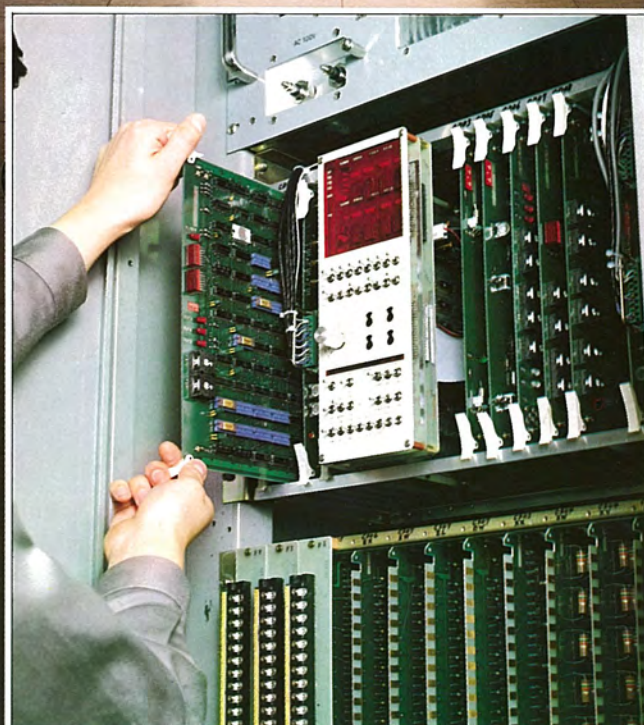


MITSUBISHI DENKI GIHO

三菱電機技報



Vol.53 No.3

エレベータ特集

三菱電機技報

Vol. 53 No. 3 MARCH 1979

エレベータ特集

目次

特集論文

高級乗用エレベータのソリッドステート制御システム	佐藤 毅・蒲原捷行・高橋亮二・市岡洋一・石井敏昭	187
京都大学理学部付属飛騨天文台納め特殊油圧昇降装置	篠田昌孝	192
新しい三菱寝台用エレベータ	加藤博士・渡辺 潔・牧野克己・西脇宗夫	196
エレベータの緊急時運転と故障自動通報システム	渡辺 潔・内野秀夫	200

普通論文

最近のホットストリップミル DDC システム	川崎宗男・三浦敬一・稲本 惇・小寺嘉一・山本 修	207
分散処理指向のコンピュータネットワークアーキテクチャ MNA とその応用	松永 宏・水野忠則・井手口哲夫・梶原 誠・太田 元	212
蓄熱式冷房装置の研究	池内正毅・甲斐潤二郎・木村 寛・貝瀬俊朗・鷺巣博章	217
電子同調カーラジオへのマイコン応用	壺井芳昭・茂木 恵・平田誠一郎・白谷優次	221
三菱真空スイッチ管“Relia Vac”の特長と適用	青木伸一・山中隆司・松山 清・加藤 勝	224
半導体素子におけるはんだ接合部の熱疲労強度の評価	土方明躬・吉岡純夫・宮崎政行・水牧仁保	229
ハニカム 3 層構造のスピーカ振動板への応用	田中 準一・檜垣孝志・小野利夫	233
新形ノーヒューズしゃ断器、漏電しゃ断器とその技術的考察	山本清美・前田信吾・諏原日出夫・佐藤栄一・田丸繁見	238
同期電動機駆動軸系の過渡現象のデジタルシュミレーションによる解析	東 覚里志・福本紀久男・加藤之敏	245
日本道路公団納め中国自動車道東城一三次間遠方監視制御装置	森本高正・田淵雅雄・山下肇輝・三浦 望・中島 正	250
特許と新案		205
特殊レーダを用いた衝突防止装置・斜交布貼付装置・誘導加熱装置		204・256
当社の登録特許一覧		255
スポットライト		255
印字記録電力量計・パーソナル 2 ドア冷凍冷蔵庫 (表紙-3)		

FEATURING ELEVATORS

CONTENTS

FEATURED PAPERS

An All-Solid-State Control System for High-Grade Passenger Elevators	Tsuyoshi Sato et al.	187
A Special Hydraulic Lifting System for the Hida Observatory	Masataka Shinoda	192
New Hospital-Bed Elevators	Hiroshi Kato et al.	196
An Emergency-Landing Device and an Automatic Trouble-Information System for Elevators	Kiyoshi Watanabe & Hideo Uchino	200

GENERAL PAPERS

Recent Direct Digital Control Systems for Hot-Strip Mills	Muneo Kawasaki et al.	207
The MNA Distributed-Processing-Oriented Computer Network Architecture, and Its Applications	Hiroshi Matsunaga et al.	212
Studies on Air-Conditioning Equipment Using Heat Storage	Masaki Ikeuchi et al.	217
The Application of Microprocessors to an Electronically Tuned Car Radio	Yoshiaki Tsuboi et al.	221
Features and Applications for Relia-Vac Vacuum Switched Tubes	Shinichi Aoki et al.	224
Evaluation of the Thermal-Fatigue Strength of Soldered Joints in Semiconductor Devices	Akemi Hijikata et al.	229
The Application of Honeycomb Sandwich Construction to Speaker Diaphragms	Junichi Tanaka et al.	233
A Technical Examination of New No-Fuse MCCBs and Earth-Leakage Circuit Breakers	Kiyomi Yamamoto et al.	238
Analysis by Digital Simulation of Transient Phenomena in Drive-Shaft Trains Driven by Synchronous Motors	Satoshi Tokaku et al.	245
A Remote Supervisory-Control System for JHPC's Chugoku Expressway	Takamasa Morimoto et al.	250

表紙

群管理エレベータ OS システム 2100

表紙の写真は、群管理エレベータ OS システム 2100 の群管理プログラムを書きこんだプリント基板を装着しているところである。OS システム 2100 では、群管理装置の中核に専用のマイクロコンピュータを採用し、即時予報方式や心理的待時間方式によりエレベータサービスの大幅向上を図った。さらには群管理のソフトウェアをプログラム化しているので、ビル内のエレベータ交通に大きな変動があった場合でもプログラムの変更だけで対応できるようになった。

COVER

Group Supervisory System of Elevators

The cover photo shows the insertion of a printed-circuit board containing the elevator group-control program, of the OS System 2100 into the control frame.

At the heart of the group controller of the OS System 2100 is a microprocessor which, by means of systems for immediate prediction and for the evaluation of the psychological effects of waiting time, have made possible a quantum jump in the level of elevator service. And since group-control software is in the form of modular programs, even major changes in elevator traffic patterns can be handled simply by replacing the program.

アブストラクト

高級乗用エレベータのソリッドステート制御システム

佐藤 毅・蒲原捷行・高橋亮二・市岡洋一・石井敏昭

三菱電機技報 Vol.53・No.3・P.187～191

群管理エレベータシステムにおける静止化は部分的に実施されているが、エレクトロニクスの技術革新、低成長時代における社会的情勢変化、顧客の要求の多様化などを背景に、従来の実績を踏まえて新しい視野のもとに、管理から制御、駆動にまたがる全面的な静止化を行った。本稿では、新しく開発された群管理方式—OSシステム2100—を中心に、静止化システムの概要、特長並びに構成装置を紹介する。

最近のホットストリップミルDDCシステム

川崎宗男・三浦敬一・稲本 惇・小寺嘉一・山本 修

三菱電機技報 Vol.53・No.3・P.207～211

ホットストリップミルのDDCシステムに、プログラマブルコントローラを適用した場合の利点・留意点を述べている。特に仕上連続圧延機の主幹制御、AGC(自動板厚制御)、ループ制御の各機能をDDC化した場合の各種問題点、及び解決策、更に制御結果について詳細を紹介している。DDC化によって、制御精度、システム柔軟性、信頼性、保守性のすべての面で、従来のH/W形システムを上回る制御結果が得られ、今後のシステム構成の方向を明らかにしている。

京都大学理学部付属飛騨天文台納め特殊油圧昇降装置

篠田昌孝

三菱電機技報 Vol.53・No.3・P.192～195

岐阜県上宝村大雨見山山頂の京都大学理学部付属飛騨天文台に、高性能ドームレス太陽望遠鏡が完成し、この望遠鏡主鏡部の保守、点検用として、角錐状の基塔外壁面に沿って傾斜昇降する特殊油圧昇降装置を納入した。この装置は屋外に在り、冬期には極低温と強風の過酷な自然環境にさらされ、また構造面でも3段等速テレスコープ式油圧ジャッキを採用するなど極めて特殊な装置である。この装置の概要、主要な技術的問題点とその解決方法について述べる。

分散処理指向のコンピュータネットワークアーキテクチャMNAとその応用

松永 宏・水野忠則・井手口哲夫・梶原 誠・太田 元

三菱電機技報 Vol.53・No.3・P.212～216

データ通信の普及に伴い、複雑かつ高度化したユーザ要求に対処する手段としてネットワーク・アーキテクチャが要望されている。

この論文では、分散処理を指向した当社のネットワーク・アーキテクチャであるMNA(マルチシェア・ネットワーク・アーキテクチャ)について、その基本設計方針、基本概念及び階層構成とプロトコルについて述べた後、MNAによるネットワーク実現例を紹介する。

新しい三菱寝台用エレベータ

加藤博士・渡辺 潔・牧野克己・西脇宗夫

三菱電機技報 Vol.53・No.3・P.196～199

昭和53年7月から新しい寝台用エレベータを発売し、好評を得ている。新機種では乗用エレベータとデザインの統一を図り、樹脂製グローブの半間接照明を標準的に採用し、付加仕様も数多く用意した。着床精度、リレベル性能、乗心地、故障時の低速自動運転機能などを改良するために交流帰還制御方式を採用した。キー操作なしでの簡便な専用運転、安全で使いやすい手すりなど人間尊重、信頼性向上、省エネルギーの観点から今回の改良の要旨を述べた。

蓄熱式冷房装置の研究

池内正毅・甲斐潤二郎・木村 寛・貝瀬俊朗・鷺巣博章

三菱電機技報 Vol.53・No.3・P.217～220

電力のピーク負荷時の冷房電力軽減を目的とした蓄熱式冷房装置の研究の概要、並びに結果を報告する。テトラヒドロフラン17水化物の融解熱を利用して蓄熱し、冷媒自然循環により放熱することを基本方式として、ルームエアコン及びパッケージエアコンを設計・試作した。試験の結果、圧縮機を停止し、室内側送風機だけを運転して、それぞれ2,000 kcal/hで50分間、及び9,500 kcal/hで30～40分間の放熱運転が可能となり、所期の性能が実現できた。

エレベータの緊急時運転と故障自動通報システム

渡辺 潔・内野秀夫

三菱電機技報 Vol.53・No.3・P.200～203

停電や故障によりエレベータが階間で停止した場合、かご内の乗客を安全に速やかに救出する経済的な装置への要求が増大してきた。このように勢にかんがみて、停電や故障時における従来の救出運転装置を改良し経済的に構成した停電時自動着床装置《MELD》を発売し、既設エレベータへの適用も可能にした。またエレベータの管理者をバックアップする機能を持ち、かご内乗客の迅速な救出活動ができる、故障自動通報システム《METAS》も発売した。

電子同調カーラジオへのマイコン応用

壺井芳昭・茂木 恵・平田誠一郎・白谷優次

三菱電機技報 Vol.53・No.3・P.221～223

今日、車の安全性とのかかわりから運転する人の負荷を軽減しようとする動きがあり、また一方には、生活空間の一部としての居住性を求めるニーズも強く、これらの点からカーラジオの見直しがなされつつある。ここに紹介するカーラジオは、4ビットマイコンを用いたデジタル制御による電子同調カーラジオであり、ソフトタッチの選局、オートサーチ機能など車以外の用途にも活用し得る機能を備えている。その概要と動向について述べる。

Abstracts

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 53, No. 3, pp. 207~11 (1979)

Recent Direct Digital Control Systems for Hot-Strip Mills

by Munee Kawasaki, Keiichi Miura, Atsushi Iwamoto, Yoshikazu Kotera & Osamu Yamamoto

The article discusses the advantages of applying programmable controllers in hot-strip-mill DDC systems, and the points requiring caution. Particular attention is given to the various problems encountered and solutions recommended in applying DDC to such functions as master control, AGC, automatic thickness control and looper control in a continuous finishing mill, as well as to the control results achieved. In every aspect—control accuracy, system flexibility, reliability and ease of maintenance—DDC provides results superior to those achieved with conventional hard-wired systems, proving beyond doubt that DDC is the wave of the future in system structure.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 53, No. 3, pp. 187~91 (1979)

An All-Solid-State Control System for High-Grade Passenger Elevators

by Tsuyoshi Sato, Toshiyuki Kamohara, Ryoji Takahashi, Yoichi Ichioka & Toshiaki Ishii

Partial solid-state engineering of group supervisory systems for elevators has been with us for some time. Now, solid-state engineering has been applied to all aspects, including supervision, control and the drive system itself. The article presents a general outline of all-solid-state-elevator group systems—their features and component apparatus—focusing on the newly developed OS System 2100.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 53, No. 3, pp. 212~16 (1979)

The MNA Distributed-Processing-Oriented Computer Network Architecture, and Its Applications

by Hiroshi Matsunaga, Tadanori Mizuno, Tetsuo Ideguchi, Makoto Kajihara & Hajime Ota

With the increasing spread of data communications, a demand has arisen for network architecture that will satisfy increasingly complex and sophisticated user requirements. The article describes the basic design philosophy, fundamental concepts, hierarchical organization and protocol of Mitsubishi Electric's MNA (multishared network architecture), which is oriented toward distributed processing, and then introduces some actual networks developed using MNA.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 53, No. 3, pp. 192~95 (1979)

A Special Hydraulic Lifting System for the Hida Observatory

by Masataka Shinoda

To enable inspection and maintenance of the head portion of a recently erected domeless solar telescope, a special hydraulic lifting system, which moves on an incline over the outer wall of the pyramid-shaped base, has been delivered to the Hida Observatory of the Faculty of Science, Kyoto University, on the summit of Mt. Oamami in Kami-Takara Village, Gifu Prefecture. The lifting system is exposed in winter to frigid temperatures and strong winds, and is of very unusual construction, having a three-stage synchronized telescopic jack. The article gives a general description of the system, presenting some of the main technical problems encountered, and the ways in which they were solved.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 53, No. 3, pp. 217~20 (1979)

Studies on Air-Conditioning Equipment Using Heat Storage

by Masaki Ikeuchi, Junjiro Kai, Hiroshi Kimura, Toshiro Kaise & Hiroaki Washizu

The article outlines studies conducted on air-conditioning equipment using heat storage, aimed at reducing the power demand for air-conditioning during peak-load periods, and reports the results obtained. Based on a method of storage of the latent heat of fusion of tetrahydro furan heptadecahydrate, and dissipation by natural (unforced) convection of the refrigerant, both room-type and packaged air-conditioners were designed, and prototypes constructed. Tests show that with the compressor stopped and only the fan for the indoor air in operation, heat dissipation can be maintained at 2000 kcal/hr for 50 min in one case, and at 9500 kcal/hr for 30~40 min in the other, a close approximation of the predicted performance.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 53, No. 3, pp. 196~99 (1979)

New Hospital-Bed Elevators

by Hiroshi Kato, Kiyoshi Watanabe, Katsumi Makino & Munee Nishiwaki

In July 1978, a new series of hospital-bed elevators was placed on the market, where it has been well received. Design has been unified with that of our passenger elevators, with the adoption of direct lighting using plastic luminaires. Several options are available. An AC thyristorized feedback system has been employed in order to improve landing accuracy, leveling performance, riding comfort, and low-speed operating performance during malfunction. The article stresses the latest improvements in reliability and energy-efficiency that result from a simplified emergency-operation mode that requires no key switching, and a safer, easier-to-use handrail.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 53, No. 3, pp. 221~23 (1979)

The Application of Microprocessors to an Electronically Tuned Car Radio

by Yoshiaki Tsuboi, Megumi Mogi, Seiichiro Hirata & Yuji Shiratani

Recent emphasis on vehicular safety has resulted in a trend toward reducing the burden on the driver, and there is an increasing demand to make things easier for us in this corner of our environment. These factors have resulted in a reappraisal of the car radio, and this article introduces one that has digitally controlled electronic tuning by means of a 4-bit microprocessor. This advanced radio incorporates such functions as soft-touch tuning and automatic search, which can also be applied to other types of radios.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 53, No. 3, pp. 200~03 (1979)

An Emergency-Landing Device and an Automatic Trouble-Information System for Elevators

by Kiyoshi Watahabe & Hideo Uchino

There has been an increasing demand for a means of effecting, safely, quickly and economically, the rescue of elevator passengers trapped between floors due to power failure or equipment malfunction. To meet it, the MELD (Mitsubishi emergency landing device), an improved and more economical version of conventional automatic emergency-landing devices, has been placed on the market. It is also suitable for installation on existing elevators. Also being marketed is the METAS (Mitsubishi elevator-trouble automatic information system), which provides backup for elevator supervisors, enabling rapid initiation of rescue operations for trapped elevator passengers.

アブストラクト

三菱真空スイッチ管“Rela Vac”の特長と適用 青木伸一・山中隆司・松山 清・加藤 勝 三菱電機技報 Vol.53・No.3・P. 224～228 豊富な使用実績と高い信頼性をもち超小形化された三菱真空スイッチ管“Rela Vac”シリーズの特長とその操作・適用・保守のポイントを述べている。故障率は5×10^{-10}per component/hで、現在の部品中で最高水準の信頼性を有している。接点や管球技術の向上によって真空スイッチ管の性能と寸法上のメリットが一層高まるとともに、その性能をフルに活用した斬新な軽量形操作機構の開発と現状を報告する。	新形ノーヒューズしゃ断器、漏電しゃ断器とその技術的考察 山本清美・前田信吾・諏原日出夫・佐藤栄一・田丸繁見 三菱電機技報 Vol.53・No.3・P. 238～244 ノーヒューズしゃ断器、漏電しゃ断器に対する、小形化、しゃ断容量増大、信頼性の向上、標準化の要求がある。このような背景をもとに30Aフレームから225Aフレームの新形NF・NVの開発を完了したのでその概要を紹介し、構造・機構・引外し特性、しゃ断容量の格上げ、電圧両用化(2重定格電圧)、誤動作対策、零相変流器等に関する技術的諸問題の解析を行い、これの考察を加えたのでその成果を報告する。
半導体素子におけるはんだ接合部の熱疲労強度の評価 土方明躬・吉岡純夫・宮崎政行・水牧仁保 三菱電機技報 Vol.53・No.3・P. 229～232 半導体素子のように、シリコンチップと金属をはんだで接合した部材に温度サイクルが加わると、被接合部材の線膨張係数の差によって、はんだ接合部に繰返しひずみ加わり、ときとして疲労破壊を生ずる場合がある。そこで、このはんだ接合部の熱疲労寿命を定量的に把握しておくことは、信頼性の面から必要となっている。本報は半導体素子のはんだ接合部に温度サイクルが加わった場合の熱疲労寿命の評価方法について検討したものである。	同期電動機駆動軸系の過渡現象のデジタルシミュレーションによる解析 東覚里志・福本紀久男・加藤之敏 三菱電機技報 Vol.53・No.3・P. 245～249 同期電動機はプラントの主機駆動用として使用されることが多く、電動機とその駆動軸系には高度の信頼性が要求される。特に過渡時については電動機だけでなく、駆動軸系全体の応答が問題である。 このたび、同期電動機の基本式と機械系のねじり振動の運動方程式を連結して上記問題の解析を可能にした。この論文ではその解析方法、シミュレーション結果、及び実測との対比について概要を紹介する。
ハニカム3層構造のスピーカー振動板への応用 田中準一・檜垣孝志・小野利夫 三菱電機技報 Vol.53・No.3・P. 233～237 音響機器の性能向上にともない、スピーカーの主要構成部品である振動板にも高度な要求が課せられているが、これらを満たすものとしてハニカム3層構造の振動板を開発した。ここではまず、スピーカー用振動板に要求される物性とそれらの測定法にふれ、次にハニカム3層構造体のヤング率対密度比や内部損失と、コア材の厚さ・セルサイズ・方向性、及びスキン厚さとの関係を述べる。	日本道路公団納め中国自動車道東域—三次間遠方監視制御装置 森本高正・田淵雅雄・山下肇輝・三浦 望・中島 正 三菱電機技報 Vol.53・No.3・P. 250～254 高速道路遠方監視制御システムは、交通量の増大とともに通過車両に対しての安全確保、事故の未然防止などが重要な課題となっている。そのためには、交通状況及び気象状況などの情報を収集し、適確な情報提供を速やかに行う必要がある。ここで紹介する遠方監視制御システムは、岡山県、広島県の両県にわたる全長163kmの広域遠方監視制御システムで、膨大な情報処理を複合マイクロプロセッサによる分散形処理方式で実現したものである。

