再起電圧		投入電流 (kA)	アーク時間 (サイクル)	しゃ断時間 (サイクル)	備考
							上昇率 (kV/μs)	波高値 (kV)				
140-SFLT-32A	短絡 4, 5号	4.0 *(1)	14.3 *(2)	168	31.5	O CO 0.35秒 CO 1分	1.5	338	— 81.3 48.9	0.6 0.75 0.95	2.45 2.6 2.8	給与電圧は異相地絡を兼ね $168/\sqrt{3} \times \sqrt{3} = 168 \text{ kV}$
	脱調	4.0	12.5 *(3)	243	18.9	O O O	2.3	440	—	0.6 0.8 0.95	2.6 2.8 2.95	給与電圧： $168/\sqrt{3} \times 2.5 = 243 \text{ kV}$ 電流は短絡3号を兼ね $31.5 \times 0.6 = 18.9 \text{ kA}$
	SLF 0.9I	4.0	12.5	154	28.3	O O	8.17	42.9	—	0.7 0.8	2.7 2.8	給与電圧： $204/\sqrt{3} \times 1.3 = 154 \text{ kV}$ $\sqrt{\frac{U}{C}} = 490 \Omega$
140-SFMF-40A	短絡 4, 5号	4.0	14.3	168	40	O CO 0.35秒 CO 1分	1.4	341	— 75 113	0.5 0.7 0.85	2.3 2.45 2.6	給与電圧： $168/\sqrt{3} \times \sqrt{3} = 168 \text{ kV}$
	脱調	4.0	12.5	243	24	O O O	2.4	154	—	0.6 0.75 0.9	2.5 2.65 2.8	給与電圧： $168/\sqrt{3} \times 2.5 = 243 \text{ kV}$ 電流は短絡3号を兼ね $40 \times 0.6 = 24 \text{ kA}$
	SLF 0.9I	4.0	12.5	154	36	O O	10.0	46.2	—	0.7 0.9	2.6 2.8	給与電圧： $204/\sqrt{3} \times 1.3 = 154 \text{ kV}$ $\sqrt{\frac{U}{C}} = 484 \Omega$

*(1) ロックガス圧力

*(2) 再閉路ロック圧力

*(5) ロック操作圧力

表 5. 小電流しゃ断試験結果

供試器形式	試験条件	ガス圧力 (kg/cm ²)	操作圧力 (kg/cm ²)	給与電圧 (kV)	しゃ断電流 (A)	動作責務	試験回数 *(1)	再点(発)弧回数	開閉電圧 *(2)	アーキ時間 (サイクル)	備考
140-SFLT-32A	進み小電流	4	*(4) 12.5	168	21 49 160	O	12	0	1以下	0~0.4	給与電圧： 非有効接地系の1線地絡時の条件 $168/\sqrt{3} \times \sqrt{3} = 168 \text{kV}$
	遅れ小電流	*(3) 5	*(5) 16.5	146	6.9 21	O	12	—	1.3以下 1.15以下	0.15~0.6	給与電圧： $168/\sqrt{3} \times 1.5 = 146 \text{kV}$
140-SFMT-40A	進み小電流	4	12.5	168	21 49 160	O	12	0	1以下	0~0.45	給与電圧： 非有効接地系の1線地絡時の条件 $168/\sqrt{3} \times \sqrt{3} = 168 \text{kV}$
	遅れ小電流	5	16.5	146	6.9 21	O	12	—	1.9以下 1.2以下	0.15~0.55	給与電圧： $168/\sqrt{3} \times 1.5 = 146 \text{kV}$

*(1) しゃ断器相位 $2\pi/12$ ごとの位相制御
*(2) 給与電圧波高値に対する倍数で表示

*(4) ロック操作圧力
*(5) 最高操作圧力

*(3) 最高ガス圧条件(定格ガス圧力)

圧以上であることなどを確認した。内部コロナに関しては、ERA形コロナ測定器によってしゃ断内部のコロナを測定したが、常規対地電圧の1.3倍の電圧で有害なコロナの発生は認められなかった。

7.3 しゃ断試験

SFLT形、SFMT形とともに消弧室は、それぞれ全定格電圧で同じ構造であるので、要求される最も厳しい条件を選定して試験を行った。

(1) 大電流しゃ断試験

表4.は、大電流短絡しゃ断試験の結果を示す。定格しゃ断電流100%の短絡4,5号条件、定格しゃ断電流60%の短絡3号で脱調しゃ断条件を兼ねた条件、定格しゃ断電流の90%における近距離線路故障0.9I条件での試験結果を示している。また、140-SFMT-40A形GCBの短絡4,5号しゃ断時のオシログラムを図10.に示す。

この外に特殊試験として、3相同時に短絡電流を流して操作力に問題がないことや、SFLT形、SFMT形にそれぞれ10回、20回の累積しゃ断試験を実施し、十分な実用性能を備えていることを確認している。

(2) 小電流しゃ断試験

進み小電流及び遅れ小電流しゃ断結果を表5.に示す。進み小電流試験では、非有効接地系での1線地絡時の健全相しゃ断条件を考慮した電圧で実施している。その結果、進み小電流しゃ断試験で無再点(発)弧であり、遅れ小電流しゃ断試験とともに異常な電圧は発生していない。

7.4 騒音試験

実用性能面で特に最近問題になる騒音特性について、100-SFMT-40Aで実測した結果を図11.に示す。20m値で最大75ホンであり、騒音レベルは従来と比べてかなり低くなっている。この外、周波数特性についての分析も行ったが、特に卓越した周波数域はなく、周波数が上がるにつれてそのレベルは下がっている。

7.5 特殊実用性能検証試験

しゃ断器に要求される性能は、大きく電気的性能と機械的性能とに分けられる。このうち、実用性能上問題になるのは、機械的性能で特に操作機構部が主原因になっているものが多いと言われている。そのため、これまで多くのフィールドにおける運転実績を検討し、操作機構の重要性に着目した下記の特殊実用性能検証試験を実施し、問題のないことを確認した。

操作機構には、多数回動作するものや希ひん度動作するものなどがあり、しゃ断器の責務の特異性を十分に考慮した実証が必要である。

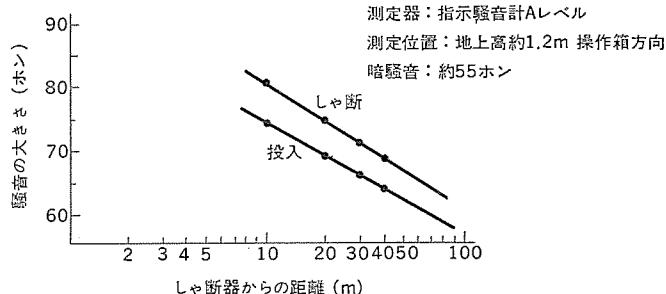


図 11. 100-SFMT-40 A 形 GCB の騒音測定結果

る。特に、希ひん度動作についての検証には、外部環境、使用形態や要長年月といった実態に応じた検討が必要である。

多数回動作として、しゃ断器の模擬負荷をつけたモデルによる破壊試験、10数台の実器による寿命試験、あるいは無潤滑動作試験などを実施した。

希ひん度動作を考慮した検証試験として、実器による希ひん度動作試験はもちろんあるが、高・低温動作試験、無潤滑動作試験、摩擦特性試験などを行い、実器による希ひん度動作試験は現在もなお継続中である。

その外、部品公差・組立公差などを考慮した種々の動作試験、高速度カメラによる動作解析も行うなどしてその結果を生産管理にも反映させた。

8. む す び

以上、72~204 kV 単一圧力式タンク形GCBの概要を紹介したが、この完成によって72 kVから550 kVまでのタンク形GCBシリーズ体系を完備したと言える。このしゃ断器は、当社の豊富なパッファ形ガスしゃ断器の技術と、GISにおけるガス絶縁技術の実績に基づくものであり、信頼性・保守性などの実用性能の面で特に優れており、既に実系統で順調に運転中で、今後とも電力系統の発展に寄与できるものと確信される。

最後に、このしゃ断器の開発・製品化に当たり、各電力会社をはじめ、関係各位よりご指導ご協力いただいたことに謝意を表する次第である。

参 考 文 献

- (1) 松田、宮本ほか：三菱電機技報、51、No. 9、p. 616 (昭52)

耐力点検出法電気レンチ

渢谷博司*・大西 力*

1. まえがき

土木建築などの鋼構造部材の現場継手に高力ボルト摩擦接合が用いられるようになってから、既に10数年経過する。その間、接合部に関する研究の積重ねと相まって、ボルト材質の向上、締付機器の開発などがあって、高力ボルト接合に対する信頼性は著しく高まってきた。

また、ボルトを締結する工法も種々のものが開発され、特にトルクコントロール法及びナット回転法が主に採用されている。しかしながら、それらは欠点や問題点を含みながらも実施されているというのが実情である。耐力点検出法は上記の工法の欠点を解消し、より理想的な工法として開発したものである。

1.1 ボルト締結

摩擦接合における高力ボルトの役割は、接合部材間に接触圧を与えることと、摩擦力を生じさせることにある。

図1.に示すように、接合部材間の摩擦力 F の値は接合面に加わる圧縮力 S と、摩擦係数 μ との積で表せる。したがってボルト張力（軸力 N ）の n 個の集合である圧縮力 S と、摩擦係数 μ により摩擦力 F はコントロールされるので、継手に使用されるボルトに応じた適正軸力 N をどのようにしてボルトに与えるかが問題になる。ここで適正軸力 N の与え方に種々の工法が考えられるわけである。

一般に、ボルトで部材を締結する場合にはナットを締付トルク T で回転させていくと、ボルトに張力が働き軸力 N が導入されていく。この軸力 N とナット回転角 θ 、及びトルク T の関係を図 2. に示す。ボルト締付け始めの $0-N_1$ 間は、板のたわみや肌すきのためにナット回転角 θ に対して軸力 N の上昇はゆるやかであるが、板、座金が密着すれば、ボルト弾性域にある限り θ に対して直線で軸力が導入されていく。ボルトの弾性限界である降伏点 N_2 (ボルトでは残留応力 $\sigma_{0.2}$ 相当軸力をいい耐力点ともいいう) を過ぎればボルトは伸びはじめ、 θ に対して導入軸力は飽和特性を示し、最大軸力 N_{\max} を過ぎると、だんだん下降し、ついには破断する。一方、ナットの回転に要するトルク T は図に示すように、軸力 N にほぼ比例して上昇し、耐力点

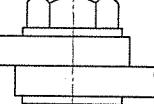
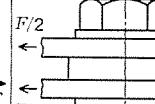
摩擦面が1つの場合	摩擦面が2つの場合
 $F = \mu \cdot S$	 $F = 2 \cdot \mu \cdot S$

図 1. 磨擦接合の説明

を過ぎて飽和する。トルク T と軸力 N との関係は 1.2 節の式(1)による。

1.2 トルク法

設定トルク T_0 までナットを回転しボルトを締結する方法で、ボルト弾性域内では軸力 N と締付トルク T の関係を

k : トルク係数, d : ボルトの呼び径

なる比例式で表し、締付トルク T を管理コントロールすることにより適正軸力 N が導入できると考えるもので、今日一番普及しトルクコントロール法と呼ばれているものである。(以下トルク法と称す)。

今、M 22 (F 11 T) A種のボルトを締付ける場合、 $k=0.13$ と仮定すれば、 $d=22$ ので $N=23.8\text{ t}$ を導入するためには、式(1)より $T=68\text{ kg}\cdot\text{m}$ のトルクでボルトを締付ければよい。ところが $k=0.13$ と仮定したが、周囲温度やナットの表面状態により k の値は変化するので、上述のように $T=68\text{ kg}\cdot\text{m}$ で締付けた場合でもトルク係数がもし $0.1\sim0.15$ の範囲でばらついたときには N は $30.9\sim20.6\text{ t}$ と大きくばらつく。時としては極端にトルク係数が下がり図2の $N-T$ 曲線IVと T_0 が交錯せずにボルトが破断するという事態に至ることさえある。

したがって、このトルク法を成功させるにはトルク係数をのばらつきをできるだけ小さくすることであり、トルクコントロールのできる縮付精度の高いレンチを用いることである。

1.3 ナット回転法

レンチなどで締付トルクの設定の精度をあげてもトルク係数 k のばらつきによる軸力 N のばらつきは免れないというトルク法の欠点を解消しようと、締付トルクに代わって、ナット回転量で導入軸力を管理しようとするもので、欧米、特に米国で使用されている。具体的には塑性域締付けにおいて心配される遅れ破壊を考慮し、十分な変形能力のあるボルトを使用し、図3.に示すように一般には Snug tight の位置から例えば 180° と一定の回転角を与えるもので、塑性域までボルトを締付けることにより、回転角のばらつき $\pm 40^\circ$ に対する導

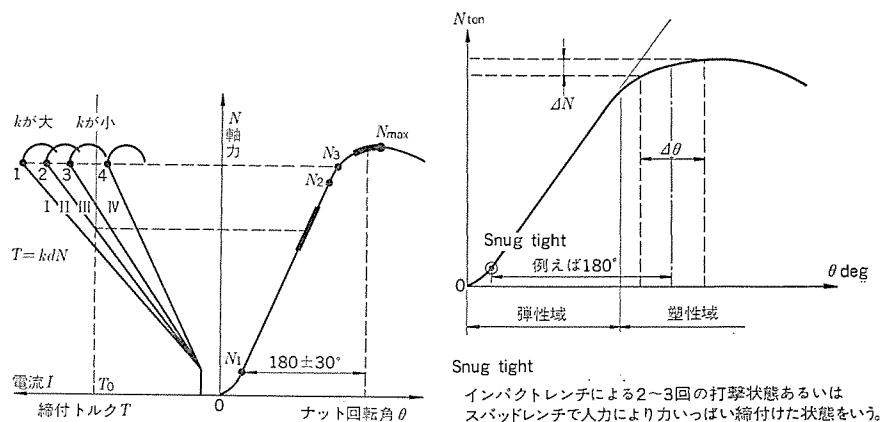


図 2. 高力ボルトの締付特性

図 3 ± 10% 回転法

入軸力のばらつき ΔN を小さくし、導入軸力を一定にしようと意図したものである。ナット回転量の起点の Snug tight の位置は一般に人間の勘にたよるため、Snug tight の位置のばらつきが軸力の導入位置のばらつきとなってあらわれてくる欠点をもっている。

2. 耐力点検出法

2.1 原理

図 2. に示したように高力ボルトの $N-\theta$ 曲線は弾性域を超えると、すなわち耐力点以降においては直線性を失い飽和曲線を描く。このような性質の高力ボルトを電動レンチでナットを回転させてボルトを締結させると、締付け途中の動摩擦係数はほぼ一定とみなしえるので、 $N_1 N_2$ 間では締付トルク T すなわちレンチの電流 I の変化もほぼ一定の割合で上昇するが、 N_2 以降は $N-\theta$ 曲線に対応して電流値の変化率も激急に減少し飽和曲線を描く。