Abstracts

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 53, No. 3, pp. 238~44 (1979)
A Technical Examination of New No-Fuse MCCBs and Earth-Leakage Circuit Breakers

by Kiyomi Yamamoto, Shingo Maeda, Hideo Suhara, Eiichi Sato
& Shigemi Tamaru

Molded-case circuit breakers and earth-leakage circuit breakers face demands for smaller size, increased interrupting capacity, improved reliability and standardization. This has led Mitsubishi Electric to develop a new line of NF and NV breakers in frame sizes from 30~225 A. The article provides a general description of the breakers. Also discussed is the analysis of technical problems involving structure, switching mechanism, tripping performance, increasing the interrupting capacity, application of dual voltage ratings, prevention of nuisance tripping, and zero-phase-sequence current transformers, along with the results of attempts to incorporate the insights gained.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 53, No. 3, pp. 224~28(1979)

Features and Applications for Relia-Vac Vacuum Switch Tubes

by Shin'ichi Aoki, Takashi Yamanaka, Kiyoshi Matsuyama & Masaru Kato

The article describes the features, and presents some points concerning the operation, applications and maintenance of Mitsubishi Electric's Relia-Vac series of usage-proven, highly reliable, miniaturized vacuum switch tubes. With a failure rate of 5×10^{-10} per component-hour, these devices exhibit one of the highest levels of component reliability currently achieved anywhere. Thanks to upgraded contactor and tube technology, the performance and dimensional advantages of these vacuum switch tubes are greater than ever. The article also reports on progress in the development of a revolutionary lightweight operating mechanism that will take full advantage of switch-tube performance.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 53, No. 3, pp. 245~49 (1979)

Analysis by Digital Simulation of Transient Phenomena in Shaft Trains Driven by Synchronous Motors

by Satoshi Tokaku, Kikuo Fukumoto & Kunitoshi Kato

Because of the frequent use of synchronous motors as prime movers in industrial plants, both the motors and their drive trains must exhibit the highest reliability. Particularly under transient conditions, the overall response of both the motor and the drive-train shafts is the crucial factor. This analysis has made possible the solution of this problem by combining basic equations for the motor with equations of motion for the torsional vibration of the drive train. The article outlines the analytical method employed, the results of simulation, and comparisons with actual measurements.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 53, No. 3, pp. 229~32 (1979)

Evaluation of the Thermal-Fatigue Strength of Soldered Joints in Semiconductor Devices

by Akemi Hijikata, Sumio Yoshioka, Masayuki Miyazaki & Hitotamo Mizumaki

Thermal cycling of semiconductor devices causes repeated stress in soldered joints due to the differences in the coefficients of thermal expansion between the metallic layer and the silicon chip, sometimes resulting in fatigue failure. For this reason, a quantitative assessment of the thermal-fatigue life of these joints is a crucial index of reliability. The article discusses methods of evaluating the thermal-fatigue life of soldered joints in semiconductor devices under thermal cycling.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 53, No. 3, pp. 250~54 (1979)
A Remote Supervisory-Control System for JHPC's Chugoku Expressway

by Takamasa Morimoto, Masao Tabuchi, Choki Yamashita, Nozomu Miura
& Tadashi Nakashima

With heavier traffic volume, expressway supervisory-control systems are increasingly important in preventing accidents and assuring the safety of passing vehicles. For this reason, the systems must be able both to collect data on traffic and the weather and to present them effectively. The system introduced here is a wide-range system covering a 163-km section of the Japan Highway Public Corporation's Chugoku Expressway between Tojo in Okayama Prefecture and Miyoshi in Hiroshima Prefecture. It features a large-scale data-processing capability by means of a distributed-processing system using redundant microprocessors.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 53, No. 3, pp. 233~37 (1979)

The Application of Honeycomb Sandwich Construction to Speaker Diaphragms

by Jun'ichi Tanaka, Takashi Higaki & Toshio Ono

With improvements in the performance of audio equipment have come sophisticated requirements concerning the diaphragm—the most important component of a speaker. These have been satisfied by the development of a diaphragm using the honeycomb sandwich construction. The article deals first with the physical properties demanded of a speaker diaphragm and how they may be measured, and goes on to discuss the relationships between Young's modulus, the Young's modulus-to-density ratio, and the internal loss factor on the one hand, and core material thickness, cell size, directionality, and skin thickness.

高級乗用エレベータのソリッドステート制御システム

佐藤 毅*・蒲原 捷行*・高橋 亮二*・市岡 洋一*・石井 敏昭*

1. ま え が き

最近のエレクトロニクス技術の進歩は、マイクロコンピュータに代表されるように目覚ましいものがあり、産業界において種々の製品の静止化が進み、実用化技術面での実績が積上げられている。当社では、エレベータ制御へのエレクトロニクス技術の応用を長年にわたって進めており、今までに、デジタル IC 素子を全面的に採用した OS システム 700 及び 750 自動群管理装置を完成し、好評のうちに 48 年より順調にか（稼）動している。

一方、最近の社会情勢の変化も著しく、石油ショック以後のエネルギー節約、フロアスペースの有効利用、ビル内交通の能率向上、人間性を重要視したサービス向上要求など、エレベータ運行制御に対する顧客の要求が多様化してきている。

このような顧客の要求及び社会的情勢を配慮して、最新のエレクトロニクス技術、計算機制御技術などを基に、新しいエレベータ制御のあり方及びエレベータ制御システム構成の研究開発を鋭意進め、プログラム方式による運行制御を含めた静止化エレベータシステムを完成した。

このシステムでは、新しい群管理方式の実現、マイクロコンピュータの採用、セレクトシステムのデジタル化、サイリスタレオナードによる巻上機駆動など、管理から制御、駆動にまたがる広範囲な静止化を実施した。

以下、静止化エレベータシステムについて、概要を紹介する。

2. システム構成と特長

このシステムは、図 1. に示すように群管理装置、各かごごとに 1 台ずつ設けられる制御装置、及び駆動装置とにより構成されている。群管理装置は各制御装置から得られる各かごの状態（かご位置、運転方向、かご呼びなど）をもとに、どの乗場呼びにどのかごが応答すべきかを決定し、各制御装置に指令を送る。制御装置は、かご呼びと割当てられた乗場呼びに順次かごが応答するように、駆動装置へ起動並びに速度指令を送るとともに、ドアの開閉、ホールランタンの

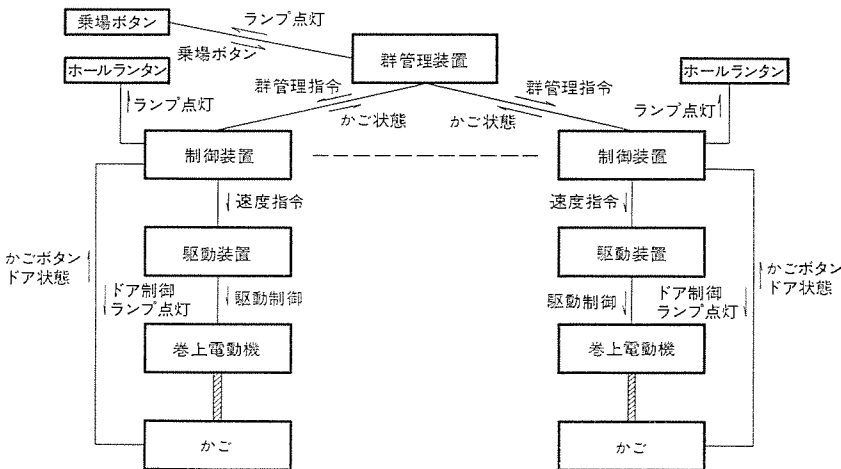


図 1. システム構成図

表 1. 従来システムとの比較（当社比）

(a) システム構成要素の比較

	従来システム	本システム
群管理装置	リレー、IC	マイクロコンピュータ、IC
制御装置	リレー	マイクロコンピュータ、IC、リレー
駆動装置	ワードレオナード	サイリスタレオナード
群管理装置と制御装置間のデータ伝送	並列伝送	直列伝送

(b) 改善効果

	改善度
消費電力	35%減*
重量	40 %
設置面積	35 %
待時間（平均）	10～15 %
（長時間待ち率）	30～45 %
即時予報	適中率 95～98%（従来品は即時予報なし）
仕様変更	プログラム処理になっているので変更容易

* 更にエレベータ機械室の冷房設備の消費電力が 10% 以上節減できる

点灯、その他の各台の制御を行う。駆動装置は与えられた速度指令に合った速度でかごが動くように巻上機を制御する。

このシステムでは、表 1. (a) に示すようにエレベータ専用開発した 16 ビット高性能マイクロコンピュータによる群管理及び各台制御、サイリスタレオナードによる駆動制御、高速直列伝送による装置間のデータ伝送など、最新のエレクトロニクス技術を応用し、画期的なシステム構成になっている。

この結果、MG セットがサイリスタレオナード装置に置きかわり、セレクトが機械式からデジタル IC による静止化が図られるとともに、リレー

回路が大部分プログラム化によりなくなり、従来システムに比べて、表 1. (b) に示す改善効果が得られている。設置面積の縮小により、従来必要とされた第 2 機械室（MG 室）が大部分不要になり、消費電力節減による省エネルギー効果、マイクロコンピュータによる乗客心理を配慮したきめ細かい群管理、プログラム方式の柔軟性を利用した仕様変更に対するフレキシビリティの増大など、大幅な性能面の向上が図られている。

更に、性能面の向上だけでなく、システムの一部が故障しても運転を継続できるように、3 レベルのシステムバックアップ機能を備え、それぞれのバックアップレベルに対応したサービスを行いながら、エレベータの運転を続行することが可能となっている。

3. 群管理機能

当社は昭和32年に国内初の本格的群管理システムASP-Aを開発納入し、それ以来、各種の技術革新を成し遂げるとともに、乗客本位の立場から目だたぬ部分にまできめ細かな改良を積重ねてきた。その結果、既に2,000台を超える群管理エレベータの納入実績を持つに至っている。今回開発したOSシステム2100 (Optimum Service System 2100) はこれらの実績と経験を基礎として最新のシミュレーション技術⁽²⁾を活用して練り上げられた高級群管理方式である。ソフトウェア面では当社独自の発想に基づく心理的待時間評価方式という新たな概念を導入するとともに、乗客とエレベータの接点に当たるマンマシンインタフェースの改善や、近年関心の深まっている省電力運転方式、多様化する顧客の要求に答えるためのフレキシビリティの向上など、かずかずの新機軸が盛り込まれている。これらの諸機能を実現するためには従来のワイヤードロップでは事実上実現不可能であり、高性能マイクロコンピュータの開発により実用システムとしての製品化が可能になった。

3.1 心理的待時間評価方式 (特許出願中)

ビル内の交通動態は絶えず変化しており、しかもビルごとに種々の特徴が見られるが、エレベータ群管理はいかなる交通状態に対しても最良の乗客サービスを提供することが要求される。乗客サービスとしては時間的サービス(待たせない)と、心理的サービス(いらいらさせない)とがある。心理的待時間評価方式はこの2つのサービスを総合的に向上させることを目的として開発されたものである。

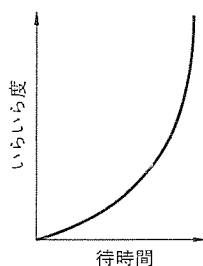


図2. 待時間といらいら度の関係図

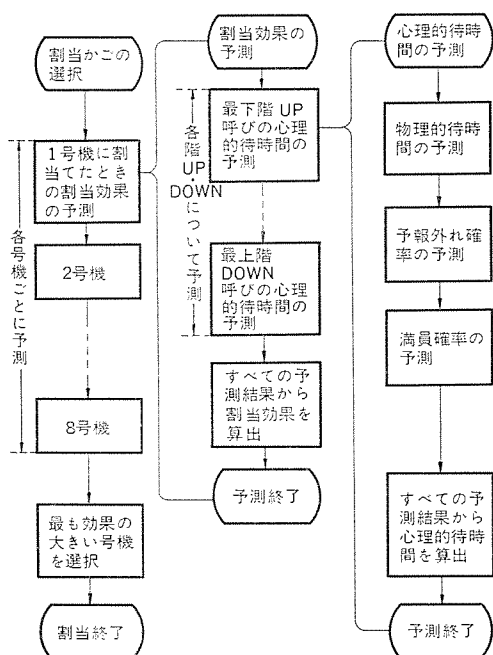


図3. 心理的待時間評価方式フロー

心理的待時間とは、単なる待時間の長さを示す物理的待時間に、待っている間に乗客が受ける心理的影響を下記の観点から加味したものである。

- (1) 物理的待時間が長くなると、待っている間のいらいらは図2.に示すように加速的に増加する。
- (2) 待っている間に不愉快な現象が発生すると、いらいらは一気に増幅される。

すなわち、心理的待時間は、物理的待時間の長さの予測値、不愉快な現象としての満員や後述する予報外れなどの発生確率の予測値などを基にして、上記の観点から合成されるものである。ここで予測値を用いるのは、いらいらにつながる現象を早期に予知し、未然に防止するのが効果的であるからである。

心理的待時間評価方式では、上記の心理的待時間を常時、すべての乗場で算出し、全体としてのサービスが最も良くなるように大局的な判断を行うようにしている。換言すれば、すべての乗客に対して、“待たせない”、“いらいらさせない”の2つのサービスをバランスよく提供することを目的としている。

OSシステム2100ではより良質なサービスの提供を目標として、心理的待時間評価方式の予測計算や判断機能に高度かつ複雑な数値計算を組み込んでいる。高性能マイクロコンピュータがこれを迅速かつ正確に実行し、表1.(b)に示すようなサービス改善が達成できた。

3.2 マンマシンインタフェースの改善

エレベータは自動運転を基本とするため、不慣れた乗客にとって使いやすいく、毎日使い慣れている乗客にとっては煩雑でなく、スムーズに利用できること、などが要求される。当社の群管理エレベータは長年にわたってこの問題に取り組む、かずかずの改善を積重ねてきた。OSシステム2100においてもマイクロコンピュータの能力を活用して下記のような改良を行っている。

- (1) 即時予報の高精度化……乗場ボタンを押すと直ちにどのかがどが応答するかを乗場に表示する即時予報方式は、その予報の信頼度が高くないては意味がない。上述の心理的待時間評価方式と、それを高速処理する高性能マイクロコンピュータにより、表1.(b)に示すように、予報したかがどが先着する確率が平常時で95~98%という高精度であり、十分乗客の信頼に答え得るものと考えられる。

- (2) 到着表示タイミングの適正化……従来方式では高速走行時に、到着表示を示すホールランタンの点滅開始からドアが実際に開くまでの時間が10数秒かかることがあったので、プログラムの工夫により最大8秒程度に押さえた。(特許出願中)

- (3) ドアの開閉タイミングの適正化……交通状態や乗場の特殊性などを考慮して、必要かつ十分な戸開き時間を確保し、混雑時の乗りそこないの防止、戸閉め遅れによるいらいらの防止など、従来方式に改良を加えたきめ細かなプログラムを用意している。(特許出願中)

3.3 節電運転方式 (特許出願中)

エレベータの消費電力節減のために一般に実施されているのは何台かのかがを休止させて運転台数を減らすことである。従来これが手動で行われていたため、ビル管理者の負担増になるとともに、ビル内交通の変動に適応させることは困難であった。OSシステム2100では図4.に示す運転台数自動制御方式を採用している。この方式では、交通状態の変動に合わせて、あらかじめ設定されたサービス水準を維持するために必要な運転台数に自動的に調整するので、ビル管理者の負担を減らし、かつ消費電力の節減につながっている。電力事情などによりサービス水準を多少犠牲にしても節電したい場合には、設

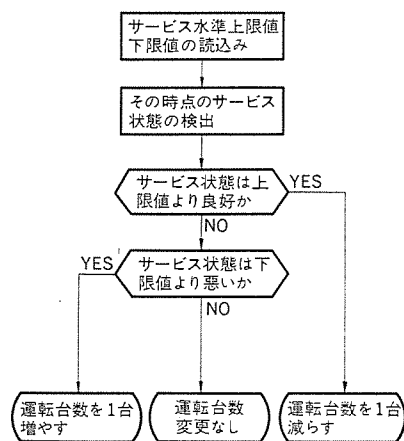


図 4. 節電運転フロー

定値を調整して、休止台数を多くすることができる。

なお、運転中のかごを休止させる場合、そのかごが既に受け持っている乗場呼びやかご呼びに対する応答が終わってからになるため若干の時間遅れが出る。それ以下の周期で休止と起動の判定を繰り返すのはあまり意味がなく、群管理上はむしろ逆効果になる。そのため OS システム 2100 ではサービス水準の設定に上限値と下限値を設け、その範囲内の微小な交通変動に対しては運転台数を変更しないようにしている。

3. 4 フレキシビリティの向上

マイクロコンピュータの導入により、ビル構造や仕様の相違はプログラム又はデータの形で表現されるようになり、ハードウェアの変更を必要とする従来システムに比較してフレキシビリティは高くなった。しかし、群管理機能の高度化に伴い、プログラムが複雑化して、プログラム全体にわたる改造は負担が大きくなる傾向がある。このため OS システム 2100 ではプログラムの機能分化を行い、複雑ではあるが仕様変動の少ない群管理の基本機能部分と、仕様により変動を受ける部分とに分離し、標準的な仕様の指定はもとより、特殊なものに対しても極力基本プログラムに影響を与えないように配慮して、仕様変動に対するフレキシビリティの向上に努めている。

4. 各装置の概要

4. 1 群管理装置

群管理装置は 2 章でもふれているように、エレベータのグループ制御を行う役割を有しており、各かごの運行状況を監視して、常に最良のサービスを行うよう各かご対応の制御装置へ運行指令を与えるものである。図 5. に群管理装置の構成を、図 6. に製品写真を示す。

図 5. に示すように群管理装置はコンピュータ部分と伝送制御部分から構成されており、コンピュータ部分は、3 章で述べた OS システム 2100 の群管理機能を実現するため、高性能のマイクロコンピュータを中心に構成されており、必要データの処理能力とともに、エレベータ制御装置に要求される設置環境、保用品の供給性、故障時の復旧の緊急性などを満たす専用コンピュータとなっている。群管理時計を標準装備して、時間帯に応じた群管理機能の実行を可能としている。また伝送制御部は、データ伝送機能と、乗場呼びなどのシステム共通信号の入出力インタフェース部とから構成されており、コンピュータ部と後述の各台ごとの制御装置との信号の授受のための処理機能、及びシステム共通信号の授受インタフェース機能などを備え、このシステムが有効に機能するための接点である。表 2. にマイクロコンピュータの概略仕様を示す。

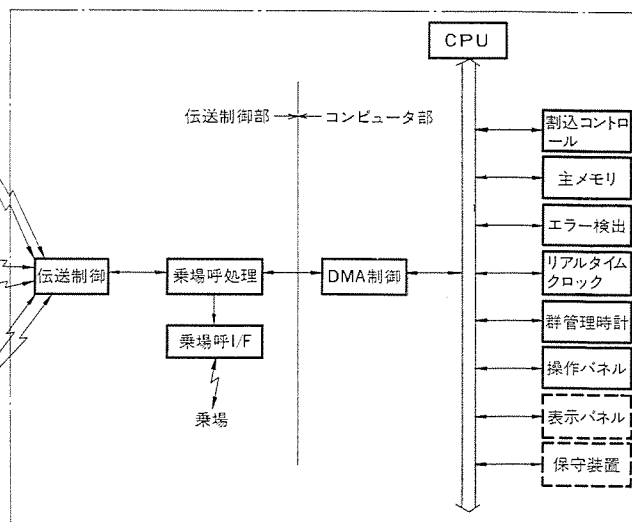


図 5. 群管理装置の構成

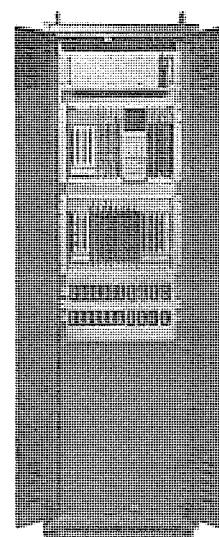


図 6. 群管理装置

表 2. マイクロコンピュータの概略仕様

項 目		内 容
主 記 憶	素 子	RAM, EPROM
	サイクルタイム	0.5 μs
演 算 制 御	語 長	8 ビット
	容 量	最大 64 K ビット
演 算 制 御	方 式	16 ビット並列演算処理方式
	C P U 素 子	4 ビットスライス ALU×4
演 算 制 御	制 御 方 式	マイクロプログラム方式
	命 令 語 長	1, 2, 3 バイト
演 算 制 御	命 令 数	55
そ の 他	タ イ マ 機 構	有
	D M A	有