耐力点検出法電気レンチはこのような状態変化を利用して、 N_2 を若干超えた N_3 に対応する電流の飽和開始点を制御器で検出すると同時に電動レンチを停止させボルト締結を完了させようとするものである。したがって本法の動作点は、弾性域を利用するトルク法と塑性域を利用するナット回転法との中間にある。また、トルクの変化状態を検出しているためトルク値の大きさ、すなわちトルク法の欠点であるトルク係数値の影響をうけないものであり、締付開始点の位置にも動作点は左右されないものである。以上をまとめると表 1. に

表 1. 耐力点検出法とトルク法及びナット回転法の比較

項目	工法	トルク法	ナット回転法	耐力点検出法
1	導入軸力の位置	弾性域	塑性域	耐力
2	制御対象	トルク(電流)の値	ナットの回転量	軸力(トルク)の変化
3	初期軸力の設定(管理)	不要	必要	不要
4	トルク係数値の影響	大	極	小

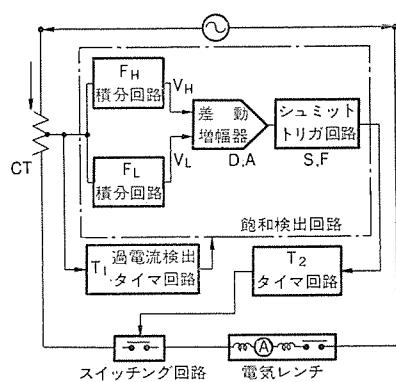


図 4. 制御回路

なる。

2.2 制御回路

制御回路は、図 4. に示す。電動レンチの電流を変流器 CT で検出し電圧変換し、時定数の異なる 2 つの積分回路 F_H , F_L の入力として与え、積分回路の出力差を得て差動増幅器 D.A で増幅し、次段の、シミュットリガ回路 S.F でレベル判定し、主回路のスイッチング回路を開いて電動レンチを停止させる方式をとっている。この場合の電動レンチ停止時間は、タイマ回路 T_2 で制御する。また、 T_1 は始動時の突入電流によるトラブルを防止する過電流検出タイマ回路である。

2.3 装置の概要

耐力点検出法電気レンチは、電動レンチ、制御器及び記録計から成り、おのおのの仕様を表 2. に、性能を表 3. に示す。また外形図を図 5.~図 7. に示す。

2.3.1 電動レンチ

本体の形状を L 形とし、全長を短くし作業しやすい構造とした。締付時の反力を防ぐために、反力受けに設けているつめを隣接ボルトに受けさせることにより、作業者(電動レンチ本体)には反力がこないよう考慮した。万一、隣接ボルトに受けさせたつめがはずれた場合にも電動レンチ本体に反力減少機構(本体の先端部が自由に回転できる)を設けており、2重の反力防止機構を採用したのでより安全に作業できる。またこのために、かち上げ作業も容易になった。

2.3.2 制御器

制御器は図 4. に示す制御回路で構成し、ボルト締付完了を検知し、自動的に電動レンチの回転を停止させるもので、電圧表示メータと異常電圧を警報するブザーをつけた。また、電源電圧の急変に対しても誤動作しないように電圧変動保護回路を内蔵したので、同一電源

表 2. 仕様

形名	電動レンチ TW-22 A	制御器 WC-22 A	記録計 WR-22 A
電源	単相交流 100V 50~60Hz		
許容電圧変動	-15%~+10%		
適用ボルト等級: サイズ	F8T, F10T : M16, M20, M22		
重量	約 10kg (コードを除く)	約 12kg	約 9kg
備考	無負荷回転速度 15 rpm		
	記録紙送り速度 50 Hz 2 mm/s 60 Hz 2.5 mm/s		

表 3. 締付機器の性能

周囲温度範囲	0~40°C
耐電圧	1,000 V 1 分間に耐える
絶縁抵抗	2 MΩ 以上 (500 V メガ)
締付け時の騒音	80~85 ボン (無負荷時、周囲 1m にて測定)
締付時間	3~6 秒/本

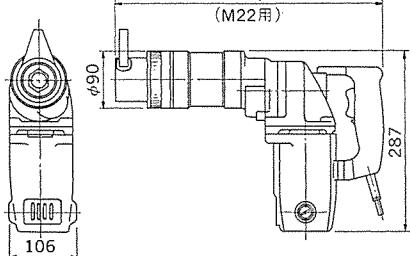


図 5 電動レンチ外形寸法 (mm)

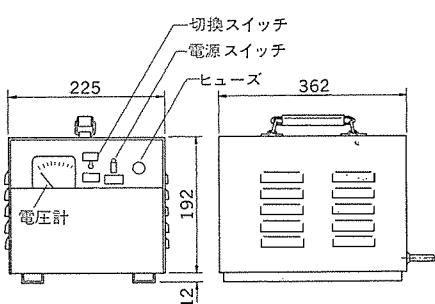


図 6. 制御器外形寸法 (mm)

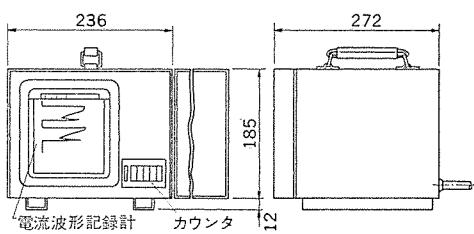


図 7. 記録計外形寸法 (mm)

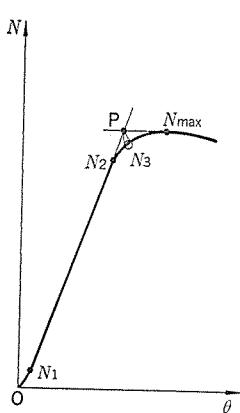


図 8. 制御動作点

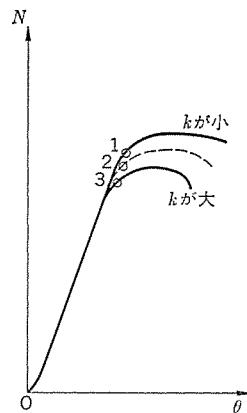


図 9. トルク係数とボルト特性

からの並列運転も可能になった。フレームは2重構造にして、対温度、対雨対策をとった。

2.3.3 記録計

記録計は電流波形記録計とカウンタを備え、電流波形記録計はボルト締付時のレンチ電流を感知し自動的に紙送りを開始し、ボルト締付時の電流波形を記録するもので、ボルト締付けが完了すれば約1秒後に自動停止する。記録は放電記録方式を採用し保管を容易にした。1個の記録紙で約1,000本の記録が可能である。また、カウンタには締付本数を表示し、ボルト締付作業の管理を容易にした。

2.4 締付特性

2.4.1 制御動作点

ボルトの耐力点を締付トルクの飽和開始点と考えて、制御器でレンチ電流の飽和検出を行っているが、図4の回路から分かるように、電流の飽和点の検出は2つの積分回路 F_H , F_L の時定数の差で行っている。したがって時定数を調整することにより動作点を調整することができる。動作点 N_3 は図8. 図において N_1 , N_2 の延長と N_{\max} との交点Pから垂線を下し $N-\theta$ 曲線との交点と、 $\angle N_1 PN_{\max}$ の2等分線と $N-\theta$ 曲線の交点の間になるよう調整している。動作点はボルト特性によって1か所決まるので時定数の調整をユーザサイドで行う必要のない無調整の機器となる。

2.4.2 トルク係数と締付特性

ボルトの $N-\theta$ 曲線と電動レンチの電流変化の対応は次のように説明できる。 Δt 時間に $\Delta\theta$ の角度だけナットが回転し ΔN の軸力が導入され、それに伴いトルクが ΔT 、電流が ΔI だけ増加したとすれば

$$\Delta\theta = \omega\Delta t \quad \dots \dots \dots (2)$$

$$\Delta N = \frac{1}{kd} \Delta T \propto \frac{1}{kd} \cdot \Delta I \quad \dots \dots \dots (3)$$

が成立する。 ω はレンチの角速度で、整流子モータを使用しているので Δt 時間内は一定であり、電流 I の関数とみなす

$$\omega I = \text{const.} \quad \dots \dots \dots (4)$$

と仮定する。式(1)～式(3)より

$$\frac{\Delta N}{\Delta\theta} \propto \frac{1}{kd\omega} \cdot \frac{\Delta I}{\Delta t} \propto \frac{1}{kd} \cdot I \cdot \frac{\Delta I}{\Delta t} \quad \dots \dots \dots (5)$$

したがって式(5)において、トルク係数 k が増加すれば、軸力に対する締付トルクすなわち電流 I が増加するので、式(5)中の $\Delta N/\Delta\theta \propto \Delta I/\Delta t$ が保たれる方向に動くのでトルク係数の影響は少ないといえる。一方図2. でこのことを説明すれば、トルク係数が変化し $N-T$ 曲線が、I, II, IIIと変化してもトルクの変化状態を検出しているため、動作点は1, 2, 3となる。しかし縦軸のボルト軸力をみれば

表 4. トルク係数と締付特性

① 使用ボルト F 10 T M 22×80 $\sigma_y=105.2 \text{ kg/mm}^2$

$\sigma_{\max}=111.9 \text{ kg/mm}^2$

② トルク係数 A種 $k=0.138$

B種 $k=0.185$ (黒皮のまま)

種類	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
A種	28.2	28.1	28.2	28.0	28.4	28.2	29.0	28.0	28.0	28.3	28.24
B種	26.8	27.0	26.6	25.0	26.0	27.5	27.4	26.9	26.1	26.0	26.58

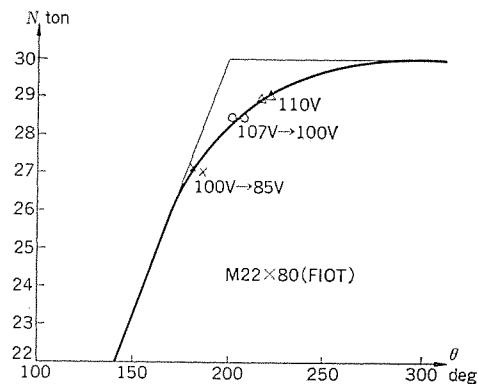


図 10. 電圧変動と動作点

表 5. 初期軸力と締付特性

初期軸力	5t	10t	15t	20t
導入軸力	27.62	27.72	27.80	28.70
ナット回転角	215.6	169.0	131.0	101.7
備考	5本の平均	5本の平均	5本の平均	3本の平均

N_3 点のままで軸力は変化しない。導入軸力としてはトルク係数の影響はうけないと見える。

極端にトルク係数が違えばボルトに加わるねじり力の差も大きく生じて図9.に示すようにボルトの $N-\theta$ 曲線が変化し、トルク係数が大きくなる程最大軸力は低下する傾向になることが知られている。そのため動作点としても当然図9.の1, 2, 3と低下する。A種とB種のボルトを使用した場合の実演データを表4.に示す。

2.4.3 電圧変動と締付特性

整流子モータの場合、電圧変動があれば、一定トルクに対してモータの角速度 ω はほぼ1次関数で変動する。一方、式(5)より k , d が一定とすれば、

$$\frac{\Delta N}{\Delta\theta} \propto \frac{1}{\omega} \cdot \frac{\Delta I}{\Delta t} \quad \dots \dots \dots (6)$$

の関係が見いだせる。

したがって $\frac{\Delta I}{\Delta t}$ を制御器が正確に検知しているとすれば、電圧が低下し ω が小になれば $\frac{\Delta N}{\Delta\theta}$ は増加する。すなわち $N-\theta$ 曲線の傾きの大きいところを検知したことになり動作導入軸力は低下する。仕様で電圧範囲を明示し、異常電圧を警報する装置(O.V.R回路, U.V.R回路)を組んでいるゆえんである。図10.に電圧変動と動作点のデータを示す。

2.4.4 初期軸力の大小による締付特性

前述したように、ナット回転法の場合は、締付けの起点となる初期軸力すなわち本締めに入る前の仮締めが問題となった。本法の場合は動作原理からいって初期締めの位置には無関係で導入軸力は一定となる。テストによる確認では初期軸力が高くなれば最終導入軸力が若干上昇する傾向になった。しかし実用上は問題にならない値である。理由は、締付開始時のトルク値(電流値)の大小による電流立

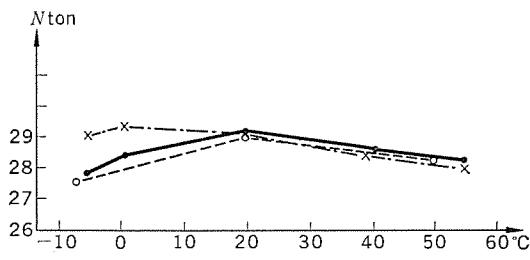


図 11. 温度と制御動作点

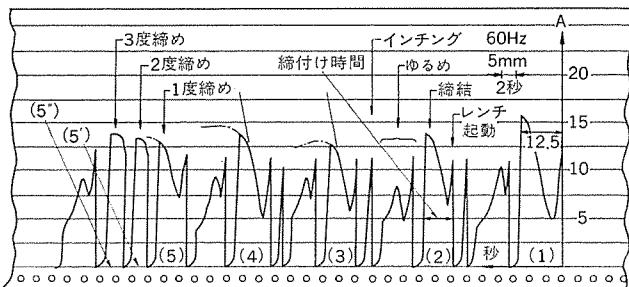


図 12. 高力ボルト締付時の電流波形

上がりこう配の違いが、制御器の飽和検出回路の特性となって表れるためである。データを表 5. に示す。

2.4.5 温度と締付特性

(1) 温度変化とボルト特性

トルク係数 k と温度 H との実験式は、N社の場合

$$k = -4.05 \times 10^{-4} H + 0.1405 \quad \dots \dots \dots \quad (7)$$

で与えられた。したがって $-10\sim50^\circ\text{C}$ では k の値は $0.1445\sim0.1203$ となる。2.4.2 項から N社の試料ボルトの場合、温度特性が本法の締付特性に与える影響は無視できると考える。

(2) 温度変化とレンチ特性

-10°C になれば潤滑油の凝固がレンチの電流増加となってあらわれなじみ運転をすれば電流値は低下する。したがって潤滑油が凝固している運転始めの数本は、電流変化がボルトの $N\theta$ 曲線と対応しないために、制御器では誤検知することになる。一般に現場では作業開始前にはキャリブレーションを行うよう義務づけられているので、なじみ運転も兼ねることができ、 -10°C までは問題がないと考える。当社実験でも -10°C において 3~5 本目以降では正常動作になった。

(3) 温度変化と制御動作点

3台の温度特性データを図 11. に示す。 $0\sim40^\circ\text{C}$ においては問題がないと考える。

3. 電流波形

高力ボルト締付け後の導入軸力の確認には、トルクレンチで締付トルク値を測定する検査方式が一般に行われている。この締付機器では、この検査方式に代わり、記録計を使用した簡便で能率的な記録検査方式である。すなわち、電動レンチの電流波形の急変時に電動レンチを停止させて記録された電流波形の状態をチェックすることにより、ボルトが正常に締付けられたか否かを知ることができる。図 12. に M 20 のボルトを軸力計に 5 本締付けたときの波形を示す。縦軸は電流値 (A : アンペア) を示し、フルスケールは 50 等分目盛りで 25 A まで記録が可能である。横軸は記録紙の送りで、50 Hz で 2 mm/s, 60 Hz では 2.5 mm/s である。図中(1)の場合、最高電流値 15.5 A、締付時間は約 5 秒である。制御器が正常に作動し、軸力が正しく導入されたかどうかを波形で見るには、(3), (4)で示すように直線部

を離れ、ゆるやかに湾曲した点で動作しているかどうかを観察すればよい。

また、電流波形(1)~(5)は同一ロットのボルト 5 本を締付けたものであるが、電流波形の高さ（動作点の電流値）はばらついている。これは主にトルク係数のばらつきによるものと考えられるが、この装置は電流波形の高さがばらついても導入軸力はほぼ一定にそろうことを見ているので、波形の高さはあまり問題としない。

電流波形(5'), (5'')は(5)で締付けたボルトを更に 2 度締め、3 度締めした場合の波形を示す。

4. むすび

以上述べたように、ボルト材質のほぼ耐力点を電気的に検出して締結しているので、初期締め、締付ボルト、トルク係数にはほとんど関係なくボルト軸力は一定にそろい、従来のトルク法、ナット回転法などによる締付機器にない大きな特長をもつものである。

また、締付管理面でも従来のトルクチェックに代わり、記録方式のため作業現場においては安全性、省力化と結びつき加えて本法の信頼性が認められ幸いにも好評を博している。

本法の実績としては、実在維手におけるテスト締付け、及び社内暴露試験を昭和 49 年 4 月より開始し、本格的採用は、世界最古の木造建築である奈良東大寺大仏殿の須屋根工事において、ボルト 23 万本をトラブルなしで締付けたことを最初とする。（詳細は「建築技術」5, No. 297 (1976) に報告）。次いで一般のビルや一般国道 250 号加古橋（兵庫県播磨大橋）など建築橋りょうにわたり漸次採用されつつある。

開発されて歴史も浅いこともあり、また、従来の弾性域利用とは異なり耐力点での締付けとなるため、遅れ破壊——従来の研究^{(1)~(5)}によれば F 8 T, F 10 T はその危険性はなく、F 11 T もそれらに準ずるものと判断される——を心配し敬遠の向きもあるが、近年本法と同一の原理にたつところのドイツの Junker の工法がトルクこう配締付法あるいは傾斜法という名称で紹介され^{(6)~(8)}、世界的に耐力点検出法の採用の気運にあり、本法の普及を期待するものである。

なお本法の開発及び共同実験にご指導、ご協力を賜った、神戸大学工学部西村昭教授をはじめ寺内製作所、川崎製鉄(株)、日本ファスター工業(株)の関係者にお礼申し上げる次第である。

参考文献

- (1) 高力ボルト遅れ破壊、JSSC, 6, No. 52 (昭 45-10)
- (2) 高力ボルトの暴露試験その後の経過、JSSC, 7, No. 72 (昭 46-12)
- (3) 高力ボルトの暴露試験その後の経過Ⅱ、JSSC, 9, No. 87 (昭 48-3)
- (4) 高力ボルトの暴露試験その後の経過Ⅲ、JSSC, 10, No. 105 (昭 49-9)
- (5) 高力ボルトの暴露試験その後の経過Ⅳ、JSSC, 11, No. 120 (昭 50-12)
- (6) 中村：ドイツ機械学会のボルト接合設計基準、ねじと技術、16, No. 2 (昭 50-2)
- (7) ねじ締結体の動力締付けのための最新の制御方式、日本ねじ研究協会誌、6, 4 号 (昭 49)
- (8) 北郷：ねじ締付力の管理について、締結と接合、10 号ねじの世界社 (昭 49)

DA-501形三菱ダスト濃度計

竹内秀夫*・福寿幸男*・坪田勝司*・佐藤敏博*

1. まえがき

煙道排ガス中のダストは、二酸化硫黄(SO_2)、窒素酸化物(NO_x)とともに主要大気汚染物質の1つとして注目されている。大気汚染防止法では、既に、ダスト発生施設に対して排出規制をしており、排ガス中のダスト濃度を測定し記録する義務を課している。更に、このような大気汚染防止の立場から、ダスト発生施設においては、燃料の転換などによる燃焼管理、集じん装置の設置が広く行われるようになり、これらの対策の効果測定のためにも排ガス中のダスト濃度測定の必要性が生じてきている。

排ガス中のダスト濃度の測定方法は、図1.に示すJIS Z 8808(排ガス中のダスト濃度測定方法)による手分析法があるが、この方法は、実際に行う場合次のような難しい点がある。

(1) 図1.に示すとおり、ダスト濃度測定のための前段階として、排ガス温度、水分量、流速等の測定が必要になるため、測定に多くの時間と労力を要する。

(2) 測定が複雑であるため、かなりの経験、習熟が必要となり、測定結果に個人差が生じやすい。

(3) 自動測定法ではないので、燃焼管理、汚染源の自動監視に用いることができない。

このような状況下において、ダスト濃度測定の省力化が図れる自動計測器の要求が高まっており、現在、ダスト自動計測器の方式の調査検討がなされJIS化が進められている。

当社では、このような要望にこたえこのたび、 β 線透過法を測定原理とする排ガス中のダスト濃度自動計測器であるDA-501形三菱ダスト濃度計を製品化したので、ここにその概要を紹介する。

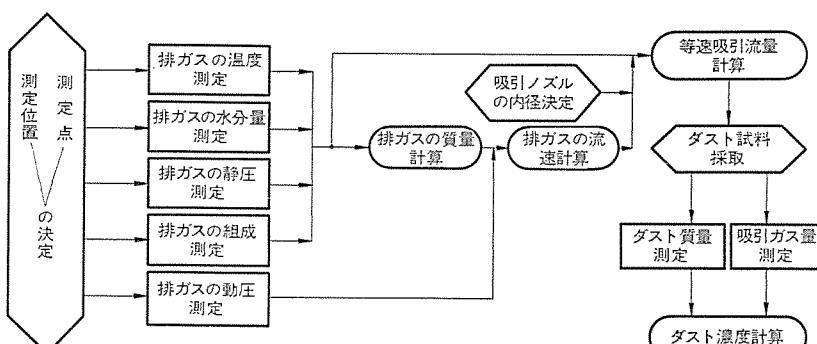


図1. JIS Z 8808による排ガス中のダスト濃度測定方法

2. ダスト濃度自動計測器の現状

ダストとは、燃料その他のものの燃焼、合成、分解等により発生する排ガス中のばいじん及び機械的処理などに伴い発生する粉じんの総称である。排ガス中のダスト(ばいじん)濃度は、標準状態(温度0°C、気圧760 mmHg)の乾き排ガス1m³中に含まれるダストの質

表1. ダスト自動計測器方式比較

方 式	測 定 原 理	特 徴
β 線透過法	ろ紙に吸引捕集したダストの質量を透過 β 線で測定する。	(1) 質量濃度計。 (2) ダスト性状(粒径、色、成分等)に関係なく質量が測定できる。 (3) 校正が容易である。 (4) 検出部の耐環境性が良いので使用条件の制限を受けにくい。
電気天びん法	ろ紙に吸引捕集したダストの質量を天びんで測定する。	(1) 質量濃度計。 (2) ダスト性状に関係なく質量が測定できる。 (3) 校正が容易である。 (4) 検出部の耐環境性が悪いので使用条件の制限を受ける。
接触帶電法	排ガスの流れの中に半導体又は導体を置き、その接触面で生ずるダストの電荷移動量に基づく出力電流を測定する。	(1) 相対濃度計。 (2) ダスト性状の変動が直接指示誤差となる。 (3) 実排ガスによる検量線が必要なため、校正に手間がかかる。 (4) あらかじめダストが帯電していると誤差となる。 (5) 直接センサにダストを接触させるため、ダストの付着、絶縁不良を起こしやすく保守性が悪い。
光散乱法	排ガスの流れの中に光束を投射して得られるダストの散乱光パルス又は散乱光量を測定する。	(1) 相対濃度計。 (2) ダスト性状の変動が直接指示誤差となる。 (3) 実排ガスによる検量線が必要なため、校正に手間がかかる。 (4) 計測可能な粒径範囲が制限を受ける。 (5) 光学系の汚れがあるため、保守性が悪い。
光透過法	排ガスの流れの中に、直接測定光を投射して、ダストによる光透過率を測定する。	(1) 相対濃度計。 (2) ダスト性状の変動が直接指示誤差となる。 (3) 実排ガスによる検量線が必要なため、校正に手間がかかる。 (4) 感度が低い。また感度は煙道の大きさに制限を受ける。 (5) 光学系が直接排ガスと接触するため汚れを起こしやすく保守性が悪い。

量で表す。煙道から排出されるダストは、ダスト発生施設ごとにその成分が異なる多種多様な有害物質を含んでおり、大気中に浮遊することにより、地域環境破壊、人の健康への影響が生じている。したがって、排ガス中のダスト濃度測定による汚染源の自動監視が、大気汚染防止の立場から望まれるわけである。

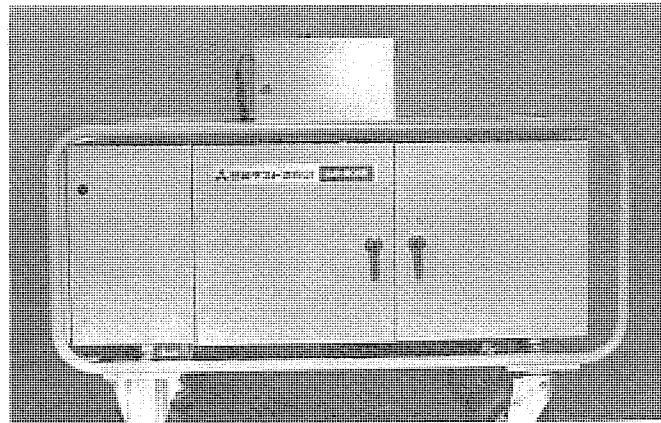
現在、排ガス中のダスト自動計測器として、各種の方式のものが、発表されているが、大別すると、試料排ガスを煙道から採取することなく煙道内でダスト濃度を得る方式のものと、JIS Z 8808で規定されている方法と同様に排ガスを採取し、JISでいうダスト捕集器の部分に検出器を設けて濃度を得る方式とに分けられる。前者としては光透過法による計測器が、後者としては β 線透過法、電気天びん法、接触帶電法、光散乱法、光透過法による計測器がある。各方式の比較を表1.に示す。

このように、各種方式のダスト自動計測器が発表され評価されつつある中において、まだ、他の汚染物質(例えば、 SO_2 、 NO_x 等)

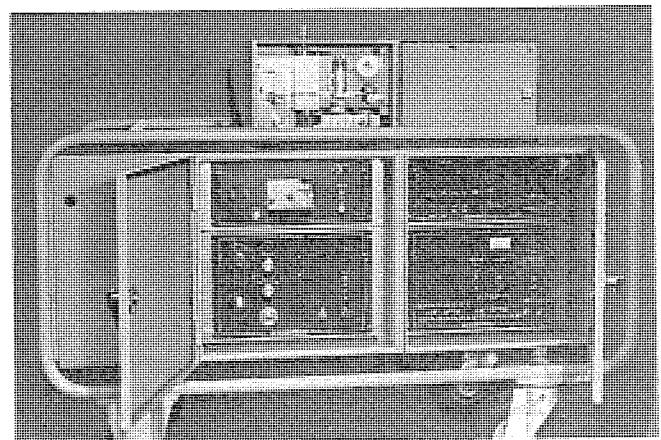
の自動計測器に比較して、技術的に問題点を多く含んでおり、その測定法の確立が遅れているのが現状である。その理由は、排ガス中のダスト濃度測定という原理上の難しさからくる問題であり、次のようなことが挙げられる。

- (1) ダスト濃度は、排ガス $1 \text{ m}^3 \text{N}$ (N は標準状態を表す) 中に含まれるダスト質量で表すため、直接質量を計測する必要がある。
- (2) ダストの性状は、ダスト発生施設ごとに異なり、また排ガス条件の変化によっても異なるが、ダストの性状に影響されずに、質量濃度を求める必要がある。
- (3) ダストは、質量をもつ固体粒子であるため、試料採取時に煙道排ガスと等しい流速で吸引しなければならない。(等速吸引の自動化の必要性)

すなわち、ダスト自動計測器が具備すべき条件としては、ダストの性状に関係なく、ダストの質量濃度を求ることである。表 1 の各方式ごとの比較に見られるように、相対濃度計である光透過法、光散乱法、接触帶電法による自動計測器では、原理上、その指示値がダストの性状による影響を受ける。このため、施設ごとにあらかじめ面倒な検量線を作成して、機器を校正する必要があると同時に、同一施設における排ガス条件の変動に対しても指示値が変わるという問題点がある。したがって、使用にあたってはこの点に十分考慮する必要がある。また、従来のダスト自動計測器は、その測定結果を質量濃度に換算して出力していない。この点からも JIS との対応



(a) 検出部・本体外観



(本体 左上: 吸引制御部, 右上: 信号処理部
左下: 吸引部, 右下: 配電部)

図 2. DA-501 形 外 観

がとれてないという問題が残されている。

三菱ダスト濃度計 DA-501 形は、従来のこのような問題点を解決した製品であり、以下概要を述べる。

3. 三菱ダスト濃度計 DA-501 形

3.1 測定原理

DA-501 形で採用している β 線透過法の原理は、ろ紙上に排ガス中のダストを吸引捕集し、このろ紙上のダストに放射線 (β 線) を照射してその透過 β 線強度からダスト質量を求めるものである。

一般に放射性同位元素（以下線源といふ）は、 α （アルファ）線、 β （ベータ）線、 γ （ガンマ）線を自然に放射しながら、他の安定な元素に遷移するが、これらの放射線は物質を透過する際それぞれ特有の透過力を持っている。このうち β 線は、負の電荷を持つ電子の流れであり、ダストの質量測定に最も適した放射線である。