す。

4. 2 制御装置

4. 2. 1 制御装置の構成と特長

制御装置は図 7. に示すように、信号バスを中心にマイクロコンピュータ、伝送制御、入出力インタフェース、セレクト、速度パターン発生部など全体

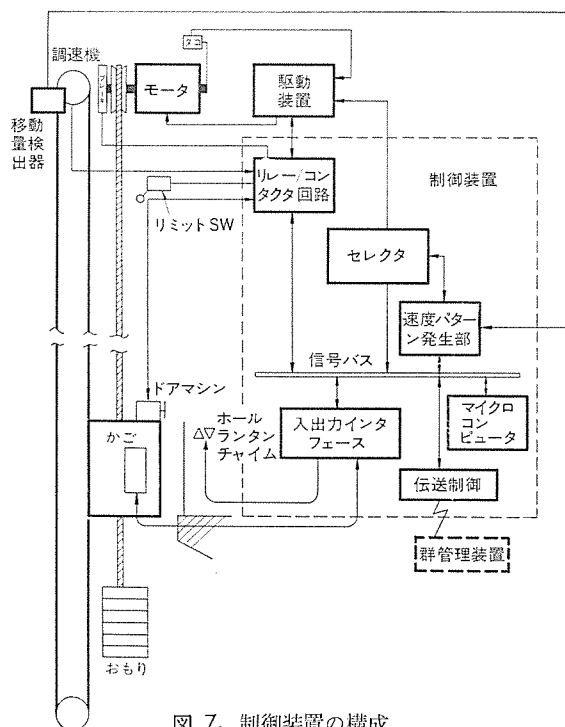


図 7. 制御装置の構成

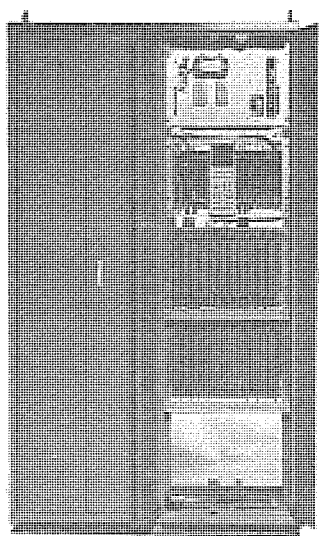


図 8. 制御装置

にわたりエレクトロニクス技術を全面的に取り入れているが、法令上設けなければならないメカニカルスイッチとの接続や、安全をより確実なものにするために一部リレー及びコンタクトを用いて構成されている。図 8. に製品写真を示す。

マイクロコンピュータは 4. 1 節で述べた群管理装置と同一のものを使用し、群管理装置と制御装置との間の柔軟性のある機能分担により、高度な群管理エレベータシステムを実現している。

群管理装置からの指令が伝送制御部を経てマイクロコンピュータ部に与えられ、一方、かご操作盤からのかご呼びや戸の開閉などの操作状態などが入力インタフェースを経てマイクロコンピュータに与えられる。マイクロコンピュータ部では与えられた信号をもとにエレベータの制御を行う。マイクロコンピュータ部から起動指令が、リレー／コンタクト部に与えられ、走行条件を作るとともに駆動装置へ起動指令が与えられる。同時に速度パターン発生部へ起動指令が与えられ、加速パターンが駆動装置

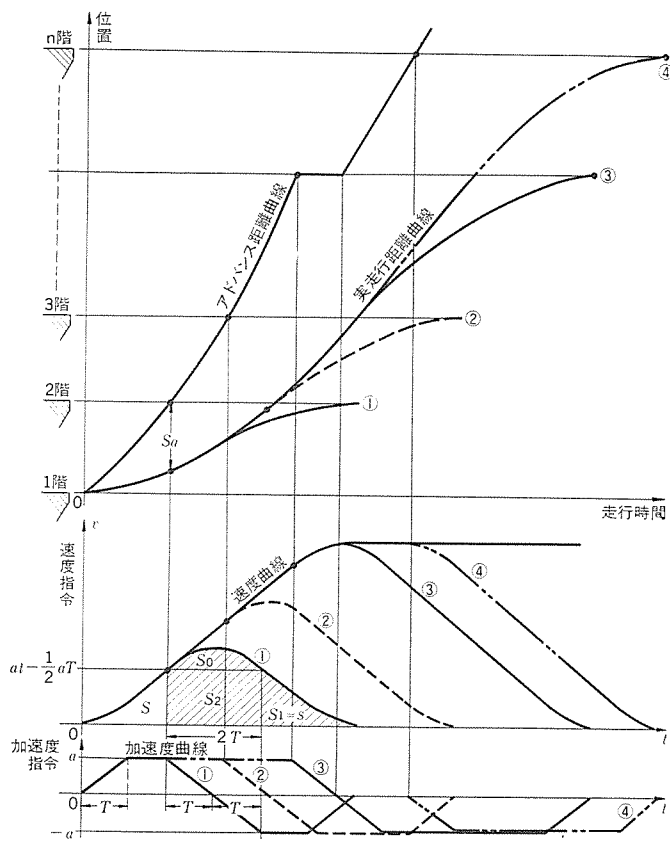


図 9. 加速度、速度、位置の関係図

に入力されて、駆動装置によりモータが回りはじめ、かごが走行を開始する。かごが走行しはじめると調速機がかごの動きに同期して回転し、調速機に装置されている移動量検出器から、かごの一定量の移動に対応したパルス信号が移動パルスとして制御装置へ供給される。セレクタでは移動パルスをもとに停止可能階床を演算してもとめて、マイクロコンピュータへ送り、マイクロコンピュータでは、停止可能階床に停止する必要があるかどうかを判定して、停止する必要がある場合は、セレクタへ停止指令を出す。停止指令によりセレクタでは減速を開始する位置を算出して、速度パターン発生部へ減速指令を与える。速度パターン発生部では減速指令により、停止するまでに走行すべき距離をもとに減速パターンを駆動装置に与える。一方マイクロコンピュータでは、必要な時期に入出力インタフェースを経て、ホールランタンを点灯させたり、到着タイムを鳴動させる。

このように構成された制御装置は従来の制御装置に比べて、次のような特長がある。

- (1) 従来のメカニカルセレクタ盤が不要になり、昇降行程の長短にかかわらず、キャビネットの高さを一定にすることが可能である。
- (2) 機械装置やアナログ回路に替わって、デジタル回路を採用したことにより、長期にわたって安定した精度及び性能が得られる。
- (3) 数値計算処理による最適速度パターンにより、運転能率のよい滑らかな乗心地が得られる。
- (4) プログラム方式の採用により、管理機能上のフレキシビリティが大幅に増大している。
- (5) 従来のメカニカルな救出運転装置に替わって、デジタル回路の処理による救出運転が可能となり、被救出かごへのドッキングが迅速かつ精度よく実現できる。(特許出願中)

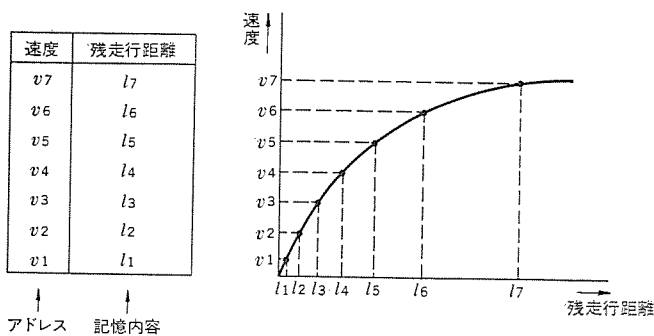


図 10. 距離速度関数と記憶

4. 2. 2 セレクタ方式

前述のように、セレクタは移動パルスをもとに停止可能階床を決定する以外に、移動パルスを累計して、かごの位置を常に算出しており、停電、電源しゃ断などの無通電状態でも 10 数日間かご位置の記憶を保持するよう配慮されている。

次に停止可能階床を算出する方法を説明する。かごが起動してから停止するまでの距離を常に計算しておいて、一方距離対応で前もって設定されている階床メモリの階床位置(距離)との大小を比較することにより階床を検出している。図 9. にもとづいて、起動から停止するまでの走行距離 S_a は走行開始して t 秒の時点で

$$\begin{aligned}
 S_a &= S_0 + S_1 + S_2 + S \\
 &= 2S + \left(at - \frac{1}{2} aT \right) \times 2T + \frac{2}{3} aT^2 \\
 &= 2S + 2aTt - \frac{1}{3} aT^2 \\
 &= 2S + At - B
 \end{aligned}$$

ただし、 S は走行開始してから t 秒までにかごが走行した距離、 a 、 T 、 A 、 B は定数である。(特許出願中)

4. 2. 3 速度パターン発生方式

速度パターンの発生はすべてデジタル方式で処理されており、加速時には加速度をデジタル積分して加速パターンを発生する。減速時の減速パターンの発生は、加速時と異なり減速して走行するべき距離に対応したパターンを発生する。減速パターンを作るために、加速時における加速パターンと走行開始からの走行距離の関係を駆動装置並びに巻上機などの制御システムの応答遅れを考慮した形でメモリに記憶し、距離速度関数を作る。メモリに記憶させる方法はパターン値をメモリのアドレスとし、記憶内容を走行距離とする。セレクタから減速指令が与えられると、減速パターンを得るために、減速開始時のパターン値をメモリのアドレスとして、メモリの内容を読み出し、停止までの走行すべき距離との大小を比較して、走行すべき距離のほうが小さくなるとパターン値を低くする。このようにして、走行すべき距離対応の減速パターンを発生する。図 10. に距離速度関数と記憶の概念図を示す。(特許出願中)

4. 3 駆動装置⁽⁴⁾

モータ駆動装置としては、従来の MG セットの代わりにサイリスタにより構成されたサイリスタレオナード装置を用いており、その構成を図 11. に示す。このサイリスタレオナード装置は種々の長所を有しているにもかかわらず、従来はエレベータへの適用は商業的には実用されなかった。当社はこれの有する長所をエレベータに実現すべく鋭意研究を続け、

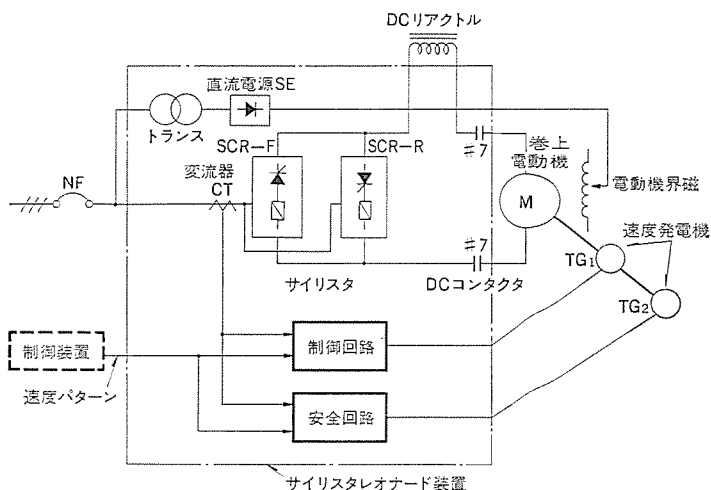


図 11. 駆動装置の構成

国内で最初に実用化に成功し、生産を開始したものである。

図 11. について概略説明を行う。直流電源 SE は電動機界磁励磁用電源、DC リアクトルは電機子電流リップル平滑用リアクトル、速度発電機(以下タコメータ) TG_1 は速度制御の速度帰還用、 TG_2 は安全回路用タコメータ、変流器 CT は電流帰還及び安全回路用の変流器である。エレベータが起動する場合はまず DC コンタクタ #7 を閉じ、制御装置から速度パターンがサイリスタレオナード装置の制御回路に入力される。この制御回路は速度帰還信号及び電流帰還信号を比較演算し、2つのサイリスタ群 SCR-F と SCR-R のうちどちらを使用すべきかを決定し、この演算結果に応じてサイリスタ変換器出力電圧(巻上電動機印加電圧)を制御する。このようにして、エレベータは速度パターンに追従し滑らかな運転が行われる。

当社のサイリスタレオナードは電機子切換方式であり、制御回路の構成が簡単で、装置の信頼性が高いとともに省電力効果の大きい方式である。

5. む す び

以上、高級ギヤレスエレベータに適用される「静止化エレベータシステム」の概要について述べたが、安全性、信頼性に関しても十分配慮がされており、部品面、製造面についても徹底した品質管理が行われている。これらの詳細に関しては別の機会に紹介する予定である。このシステムが今後のエレベータ制御に要求される事項に対して、十分こたえ得るものと確信している。

参 考 文 献

- (1) 渡辺、蒲原：高速エレベータの速度制御と群管理、システムと制御、22, No. 6, p. 316 (昭 53)
- (2) 竹内、蒲原、後藤：OS システム 75 群管理方式と会話形シミュレータ、三菱電機技報、51, No. 7, p. 431 (昭 52)
- (3) 高村ほか：超高速化の進む三菱シンクログライドエレベータ、三菱電機技報、41, No. 8, p. 1005 (昭 45)
- (4) 渡辺、石井：サイリスタレオナード方式《サイリストグライド》ギヤレスエレベータ、三菱電機技報、52, No. 10, p. 743 (昭 53)

京都大学理学部附属飛騨天文台納め特殊油圧昇降装置

篠田 昌孝*

1. ま え が き

岐阜県上宝村大雨見山（標高 1,290 m）山頂の京都大学理学部附属飛騨天文台に、高性能のドームレス太陽望遠鏡が設置された。この装置は、地表面や基塔から生じる熱対流（かげろう）によって観測に支障を来すのを防ぐため、地上高約 20 m の角すい（錐）状基塔頂部に望遠鏡主鏡部を設置し、基塔表面をステンレス材で構成し、かつ内部に精密な温度制御装置を備えるなど、種々の画期的な機能を持つものである⁽¹⁾。

この観測装置の主鏡部は屋外の基塔上高所に設けられるため、主鏡各部の保守、点検作業をいかに安全・確実に実施できるかが、観測上主要な問題点の 1 つであった。当社は京都大学のご指導によって、この主鏡部の保守、点検作業を安全・確実に実施でき、非使用時には基塔下部の格納部に隠べい（蔽）される特殊油圧昇降装置を開発して納入した。本文では種々の特長をもつ、この特殊昇降装置の概要、主要な技術的問題点とその解決方法について述べる。



図 1. ドームレス太陽望遠鏡と基塔

2. 装置の概要

2.1 基本仕様

表 1. にこの特殊油圧昇降装置の主な仕様を示す。装置は基塔頂部に設けられた望遠鏡主鏡部の各種保守、点検作業に供されるもので、作業員が安全・確実に作業できるよう、作業床の構造及び機能に十分な配慮を要することはもちろんであるが、強風、降雨、氷雪、低温等の過酷な自然条件についても適切な対策を施したものでなければならない。またこの装置の非使用時には作業床などの昇降体だけでなく、ガイドレールも含めて装置全体が格納され、直射日光に対し隠蔽されることが基本条件であった。

表 1. 油圧昇降装置の仕様

項 目	仕 様
用 途	望遠鏡 保守・点検用
積 載 量	900 kg
昇 降 速 度	10 m/min
昇 降 距 離	斜辺距離 約 22 m
傾 斜 角 度	垂直から 9.65°
停 止 位 置	出発階、基本作業位置 5 計 6 箇所
電 源	220 V 60 Hz
制 御 方 式	油圧直結・テレスコープ式ジャッキ方式
操 作 方 式	押ボタンコントロール
設 置 環 境	屋外露天（気温 -20℃～+30℃）
作 業 床 寸 法	幅 1.3 m×長さ 3.8 m

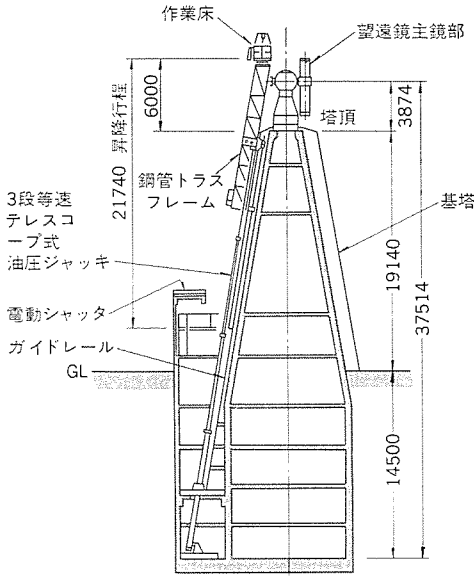


図 2. 特殊昇降装置全体構造図

2.2 構造及び動作

(1) 全体構造

前記の基本条件を満足する設備として完成したこの装置の全体構造は図 2. に示すとおりである。装置は昇降く（軀）体としての鋼管トラスフレームの上部に回転機構及び各種作業機能を備えた作業床が設けられ、昇降体を傾斜度 9.65°の基塔外面に沿って案内するガイドレール、昇降体を直接押し上げて昇降させる 3 段等速 テレスコープ式油圧ジャッキ、油圧 パワーユニット 及び電気制御装置などによって構成されている。

昇降体は非使用時には格納部に収納され、格納部の上部開口部は

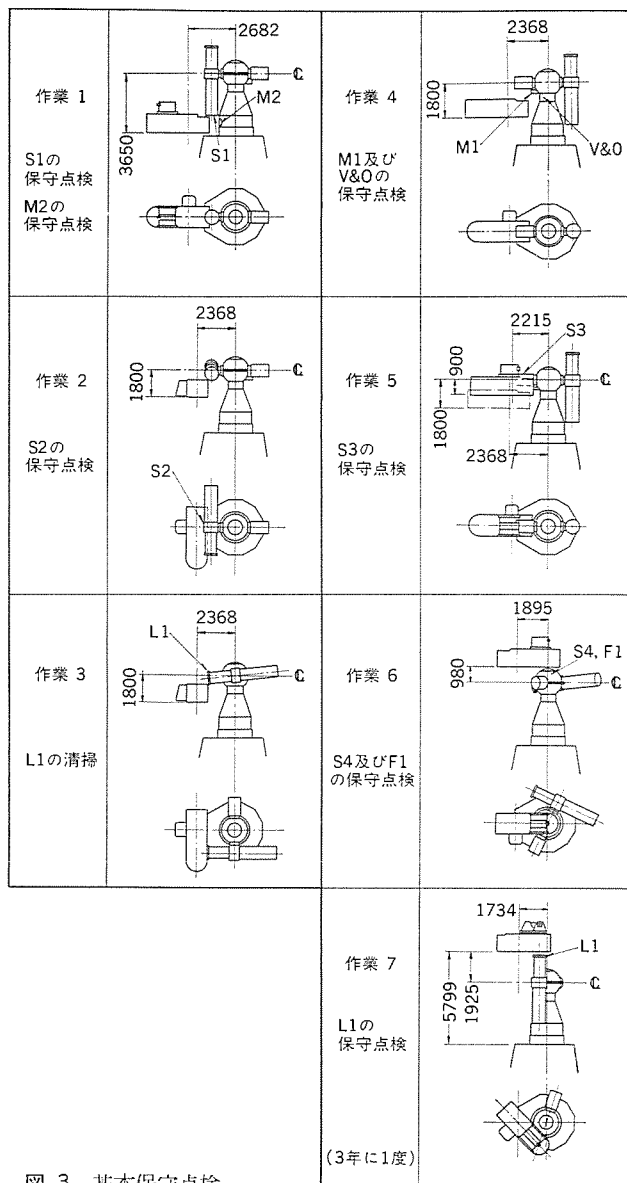


図 3. 基本保守点検
作業状態図

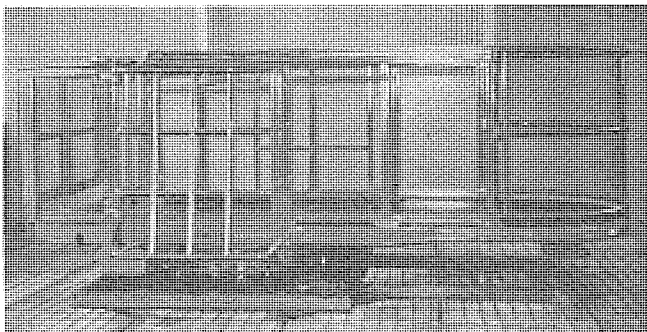


図 4. 作業床

電動シャッターによって閉鎖される。またガイドレールは基塔外面のステンレス製外装板のおう(凹)状みぞ(溝)内に取り付けられており、昇降体の昇降時にはフラップ(覆いふた)が電動で開かれ、非使用時にはフラップが閉じてガイドレール部も完全に隠蔽される。