一般に、 β 線が物質を透過する際次のような作用を受ける。

(1) 弹性散乱：原子核近くの電界の作用で進行を変える。この場合は、エネルギーを失わない。

(2) 非弾性散乱：原子の外殻電子と作用して、原子を電離又は励起する。

(3) 制動放射：原子核の近くでエネルギーの一部を失い、そのエネルギーを電磁波の形で放出する。

このうち、低エネルギーの β 線の場合は、主として上記(2)の非弾性散乱によってエネルギーの損失が起こる。また、低エネルギーの β 線は物質を透過するときの減衰が、透過物質の性状に関係なく物質の質量に対して指数関数的な特性を示すことと、高い測定感度を有するために、このダスト質量測定には低エネルギーの β 線源が用いられる。この目的に適した β 線源としては、 ^{14}C （カーボン）、 ^{147}Pm （プロメチウム）が挙げられるが、これらの線源は、また、質量測定の際干渉作用を与える γ 線を放出しないという利点も持つ。

DA-501 形では、 β 線源として ^{147}Pm を、放射線検出器として GM 管（ガイガーミュラーパー）を採用しており、ろ紙としてふっ素樹脂を材質とするテープ状ろ紙を使用している。 β 線透過法の原理図を図 3. に示す。

ろ紙上に捕集されたダスト質量は、捕集前後の透過 β 線強度と次の関係式が成立する。

$$I = I_0 \cdot \exp(-\mu \cdot M/S) \quad \dots \dots \dots (1)$$

I_0 : ろ紙のみを透過した β 線強度 (cpm)

I : ろ紙及びダストを透過した β 線強度 (cpm)

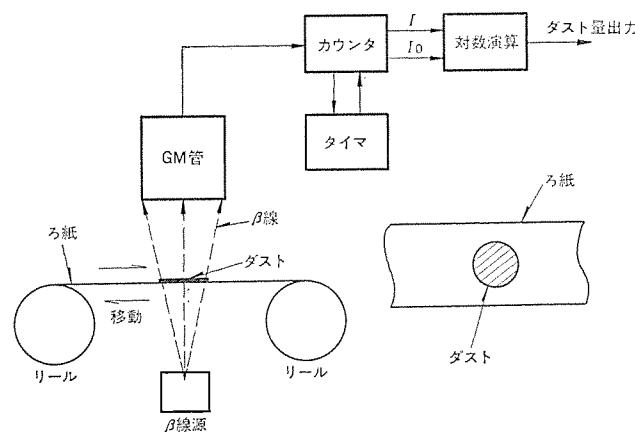


図 3. β 線透過法原理図

μ : 質量吸收係數 (cm^2/mg)

M : ダスト質量 (mg)

S : ダスト捕集面積 (cm²)

式(1)の対数をとれば、ダスト質量 M は、

となり、透過 β 線強度 I_0, I を計測することにより求められる。なお、式(2)の質量吸収係数 μ は、 β 線源のもつ最大エネルギーにのみ依存する定数であり、物質の性状に関係ないため、ダストの質量を精度よく測定できる。透過 β 線強度は、GM管により一定時間内のパルス数として検出される。また、ダスト質量濃度 $C(\text{mg}/\text{m}^3_{\text{N}})$ は、式(2)で求めたダスト質量 M と吸引した試料ガスの積算流量 $Q(\text{m}^3_{\text{N}})$ から式(3)で演算して求める。

3.2 構成と機能

DA-501 形の基本構成の系統図を図 4. に示す。

DA-501 形は、大きく分けて採取管、検出部、本体で構成する。本体は、移動可能な台車構造で内部に、信号処理部、配電部、前処理部、吸引制御部、吸引部、ガスマータを収納する。各構成品は、小型・軽量にユニット化しているので、単体にても分割使用が可能な構造である。

DA-501 形を機能的な観点から分けると、煙道から試料ガスを等速吸引して、試料ガス中のダストを捕集する試料採取系と、捕集したダストの質量を演算処理し、ダスト濃度信号を出力する信号処理系の 2 つの系統がある。前者には、採取管、前処理部、吸引制御部、吸引部、ガスマータが、後者には、検出部、信号処理部、配電部がその機能を有している。

(1) 試料採取系

試料採取系は、JIS Z 8808 で規定された自動等速吸引を行い、試料ガス中のダストを捕集するものである。等速吸引は、静圧平衡形採取管からの差圧を吸引制御部で受け電気信号に変換した後、この差圧信号が零になるように吸引部内コントロールバルブを制御して行われる。吸引流量は、ガスマタからパルス信号として信号処理部に送られ、一定流量吸引したのち、吸引が停止される。

また、前処理部は、ダスト捕集後の試料ガス中の水分、ミスト、SO₂等の除去を行い乾きガスとしてガスマータに送る機能を有している。

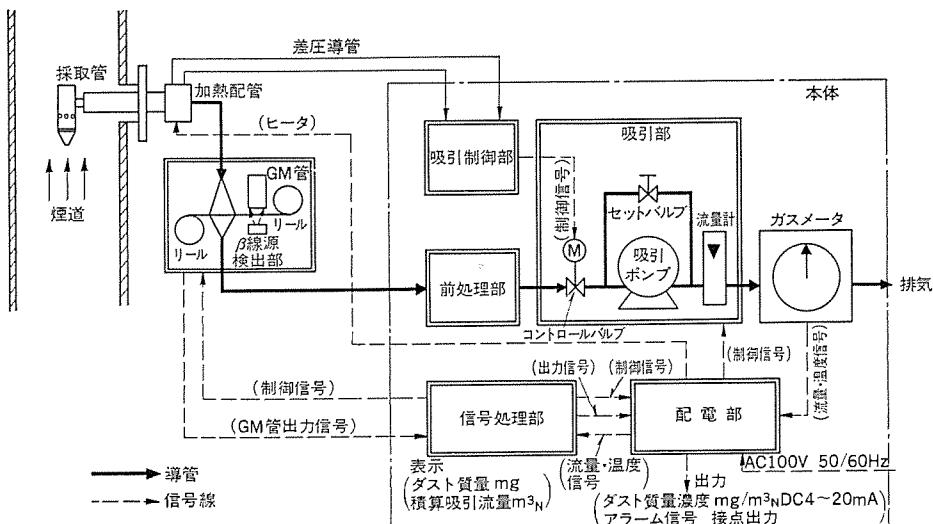


図 4. DA-501 形 基 本 系 統 図

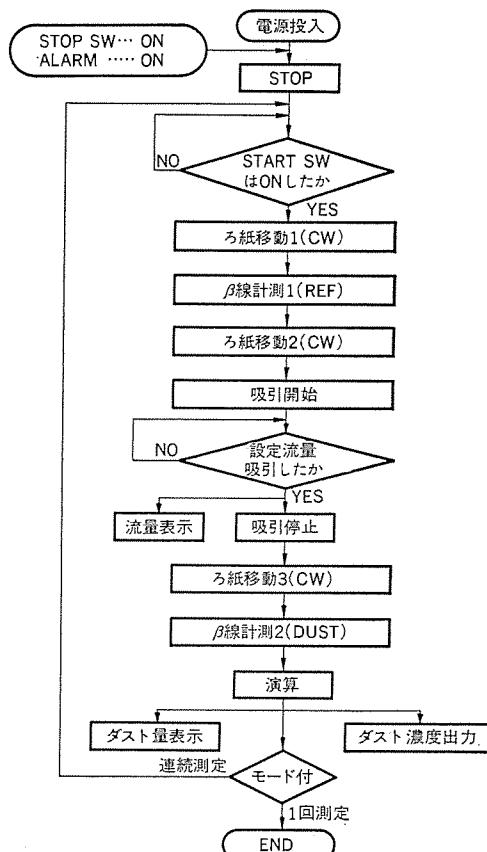


図 5. ダスト濃度計測フローチャート

採取管と検出部間は、テフロン管にヒータトレースを行った加熱配管（標準長3m）を使用し、水分などの凝縮によるダストの損失を防止している。

(2) 信号处理系

信号処理系は、捕集したダストの質量を演算する機能と、ガスマータからの流量・温度信号を受けて標準状態における積算吸引流量を演算する機能の外、質量と積算吸引流量からダスト濃度を演算出力する機能を有する。検出部内のダスト捕集器で加熱捕集されたダストは、 β 線源とGM管により、その質量に対応した電気パルス信号として信号処理部に送られここで演算処理された後、ダスト質量としてデジタル表示される。また、ガスマータからの流量(0.1 l/1パルス)・温度信号は、試料ガス吸引と同時に演算が開始され、時々刻々標準状態に換算された流量信号として表示される。このほか伝送用信号として、ダスト質量濃度DC4~20mA(入出力絶縁)を出力している。なお、信号処理部ではダスト質量濃度を自動計測するためのシーケンスコントロール回路を内蔵しており、試料ガスの吸引、ろ紙の移動、 β 線計測等のシーケンス制御を、自動的に行っている。DA-501形のダスト濃度計測のフローチャートを図5に示す。信号処理系に使用している回路系は、すべてデジタル演算処理をしているため、長期にわたり精度と安定性が優れている。

表 2. DA-501 形標準仕様

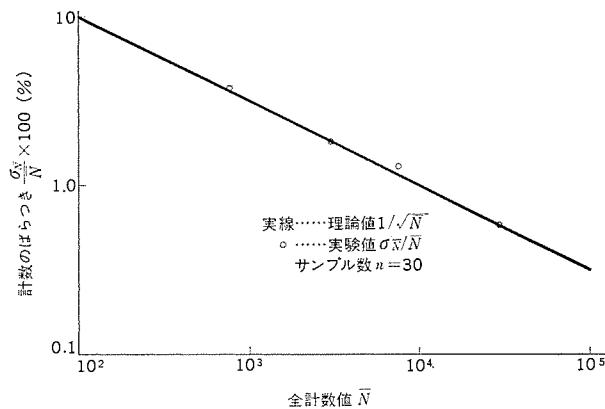
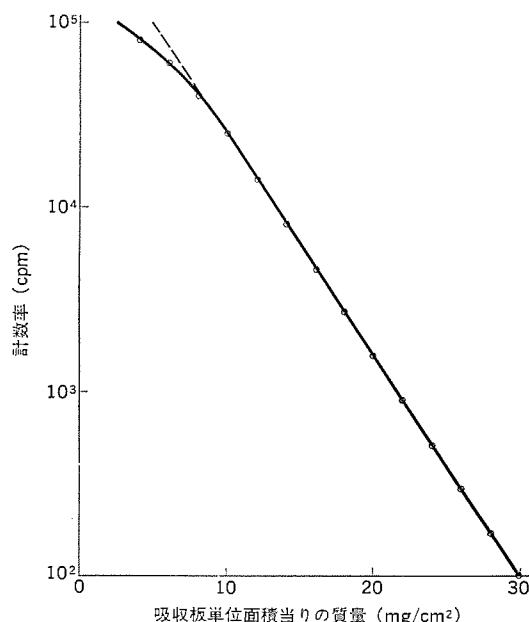
項目	仕様	備考
1. 測定方式	β 線透過法	
2. β 線源	プロメチウム 147 Pm (密封) 100 μCi 以下	半減期 2.6 年
3. 検出器	GM 管	
4. 測定範囲	0~10, 0~100, 0~1,000 mg/m^3_N 3 レンジ切換	
5. 精度		
5.1 ダスト質量測定精度	(1) 再現性 $\pm 2\%$ 以内 (2) ゼロドリフト $\pm 2\%$ 以内 (3) スパンドリフト $\pm 2\%$ 以内	試験条件は、周囲温度変化 $\pm 5^\circ\text{C}$ 以内、大気圧変化 $\pm 5 \text{ mbar}$ 以内であり、標準吸収板 20mg に対する値を示す。
5.2 等速吸引精度 (静圧平衡形)	$\pm 10\%$ 以内 $\pm 5\%$ 以内	JIS Z 8808 の規定による。
6. 表示	(1) ダスト質量 0~99.9 mg (デジタル 3 けた表示) (2) 積算吸引流量 0~99.9 m^3_N (")	
7. 出力信号	ダスト質量濃度 DC4~20 mA	入出力絶縁形
8. アラーム信号	(1) ろ紙終了アラーム ろ紙終了時メイク接点 (2) サンプリングアラーム 異常時メイク接点	
9. 排ガス条件	(1) 流速 4~20 m/s (2) 温度 500°C 以下 (3) 圧力 -200~+200 mmAq (4) 水分 20% 以下	
10. 周囲温度	0~+40°C	
11. 電源	(1) 電圧 AC 100±10 V 50/60 Hz (2) 消費電力 (ア) 検出部 150 VA 以下 (イ) 本体 1,100 VA 以下 (ウ) 採取管 300 VA 以下 (エ) 加熱配管 200 VA 以下	
12. 尺寸・重量	(1) 検出部 380 W×340 H×220 D 約 12 kg (2) 本体 1,530 W×980 H×730 D 約 230 kg (3) 採取管 $\phi 130 \times 2,580$ L 約 16 kg	

3.3 特性

DA-501 形の標準仕様を表 2. に示す。以下 DA-501 形の主要特性について説明する。

(1) β 線の特性

β 線透過法の測定精度は、 β 線の放射がランダム現象のため統計的な制約を受ける。一般的に、線源の崩壊に伴う放射線の発生は、ボアンソン形の統計分布に従うことが知られている。放射線を GM 管で計数した場合、その計数値が多くなると計数値の統計分布は、ガウス分布（正規分布）と見なせるので、全計数値のばらつき（標準偏差 σ ）は、全計数値の平方根に等しくなる。図 6. (a) は、全計数値とそのばらつきを全計数値の百分率で表した実測データであり、理論値とよい一致を示している。全計数値を多くする程、全計数値に対するばらつきの割合は減少する（全計数値の平方根に逆比例する）。したがって、 β 線の測定分解能を上げるために、全計数値を多くすればする程よいが、計数時間が長くなるという問題があるので、DA-501 形では、機器の分解能と計数時間の兼合いから最適な計数値を決定している。図 6. (b) は、 β 線の質量透過時の減衰特性を示したもので、基準質量のマイラフィルムを β 線源と GM 管間に 1 枚 1 枚（挿入）したときの計数率（単位時間当たりの計数値）の

(a) 全計数値 \bar{N} - 計数のばらつき $(\sigma_{\bar{N}}/\bar{N}) \times 100$ 

(b) 吸收板質量 - 計数率

図 6. β 線の特性

変化をプロットしたデータである。質量に対して、 β 線の計数率が対数的に変化していることがわかる。この直線の傾きが、 β 線源の質量吸収係数を示している。

(2) 再現性・直線性

図 7. に DA-501 形の再現性データを示す。試料であるマイラフィルムの質量を 3 回測定してその再現性をとったもので、ばらつきが ± 0.2 mg 以内であることがわかる。このばらつきは、 β 線の統計誤差に起因する。図 8. に、同じ厚さ (2.5 μm) のマイラフィルムを 0 から 8 枚まで重ねたときの直線性を示す。