(2) 作業床の動作と機能

作業床は図 3. に示す望遠鏡主鏡部の基本的な 7 種類の組立て、保守、点検作業に対応した動作機能を備えている。床部は前方後円形

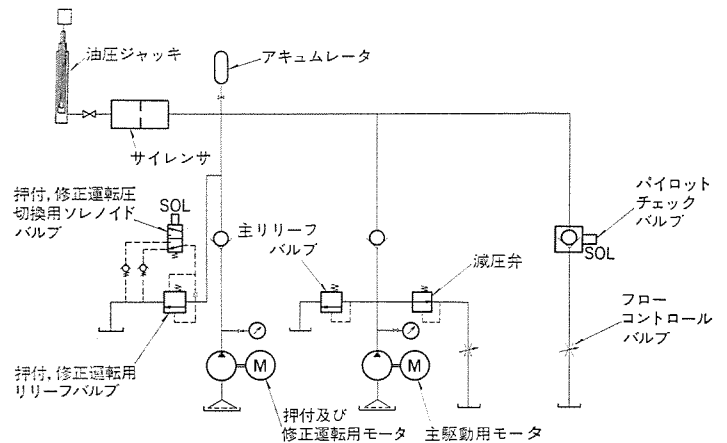


図 5. 油圧回路図

状をなし、後部半円状部分には主鏡筒内部の保守作業時に出入りするふた付マンホールが設けられ、外さく(柵)部には前部の中央開き戸出入口、側面のスライド付予備出入口がある。作業床は作業区分に応じた位置に手動ハンドルで回転し、所定角度で固定装置により固定される。更に付属装置として前後スライド可能な電動揚重装置、主鏡レンズ取外し用の専用ジグなどを装備している。

(3) 油圧駆動システム

図 5. にこの昇降装置の油圧回路図を示す。油圧駆動システムは長年当社油圧エレベータで実績ある方式を基本とし、これにこの装置の種々の特殊条件を付加して実施した。基本回路は近時油圧エレベータに多用されるブリードオフ方式とし、流量制御は当社油圧エレベータで定評ある小形電動機駆動の回転式フローコントロールバルブ⁽²⁾によっている。これに後述の作業時の押付運転用回路、3 段等速テレスコープ式油圧ジャッキの各段ストローク修正用回路、油圧ジャッキ用パッキンの保守用回路などが付加されている。

3. 技術的問題点とその対策

3.1 設置環境上の問題

設置環境が山頂の屋外であり、過酷な自然条件にさらされるため、風、雨、氷雪、低温などに対し慎重な検討と対策が必要である。各構成機器には特殊防せい(錆)処理を施工し、ガイドレールは溶融亜鉛めっきにより防錆力を加え、電気スイッチ類は耐寒防水形を使用するなど、防錆、除水に対する十分な配慮とともに、ガイドレール及び油圧ジャッキには除雪、削氷装置を設置した。

昇降躯体である鋼管トラスフレームは、強風時の揺動を最小限に押さえるため軽量で高剛性とする必要がある。このため構造形式の選定、構造解析、溶接施工法等について綿密な技術的検討の上実施したが詳細は後述する。

また冬期の -20°C という極低温から夏期の 30°C 程度の高温まで適用気温変動が大きく、更に風速、直射日光の影響を考慮すると油圧ジャッキ内の油温変化は約 80°C にも達する問題がある。このため油圧作動油には粘度変化の少ないりん酸エステル系合成作動油を用いている。

3.2 3 段等速テレスコープ式油圧ジャッキ

この装置の昇降行程は約 22 m であるが、格納部分のスペース上、通常の単動油圧ジャッキが設置不可能なため、3 段に構成されたプランジャが各段同期して等速で伸縮する 3 段等速テレスコープ式油圧ジャッキを開発して適用した。3 段等速テレスコープ式油圧ジャッキは、行程 10 m

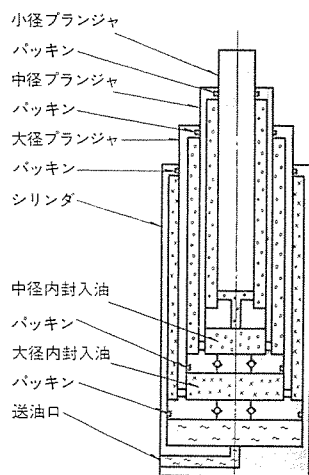


図 6. 3段等速 テレスコープ式 油圧 ジャッキ 構造原理図

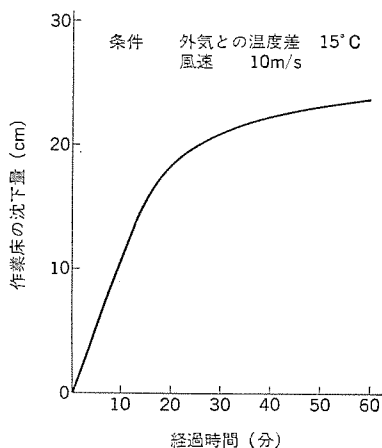


図 7. 油温変化による作業床の沈下量

程度で沿直状態で使用されるものは油圧エレベータ用として西独などで用いられているが、この装置では行程が約22mにも及び、しかも傾斜状態で使用されるためにはるかに悪条件で新たに解決を要する技術的問題があった。

その1つは、ジャッキ自体の弾性安定を含む構造強度の問題である。通常の軸荷重のほかに自重による横荷重を受け、更に風荷重、地震荷重などがありこれらを考慮して電算機を使用して詳細な構造解析を実施して設計した。

図6はこの油圧ジャッキの構造原理図である。等速機構は大径及び中径プランジャ部分に内封された作動油が、外室から内室に移動することによって得られるものである。

各段のグラッドメタルの摩擦抵抗、パッキン抵抗などの影響で、下降時非常に大きな内部抵抗が生じ、自重降下が困難という問題があった。このため下降時の配管及び制御バルブの流量抵抗の減少、低摩擦グラッドメタル材の採用など種々の対策を実施したが、特にふっ素樹脂系ライニングを用いた特殊パッキンの開発が大きく問題解決に寄与した。

このほかにも等速作用を行う内封作動油の微少リークによる各段行程の変化の修正方法、作業時の油温変化による作業床の浮沈対策などの問題があったが、それぞれ独自の方法を実施して解決した。このうち作業時の油温変化による作業床の浮沈対策を次に述べる。

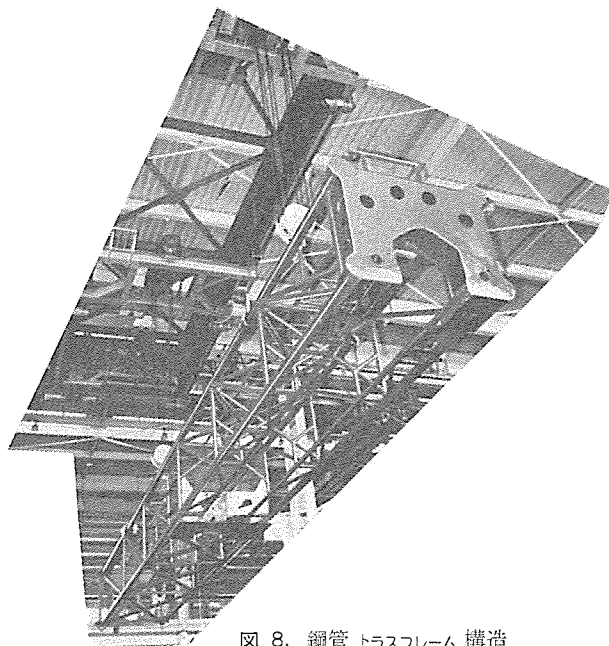


図 8. 鋼管 トラスフレーム 構造

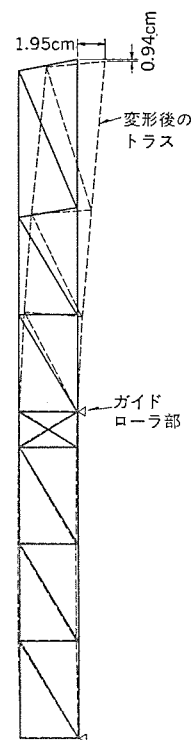


図 9. 鋼管 トラスフレーム 曲げ剛性解析結果例 (地震時)

3.3 温度変化による作業床の浮沈対策

油圧ジャッキ及び昇降体は非使用時格納部に収納されており、この状態で油圧ジャッキ内に存在する主として内封作動油は約500ℓに達するが、その油温は当然格納部の室温に近いものとなっている。ところが昇降装置の使用時は、格納部の開口部が開放され昇降体上昇すると、油圧ジャッキは突然屋外の自然条件にさらされ、冬期の低温・強風や、夏期の直射日光により、温度が急激に下降又は上昇し内封作動油の体積変化が生じる。これによりジャッキストロークが変動し、昇降体が沈下又は浮上する。

図7は外気との温度差15°C、風速10m/sの場合の昇降体の沈下量と経過時間の関係を示したものである。

もちろん作業床の浮沈量が一定限度を越えると、リレベルして再位置合わせを行うことは可能であるが、作業中突然リレベルを行うのは、作業によっては支障や危険を生じることがある。この対策として各作業位置では軀体トラスに設けられた係合片を、専用の油圧装置によって突出させ、ガイドレール側のストッパに昇降体を押付運転回路によって継続して押し付けて、作業床の浮沈を完全に防止する装置を開発して適用した。押付運転は主回路とは別に設けられた押付用ポンプにより少量の作動油を吐き出し続けるが、ジャッキ圧力は押付用リリーフバルブによって一定圧に保持され、余分な吐出油はタンクにもどされる。

3.4 鋼管トラスフレーム

昇降体の基本軀体である鋼管フレームは、上部に作業床をとう(搭)載しガイドレールに沿って油圧ジャッキにより昇降する。最上昇時には基塔より約6m突出して、望遠鏡の上部に作業床を旋回した状態で支持するため、全長12mの大形構造体となり、作業時のつり上荷重や、風荷重に対し作業床の揺動を極力抑える必要があった。基本計画段階で種々の方式案を比較検討した結果、風荷重の影響も小さくでき、軽量、高剛性な鋼管トラス構造を採用した。

具体的構造は、4本の支柱を主材としこれに横材、斜材を結合したものであるが、下半部は油圧ジャッキがトラスフレーム内にそう(挿)

入して取付けられ、これを避けるよう複雑な開放断面形状となっている。したがって構造強度上はトラス要素とラーメン要素の複合体であり、構造全体を電算機により詳細に解析して合理的な構造設計を実行した。図9はトラスフレームの曲げ剛性解析結果の1例である。

鋼管トラス構造は節点部分にガゼットプレートを要しないため、非常にシンプルな構造が得られる反面、節点部分の製作には特別の配慮が必要である。その1例は、組合せる鋼管径とその接合角度に応じて、鋼管先端形状を正確に切断できる自動切断機の使用と、溶接ひずみを最小におさえる溶接技術である。トラス溶接に際しては溶接方法、溶接順序などに種々の工夫をこらし、慎重に計画施工した結果、トラス全諸元に対して $\pm 5\text{ mm}$ 以下の誤差で完成させることができ非常に良好な結果を得た。

3.5 安全性、信頼性

この装置は作業床を回転させた作業位置でもし昇降体を昇降させると望遠鏡主鏡部と作業床が衝突し、また作業床の位置に関係なく望遠鏡を回転させると、作業床との衝突だけでなく作業員に対しても危険である。このため望遠鏡には各作業姿勢に対応した検出スイッチを設け、昇降装置と完全な電氣的インタロックをとり誤動作の防止を図るとともに、万一両者が接触しそうときも、作業床本体が接触する前に、容易に変形し警告を発するテンタクル（触角）を設け、作業員が緊急停止ボタンを操作するよう配慮した。更に作業床内操作盤及び出発階操作盤には、種々の表示灯、警報灯を設け、作業員に対しきめ細かく操作上の指示が自動的に与えられるようにした。

またこの装置の目的が望遠鏡の保守、点検作業であることから、必然的に作業床と望遠鏡を接近させる機会が多く、作業床及び望遠鏡の制御装置には高い信頼性が要求される。このため特に作業床及び望遠鏡の位置検出装置については、動作確認を行って故障を検知すると昇降体を直ちに停止させるほか、重要部分は2重系のシステムとして信頼性を高めた。

なお通常は、上昇用又は下降用操作ボタンを押せば自動的に昇降する方式であるが、位置検出装置が故障した時も直ちに運転不能とはせず、安全を確認しながら操作ボタンを押し続ければ、低速で昇降可能とする方式として、非常時の救出が容易にできるように配慮した。

4. 輸送、据付け、保守

設置場所が道路条件の悪い山頂であることから、鋼管トラスフレーム、油圧ジャッキなど長大物の輸送に多くの問題があり、数度の現地調査、試走の上、狭あい（隘）な急坂を大形トレーラの2重連でけん引して山頂へ引き上げた。

据付上も基塔傾斜面へのガイドレールの取付け・心出し、長尺大重量の油圧ジャッキ及び鋼管トラスフレームの搬入、組立てなどに幾多の問題があった。その上設置環境が天候の変化しやすい山頂という悪

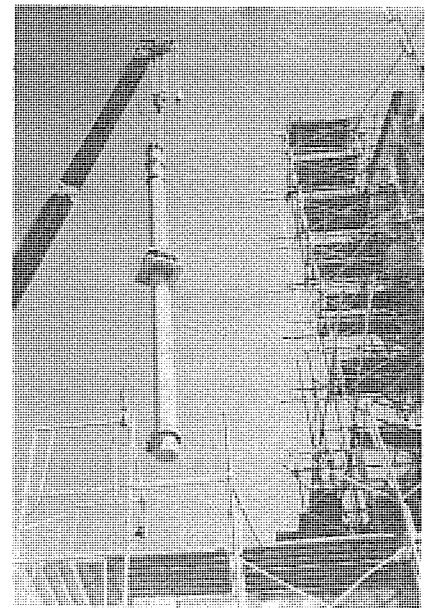


図 10. 3 段等速 テレスコープ式油圧ジャッキ 搬入状況

条件が予想されたが、据付け当初から綿密に計画立案したスケジュールに従って、所期の期間内に据付けを完了した。

この昇降装置の保守上特に問題となったのは、3 段等速 テレスコープ式油圧ジャッキのパッキン交換方法である。油圧ジャッキ内にはその構造上合計 5 個のパッキンが内蔵されているが、パッキンが所定寿命に達した場合、あるいは不慮の損耗時には各段のプランジャを抜き出す必要があり、これを限定された狭い昇降スペース内で実施するのは非常に困難である。したがってパッキン交換方法を事前に詳細に検討し、各種のつり上げジグ、作業用足場、内封作動油の排出用パワーユニットに至るまで、すべてを準備して完璧を期してある。

5. む す び

京都大学理学部附属飛騨天文台に新設された高性能ドームレス太陽望遠鏡の保守、点検作業用として納入した、特殊油圧昇降装置の概要及び主な技術的問題点とその解決方法について述べた。この装置は今後その威力が期待される新鋭観測設備の、いわば脇役であるが多くの新機軸を盛り込んで、安全、確実で使いやすく、しかも信頼性高い装置とすることができたと確信している。

最後にこの昇降装置の開発・設置にあたり、終始ご指導、ご助言をいただいた京都大学理学部をはじめ多くの方々に深く謝意を表する次第である。

参 考 文 献

- (1) 月刊天文ガイド：14，4号（昭53）
- (2) 山上：三菱電機技報，48，No. 12，p. 1,368（昭49）

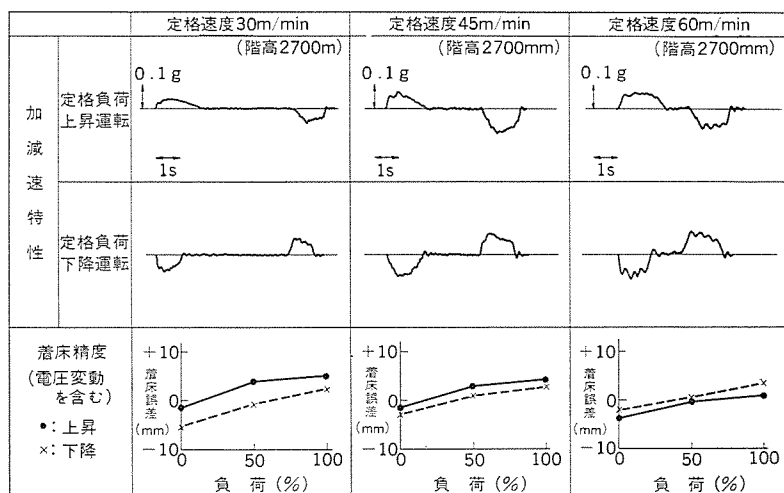


図 2. 新しい三菱寝台用エレベータの運転特性

に与えられる。トライアックはかごの実際の位置に対応して減少する減速信号と速度発電機の出力電圧とを演算した結果により制御されるので、電動機の直流制御トルクは帰還制御される構成になっている。しかし、これだけでは無負荷での下降運転時及び定格負荷での上昇運転時における減速では床前停止となるので、機械系の慣性を大きくする必要があるだけでなく、3相力行トルクから直流制動トルクに切替える際、負荷によっては大きなトルク落差を生じ、急激な減速度となって乗心地を悪化させるという欠点がある。

当社では、この点を単相力行制御⁽¹⁾を導入することにより解決し、機械系の慣性を低減して、消費電力を最大20%節減し、電動機及び電源設備の容量を小さくするとともに、なめらかな乗心地を実現した。また、巻上機も改善を行い軽量化と効率の向上をはかった。

以上述べた制御方式によるエレベータの運転性能を図2.に示す。トライアックにより加速、減速とも連続制御をしているのでなめらかな加減速特性と、負荷変動、電圧変動にも強く $\pm 10 \text{ m/m}$ 以内の良好な着床精度を得るとともに、階間走行時間の短縮を図った。

2.3 信頼性と安全性の向上

この制御方式では、大電力用のトライアックとダイオードを使用しているので回路構成が簡素化され、またトライアックは加減速中のみ通電し、通常は接触器で短絡しているの、素子として十分にデレーティングされており、信頼性の高い回路となっている。また、半導体制御装置は初期不良を減らすため、スクリーニング、エージングを行い信頼性を高めるとともに、徹底的にモジュール化を行い、工場で調整することにより据付け、保守の無調整化をはかり、安定した信頼度の高い性能を発揮できるようにした。

更に、低速自動運転装置を標準装備し、制御装置が故障して階間に停止した場合でも、安全を確認したうえで、自動的に保守時に使用する低速運転に切換え、最寄階に運転し乗客を救出することができ、従来以上に安全で便利なエレベータとなった。(特許申請中)

病院では一般の人より体力的に弱い乗客が多いので、万一の停電や故障などによりかん詰め故障が発生しても、できる限り早期に救出することが大切である。これを解決するものとして、万一を考えたシステムである別稿で紹介の停電時自動着床装置《MELD》と故障自動通報システム《METAS》を装備すれば更に信頼できるエレベータとなり得る。救急患者や手術患者の輸送を考えると寝台用エレベータには《MELD》と《METAS》を同時に設置されるよう推奨する。



図 3. Aタイプかご室

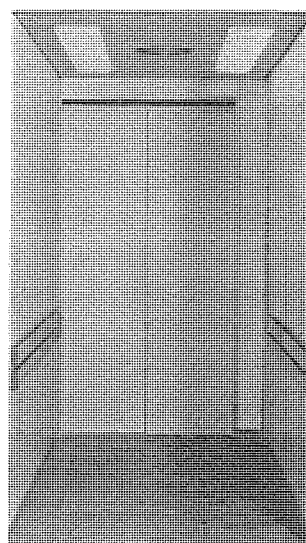


図 4. Bタイプかご室

2.4 意匠の改善

寝台用エレベータの意匠を改善するに当たっては、患者の利用を最優先で考えることを基本にした。その結果、かご室内のインテリアは患者の気持ちを和らげるようソフトで明るいイメージのものとした。機能的には、かご操作盤、かご内インジケータ、手すり、乗場インジケータ等に人間工学的な改善を加えた。

2.4.1 かご室意匠

天井意匠は好みにより選択できるよう、従来1種類であったのを、Aタイプ(図3.)、Bタイプ(図4.)の2種類にした。

図3.は従来の間接照明の良さを残しつつ、かご室の縁部に円形ダウンライトのアクセント照明を設け、明るさ及びイメージの面で改善を加えた。図4.は乗用エレベータで採用されている樹脂製グローブを使った半間接照明を採用したもので、この意匠は先の図3.より更に明るいイメージで寝台用という暗さを感じさせないものとして、発表以来多く採用していただいている。手すりは、実際に病院用エレベータで患者がかご室に乗ったときの利用状態を調査した結果、体力の弱い人、足の悪い人、老人にとっては、なくてはならない物であることを再認識して、取付高さとかみやすさについて改善した。また、荷すりは前記の手すりを上下の2段に並べ先端に大きな曲げR

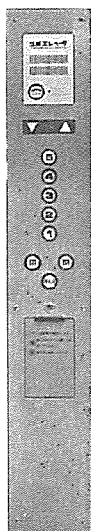


図 5. かご操作盤

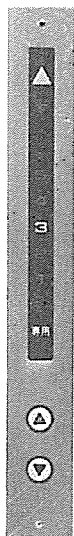


図 6. 乗場 インジケータ

をつけ、機能性、意匠上の改良を加えた。(手すり、荷すりについての詳細は後述)

2. 4. 2 操作信号器具

(1) かご操作盤 (図 5. 参照)

手術患者の輸送など緊急の際には、一般の呼びに応じず、直通運転することもできる専用運転を、キーを使わず押しボタン操作だけで可能にした。更に、戸開放延長ボタンを押すと、戸の開放時間が延長されストレッチャや医療器具などの長く、重いものの出し入れも急ぐことなくできるようにした。(詳細は後述する)

(2) かご内インジケータ及び乗場インジケータ

図 6. で示すように、明快なブラックラインの表示面であり、文字は大きく視認度の高いものとし、点灯時、消灯時の区別が明確にできるようバックと文字とのコントラストを考え視覚的に改良を加えた。

2. 4. 3 付加仕様の拡大

病院のインテリアは、最近デラックス化し、従来の簡素で冷たいイメージを打ち破りつつある。こうした傾向はエレベータの意匠にも表れてきており、今回の寝台用エレベータには意匠のデラックス化への要求に十分応じられる内容のものを付加仕様として用意した。

(1) 乗場関係

三方わく……………幕板付三方わく

ステンレスヘアライン 仕上げ

銅板塗装仕上げ

乗場の戸……………ステンレスヘアライン 仕上げ

乗場インジケータ……………幕板彫込式 インジケータ

(2) かご室関係

手すり……………ステンレスヘアライン 仕上げ

出入口上部、壁目地、幅木、操作盤のフェースプレート……………

ステンレスヘアライン 仕上げ。

2. 5 据付レイアウト性の向上と据付工期の短縮

2. 5. 1 綱止め梁の省略

図 7. のように寝台用エレベータ専用の巻上機台 (巻上機を機械台へ載せるための台) を製作することで、従来図 8. のように機械台 2 本と綱止めはり (梁) の 1 本、計 3 本であったのを機械台 2 本とし、綱止め梁を省略した結果、以下に示す効果を生みだし据付時間の大幅な短縮を図ることができた。

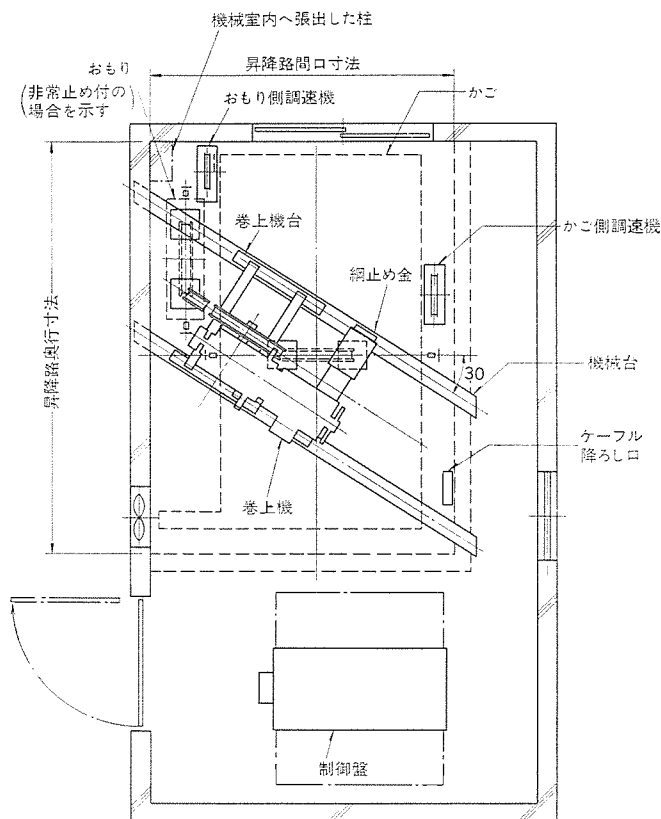


図 7. 新 B-750-45 の機械室のレイアウト例

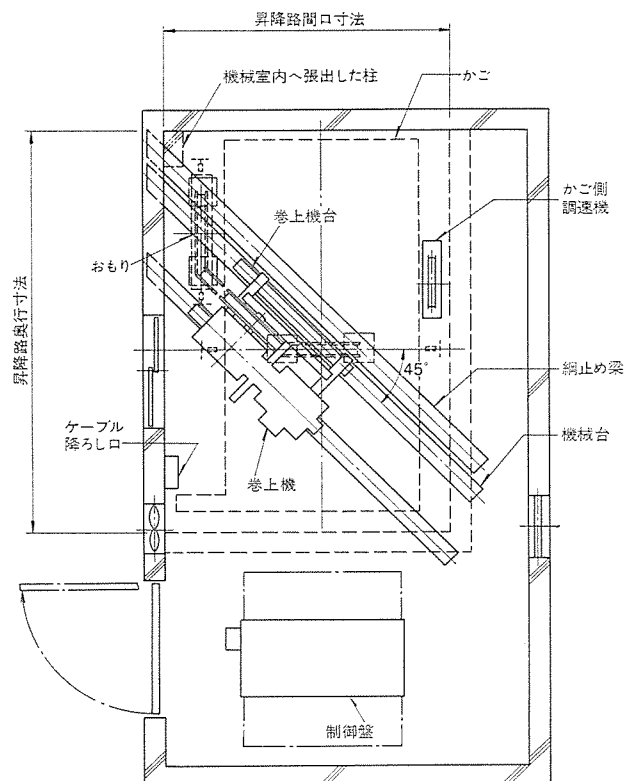


図 8. 従来の B-750-45 の機械室のレイアウト例

(1) 機械台と機械室へ出た建築柱との干渉の回避 (図 7. 参照)
機械台の設置角度が従来は機械台と綱止め梁相互が干渉しないように約 45° にしていたが、綱止め梁を省略した結果、機械台の設置角度は自由となり、約 30° で機械台の先端と建築柱との干渉を回避す

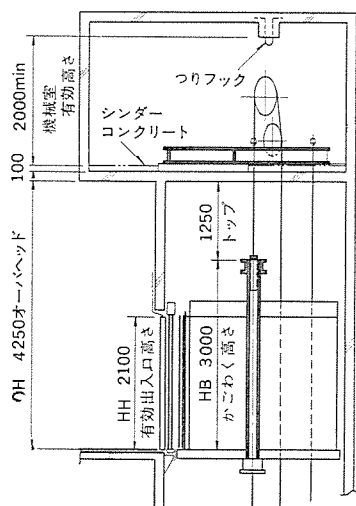


図 9. 新 B-750-45 の昇降路上部のレイアウト例

ることがほとんど可能となった。

(2) RS 工法の適用が可能

RS 工法 (RAIL SCAFFOLD 工法の略で特許申請中) は、昇降路内にパイプ足場を必要とせず機械室床からレールをつり下げ、レールを建地足場に流用し据付けの合理化を図るものである。この RS 工法の場合機械室内のガイドレールつり下げ位置に機械台を配置しないことが条件であるため、従来のレイアウトは RS 工法が適用不可能であった。RS 工法適用を前提とし、綱止め梁の省略、機械台の設置角度を 45° から 30° にすることでガイドレールつり下げ具と機械台との干渉を避けることができ、据付けの省力化が可能になった。

(3) つり合いおもり側の非常止めの設置を JIS 昇降路寸法でも可能とした。

機械台の設置角度が小さくなり、図 7. に示すようにつり合いおもりの位置をかご側のレール心に近づけた結果、機械台の先端と機械室壁との間に調速機を設置することが可能になった。

(従来は、つり合いおもり側に非常止めを付ける場合、調速機の設置スペース確保のため、昇降路の間口寸法、奥行寸法をおのおの 100 以上広げていた。)

2. 5. 2 OH 寸法 (OVER HEAD 寸法) の縮小

従来、HB 寸法 (かごわく高さ) は 3,200 mm であったが、図 9. のように 3,000 mm とし、OH 寸法を 200 mm 縮小した。その結果、最上階の最小高さ寸法に対する制限が大幅に緩和できた。

2. 6 使いやすさの向上

病院における使用実態を十分に調査研究することによって、下記に示すような新しい機能を付加し、従来のものに比し、より利用者の立場に立った使いやすい寝台用エレベータとした。

2. 6. 1 キー不要の専用運転切換方式の採用

救急患者などを運ぶ場合の専用運転への切換えには、従来専用運転スイッチがかご操作盤スライドカバー内に設けられていたため、常にキーを必要とし、使用に不便であることが調査の結果判明した。迅速さ

を要求され、かつ多忙な病院業務の上から、専用運転への切換えはキーなしでも早く容易に切換えられることが好ましい。そこで今回、キーなしでしかも一般の人には、乱用されない方法として、かご操作盤上のあらかじめ決められた特定の複数のボタンを押せば専用運転へ切換えられる、いわゆるブロックサイン方式を採用した。(特許申請中)

もちろん専用運転は、用済後自動的に解消するようにしてあり、また万一のいたずらや、誤操作などがあっても所定時間後には自動的に解消するように配慮してあるので、便利であるとともに、エレベータの管理上で問題が発生することもない。

2. 6. 2 戸開放時間延長のための「開延長」ボタンの採用

従来はかご操作盤のスライドカバー内に戸開放延長スイッチを設けていたので、戸開放時間を延長させるためにはキーを必要とし、不便な点もあってあまり有効に活用されていないことが調査の結果判明した。病院業務の性格上、ストレッチャーや、配せん車、医療器具など種々の長尺物や重量物を運搬する機会が多いことから、戸開放時間を延長する必要性が多く、キーなしで簡便にできることが好ましい。そこで今回、かご操作盤面上に新しく「開延長」ボタンを設けた。この「開延長」ボタンを戸開中に押せば、戸開放時間を約 30 秒間継続するので、運搬物の出し入れが一人でできる便利さがある。また、運搬中に戸が閉まってきて運搬物に戸が当たり傷がつくといったようなこともなくなる。戸開放延長時間が終わるとブザーが鳴って戸閉開始を利用者に知らせるようにしてあり、この時戸開放時間をさらに延長したければもう 1 度「開延長」ボタンを押せばよいなど、きめ細かい配慮をしている。

2. 6. 3 新しい手すり (荷すり兼用形) の採用

従来のものは荷すり主体に考えられていたので、手すりになるとはいえないものの、ただ荷すりの厚み部分に指先を載せられる程度で、十分機能を満足したものではなかった。今回の新しい手すりは病弱者の多い病院の機能にマッチするように検討を加え、安全でつかみやすい構造とした。そしてこの手すりを上下 2 段に並べることによって、ストレッチャー、配せん車、医療器具等の積載時におけるかご室壁への損傷を防ぎ、荷すりの機能を兼ねるものとした。

3. む す び

寝台用エレベータは入院患者だけでなく、見舞客の利用あるいは、ストレッチャー、車いすなどの運搬に幅広く利用されている。そこで、明るく病院のイメージに合った意匠、着床精度及び乗心地の向上、安全で使いやすいエレベータへのモデルチェンジと病院の特質に沿って、利用者、施主、建築家にメリットとなるように、当社の寝台用エレベータを改良した点について述べた。なお、これからの建築界の動向に即応すべく、たえず研究を続けご期待にこたえる所存である。

参 考 文 献

- (1) 小沢ほか：規格形エレベータ《エレパット》の制御方式、三菱電機技報、52, No. 4 (昭 53)

エレベータの緊急時運転と故障自動通報システム

渡辺 潔*・内野 秀夫*

1. ま え が き

近年、エレベータは縦の交通機関として必要不可欠のものとなり、ますます現代人の生活環境の一部として深く浸透している。このため、停電や故障などによりエレベータが階と階との間に停止して利用者を一時拘束するかん詰め故障は、直接安全上の問題はないにしても乗客の不安感、万一脱出しようとした場合に発生するおそれのある2次災害などより、社会的反響が大きいものとなっている。エレベータの安全に対する最近の考え方は、フェイルセーフからフェイルソフト、すなわち故障したら停止したままとするのではなく、安全が確保される限り故障していない別の装置で最小限の運転をして、かご内乗客をできるだけ早く救出するなど人間性を尊重したものにするべきであるという考え方に変わってきている。一方、エレベータは夜間、休日を問わず利用される機会が増えているが、これらの時間帯におけるエレベータの管理体制が十分でないビルも増えつつある。このような状況のもとでもこれを補うため、停電などによる乗客のかん詰め防止を目的とした自動着床装置や、万一かん詰め故障が起きたときに早く救出するため保守会社へ自動的に通報する装置などを装備することが望まれる。

当社は従来からこの種の対策装置を販売していたが、最近のこのような社会的要求の高まりに答えるべく、性能と経済性の向上を目指して従来の方式を一新した、画期的な特長を持つ2種類の緊急時対策装置《MELD》並びに《METAS》を発売したので、以下に紹介する。

2. 《MELD》(三菱エレベータ停電時自動着床装置)

エレベータが走行中に停電や故障が発生すると、階と階との間に停止し、乗客がかん詰め状態になることがある。停電の場合にはエレベータの故障ではないので電源が回復すれば運転が再開できるため、ごく短時間の停電であれば乗客に与える心理的影響は少ない。しかしながら長時間の停電あるいは故障の場合は救出までに時間がかかり、かご内乗客の不安や緊張が大きくなる。《MELD》は、このようなかん詰めを防止することを目的とし、停電はもちろんのこと、故障の場合でも法令で定められた安全装置と一部の安全チェックリレーが動作した場合を除きエレベータを安全に低速で最寄階に自動着床させ、乗客を乗場へ救出するものである。当社では、昭和40年代前半より、規格形交流エレベータから高級直流ギヤレスエレベータにわたり多数の停電時自動着床装置を納入してきたが、《MELD》はこれまでの経験をもとに、従来の停電時自動着床装置を徹底的に見直し種々の改良を加えたものである。

2.1 《MELD》の構成と動作

図1.に《MELD》の基本構成を、図2.に動作フローチャートを示す。停電や制御装置の故障などによりかん詰めが発生すると、これを検出しエレベータ制御回路が制御用バッテリーに接続される。これにより《MELD》制御回路が動作するとともに安全回路によって安全に運

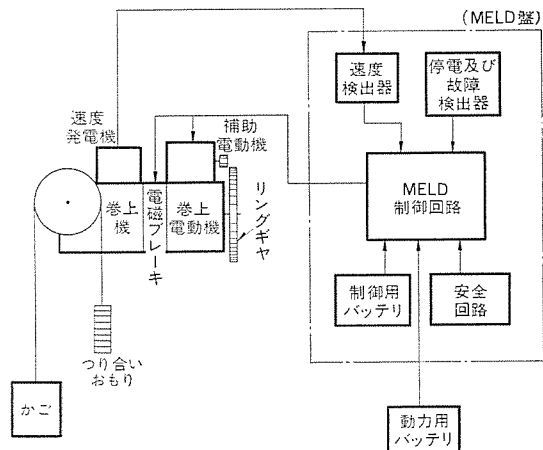


図1. 《MELD》の基本構成

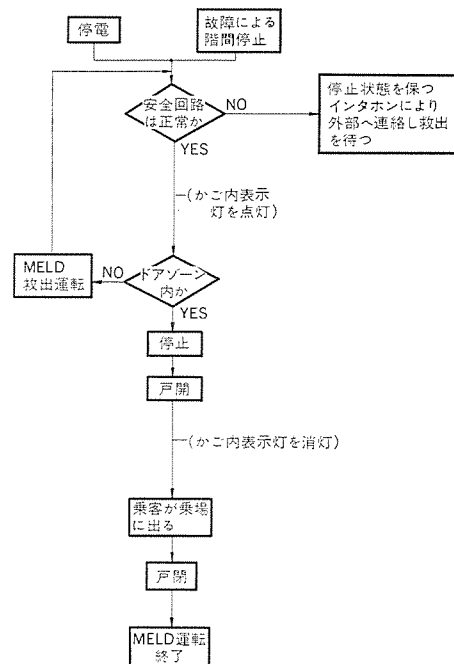


図2. 《MELD》の動作フローチャート

転可能かチェックする。安全が確認され《MELD》による救出運転が開始されると同時に、図3.に示すような『救出運転中です。しばらくおまちください』の表示をかご内に出し、乗客の不安感を解消するように配慮している。

《MELD》の救出運転は、かごとつり合いおもりの重量差による不平衡エネルギーなどエレベータ自身が保有するエネルギーを最大限に利用し、速度発電機の出力によりかごの速度を検出しかご速度を低く抑えるように制御するとともに、法令で定める安全装置が動作していないことを確認しながら最寄階のドアゾーンまで走行させる。エレベータが保有するエネルギーを用いても最寄階のドアゾーン内に着床できない場合は、動力用バッテリーを電源として小形の低圧直流補助電動機(以

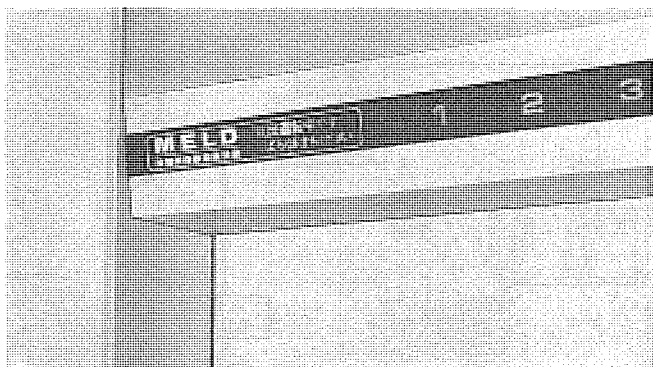


図 3. 《MELD》運転表示装置（かご出入口上部設置）

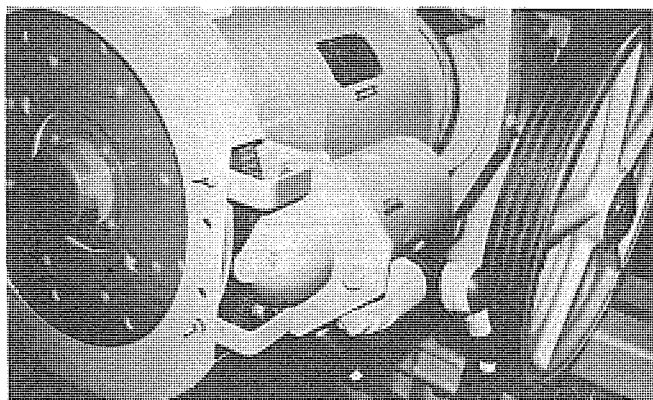


図 4. 《MELD》補助電動機

下、補助電動機という）を駆動し、リングギヤを介してエレベータを走行させ救出するという独創的な救出運転方式を採用した。この方式は補助電動機による救出運転でバックアップするため確実な救出運転が可能である。また、通常運転に使用している各種の安全装置を有効にしているので安全性の高い救出運転が可能である。

着床後は制御用バッテリーを電源として自動戸開きするだけでなく、乗客が乗場に出たのち自動的に戸閉めを行う。この際、戸開ボタンやとびら（扉）の先端に設けられているセーフティエッジが動作すると扉は反転して戸開きし、再び自動的に戸閉めを行うようにしてある。戸閉め完了後、所定時間経過すると《MELD》運転は終了し、戸閉め状態で待機するようにしたのでビル防災上、管理上からも好ましいものである。