(3) ゼロドリフト・スパンドリフト

β 線透過法のゼロドリフトは、 β 線源と GM 管間における β 線を吸収する質量の変動により生ずる。特に、空気層の密度は温度などの影響を受け変動しやすいので、その補償対策が必要である。DA-501 形では、独自の補償対策を実施しているため、表 2. に示すゼロドリフトの性能は十分満足されている。また、スパンドリフトについては、 β 線の質量吸収係数が一定なため実用上無視できる。

(4) DA-501 形と天びん指示値の相関

図 9. に、DA-501 形で測定した試料（マイラフィルム、アルミはく、鉄

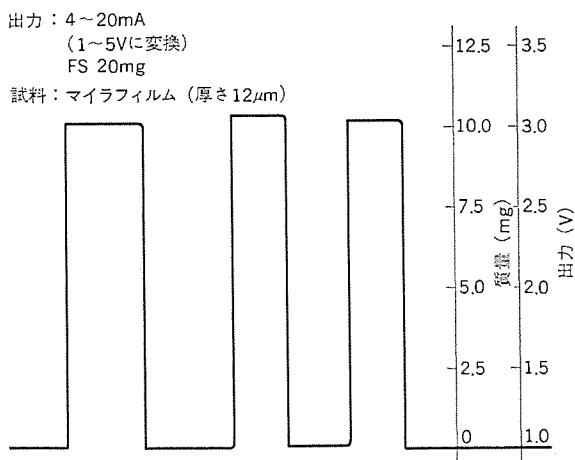


図 7. 再現性データ

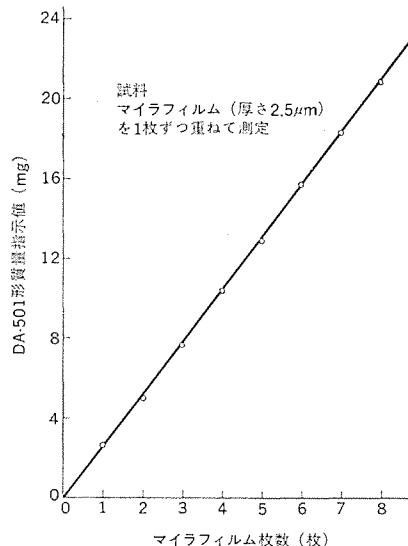


図 8. 直線性データ

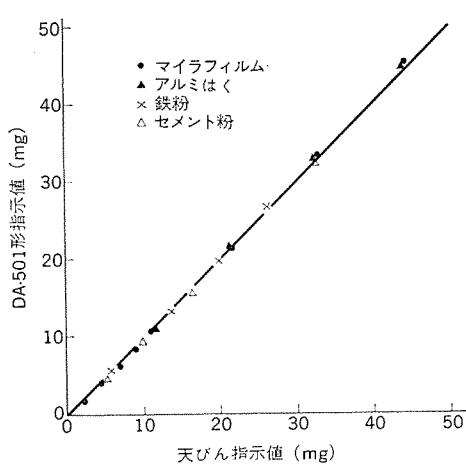


図 9. DA-501形と天びん指示値の相関

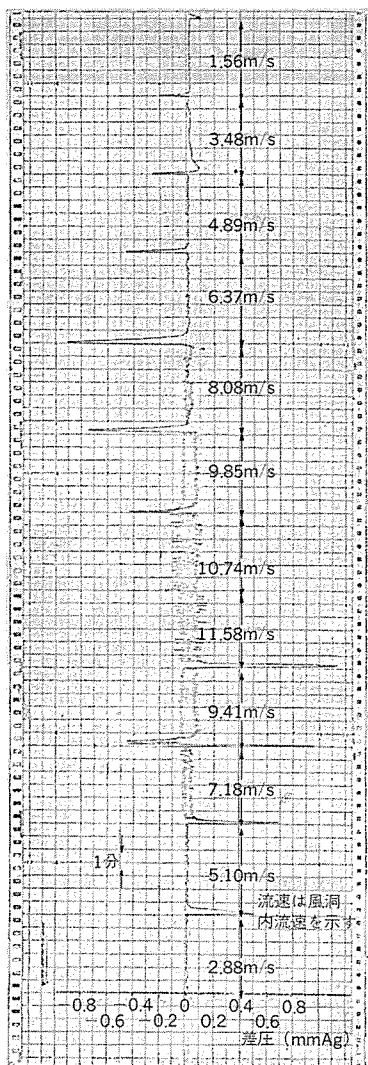


図 10. 等速吸引データ

粉、セメント粉）の質量指示値と、天びんで測定した質量の相関を示す。試料の成分、粒径、色等に関係なく、良い質量相関が得られている。

(5) 等速吸引精度

図 10.に、DA-501形で使用している静圧平衡形等速吸引系の風洞試験データを示す。風洞内流速を変化させたときの等速吸引の平衡状態を示す差圧信号を記録したもので、各流速時の等速吸引精度は、表2.の性能 ($\pm 10\%$ 以内) を十分満足している。

3.4 特長

DA-501形の特長を原理的な面も含めて以下に述べる。

(1) ダストの粒径、成分、色等に関係なくダストの質量を精度よく測定できる。したがって、どのような性状のダスト測定にも適用できる。

(2) 校正は、内蔵質量吸収板（マイラフィルム）により容易に行える。他方式に見られるような、実排ガスによる検量線作成など手間のかかる校正是不要である。

(3) ダストの吸引からダスト質量濃度の出力まで完全に自動化しているので、ダスト濃度測定に人手と手間がかからない。

(4) ダスト濃度は、標準状態に換算して出力しているので、測定値を手計算などにより補正することなく、JISで規定された質量濃度が得られる。

(5) β 線検出器にGM管を採用しているため、デジタル演算処理が可能となり、回路ドリフトの少ない精度の高い安定した性能が、長期間にわたり得られる。

(6) ロ紙として、吸湿性の少ないふっ素樹脂ロ紙を採用しているため、加熱減量等による誤差が無視できる。また、ロ紙は、テープ状であるため取扱いが容易でかつ、1巻のロ紙で数多くのダスト測定ができる。(1巻のロ紙で約400回の測定が可能)。

(7) 各構成品は、小形軽量にユニット化されているので、保守性が良くかつ、取扱いが容易である。

(8) 屋外移動形構造のため、種々の目的に便利である。また、各構成品の分割使用も可能なため測定場所の制約が受けにくい。

4. むすび

以上、煙道排ガス中のダスト濃度測定の現状、三菱ダスト濃度計DA-501形の概要について述べた。現在、大気汚染防止の立場から、ダスト濃度測定の必要性が増大するのに伴い、省力化の図れる信頼性の高い自動計測器への要求が高まっている。DA-501形は、上述の多くの特長を有するのでこれらの要求に十分こたえられるものと考える。

東京電力(株)袖ヶ浦発電所4号1,000MWクロスコンパウンドタービン発電機

速水和夫*・伊藤裕之*・松本敬之*・植松豊*・松尾義博*

1. まえがき

火力発電設備の大容量化とともに、安定した電力供給の責務がますます大きくなり、従来にもまして設備の信頼性が要求されるようになってきた。

当社が納入する大容量タービン発電機2極600MW3台、500MW3台、並びに4極500MW3台、826MW3台はいずれも運転以来順調に運転されており、更に4極1,175MWが試運転中である。このたび、これらの豊富な運転実績を生かして、東京電力(株)袖ヶ浦発電所4号機、プライマリ2極631MVA、セコンダリ4極533MVAの1,000MW2速度クロスコンパウンドタービン発電機を完成した。

本機の基本設計時点では多角的な面から技術的検討を加えて機能を追求し、多くの最新の技術を適用したが、その採用に先立ち実物大モデルによる実証確認試験、耐久性確認試験などを行い、信頼性向上には特に留意して設計・製作した。その結果、本年当初にプライマリ機、セコンダリ機とも極めて好成績で全工場試験を完了した。

本文では、設計・構造上の特長、試験結果など、その概要につき紹介する。

2. 仕様

1,000MWタービン発電機及び励磁機の主な仕様を表1に示す。本機は容量及び回転数の異なる2台の発電機で構成する2速度クロスコンパウンド機であり、発電機の容量・回転数はタービンの蒸気条件から決定され、プライマリ機631MVA・3,000rpm、セコンダリ機533MVA・

表1. 仕様

		プライマリ機	セコンダリ機
発電機	形式	円筒回転界磁形、固定子、回転子水素内部冷却	
容量	量	631,000 kVA	533,000 kVA
力率	率	90%	90%
水素ガス圧	式	5 kg/cm ² ・g	4 kg/cm ² ・g
端子電圧	量	20 kV	20 kV
電流	率	18,215 A	15,386 A
周波数	式	50 Hz	50 Hz
回転数	量	3,000 rpm	1,500 rpm
極数	率	2極	4極
短絡比	式	0.06	0.06
主励磁機	形式	ブラシレス、全閉内冷形	
容量	量	3,000 kW	2,300 kW
電圧	率	440 V	440 V
回転数	式	3,000 rpm	1,500 rpm
駆動方式	式	発電機に直結	
励磁方式	式	他励（副励磁機及びサイリスタ増幅器による）	
副励磁機	形式	永久磁石回転界磁型	
容量	量	20 kVA	20 kVA
力率	率	95%	95%
電圧	率	125 V	125 V
相数	式	3相	3相
周波数	量	400 Hz	400 Hz
回転数	率	3,000 rpm	1,500 rpm
駆動方式	式	主励磁機に直結	

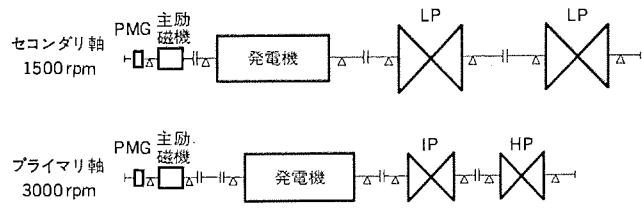


図1. タービン、発電機、励磁機配置図

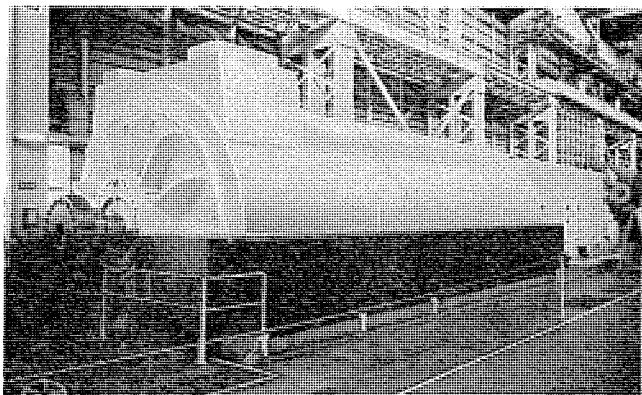


図2. 工場試験中のプライマリ機

1,500 rpm であり、励磁方式にはブラシレス励磁方式を採用した。

駆動機は三菱重工業(株)製4車室4分流形クロスコンパウンド蒸気タービンであり、図1に示すようにプライマリ軸は3,000 rpm の高圧及び中圧タービン、セコンダリ軸は1,500 rpm の2台の低圧タービンより構成されている。

図2に工場試験中のプライマリ機外観を示す。

3. 設計・製作上の留意点

本機の設計・製作にあたっては、特に信頼性の向上・確保に主眼をおいた。大容量化に伴い、固定子コイルエンド支持方式、プライマリ機における軸振動低下のための2軸受ブラシレス励磁方式、オイルホイップ防止のためのティルティングパッド軸受など最新の設計を用いているが、これらについては実物大モデルによる検証試験を実施したのち本機に適用し、更に工場試験時にその確認を行った。

また、固定子スロット内のリップルばね、回転子コイルウェッジなどの構成部品についてもクリープ試験、疲労試験を実施し、長期運転、10⁴回始動停止に十分耐えることを確認している。

以下それらの主要点について紹介する。

3.1 冷却方式

冷却方式はプライマリ、セコンダリ機とも同一方式を用いている。固定子コイルの冷却は豊富な実績のある水素内部冷却方式を採用しているが、この方式は軸方向通風のため通常冷却媒体下流側にあたるタービン側上下コイルつなぎ部が最高温点となる。この部分の温度を低下させるため、固定子コイルベントチューブのタービン側出口冷却ガスを分流させ、冷却の強化を図った。このほか、冷却向上の諸手段を講じ

ることにより固定子を直接水冷却することなく（一般に2極600～700 MVA、4極900～1,000 MVAまで水素内部冷却採用）後記のように低い温度上昇に抑えることができ、固定子コイル冷却水供給装置などの補助装置を必要としていない。

固定子コアの冷却には軸方向通風方式を採用しているが、進相運転時を考慮し、コア両端部だけは半径方向ダクトも設け、コアエンドの冷却を一段と強化した。

回転子コイルにも水素内部冷却を採用しているが、冷却ダクトの通風抵抗を減らし風量を増すことにより励磁電流の増大に対し温度上昇を低い値にすることができた。

3.2 電気的設計

3.1節の固定子コア軸方向通風を採用したため固定子有効鉄心長が増し、磁気装荷が大きくとれ、過渡リアクタンスの増加を抑え、過渡安定度を改善できた。

一般に、4極機の過渡リアクタンスは2極機に比べて大きくなるが、セコンダリ機は図3に示すように、回転子のスロット配置を非対称にし、負荷時の局所的な高磁束密度を軽減した非対称回転子を採用することにより全磁束量を増し、過渡リアクタンスを極力低下させた。

3.3 軸振動

発電機の大容量化に伴い、軸振動低減は信頼性向上にとって不可欠な要素であり、本機においても軸振動特性改善は設計製作段階で最も留意したもののが一つである。

一般に、タービン発電機の大容量化とともに、回転子はフレキシブルになるため、2極機では2次と3次の危険速度の間で運転されるようになる。一方、励磁機軸は容量増とともに重量が増加するが、軸径も増加するので、危険速度はあまり変化せず、発電機2次危険速度の低下に伴い両者が接近する。このため、大容量2極機で発電機と励磁機の振動は相互に影響を受けやすくなり、両者の回転子重量差から発電機残留アンバランスの励磁機への影響が特に問題となる。

この解決策として、プライマリ機に2軸受ブラシレス方式を採用した。

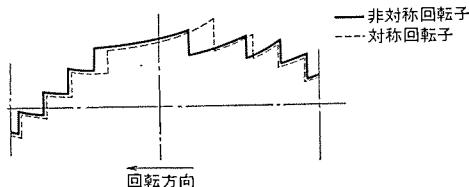


図3. 負荷時の空隙磁束波形

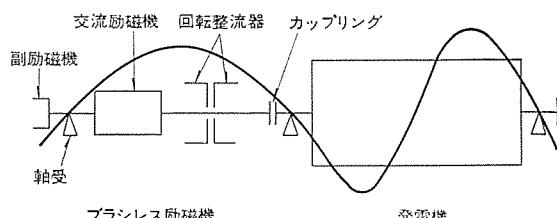


図4.(a) 1軸受方式

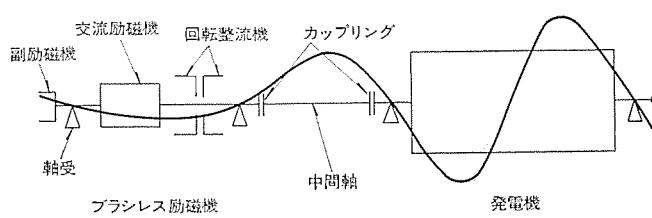


図4.(b) 2軸受方式

従来のブラシレス励磁機は、図4.(a)に示すように副励磁機側にのみ専用の軸受を持ち、発電機側は発電機の軸受を共用している（1軸受方式）。これに対し、2軸受方式は図4.(b)に示すように発電機と励磁機に比較的フレキシブルな中間軸を設け、励磁機の中間軸側へもう1つの励磁機専用の軸受をそう（挿）入したものであり、振動の面では、

(1) 図4.(b)のように中間軸によって発電機と励磁機のモードが分離される。

(2) 軸受の数が増しダンピングが増加する。

の2点から発電機側の振動が大きくてもその影響が励磁機へ及びにくくなる。図5は発電機に一定の残留アンバランスがあったとき、ブラシレス励磁機の振動と回転数の関係の計算例である。これから明らかのように、励磁機の危険速度付近において2軸受方式は1軸受方式に比し顕著に振動が低下している。

この影響の程度を評価するのにQ-factor（振動応答倍率、付録参照）が用いられる。励磁機の危険速度における励磁機軸Q-factorを発電機容量に対し整理すると図6となり、2軸受ブラシレス方式の場合には、発電機容量が増加し発電機2次と励磁機の危険速度が接近しても、Q-factorは小さく保て、軸系として振動特性上優れていることを示す。

2軸受ブラシレス励磁機の開発にあたって、通常の振動特性だけでなく、系統事故時の過渡トルクによるねじり振動及び軸強度、アライメント変化に対する軸受荷重の変化と振動特性の関連について詳細に検討を行った。更に、500 MW級の実機によるモデル試験を2軸受方式と1軸受方式について実施し、それぞれの振動応答を比較した結果、2軸受ブラシレス励磁機は計画どおり発電機側の影響を低減でき、特に危険速度通過時の振動を低く抑えられることを確認し、プライマリ機に採用した。

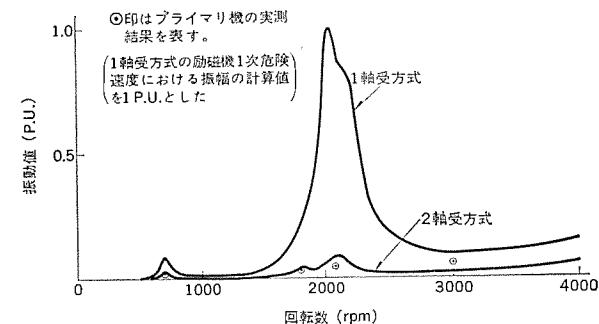


図5. ブラシレス励磁機の振動応答例
(発電機にアンバランスがある場合)

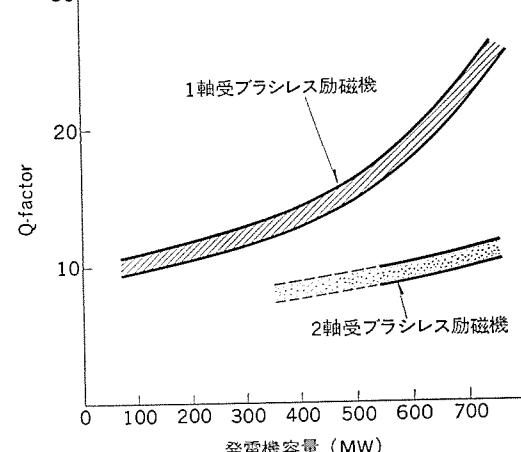


図6. 発電機容量 - ブラシレス励磁機 Q-factor

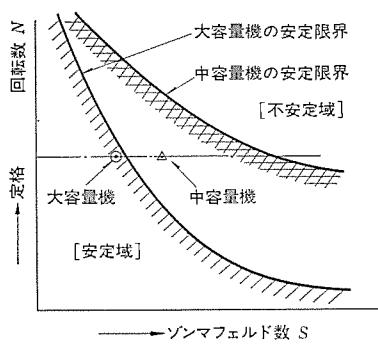


図 7. 2 極 スリーブ 軸受の安定限界

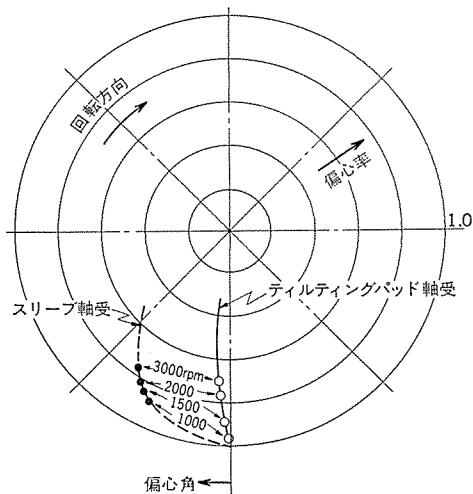


図 8. ティルティングパッド 軸受の軸中心軌跡

なお、セコンダリ機については、発電機2次危険速度及び励磁機1次危険速度が定格速度より高く、1軸受方式でも十分良好な振動特性が得られるので2軸受方式は採用していない。

3.4 軸受

発電機の大容量化に伴い、軸受径も大きくなり、同一ゾンマフェルド数に対しオイルホップ（油膜の自励現象）を発生しない安定領域が狭くなり、通常のスリーブ軸受では図7.に示すように定格点が安定限界に近づいてくる。従来、2極機で1次危険速度の2倍以上で運転され安定限界に近いものでは、安定域拡大のため軸受にスリットを設け、ゾンマフェルド数を低下させるなどの手段を講じていた。

ティルティングパッド軸受は、後記のように運転中の軸心の位置がスリーブ軸受と全く異なり本質的に安定であるゆえ、オイルホップの根本的な対策を必要とするプライマリ機に採用した。本機製作に先立ち、実機サイズの軸受を製作し、温度分布、油圧分布、軸心軌跡など軸受特性を確認し、併せて長期にわたる実証試験を実施した。この軸受は、下半部に2個のパッドを配置した2パッド形で、上半部はスリーブ形である。図8.は軸心軌跡の実測例の1つであり、軸心は回転数上昇につれてほとんど真上に浮き上がり、通常のスリーブ軸受と異なった動きをしている。

4. 構造

プライマリ機の組立断面図を図9.に示す。

発電機大容量化に伴う電磁力対策として、実物大コイルエンドを有するモデル発電機による試験を含めた各種の信頼性実証試験を行い固定子コイル支持構造を開発し、実機に適用済みであることについては先に本誌⁽¹⁾⁽²⁾で紹介しているので、ここでは項目だけ列挙する。

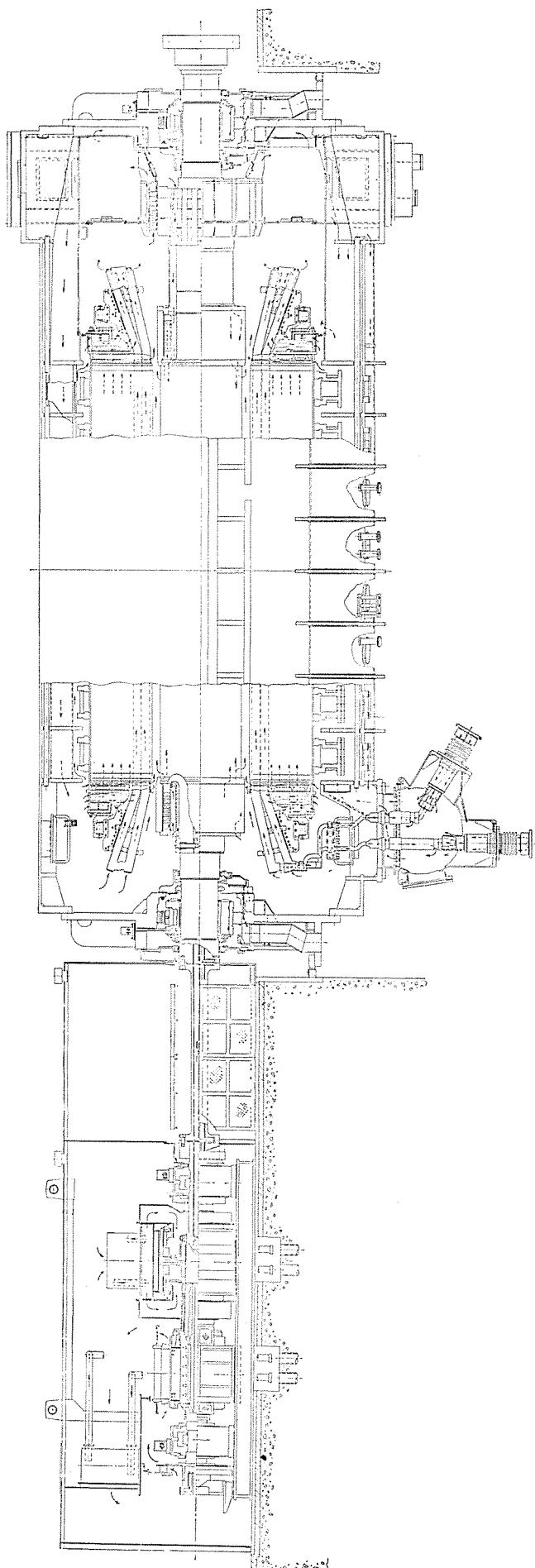


図 9. プライマリ機組立断面図

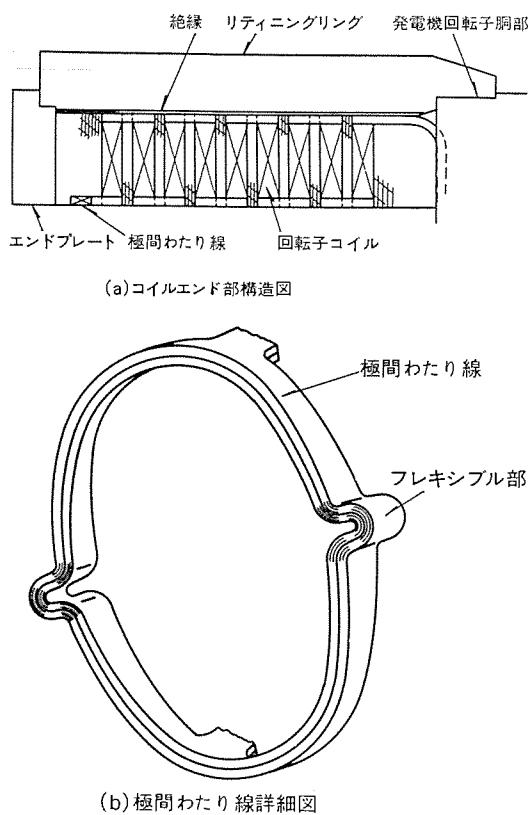


図 10. 回転子コイル 極間わたり線

- (1) 固定子コイルエンド支持リング数を従来より増した一体強固構造。
- (2) コイルと鉄心の熱膨張差を吸収する軸方向可動機構。
- (3) コンフォーミングレヤによるスロット内コイル面圧の均一化。
- (4) リップルばねによるスロット内コイルの緩和防止。

プライマリ機の発電機軸と励磁機軸とを結合する中間軸には軸内導体を通しており、この導体には温度上昇による伸びを吸収するフレキシブル部を設け、熱応力の低下を図った。中間軸材は高強度合金鋼を使用し、かつねじり固有振動数を基本周波数及び2倍周波数から十分離し再閉路や発電機端子短絡時に発生するねじり応力を低下させた。セコンダリタービンがプライマリタービンより長いのでこの中間軸採用によりプライマリ機の軸方向寸法が増加しても、建屋などへの影響もなく、しかもセコンダリ機と長さをそろえることができた。

発電機回転子コイル極間わたり線も大形化するにつれ作用応力が増すが、図10に示すようにフレキシブル構造とし、遠心力・熱膨張による半径方向の変形に対し過大な応力が生じないようにするとともに、最内層に配置し遠心力の軽減を図っている。また、実物大試験片を作り疲労試験を行い、疲労寿命が 10^4 回（毎日始動停止するとして30年）以上であることを確認している。

5. 半速同期運転

本機の2軸同期には半速同期方式を採用する。すなわち、両機を無励磁のまま定格速度の約1/2までタービンで昇速し、半速位置で同期操作を行う方式である。この半速度はタービン、発電機、励磁機の危険速度を避けて設定している。同期投入時のショックをできるだけ小さく抑えるため、両機の回転数差を約50 rpm以内に設定し、プライマリ機セコンダリ機の界磁を順次投入する方式を採用する。ターニングから同期操作、系統併列、初負荷までの一連の操作はすべて計算機により自動的に行うシステムとしている。

6. 工場試験結果

プライマリ機、セコンダリ機とも工場組立後、通常の商用試験に加え、次の各種技術試験を実施した。単体の特性試験後、ブラシレス励磁機を直結し、半速時の電圧確立試験を含む総合試験を実施した。主な試験結果を以下に示す。

6.1 等価温度上昇試験

本機の許容温度上昇限界はAUSI・C 50-1965 円筒回転界磁形同期機に準拠し、固定子コイル、固定子コイル出口ガス及び回転子コイル温度は110°C、固定子鉄心温度は130°Cである。

低温ガス、固定子コイル出口ガス及び固定子コイル温度は測温抵抗体で、固定子鉄心温度は熱電対で計測し、固定子コイル素線、発電機端子部まわりなどに試験用熱電対を取り付けて計測した。

(1) 固定子コイル温度

銅損温度上昇試験と鉄損温度上昇試験から得られた等価温度上昇値は、プライマリ機、セコンダリ機とも許容値の70%以下であった。

(2) 固定子コイル素線の温度上昇分布

固定子コイル素線に直接熱電対を取り付けて計測した結果を、プライマリ機を例にとり図11に示す。図から、上下コイルつなぎ部は低い値に抑えられているのが分かる。最高点は、プライマリ機で56°C、同様にセコンダリ機でも48°Cであった。

(3) 固定子鉄心温度分布

図11にプライマリ機を例にとった固定子鉄心の温度上昇分布を示す。軸方向通風の採用により、タービン側に行くにつれ温度は上がるが、鉄心端部は半径方向通風により低い値に抑えられている。最高点はプライマリ機で、34°C、セコンダリ機でも41°Cであった。