2.2 《MELD》の特長

この種緊急時運転装置が具備すべき条件は、救出範囲が広く安全性が高いこと、設置上の制限が少ないこと（小形軽量であること）、納期が短いことなどであるが、当社はこれらの基本的条件を考慮検討した結果、次のような特長を有する《MELD》を実用化した。

2.2.1 広い救出範囲と高い安全性

エレベータの安全性、信頼性の向上は当社が最も力を注いでいるものの1つで、使用する機器、制御装置は非常に信頼性の高いものを選定しており、かん詰め故障が発生しにくいようにしている。しかしながら、エレベータには多数の部品を使用しているし、扉・敷居・押しボタンなどエレベータの利用実態とも関係が深い要素があるため、かん詰め故障を皆無にすることはできない。

ところで、エレベータ故障は制御リレー類の接触不良など回復可能な一過性故障と、安全装置の動作、ヒューズ切れなど自動的に回復ができない恒久性故障とに分けられる。先に当技報⁽¹⁾で紹介したように、中低速《エレベータ》には低速自動運転装置を標準装備しており、これにより一過性故障によるかん詰め的大部分と恒久性故障によるかん

詰めの一部を救出することができ、その効果は大きい。しかし、低速自動運転装置ですべての故障を救出できるわけではない。

当社では、従来の停電時自動着床装置において停電のほか、上記恒久性故障によるかん詰めをも、できる限り救出すべく対策を講じており、《MELD》もそれを踏襲している。したがって《MELD》は、停電はもちろんの

こと、乗客の安全が確保されれば電源しゃ断器の作動時、相保護リレーの作動時、及びヒューズ切れ等の低速自動運転で救出できない恒久性故障までも救出運転を行うので、救出範囲が広く《MELD》の最も大きな特長の1つである。

また、2.1節で述べたように、《MELD》の救出運転中は速度発電機によりかごの速度を検出し、安全な速度以下に常に制御しており、また通常運転時に使用している各種の安全装置をそのまま利用しているので安全性が高い。

2.2.2 据付スペースの減少（盤面類の小形化）

《MELD》はシステムの種々の改良、合理化を実施したので《MELD》の制御装置や制御用バッテリーを内蔵するキャビネット（《MELD》盤）は、据付面積を従来品の約40%にまで減少することができた。図5.に《MELD》盤を示す。

また、前述の補助電動機は低電圧のものを採用したのでバッテリーのセル数を大幅に減少することが可能となり、バッテリーの小形軽量化ができた。そのため、このバッテリーの収納盤は据付面積を従来品の約25%までに大幅に小形化でき、機械室面積の狭い規格形エレベータの場合であっても標準の機械室寸法のままで設置が可能になり、別の電池室を用意する必要はない。したがって既設のエレベータへの取付けも容易になった。換気についても通常の機械室換気設備で十分である。

2.2.3 納期の短縮

《MELD》で使用するバッテリーは、小形補助電動機を利用するのではなく（汎）用品の使用が可能になり、入手が容易になった。また、システムの合理化と合わせて徹底した標準化を行ったことにより、《MELD》を付加する場合でも規格形エレベータの場合、標準納期で納入できるようになり、従来品と比較して納期を1/2以下に短縮することができた。

2.2.4 バッテリー交換経費の節減

バッテリーは前述のように汎用品を採用したので入手性がよく、更に小形であるため、バッテリーの寿命に伴う代替品費用と労力の両面が節減できることになった。

2.3 《MELD》を推奨するビル

《MELD》は前述のようにエレベータのかん詰め故障を最小限にとどめるための装置であり、《MELD》のもつ効果から特に下記のようなビルに設置されることを推奨する。

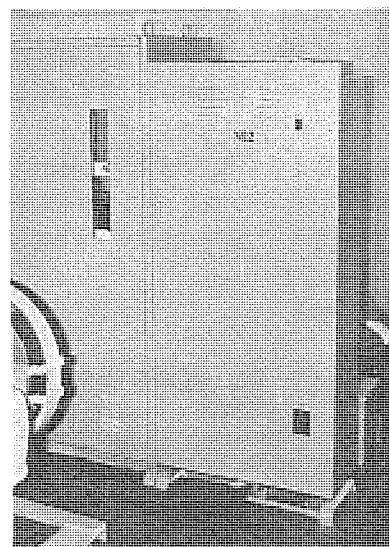


図 5. 《MELD》盤

- (1) アパートやマンションなど昼夜を問わずエレベータが使用されるビル
- (2) 管理人が不在がちなビル
- (3) エレベータの保守会社（三菱電機サービス(株)）から遠く離れた場所にあるビル
- (4) 雷害など停電が多発する地域にあるビル
- (5) エレベータに給電される自家発電設備のないビル
- (6) 万一かん詰めになったとき乗客の救出に緊急を要する病院、老人ホームなどのビル
- (7) 雑居ビル

3. 《METAS》（三菱エレベータ故障自動通報システム）

エレベータのかん詰め故障を最小限にとどめるための有効な装置として、《MELD》について述べたが、ここで紹介する《METAS》は万一かん詰め故障が発生した場合の早期救出、復旧のための自動通報システムである。これらは単独に装備しても緊急時の救出システムとして非常に有効なものであるが、両者を装備すれば一層効果的なシステムとなる。

乗客がかご内に閉じ込められた場合、通常は乗客がかご内のインタホンボタンを押してビルの管理人へ通報し救出を求める。しかし管理人が不在であったり、乗客がエレベータに不慣れでインタホンボタンを押さない時などは、外部との連絡がとれず発見が遅れて、救出までに長い時間を要し、かご内乗客の不安や緊張は非常に大きいものとなる。《METAS》はたとえ管理人が不在でも、あるいは乗客が何ら操作しなくても、故障を自動的にかつ迅速にエレベータ保守会社まで通報できるので、乗客の早期救出が可能となるシステムである。当社は昭和46年に開発した《METAS》を、この度改良し、より性能を向上したものとしたので紹介する。

3.1 《METAS》の種類

表1.に示すように《METAS》は今回2種類の方式を準備し、ユーザー側の要求に広く答えられるようにした。《METAS》Ⅰは管理人不在時にかん詰め故障に限って、エレベータホールに『故障発生』を報知し、これを発見した人がエレベータ保守会社へ電話連絡する住民協力形の簡易方式である。これに対して《METAS》Ⅱは管理人不在時にエレベータ保守会社までの連絡を、すべて自動的に一般電話回線を通じて行う本格的通報システムである。以下本文では《METAS》Ⅱを主体として説明する。

3.2 《METAS》Ⅱの構成と動作

図6.に《METAS》Ⅱの基本構成を、図7.に動作フローチャートを示す。故障検出装置はかご内に乗客のいるかん詰め故障と乗客のいない使用不能故障を自動的に検出するもので、しかもこれらの故障

表 1. 《METAS》の種類と内容

種 類	故障検出内容	管理人不在時の通報光	通 報 内 容 (左記の通報光)	かご内への通 格	電 話 回 線
《METAS》Ⅰ	「かん詰め故障」のみ検出	エレベータホールに通報表示する。	「故障」表示ランプを点灯させブザーを鳴らす。 (ブザーはストップボタンを押せば鳴りやむ)	「しばらくおまちください連絡中です」の表示が出る。	否
《METAS》Ⅱ	「かん詰め故障」と「使用不能故障」を区別して検出	保守契約を結んでいるエレベータ保守会社を自動ダイヤル装置で呼出す。	ビル名、エレベータ管理番号、故障内容等をテープメッセージで通報する。 (故障内容を区別して通報)	「しばらくおまちください係員に連絡しました」の表示が出るともにかご内乗客を安心させる内容の音声メッセージを放送する。	要 (一般回線)

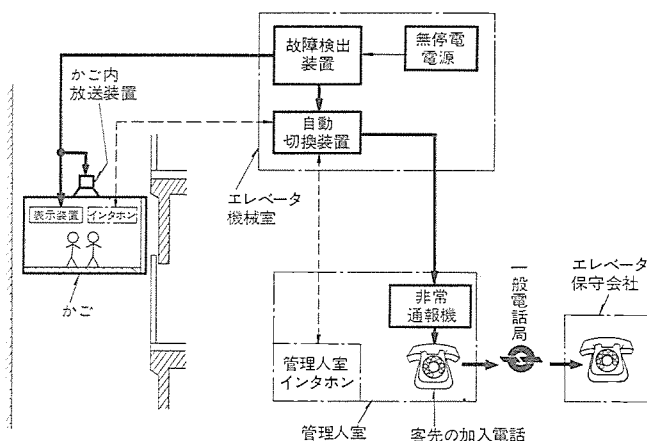


図 6. 《METAS》Ⅱ の基本構成

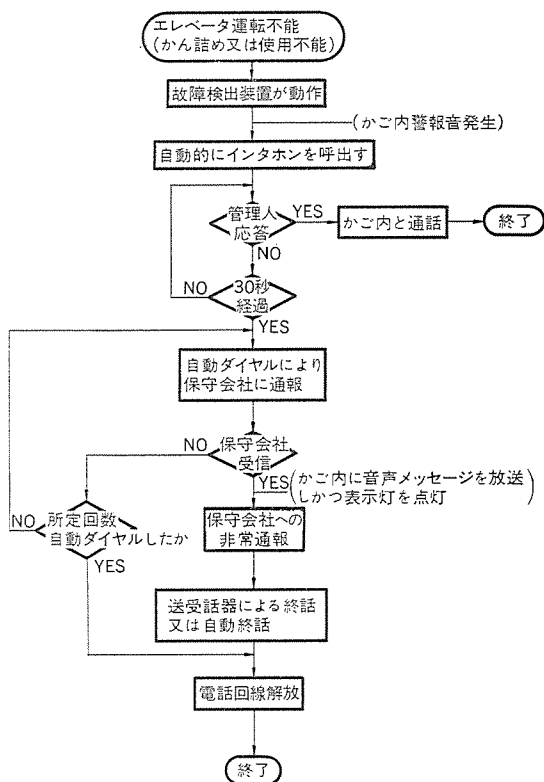


図 7. 《METAS》Ⅱ の動作 フローチャート

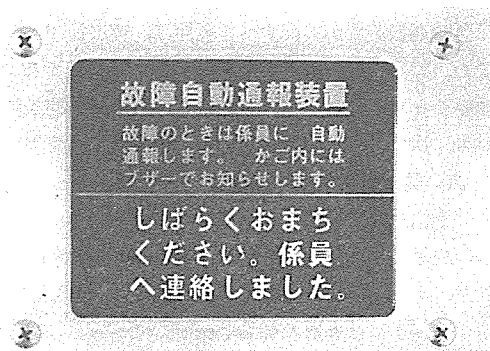


図 8. 《METAS》 通報表示装置（かご操作盤上部設置）

を区別して検出することができる（特許登録済）。自動切換装置は故障検出装置から信号を受けてまず管理人室のインタホンを自動的に呼出し、もし30秒経過しても管理人の応答がない時は非常通報機側に自動的に信号を切換えるものである。無停電電源装置は停電時でも《METAS》が動作することができるように設けている。かご

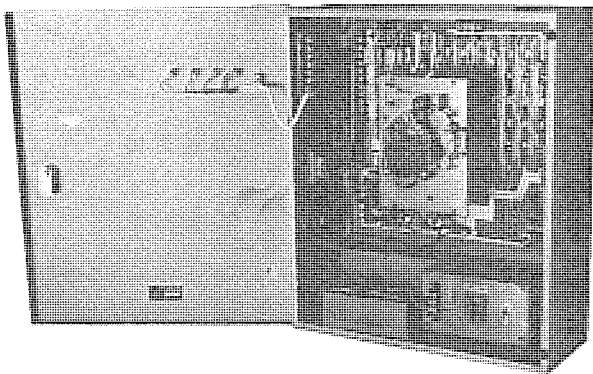


図 9. 非常通報機

内表示装置及びかご内放送装置は保守会社が電話の呼出しに応答するとおのおの点灯及び放送をし、かご内乗客に対して連絡が完了したことを知らせ、不安を解消するものである。かご内表示装置は図 8. に示すもので、連絡がつくと表示部に『しばらくおまちください。係員へ連絡しました。』という文字が浮かび出るようにしている。かご内放送装置は表示が出ると同時に乗客へのメッセージを放送し、表示装置に加えて乗客の緊張を柔らげる働きをする。非常通報機は故障検出装置からの信号を受けると、電話回線を利用して自動ダイヤルでそのエレベータの保守契約を結んでいる保守会社を呼出し、故障発生場所や故障内容などをあらかじめ録音されたテープにより自動通報するものである。図 9. に扉を開いた状態の非常通報機を示す。

次に動作順序について説明する。停電又は故障により故障検出装置が動作するとまず管理人室のインタホン呼び出す。インタホンによる管理人の自動呼出しは、かご内に乗客のいるかん詰め故障と乗客のいない使用不能故障との両者について行うが、おのおの呼出し音を区別しているため、インタホンに応答する前にあらかじめ故障内容が判別でき、管理人にとって便利である（特許出願中）。管理人が一定時間（30 秒）の呼出し中に応答しなければ自動切換装置により非常通報機側に切換え、保守会社へ自動通報する。保守会社が受信し電話の送受話器を持ち上げると、非常通報機内の録音テープがまわり非常通報を伝達する。これによって保守会社のサービスエンジニアが出動して、かご内乗客の救出又は故障の復旧を行うわけである。

3. 3 《METAS》II の特長

《METAS》は老若男女を問わずあらゆる層の人々が、エレベータをいつも安心して利用していただけることを目指して開発したもので、自動通報機能を最大の特長として次のような特長を備えている。

3. 3. 1 インタホンボタンの操作が不要の自動通報

停電や故障を自動検出し、自動通報するので、子供、老人、エレベータ操作に不慣れな人、身体が不自由な人などインタホンボタンの操作を知らないとか、できない人々には特に有効である。もちろんインタホンボタンの操作により、インタホンは従来通り使用できるし、停電や故障中であれば保守会社まで自動通報することもできる。

3. 3. 2 迅速な救出手配によりかご内乗客の早期救出が可能

《METAS》II は適確にかん詰め故障を保守会社まで通報するので、救出出動が直ちに開始でき、かご内乗客の早期救出が可能となる。これに比して他の連絡方法では不特定の人からの通報が多いので、情報の伝達が必ずしも適確に行われず、出動に必要かつ正確な情報を得るまでに余分な時間を要し、結果的にかご内乗客の救出が遅れるおそれが多分にあり得る。

3. 3. 3 エレベータの使用不能故障も自動通報

《METAS》II はかん詰め故障のほかに使用不能故障も自動通報するので、エレベータの管理が行き届き管理人はもちろん利用者にとっても有益である。すなわち、エレベータを呼んでも来ないと、仕方なく階段を利用するといった使用不能故障については、従来発見者又は管理人が保守会社へ連絡するまで復旧活動がなされず遅れがちであった。《METAS》II であれば自動検出して通報するので、早期復旧が可能であり、利用者に不便をかける時間が短くて済む。

3. 3. 4 故障自動通報装置付きが利用者に一目で分かる

図 8. に示したように連絡済の表示灯を兼ねた表示盤を、かご操作盤の上部に設けている。これによって万一の場合でも保守会社まで通報されるということが、利用者によく分かり、エレベータを常に安心して利用することができる。すなわち一般的にはエレベータがもし階の途中で止まったら、果たして外部へうまく連絡ができるだろうかという不安を持っている人が多く、このような不安感を除去できる効果がある。

3. 3. 5 電話の新規加入は不要

《METAS》II のために特別の独立した電話回線を設ける必要はなく、現在設置されている電話回線、あるいはこれから設置する予定の電話回線がそのまま利用できる。

3. 4 《METAS》を推奨するビル

《METAS》は前述したように、迅速で適確な通報を保守会社へ送ることにより、かご内乗客の早期救出又はエレベータの早期復旧ができるシステムであるから、次のようなビルに特に推奨する。

- (1) アパートやマンションなど、昼夜を問わずエレベータが利用されるビル。
- (2) 管理人が不在がちなビル。
- (3) 子供や老人など、エレベータ操作に不慣れな人が多く利用するビル。
- (4) 病院、老人ホーム、福祉センタ、リハビリテーションセンタなど、緊急に救出を要す乗客が多いビル。
- (5) 飲食店などを含む雑居ビルで、乗客の乱暴な行為により、救出が遅くなると 2 次災害を起こしたり、あるいはエレベータを壊されたりする恐れのあるビル。

特に(4)と(5)については《MELD》との併設を推奨する。これにより万一の故障において、まず《MELD》で救出を試み、それが不可能のとき（安全上《MELD》運転ができないとき）次善の策として《METAS》で自動通報することにより、利用者の安全が一層向上するものとなる。

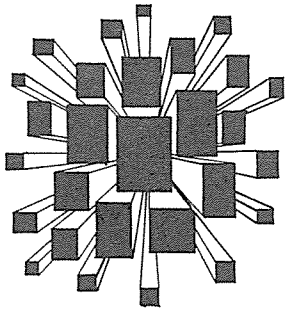
4. む す び

以上に述べたとおり、《MELD》と《METAS》は最近の社会的要求に答え、エレベータをより安全に利用していただくことができる装置であって、しかも普及しやすいものにするべく、当社の技術を結集して開発したものである。今後ますます人間性尊重が重視される世の中になるに従い、これら緊急時対策装置の必要性が増加するものと信じる。当社は今後とも社会的要求をいち早く受けとめ、より安全で便利なエレベータの開発に一層努めていく考えである。

参 考 文 献

- (1) 小沢ほか：規格形エレベータ《エレベット》の制御方式、三菱電機技報、52, No. 4, p. 322 (昭 53)

登録番号	名 称	発 明 者	登録番号	名 称	発 明 者
844141	半導体装置の電極形成方法	{ 山上 倅三・太田 昌文 小林 茂樹	847153	静止画像および音声情報再生方式	藤 尾 芳 男
844142	半直接照明用けい光灯器具	石 井 重 行	847154	PSK 信号より基準搬送波を抽出する復調方式	山 田 洪 平
844307	半導体化学処理装置	加 藤 宗 平・藤 沢 正 人	847155	ネマチック 液晶組成物	柴 山 恭 一・小 野 博
844308	真空しゃ断器	青 木 伸 一	847156	ネマチック 液晶組成物	柴 山 恭 一・小 野 博
844481	フライングスポット 装置	里 治 則・西 村 晃 一	847157	転像装置	{ 村 田 美 穂・伊 藤 修 孝 苗 村 水 戸 夫
845092	オートスライドプロジェクタのフィルム送り装置	下 村 稔	847158	直流電力制御装置	赤 松 昌 彦
845093	絶縁母線の製法	伊 藤 公 男・寺 谷 宏	847159	カーソル 機能を備えたマトリックス形表示装置	伊 藤 貴 康・井 上 驍
845094	画像パターン 変換装置	小 林 信 三	847160	ショットキーバリア・ダイオード	高 宮 三 郎
845095	チョップ 回路	民 井 精 三・西 田 俊 郎	847161	内燃機関用排 ガス 再燃焼点火電源回路	荒 金 堅 次 郎
845096	信号判別装置	{ 鳥 居 健 太・金 子 弘 美 豊 田 武 人	847162	光電 スイッチ 装置	阿 部 東 彦・稲 荷 隆 彦
845097	糸巻歪補正回路	牧 田 秀 之 助	847163	レーダ 装置	森 中 明 善
845098	自動位置補正装置	津 田 栄 一・金 野 隆 範	847164	半導体装置	西 海 宏
845099	空転滑走検出装置	小 山 滋	847165	半導体装置	阿 部 東 彦・河 津 哲
845100	半導体素子の封止方法	{ 番 条 敏 信・上 田 平 耕 次 山 本 勇	847166	半導体素子およびその製造方法	{ 植 松 滋 幸・奈 良 愛 一 郎 水 島 昌 俊・近 藤 久 雄
845101	フローティング 規制装置	田 中 憲	847167	半導体特性測定装置	{ 杉 本 維 平・清 水 孝 雄 白 土 修 一
845102	プラズマ 電子ビーム 装置の陰極部加熱方法並びに該装置の起動方法及び装置	{ 上 山 善 司・坂 元 正 安 永 政 司	847168	形状検査装置	稲 荷 隆 彦・野 田 昌 宏
845103	線状共重合体の製造方法	{ 江 藤 昌 平・中 島 博 行 西 崎 俊 一 郎	847209	可変連続 パルス 発生方式	森 茂・茂 木 充
845104	鎖状共重合体の製造方法	{ 江 藤 昌 平・中 島 博 行 西 崎 俊 一 郎	847949	MOS 集積回路	坪 内 夏 朗
845105	原子炉内計装用検出器通路選択装置	三 富 至 道	847950	伝送装置	高 田 信 治・下 迫 賀 生
845106	周波数通倍装置	杉 本 維 平・大 谷 雅 樹	847951	伝送線監視装置	下 迫 賀 生
845107	中性子検出装置	小 田 稔	847952	伝送線監視装置	下 迫 賀 生
845108	電気絶縁用塗料の製造法	飯 阪 捷 義	847953	溶接頭揺動装置	田 中 憲・森 一 平
845109	イミド 基含有グリコール 類の製造法	{ 西 崎 俊 一 郎・江 藤 昌 平 中 島 博 行	847954	レーダ・アンテナ	{ 小 椋 賢 紀・河 村 孝 青 木 淳 一・白 鳥 昭 夫
845110	半導体装置	{ 奈 良 愛 一 郎・近 藤 久 雄 水 島 昌 俊・盛 合 文	847955	エアミックス 形自動車用暖房装置	藤 井 学・本 田 嘉 之
845151	直流リニアモータの通電装置	{ 松 井 一 三・梅 森 肅 塚 本 昭 三	847956	自動車用暖房装置の温度制御装置	藤 井 学・本 田 嘉 之
847144	回転電機	高 井 一 三・山 崎 照 明	847957	発注情報処理装置	浅 野 哲 正
847145	電気機器	稲 村 彰 一	848689	超硬合金の電解加工方法	{ 前 田 祐 雄・斉 藤 長 男 荒 井 伸 治・葉 石 雄 一 郎
847146	呼出応動装置	壺 井 芳 昭	848690	消弧室	{ 井 上 武 男・村 上 忠 禎 中 崎 正
847147	放電灯用電極	竹 田 俊 幸・土 橋 理 博	848691	送電線保護継電装置	北 浦 孝 一・古 谷 昭 雄
847148	電磁クラッチ・ブレーキの自動間隙調整装置	浅 野 哲 正	848692	モーター距離継電器	三 上 一 郎
847149	地面加熱装置	尾 畑 喜 行	848693	磁気ディスク 記憶装置	{ 門 内 正 治・東 山 昇 菊 地 清 秋
847150	モータコアの計量装置	都 築 惇 伍	848694	消弧材料	{ 井 上 武 男・石 井 勇 雄 村 上 忠 禎・中 崎 正
847151	基準搬送波識別方式	岡 野 晃	848695	内燃機関点火装置	稲 岡 千 種
847152	信号発生装置	橋 本 公 佑	848696	タイムスイッチ	三 木 隆 雄 新 川 成 美・渡 辺 隆