(4) 回転子コイル温度

回転子コイルの等価温度上昇値は、定格出力時、プライマリ機、セコンダリ機とも許容値の70%以下と十分余裕がある。

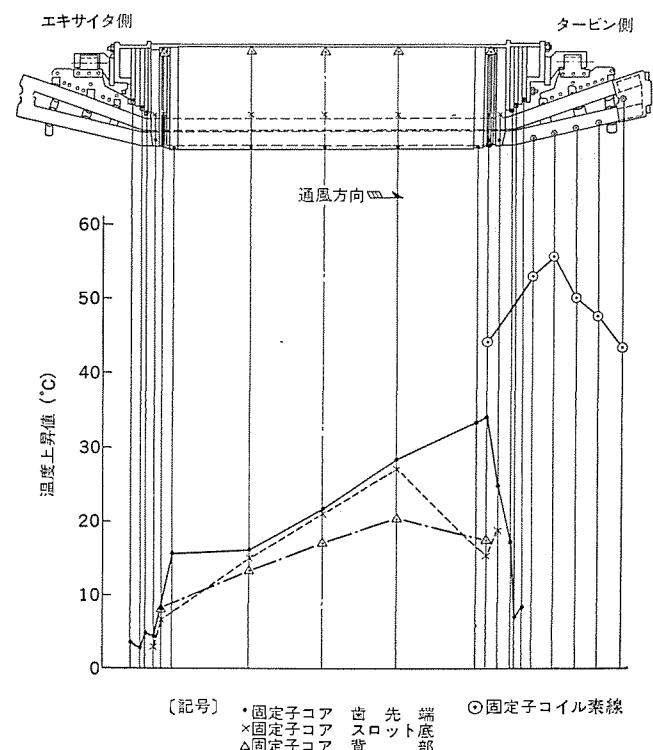


図 11. 固定子温度上昇カーブ（プライマリ機）

表 2. 損失内訳

	プライマリ機	セコンダリ機
機核損	27%	26%
鉄損	10%	10%
負荷損	26%	36%
界磁抵抗損	37%	28%

表 3. 各種リアクタンス及び定数

	プライマリ機	セコンダリ機
同期リアクタンス x_d	172.5%	170.2%
過渡リアクタンス x_d'	30.6%	36.0%
初期過渡リアクタンス x_d''	26.3%	27.4%
逆相リアクタンス x_2	25.8%	28.8%
零相リアクタンス x_0	14.5%	18.0%
短絡初期過渡時定数 T_d''	0.026 s	0.023 s
短絡過渡時定数 T_d'	1.04 s	1.18 s
電機子時定数 T_u	0.43 s	0.305 s

注) リアクタンスはすべて不飽和値

6.2 損失測定

定格出力、定格力率における損失の内訳を表 2. に示す。

6.3 各種リアクタンス及び定数

定格 kVA ベース の各種 リアクタンス 及び定数を表 3. に示す。

6.4 固定子コイルエンド部の振動

固定子コイルエンド部に、加速度計、ストレインゲージを取り付け、定格電流通電時の振動値及び応力を測定した。振動値、応力とも基準値の 50% 以下であり、突発短絡時や、 10^{11} 回（2 倍周波数で 30 年間に相当）以上の疲労強度に対しても十分余裕があることを確認した。

6.5 軸振動

2 軸受 ブラシレス 励磁機を採用した プライマリ 機の各危険速度及び定格回転数における振動実測値を図 5. 上に示す。2 軸受方式採用と振動調整技術の精度向上により、発電機と励磁機の直結試験時の振動

表 4. プライマリ 機の軸振動値

運転条件	発電機軸		ブラシレス励磁機軸	
	ターピン側	エキサイタ側	発電機側	PMG 側
定格電流 15,215 A $5 \text{ kg/cm}^2 \cdot \text{g}$	3,000 rpm 15,215 A $5 \text{ kg/cm}^2 \cdot \text{g}$	1.1	1.0	0.8
Critical Speed $5 \text{ kg/cm}^2 \cdot \text{g}$	発電機 1 次 760 rpm	1.6	0.7	0.9
	エキサイタ 1 次 1,800 rpm	1.6	0.7	1.8
	発電機 2 次 2,200 rpm	1.3	0.8	0.9
過速度 $0.5 \text{ kg/cm}^2 \cdot \text{g}$	3,450 rpm $0.5 \text{ kg/cm}^2 \cdot \text{g}$	1.0	1.3	1.0
				1.2

は表 4. に示すように低い値に抑えることができた。

7. むすび

以上、東京電力(株)袖ヶ浦発電所 4 号機、1,000 MW クロスコンパウンドターピン 発電機の仕様、設計・製作上の留意点、構造、工場試験結果について紹介した。

本機は、信頼性向上に最重点をおいて設計・製作し、工場試験での確認を行い、併せて各種技術試験を実施した。これらの貴重な経験を今後の大容量発電機の設計・製作に十分生かし、今後とも我が国の火力・原子力発電の進歩発展に寄与する所存である。

最後に、本機製作の機会を与えていただいた、東京電力(株)のかたがたをはじめ、ご指導・ご援助いただいた関係各位に深い感謝意をささげる次第である。

参考文献

- (1) 速水ほか：三菱電機技報、50, No. 7, p. 379 (昭 51)
- (2) 松田ほか：三菱電機技報、51, No. 2, p. 105 (昭 52)

付録 Q-factor について

異なる振動系の振動特性を比較する際、減衰のよさを示す値として Q-factor (振動応答倍率) を用いるのが有効である。

モード解析理論によれば、危険速度近傍の振動現象は近似的に 1 自由度系として取扱える。 n 次モードの振動方程式は

$$\ddot{X}_n + 2\zeta_n \omega_n \dot{X}_n + \omega_n^2 X_n = X_0 \cos(\omega t - \alpha) \quad (1)$$

と表され、その解は

$$X_n = \frac{X_0 \cos(\omega t - \alpha - \phi)}{\sqrt{1 - \left(\frac{\omega}{\omega_n}\right)^2}^2 + \left[2\zeta_n \left(\frac{\omega}{\omega_n}\right)\right]^2} \quad (2)$$

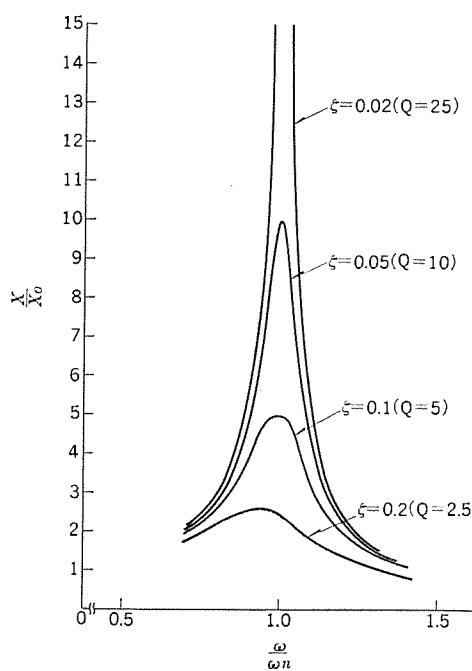
となる。危険速度 ($\omega = \omega_n$) においては、式(2)は

$$X_n = \frac{X_0}{2\zeta_n} \cos(\omega_n t - \alpha - \phi) \quad (3)$$

となる。周波数と振幅の関係は付図 1. のように表され、 ζ_n の小さいものほど振幅は大となり、同一外力に対する応答は高くなる。そのため、危険速度における振幅の大きさを表す量として

$$Q = \frac{1}{2\zeta_n} \quad (4)$$

を Q-factor と称し、振動系の危険速度近傍における振幅を評価する手段としている。



付図 1. 共振曲線

スピード ライト

MELCOM80シリーズ モデル18・モデル28

出荷累計8,000台以上の実績を誇る、三菱電機のオフィスコンピュータMELCOM80シリーズに新しく中堅機として、伝票発行業務、バッチ処理、オンライン処理、オンライン処理など、幅広い応用ができるモデル18、28が加わりました。従来機の長所を活かしつつ、新しい技術を導入して、さらに使いやすく高性能になったモデル18、28。モデル8、8ワンタッチ、38とともに活躍が期待されています。



MELCOM80シリーズ/モデル18



MELCOM80シリーズ/モデル28

■ハードウェアの特長

●コンパクトです。

モデル18は0.9m³、モデル28はディスクを含めて1m³

●操作が容易です。

伝統の専用テンキーボード、見やすいディスプレイ画面に改良を加えた、ユティリティキー、漢字表示、けい線表示機能を持つビデオ・フェイス

●どこにでも設置できます。

100Vの商用電源、空調不要の温度条件

●ディスク装置が多彩です。

標準形フレキシブルディスク(243KB)4台で約1MB
両面形フレキシブルディスク(486KB)4台で約2MB
カートリッジ・ディスク(10MB)4台で40MB
モデル28はカートリッジ・ディスクを標準装備

●プリンタが高性能です。

ベースックプリンタは120字/秒(ドット式)または80字/秒(活字式)
ラインプリンタ140行/分

ポリプロセッサを駆使して出力バッファ機能で高性能

●多彩なマルチワーク・システムが組めます。

ポリプロセッサを構成するマルチモードコントローラにより、ディスプレイ(2,000字)とビリングターミナルとを混在させて、必要なマルチワークシステムを自由に構成

●オンライン・システムの実績が豊富です。

MELCOM80シリーズのオンライン・システムの豊富な実績に基づいたコミュニケーション・プロセッサにより、異機種を含めて、すべてのオンライン・システムが可能

●高い信頼性を持っています。

16Kビット素子の採用、デュアルプロセッサの採用、自己診断機能などにより、信頼性が高く、稼動性、安全性も高い

●入出力装置が豊富です。

オート・インシータ、ラインプリンタ、増設ディスク、紙テープ装置、磁気カセットテープ、カード・リーダ、マーク・シート・リーダ、OCRハンドスキャナ、自動電源ON/OFF装置など

■ソフトウェアの特長

●ファームウェアがユーザプログラムと完全に区分され、使いやすく強力です。

●言語プロセッサが充実しています。

COBOL、プログレス、アセンブラー

●上位モデル(モデル38)でプログラムの作成ができます。

クロスCOBOL、クロス・アセンブラー

●ユティリティ・プログラムが豊富です。

SORT、システム管理、ファイル管理、ディスク管理、デバックユティリティなど

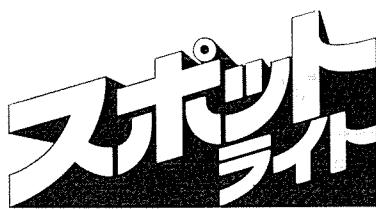
●ファイルの扱いが容易です。

ファイル処理マクロ機能

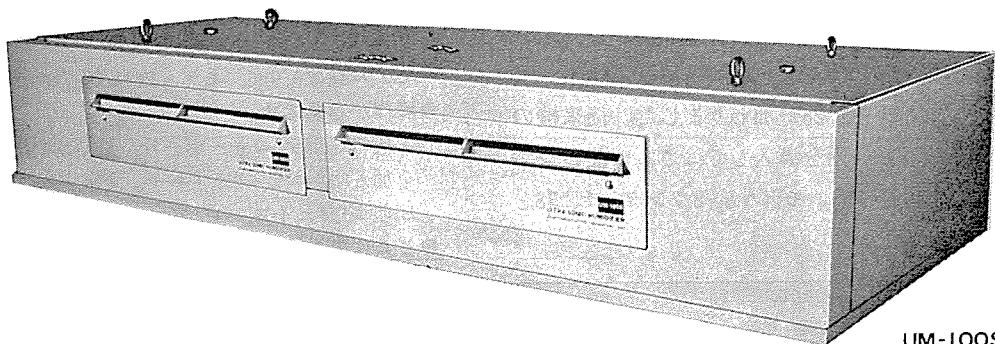
●オンライン/オンライン制御が強力です。

オンライン制御プログラム、マルチモード制御プログラム

●既存のモデル11、11Mおよびモデル8と互換性があります。



三菱業務用加湿機< MELMIST >



UM-100S

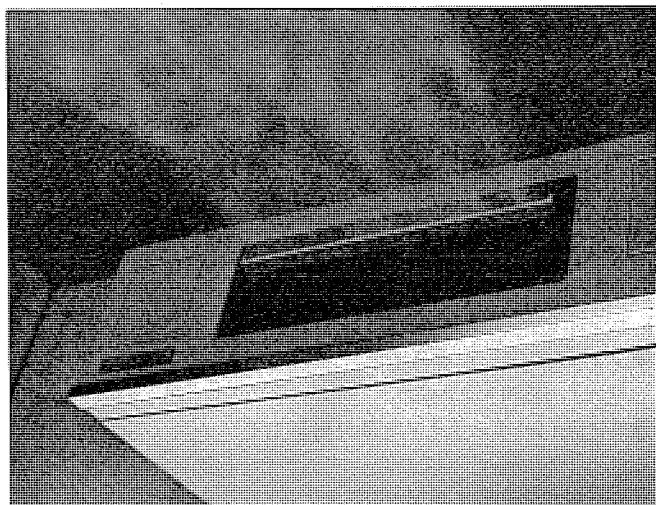
三菱電機は、各種業務分野で幅広い用途のある業務用加湿機< MELMIST >を発売いたしました。この製品は良質の霧が多量に得られる超音波霧化方式を採用しており、自動運転で、経済性、安全性にもすぐれています。

一次産業では、鶏卵ふ化、養鶏、農園芸ハウスなど、二次産業では、製糸、印刷、製紙、製茶など、三次産業では、オフィス、美容院、コンピュータルームなど幅広く適用できます。

■作動原理

従来の加熱方式、スプレー方式とはまったく違う超音波を応用した製品です。本体の水槽底部に設けた圧電セラミック振動板に高周波電圧を印加して水中に超音波振動を起こすことにより水面上にミストを発生させます。

この発生したミストをプロアで送風すると、その風速にあった量のミストがノズルから噴霧し、これが室温で蒸発して加湿効果を生じます。湿度調節は付属の湿度調節器が、自動的にON/OFF制御することにより行い、常に最適な湿度が得られます。給水は本体水槽内部に設けたフロートスイッチにより常に一定量が供給されます。



加湿中のUM-50S

■特長

- 自動給水と湿度を一定に保つ自動制御方式です。また各種安全装置が常に最適の湿度にコントロールしますので無人運転ができます。
- 風速が連続的に変えられ、加湿範囲が選択できます。
- 超音波霧化方式ですので経済的(1ℓ当たりの霧化にわずか50Wの電力)で、良質の霧が多量に発生できます。
- 各種の環境条件で使えるよう、配慮しています。
- 本体各部はユニット化しており保守点検が容易です。