特許と新案

特殊レーダを用いた衝突防止装置 (特許 第 793999 号)

発明者 岡本春樹

この発明は自動車など走行体の衝突を防止するための特殊レーダを用いた衝突防止装置に関するもので、送信パルス間隔を不規則に変化させ、受信機の動作パルス時間の間隔を送信パルスと一致させるようにしたものである。以下、図 1. を用いてこの発明を説明する。

図 1. において、(5)は発射エネルギーを発生する発振器、(6)は受信機、(7)及び(8)はパルス発振器、(9)は連続雑音発生装置、(10)は帯域ろ(濾)波器、(11)は波形整形回路、(12)は増幅、検波、そして直流信号への変換回路、(13)は警報あるいは制動装置である。

帯域濾波器(10)の中心周波数は $f=1/T$ なる関係をもつように選ばれ、その帯域幅を適当に選ぶと図 2. のように f なる基本波成分があらわれその振幅及び波形が不規則に変化する。

帯域濾波器(10)の出力を波形整形回路(11)で増幅し図 2. のように所定電圧 V でスライスし波形整形した後、パルス発生器(7)及び(8)に加えられる。

このようにすると図 3. に示すようにパルス(14)は周期 $T_1, T_2, \dots$ がそれぞれ $T_1=T+(\Delta t_2-\Delta t_1)$, $T_2=T+(\Delta t_3-\Delta t_2)$, $\dots$ となる。 $(\Delta t_2-\Delta t_1)$, $(\Delta t_3-\Delta t_2)$, $\dots$ は帯域濾波器(10)の帯域幅をかなり小さくすれば平均繰返し時間 T に比し、かなり小さく、かつ不規則な長さを選ぶことができる。

受信器(6)を制御するパルス(14)は発振器(5)を制御するパルス

(14)とほぼ同時に立上るようにするが、直接入力を防ぐためわずかに遅らせることもある。パルス幅は反射波が到達するまでの時間遅れを見込んで所定の値 τ_2 に選ぶ。 τ_2 が長すぎると、他から混信信号を受信する可能性が増すので、有効距離を往復する時間以上に長く選ばないようにする。

このような構成にすることにより、送信パルスは不規則な時間間隔で発射され、しかも自己の受信機はこの送信パルスとほぼ一致した間隔で一定時間動作することができるから、自己の送受信系には完全な相関があり、すべての信号を有効に検知するが他からの混信信号に対しては、たとえある一部のパルスが重なっても確率的にそのチャンスは少ないので出力の平均値は小さくなり、自己の信号と分離することが可能である。

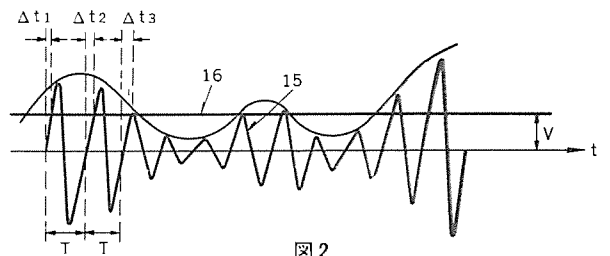


図 2

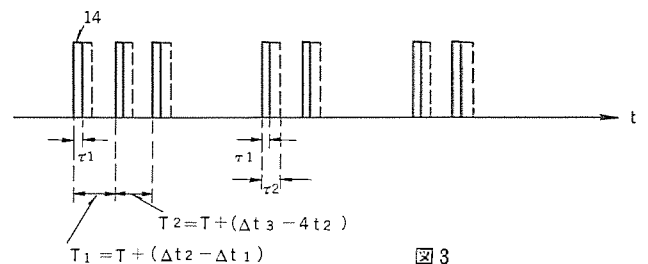
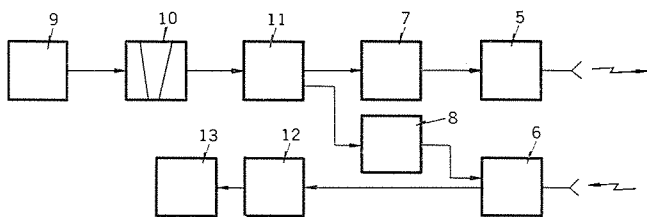


図 3

図 1



斜交布貼付装置 (特許 第 692300 号)

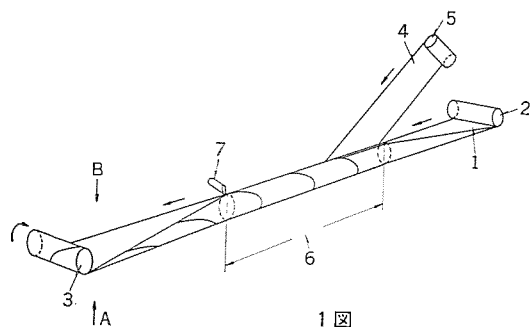
発明者 津田栄一・尾崎博規

一般に繊維の方向が異なるように 2 枚の布を互いに斜交させて張り付けると、この斜交する繊維がそれぞれの布を単独で用いる場合に繊維方向に裂けやすいという欠点を補い、いずれの方向から裂けにくい良好な特性を有する布ができる。

この発明は一方の布に他方の布を斜交させて張り付け、繊維方向の異なる布を確実に自動的にに行わせるようにしたもので、図 1. に示すように、第 1 の布供給ドラム(2)から供給された第 1 の布(1)

は案内円筒部(6)によってそのまわりに密着し、円筒状の状態で軸方向に進行する。第 2 の布供給ドラム(5)は第 2 の布(4)の供給を行うと自転するが、その回転軸は案内円筒部(6)の中心軸の方向と所定の傾斜角が与えられている。また第 2 の布供給ドラム(5)は第 1 の布(1)の進行速度に対応した所定の比率で案内円筒部(6)のまわりを公転する。

その結果、第 2 の布(4)は案内円筒部(6)を進行している第 1 の



1 図

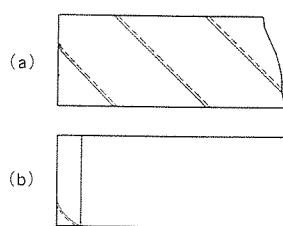


図 2

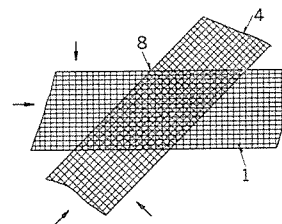


図 3

印A方向から、(b)は矢印B方向からながめた状態を示している。
また 図 3. は斜交させて貼付した斜交布の繊維の方向を示すもので第1の布(1)と第2の布(4)の接合部(8)が得られ、いずれの矢印A方向に対しても裂けにくい布ができあがる。

以上のようにこの発明によれば、筒状の状態で軸方向に進行する第1の布に対して所定の斜交関係で第2の布を巻き付けることによって、また形成した筒状多層布を軸方向に切開することによって、一連の連続した斜交布貼付を自動的に行うことができ、作業能率を向上することができるものである。

布(1)に対して所定の傾斜を保って連続的に斜交状態に巻き付けられる。なお、第1の布(1)と第2の布(4)の相対する面には接着剤が塗布されているため同時に接着が行われる。

しかして、このように第1の布(1)と第2の布(4)が接着して形成された筒状の多層布は案内円筒部(6)の終端に設けた切開具(7)によって軸方向に切開され完成された斜交布として巻取ドラム(3)に巻き取られる。図 2. において、(a)は巻取ドラム(3)の部分で矢

誘導加熱装置 (特許 第890256号)

発明者 日比野昌弘・伊藤利朗・岩本雅彦・野村幾子・岸本福太郎

この発明は、商用周波数の電流で励磁する誘導加熱装置にかかわり、特に加熱体としてのなべ(鍋)などを振動及びその振動にもとづく騒音の発生なく誘導加熱する誘導加熱装置を提供するものである。

図 1. はこの発明の誘導加熱装置であり、(1)は水などの被加熱物を加熱する鍋、(3)は4個の同形状の磁極(5)を対称形状に有する励磁鉄心である。この励磁鉄心(3)の上記磁極(5)に励磁巻線(11)～(14)を巻き回し、この励磁巻線(11)の巻き終わりと励磁巻線(13)の巻き終わり、及び励磁巻線(12)の巻き終わりと励磁巻線(14)の巻き終わりをそれぞれ接続し、励磁巻線(11)と励磁巻線(13)の巻き始めに、 $I_m \sin \omega t$ なる交流電流源を接続し、励磁巻線(12)と励磁巻線(14)の巻き始めにそれとおよそ 90° 位相の異なる $I_m \cos \omega t$ なる交流電流源を接続する。励磁巻線(11)、(13)を流れる励磁電流は図 1.、図 3. に示す(A)なる磁束を発生し、また励磁巻線(12)、(14)を流れる励磁電流は図 1.、図 4. に示す(B)なる交番磁束を発生し、それぞれ鍋(1)を加熱するとともに鍋(1)を振動させる電磁力が働く、ところがこの2つの磁束を発生する2つの上記励磁電流の位相は、およそ 90° 異なっているの上記磁束(A)(B)の間にもほぼ 90° の位相差が存在する。これら励磁電流による交番磁束によって鍋(1)に作用する交番電磁力は磁束周波数の2倍の周波数を有する故、2つの励磁機構による鍋(1)に発生する電磁力の間には、およそ 180° の位相差が存在する。また両者の磁気抵抗が同じである故、磁束(A)(B)の絶対値は等

しく、鍋(1)の受ける総合力について考えれば交番電磁力は2つの励磁機構に基づくものが互いに打ち消し合うのでほとんど零となり鍋は振動しない。

このようにこの発明によれば、商用周波数電源でもって鍋などの調理器を振動、騒音なく加熱することができ、しかも従来必要としていた周波数変換装置が不要となり、安価に製作することができるなど諸効果がある。

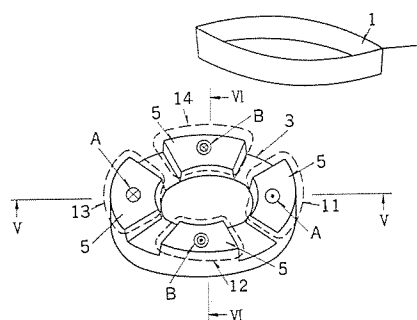


図 1

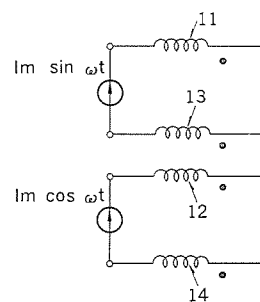


図 2

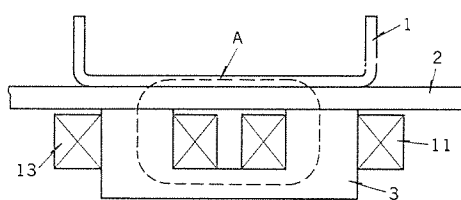


図 3

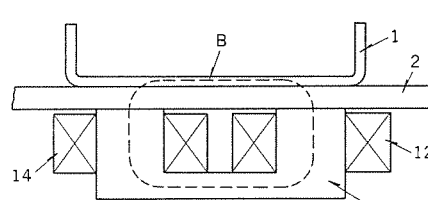


図 4

最近のホットストリップミルDDCシステム

川崎 宗男*・三浦 敬一*・稲本 惇**・小寺 嘉一***・山本 修*

1. ま え が き

最近の、エレクトロニクス技術の進歩、中でもマイクロプロセッサ、半導体メモリ等のLSIの出現は、鉄鋼業における各種生産プロセスの制御技術にも大きな影響を与えている。鉄鋼業等、産業界における制御技術に対する最近の客先ニーズは、安定成長移行期という経済情勢を反映して、省力化・省エネルギー、製品の高品質化のための制御方式の高度・複雑化を指向しており、このため制御装置ハードウェアにも従来に比べ高度の処理能力を有するものが要求されている。こういう事情を背景に、鉄鋼プロセス制御技術におけるマイクロプロセッサ利用の一形態として、プログラマブルコントローラ(P.C.)が開発されて以来、その応用、適用範囲は急速に拡大しつつある。本稿では、このP.C.の適用例として、最近のホットストリップミルDDCシステムを取り上げ、そのシステム設計上の留意点、適用の利点等を概観したい。

2. P.C.によるホットストリップミルDDCシステム

ホットストリップミルの総合制御システムは、階層制御方式に構成されており、DDCシステムはその最下位レベルに位置づけられる。図1に階層化の構成概念、及びその機能を記すが、本稿で述べるDDCシステムはこのうち、プロセス制御レベルを担当するものであり、その階層制御中での位置づけからくる特徴として、次の点を挙げることができる。

- (1) 制御プロセス及び操作員と密着した制御。
- (2) 高速応答性(数ms～数10ms)の必要性。
- (3) 制御システム構成の分散化指向。
- (4) シーケンス制御と演算制御の密接な相互併存。

このホットストリップミルにおけるプロセス制御レベルの従来形制御装置には、ワイヤードロジック形IC制御盤、リレー盤、また一部(APC、AGC等)には、DDCミニコンが各機能別専用化の形で適用されてきたことは周知であるが、最近の制御機能高度化の要求から上記ハードウェア形制御装置も複雑化の一途をたどり、設計製作、試験、保守の各面にわたって製作、使用者双方の負担となっていた。当社の《MELPLAC》シリーズを典型とするプログラマブルコントローラは、これらの諸問題を解決し、制御機能高度化の要求に応ずべく開発されたものであり、既にホットストリップミル3ラインが、納入済み若しくは現

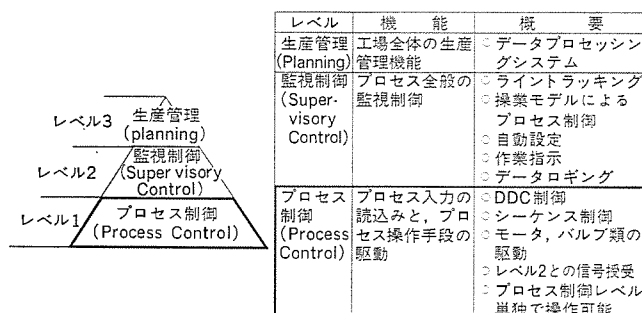


図1. 制御システムの階層化とその機能

在製作中である。

鉄鋼プロセス制御システムに、P.C.を適用する場合の一般的留意点については既に種々論じられているため、ここでは上記の制御機能の特徴に伴う問題点に関連し、下記3項目についてのみ説明を加える。

(1) 制御区分

ホットストリップミル仕上スタンド群におけるP.C.の制御分割例を図2.に示すが、図3.の従来形ハードウェアに比べ、システム構成は著しく簡単化されている。仕上ミルの各機能は、(a)各P.C.のI/O及びDutyの制約、(b)制御機能の独立性、(c)相互情報移動量、(d)事故波及性、(e)保守性、の各要因に従って分割されたものであり1分割に1CPUが割付けられる。この分割によりI/O点数、メモリ制約、Dutyとも、《MELPLAC》の適正量となっている。

(2) 演算処理能力の向上

制御機能向上の要求に応ずるためには、P.C.の演算処理能力を有効に活用する必要がある。ソフトウェア柔軟性を生かしての信号処理技術の導入、Adaptive Control方式の採用等は、DDC制御精度向上に大きく寄与することができる。

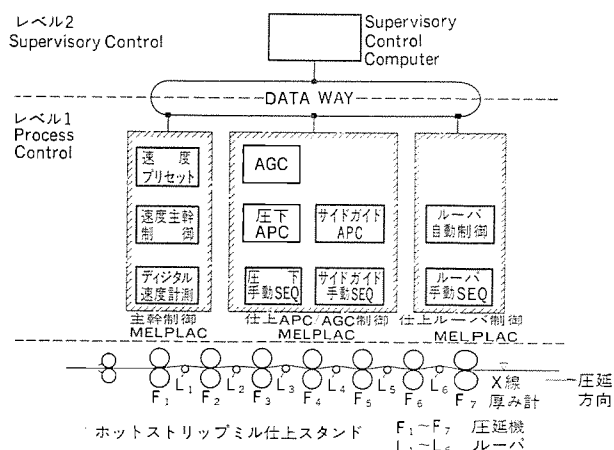


図2. プログラマブルコントローラによるDDCシステム

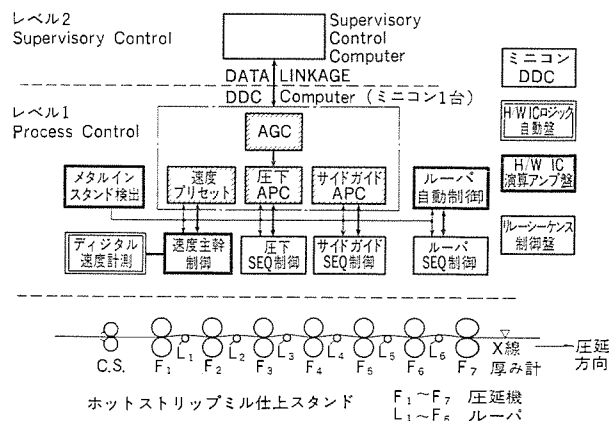


図3. 従来形ハードウェアによる制御システム構成

表 1. システム 故障時の バックアップ 方式

□ 故障システム バックアップ
(1) 複合システム/2重システムの採用による CPU 故障のバックアップ
(2) アナログ回路、非常 JOG 回路等の外部ハードウェア バックアップ
□ 健全システム バックアップ
(1) 故障システムからの事故波及最小化のためのシステム設計
(2) 他システム故障検知による、自己対応形のソフトウェア設計
(3) 信号源の独立化、2重化方式
□ プロセス I/O 故障のバックアップ
(1) 重要信号の2重化と論理判断
(2) 外部絶対インタロック回路、非常停止回路の外部ハードウェア バックアップ