今回発売の加湿機は、1時間当たりの霧化量が5ℓと10ℓのもの2機種です。

■業務用加湿機 MELMIST の定格表

項目	形名	UM-50S	UM-100S
電 源		単相100V、50/60Hz	
消 費 電 力(W)		280	500
使 用 条 件		温度0~50℃、湿度90%RH以下	
霧 化 方 式		超音波霧化方式	
霧 化 能 力		最大5ℓ/Hr	最大10ℓ/Hr
水 槽 容 量(ℓ)		1	2
寸 法 幅×奥行×高さ(mm)		990×576×262	1560×576×262
重 量(kg)		48	80
水 量コントロール方式		フロートスイッチ、電磁バルブによるON/OFF制御 自動給水	
ファンコントロール方式		サイリスタによるファンモータ位相制御方式	
給 排 水 口		給水:2/8ホースニップル 排水: UM-50S 18mm UM-100S 26mm の塩ビパイプ	
電 源 コ ド		2芯キャブタイヤケーブル 5m付	
付 属 品		湿度調節器、ファンコントローラ スペアフィルタ ストレーナ(3/8)	

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
1139039	冷房装置または冷蔵庫	{明石克寛・田中修 福島満	1143810	直流電動機の制御装置	木田正之・清水賢一
1139040	コンデンサの故障検知装置	芦谷正裕・鉄野治雄	1143811	フレッシャローラ	森好春・藤原修
1139041	抵抗溶接機用変圧器	田尻浩己	1143812	サイリスタ直流電源装置	柏野栄三
1140429	機関点火時期調整装置	三木隆雄	1143813	限時継電器	木村雅夫・杉浦博
1140430	スピーカ装置	鈴木英男	1143814	脱水洗濯機の脱水槽	浦中朝一・高山臣且
1140431	ケーブル切断器	福津豈良・安岡博敏	1143815	遠方監視装置	流郷忠彦
1140432	洗たく機のリントフィルタ装置	竹谷康生	1143816	機関点火時期調整装置	才田敏和
1140433	空気調和機の窓取付装置	鈴木太八郎・高橋克己	1143817	内燃機関点火装置	三木隆雄
1142713	異常騒音低下形横断流送風機	平野一郎・武藤淨	1143818	スイッチ装置	新川成美・渡辺隆
1142714	一方向性クラッチ	森下暎	1143819	内燃機関点火装置	赤松昌彦・高橋一智
1142715	半導体装置	池川秀彰・北村博信	1143820	内燃機関点火装置	赤松昌彦・高橋一智
1142716	電子レンジの電源装置	小林協三	1143821	ヘアードライヤ	福田興司・小池利男
1142717	信号発電機付フライホイル発電機	{土井仁・本庄由尚 植谷正徳	1143822	放射線量遠隔測定装置	岩井優
1142718	角のみ機	弘瀬潔	1143823	回転数検出装置	佐々木武夫
1142719	冷房機	高橋克己・野田富士夫	1143824	接点式内燃機関点火装置	才田敏和
1142720	論理回路における動作周波数試験装置	畠末吉	1143825	押ボタン	池田紀吉
1142721	張力調整装置	原広忠	1143826	信号回路切替表示装置	白土孝彦
1142722	ねじ切削用旋盤の回転センタ支持装置	蛇原てる子	1143827	扉開放止め装置	{庄司茂・野村聰 松原徹
1142723	電子部品の二次塑性加工装置	森田豊・北村守	1143828	車輛用定速走行装置	片山紘二
1142724	並列運転電力増幅器の過励振保護回路	田代親幸	1143829	ベルト駆動式巻取装置	橋本公祐
1142725	レーダ装置	近藤輝夫・中司浩生	1143830	導帶支持用スベーザ	{八木重弘・江口善造 三上明・橋本頼克
1142726	加工装置	服部孝敏・臼井久仁次	1143831	保護装置	永島弘
1142727	燃焼送風装置	大築勅靖	1143832	水検知装置	鶴野秀之
1142728	自動糸切りミシン	森田稔・稻井邦広	1143833	変圧器用パルス放熱装置	小林忠雄
1142729	天井パネルの吊具	閑歳弘通・鈴木実	1143834	機関点火時期調整装置	林正博
1142730	温度制御装置	{藤井学・中村富家 中野嘉博・石井悠	1143835	差し込み端子の止め金具	野村聰・安藤英夫
1142731	記憶機構付リードリレー	桜田武	1143836	電気回路の故障検出装置	桜田武
1142732	密閉形電動圧縮機のクランク軸振れ止め装置	{田中満・大日方興信 星野義明	1143837	荷重検出装置	森川富夫
1142733	伸線機の断線防止装置	{阿部勇・石渡弘 太田正志・井上達郎	1143838	内圧防爆電動機の起動装置	水溜和哉
1142734	連結状気体膨脹式浮遊防材	{木名瀬武男・猪熊章 矢野勇	1143839	タイムスイッチ	新川成美・渡辺隆
1142735	冷蔵庫	柳沢祥雅・田中毅	1143841	半導体電圧調整器	和田一二三・森下光晴
1142736	回転型食品調理機	岩田尚之・杉田信	1143842	単結晶引上装置	稻荷隆彦・上田時芳
1142737	蓄熱式冷暖房装置	池内正毅	1143843	温度制御装置	高梨靖士・藤井学
1142738	電気機器の端子装置	{小林凱・鹿野義郎 角田聖治	1143844	分割パネル	富山勝己・曾根原邦明
1142739	真空開閉器	松山清	1143845	口出線付容器入りコンデンサ	宮本昭
1142740	自動清掃装置	石原豊	1143846	発電機の励磁装置	松尾正孝
1142741	連結装置	小池正允	1143847	発電機の励磁装置	泰弘継
1142742	真空しゃ断器	竹内伴治	1143848	集積回路素子の着脱装置	泰弘継
			1143849	絶縁ブッシュ及び絶縁ブッシュ受	三橋康夫・柴田守
			1143850	機関始動装置のクラッチ装置	前田耕二・小谷源三郎
			1143851	冷媒回路の圧力制御装置	岡本恭一
			1143852	ジューサー・ミキサー用繼手	三浦隆・徳永龍
			1143853	傘	岩田尚之・杉田信
			1143854	傘	高田真蔵
					高田真蔵

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
1143855	傘	{高田真蔵・鶴谷嘉正 熊田泰治	1146235	双投カムスイッチ	吉村元由
1143856	発熱感熱線	野村健次・草川英昭	1146236	数字表示装置	中尾佳生
1143857	傘	{高田真蔵・鶴谷嘉正 熊田泰治	1146237	遠隔指示式計測装置	元木義明
1143858	傘	{高田真蔵・鶴谷嘉正 熊田泰治	1146238	信号受信装置	竹垣弘
1143859	傘	{高田真蔵・鶴谷嘉正 熊田泰治	1146239	輝度制限回路	丹羽喜一
1143860	施錠装置	鈴木欽三	1146240	遠隔指示計測装置	織田利之・戸田政義
1143861	施錠装置	鈴木欽三	1146241	プログラム装置	岩永俊之
1143862	電気マッサージャー	川合輝一	1146242	リニア・コンペア装置	猪谷耕太郎・赤崎文和
1143863	炉内監視装置	佐伯義行	1146243	螢光灯器具	橋本武雄・鈴木実
1143875	機関用配電装置	柴垣匡男・大西正義	1146244	電子機器装置等のパネル引出装置	松本洋
1144249	回路しゃ断器	長谷川清博	1146245	空気バネ式車体傾斜角制御装置	山田健司・亀田康幸
1145889	電気裁縫ごて用包装体	荒木 熊・小林安男	1146246	減圧弁の包装装置	桜井信康・日比野浩一
1146229	回転体の冷却装置	村田俊哉・植田雅晴	1146247	液面検知用電極	小川昇
1146230	衣類乾燥器	{町原義太郎・三ヶ田文彦 上原幹夫	1146248	フレヤ管継手	山本守夫・岡本久雄
1146231	操作表示体	庄司茂・野村聰	1146249	発振器装置	光岡弘・多田一彦
1146232	バルス発生装置	林正之・山根満徳	1146250	電気加湿装置	{町原義太郎・上原幹夫 近藤正司
1146233	真空開閉装置	竹内伴治	1146251	定位置停止装置付クラッチモートル	小林孝生
1146234	スライドスイッチの取付装置	熊田泰治	1146252	カセットテープレコーダ	奥昌淳
			1146253	二温度式冷蔵庫	田中毅
			1146254	半導体素子測定装置	宇根隆蔵
			1146255	遠心送風機の羽根車	村岡正隆
			1146256	機関用点火装置	才田敏和

〈次号予定〉 三菱電機技報 Vol. 52 No. 8 端末システム特集

特集論文

- 分散処理端末システム
- 漢字情報処理システム
- 広域オンラインシステム
- リモートバッチ端末システム
- ディスプレー端末装置
- 端末システム用磁気記憶装置
- 工業分野における端末システム

普通論文

- 酸素リサイクル・オゾン発生装置
- 数値制御工作機械の拡張群管理システム
- G形コントロールセンタ用グリップ
- 松島炭鉱(株)池島鉱業所納め坑内集中監視システム
- 多工程針数プログラム縫いミシン
- 4KビットCMOS RAM
- ヒートパイプ式熱交換器利用のEPS冷却装置
- 中速ファクシミリ《メルファス》FA-80

三菱電機技報編集委員会

委員長	樋本俊弥	常任委員	久保田伸夫
副委員長	浦徳太郎	"	平林庄司
"	後藤正之	委員	遠藤裕男
常任委員	佐々木二郎	"	村上卓弥
"	荒川信雄	"	神谷友清
"	葛野信一	"	橋爪基
"	武藤正	"	吉田太郎
"	奈川敏雄	"	土井貞春
"	瀬原田三郎	"	松村長延
"	高橋広光	"	小野勝啓
"	忍足博	幹事	本間吉夫
"	武田克己	"	足立健郎
"	清田浩	7号特集担当	北川和人
"	福家章		

三菱電機技報 52巻7号

(無断転載を禁ず)	昭和53年7月22日 印刷
	昭和53年7月25日 発行
編集兼発行人	本間吉夫
印 刷 所	東京都新宿区市谷加賀町1丁目12番地 大日本印刷株式会社
発 行 所	東京都千代田区大手町2丁目6番2号(〒100) 菱電エンジニアリング株式会社内 「三菱電機技報」 Tel.(03) 243局1785
発 売 元	東京都千代田区神田錦町3丁目1番地(〒101) 株式会社オーム社書店 Tel.(03) 291局0811、振替口座 東京20018
定 價	1部400円送料別(年間予約は送料共5,200円)

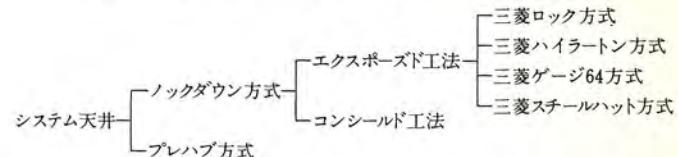
スポットライト 三菱システム天井



三菱電機は、天井関連業者との協力により、オフィス・店舗・学校などの天井工事をシステム化し、天井と照明をはじめとする天井の各種設備との融合を図ったシステム天井4方式を開発、本格的な受注活動をはじめました。システム天井がわが国に導入されたのは今から10年前ですが、当初の超高層ビルへの適用から、その付加価値がだいに認識されて、現在では一般のビルはもとより、店舗、学校などにも広く普及しています。三菱電機もこの歴史と共に歩み、数々の実績を重ねてきましたが、これらを土台に最近の用途の多様化、質の多様化にも対応できるシステム天井として、今回の4方式を開発しました。

三菱システム天井の種類

システム天井は天井部材をムダの出ない形で現場に持込み組立てる「ノックダウン方式」と、工場生産した天井ユニットによる「プレハブ方式」とに分けられます。「ノックダウン方式」は、さらに天井板を支えるフレーム（メインバー）の下辺が天井表面に現れる「エクスポート工法」と、天井表面にフレームが出ない「コンシールド工法」に分けられます。今回の開発は、このうちからコストも安く技術的にも安定して当面の需要も多い「エクスポート工法」に的を絞って展開しています。



三菱システム天井の種類	特長	用途	標準モデュール		モデュール寸法の融通性(mm)		使用部材		
			寸法(mm)		照度	A-A	B-B	天井板	メインバー材質
			A-A	B-B	(ルクス)				
エクスピード工法	三菱ロック方式	最も一般的、現場対応性良好、抵抗感が少ない	大・中規模	2100	1500	1000	2100以下	1264以上	ソーラトン 15mm
			オフィス・店舗	3000	1500	700	3970以下	1264以上	
				3000	1500	700	375n	1500	
				3000	1500	700	3970以下	1264以上	
エクスピード工法	三菱ハイラートン方式	目地少なく、断熱性良い、現場加工性良	大・中規模 オフィス・店舗	2330	1500	900	2330以下	1264以上	ハイラートン 25mm
				3000	1500	700	4330以下	1264以上	
				2330	2000	680	2330以下	1264以上	
エクスピード工法	三菱ゲージ64方式	小規模の施工性良、施工後の模様替容易	中・小規模 オフィス・店舗	1920	1920	500	640n ₁	640n ₂	ソーラトン 15mm
				2890	1280	850	640n+330	1280+640n	
エクスピード工法	三菱スチールハット方式	標準部分の施工性良、施工後の模様替容易	同上 および学校	1800	1800	450	1800	1800	ソーラトン 15mm
				1800	1800	450	1800	1800	

- 注)1. ロック方式には4種類（メインバーの材質の変化を含めると8種類）
 ハイラートン方式には3種類ゲージ64方式およびスチールハット方式には2種類の組方があり、標準モデュール以後の欄はこの種類に合わせて分類しています。
 2. 標準モデュールの寸法は照明器具1台あたり受持つ範囲を示しA-Aは照明器具のランプ軸に直角方向B-Bはランプ軸に平行方向の方法です。
 3. 照度は室指数3、壁反射率20%の場合を示します。
 4. モデュール寸法の融通性は各寸法変化の自由度を示し2100以下とあるのは最大寸法が2100でそれ以下なら可 1264以上は最小寸法が1264でそれ

以上なら可 375nは375の整数倍であれば可 1800は1800以外自由度なしいう意味です。

5. 天井板

ソーラトンはロックウール吸音天井板で法定不燃材であり、断熱性・吸音性にすぐれた最もポピュラーな高級天井板です。ハイラートンは表面白色化粧ビニルシート貼りのグラスウールで法定不燃材であり、断熱性・吸音性もとくにすぐれ軽量かつ加工性もすぐれた新しい天井板です。

6. 照明器具の光源は直管形けい光灯を標準とします。