(3) システム 信頼性の向上と バックアップ 機能

制御素子の LSI 化により、P. C. 固有の信頼性は従来方式に比べて向上しているが、システム 設計の立場からは、“偶発故障発生の可能性”という前提は欠かすことはできない。しかも、機能ごとの分散化制御とは言っても従来のハードウェア装置に比較して、単位 P. C. の制御範囲は拡大されており、しかもより下位の手動制御レベルまでも同一 P. C. により制御されるため、その信頼性確保には十分な配慮を払う必要がある。この観点から《MELPLAC》によるホットストリップミル DDC システムでは、表 1. の考え方によるバックアップ方式を採用している。

3. 最近のホットストリップミル DDC システム

ホットストリップミルの全 DDC システムには、10~15 台の《MELPLAC》が使用されているが、本稿では仕上連続スタンドの DDC 制御に絞って説明を加え、その特徴を紹介する。

3.1 仕上スタンド DDC 主幹制御

仕上連続スタンドの速度指令値を演算する主幹速度制御系は、従来 IC アナログ 演算 アンプを主体としたハードウェアで構成されていたが、プログラマブルコントローラの適用により、全演算がソフトウェアによるデジタル演算となり、アナログアンプの演算誤差の問題は一掃された。

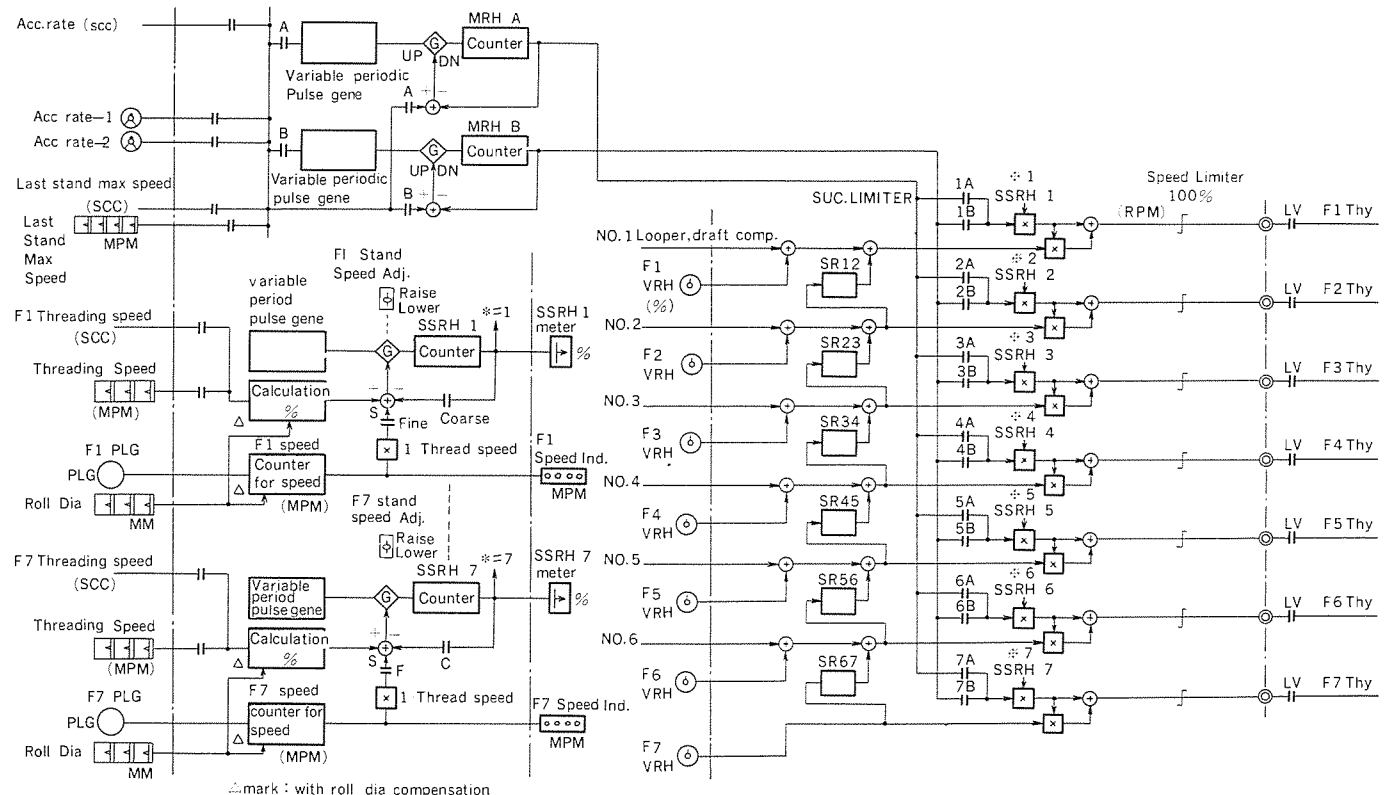


図 4. 仕上スタンド 主幹速度制御系 ブロック 図

(1) DDC 主幹制御機能

主幹制御の主な機能は、通板速度設定、最高速度設定、スピードコーン設定、同期スタンド 切換え、バーニヤ 制御、サクセシブ 制御、デジタル 速度計測、スピンドルポジション、上位計算機 データリンク 等であり、デジタル 速度計測は、ミルメインモータに取付けられた高速 PLG を《MELPLAC》50 のカウンタユニットに直接入力することにより、サンプリング周期約 100 ms のもとで、0.1 rpm 単位に計測することができる。P. C. のソフトウェアの柔軟性を生かした改善例としては、(a)適応制御方式のサクセシブ 制御、(b)スピードコーンチェックによるピボットスタンド 自動変更方式、(c)エンドレスバーニヤ 制御、(d)MRH, SSRH の設定範囲の制約の解消等があり、従来残されていた問題点はほとんどが解消され、高精度・高性能の主幹速度制御系が構成された。(図 4. ブロック 図参照)

(2) DDC 主幹制御の サンプリング 周期

主幹速度制御系の サンプリング 周期は、次の要因を考慮して十分短い周期となるよう選定している。

- (a) 加速時の ミルモータ 速度制御系追従誤差及び加速電流振れの問題
- (b) AGC 側からの圧下補償 (Dynamic Massflow Control : DMC) への応答速度
- (c) ルーパ 張力制御、高さ制御系の応答速度

このうち、(a)のミルモータ速度制御系への影響についてのシミュレーションの結果を図 6. に示すが、サンプル周期は、 $T_s=50$ ms 以下とすることが望ましい。また、ホットストリップミル等連続ミルの一斉加減速のためには、速度指令出力 (A/O 出力) の同時性も重要であり、各サンプリングごとの各スタンドへの指令値出力タイミングのずれは数 ms 以下に抑える必要がある。(b)、(c)についても別途、外乱周期、及び制御ループの応答周波数の検討から T_s は 60 ms 程度以下とする必要がある。これらの条件から、主幹 DDC 制御のサンプリング周期は、30 ms~50 ms 程度に選定している。

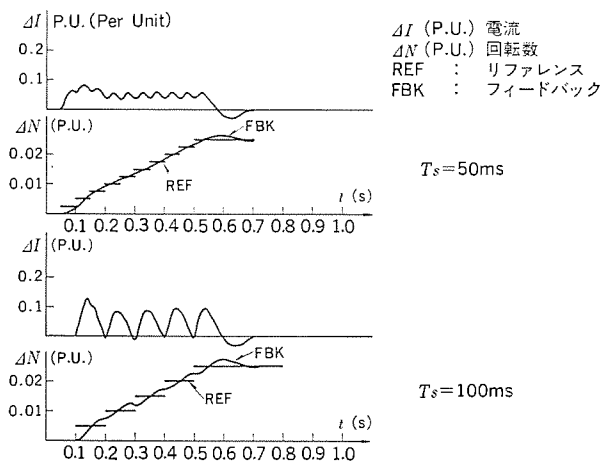


図 5. DDC 主幹加速時の仕上スタンド ASR 応答特性
(サンプル周期 50 or 100 ms, ASR $\omega_c = 30$ rad/s)

(3) DDC 主幹制御のバックアップ機能

DDC 主幹制御の故障は、圧延操業の停止に直結しているため最も厳しい信頼性を要求される。したがって、今回某社向けに製作したシステムでは、ロール組替制御 CPU による主幹制御のバックアップシステムを採用した(図 6.)。同図において、主幹制御用、ロール組替用の各《MELPLAC》CPU は、通常、おののお主幹及び組替えの制御を分担しているが、主幹側システムダウン時は、データエー経由、上位計算機より組替え《MELPLAC》に主幹制御プログラムをロードし、主幹制御を代行させることにより操業ダウンタイムの低減を計っている。今回のシステムでは、CPU 切換えは保守員の確認を経てのオフライン操作としており、DDC 主幹制御ダウン瞬時の保護回路としては、サイリスタ制御回路入力部にアナログホールド回路を設けている。この回路により、P.C.ダウン直前の速度基準値が記憶され、圧延中の材料についてはそのまま圧延が継続可能となるよう、配慮されている。

3.2 仕上スタンド D

DC. AGC (Automatic Gauge Control)

(1) 最近の DDC. AGC 制御

最近の省エネルギー方針による、スラブ加熱温度の低下、及びスキッドマークの拡大の傾向は、AGC 制御効果に対する要求を一段と厳しいものになっている。この要求精度を満足するために、DDC. AGC 制御にも種々の改善が施されており、これら最近の DDC. AGC の機能を以下に述べる。

(図 7. AGC ブロック図参照)

(a) ロールフォース AGC

(b) 新 FF, AGC

- (c) RF./FF. AGC
- (d) X 線 AGC
- (e) X 線モニタ AGC
- (f) 張力 AGC
- (g) 絶対値 AGC
- (h) 加速補償
- (i) 新圧下補償 (DMC)
- (j) 尾端補償

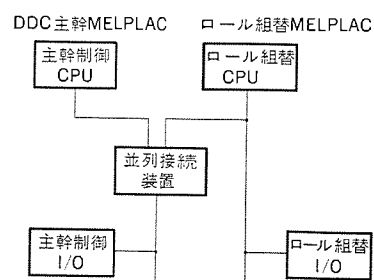


図 6. DDC 主幹《MELPLAC》のバックアップ

上記中、(b)新 フィードフォワード AGC, (i)DMC (圧下

率補償)は、スキッドマーク対策として特に有効であり、(3), (4)にその概要を記す。最近の DDC. AGC の特徴の 1 つは、2 種以上の AGC モードを併用する方式であり、例えば(c)の RF./FF. AGC では、ロールフォース AGC と、FF. AGC とを最適比率で同時作動させており、F2 から最終スタンドまで同時にこのモードで制御が可能である。この方式により、制御誤差が少なく、かく高速応答性の優れた AGC が実現される。DDC. AGC の他の特徴は、その柔軟性であり、例えば上位計算機より、ミル特性、圧延材料特性の諸データ入手し、制御精度を高めている。

(2) DDC. AGC 制御のサンプリング周期

DDC. RF. AGC による板厚偏差減衰効果と、サンプル周期の関係を図 8. に記す。この AGC 周波数特性に対し、主たる外乱であるスキッドマークの基本周波数は、加熱炉スキッド間隔、圧延ライン速度等によっても異なるが、その典型的な値は、1~2 rad/s 程度である。ただし、ホットなどの多スタンドミルでは、前段での制御が、新たな外乱周波数成分を生み出すため、AGC 帯域幅としては 4~5 rad/s 程度が必要となる。この必要 AGC 帯域幅を考慮して、電動 AGC のサンプル周期は 50 ms 程度に選定されている。

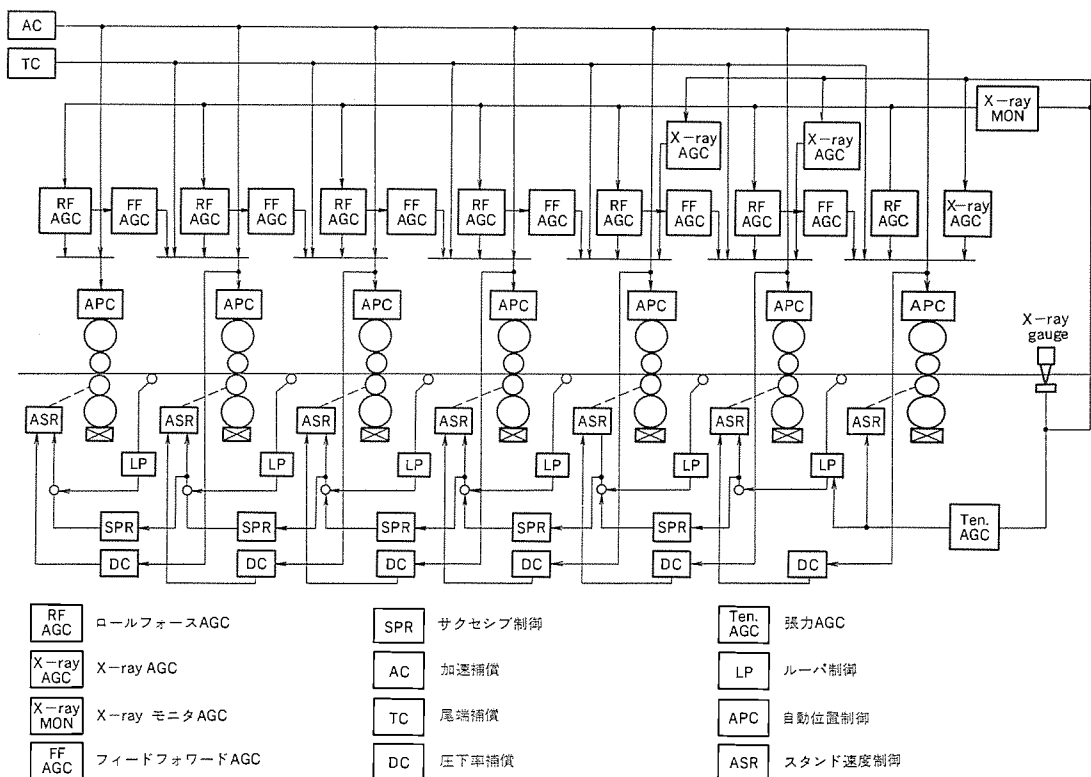


図 7. ホットストリップミル AGC 構成図

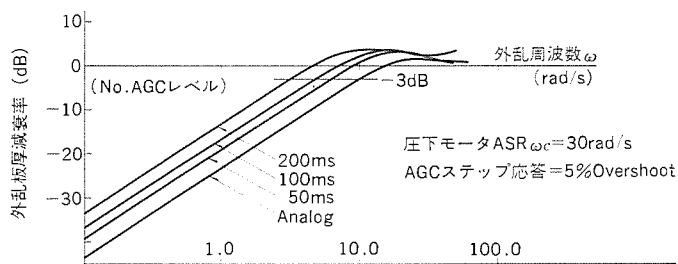


図 8. サンプル周期と AGC 帯域 (電動)

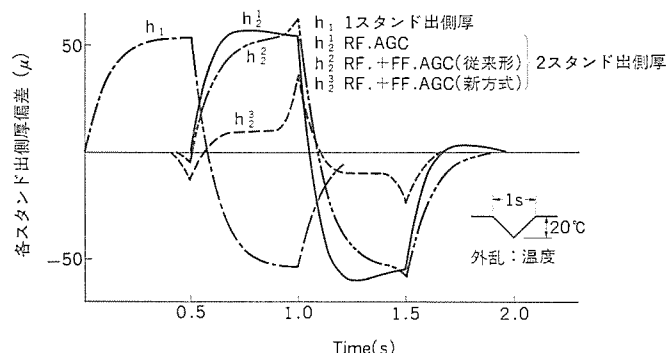


図 9. 板厚、温度移送方式 FF. AGC の効果

(3) 新 FF. AGC (特許申請中)

従来の FF. AGC は、上流スタンド(マス)での板厚偏差量(Δh)を下流スタンド(スレーブ)へと、フィードフォワードする方式であるため、スキッドマーク等の温度外乱による出側ゲージ変動への制御効果が十分ではなかった。したがって、後段圧延機のすべての外乱に有効な FF. AGC として、前段で、板厚外乱及び板温度変動外乱の両変数を分離、計測し、後段スタンドへフィードフォワードする方式を開発した。この方式によれば前段側 AGC を継続しつつ、後段への FF. AGC を強力に動作させることができ、温度外乱による後段スタンド出側ゲージ変動の再発生を除外することができる。図 9. に、従来の FF. AGC との制御効果の比較を記す。

(4) 新圧下補償方式(DMC) (特許申請中)

各スタンドにおいて、圧下位置変動、若しくは入側板厚、出側板厚変動があれば、当該スタンドにおける速度先進率、及び後進率が変化し、スタンド間マスバランスに影響を与える。このスタンド間マスバランスを一定に制御するのが、新圧下補償(Dynamic Massflow Control: DMC)であり、従来の圧下位置変動のみを考慮した圧下補償方式に比べ、優れた方式である。

この DMC 制御は、圧下位置変動だけでなく、すべての圧延条件の変化を、先進率・後進率の変動としてとらえているため、スキッドマーク等の外乱によるループ角度変動等に対しても効果を発揮する。この DMC 制御の効果を図 10. のループ角度変動のチャートで記す。実機テストの結果では 0.5 mm を越える圧下手動介入に対してもループ角度は十分安定化される。

(5) DDC. AGC の効果

上記の改善により、DDC. AGC の効果は一段と改善された。図 11. に AGC 制御チャート例を記すが、圧下系が M-G レオナード方式にもかかわらず、出側ゲージ変動は材料全長にわたり、 $\pm 50 \mu$ の範囲に収められている。圧下系がサイリスタレオナード方式、あるいは油圧圧下であれば制御効果は一段と向上する。

3.3 仕上スタンド DDC ループ制御

(1) ループ制御の問題点と DDC ループの特徴

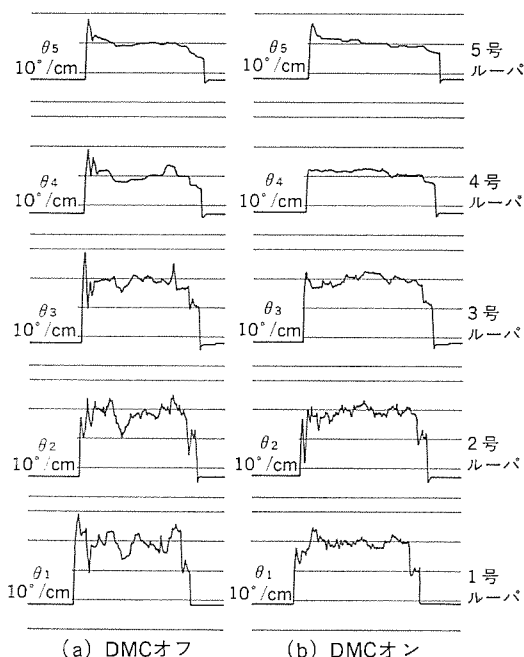


図 10. AGC 制御中の DMC の効果 (ループ角度変動) (同一ロット、連続機)

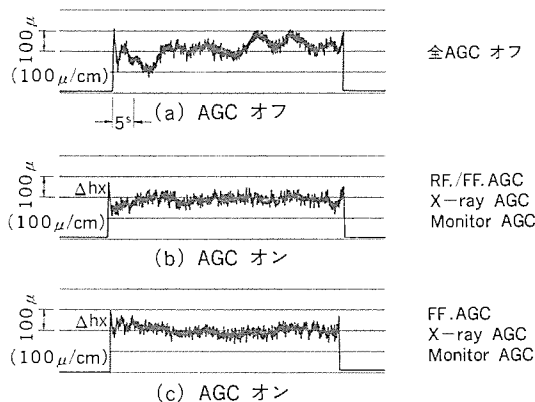


図 11. AGC 制御の効果 (X 線厚み計による製品板厚偏差) (同一ロット、連続機) (圧下系: M-G レオナード)

ループ制御は、(a)ループ張力制御系及び、(b)ループ位置(高さ)制御系という、2種のサブシステムにより構成される。圧延機の高加速、高加速、スキッドマーク増大(省エネ)等の、操業条件の困難化に対応し、材料寸法精度向上を実現するには、ループ制御系は十分な制御精度、応答特性を具備する必要がある。

実機テストをふまえての解析の結果、従来のループ制御系の問題点は、下記のように要約されている。

(a)ループメカニズムモデルと実機との差異、(b)ループ初期立上がり時の過大振動の発生、(c)張力制御系における周期外乱抑制の問題、(d)位置制御系における機械共振値の存在とその変動、(e)AGC 圧下補償の不備による張力外乱の発生。

従来のハードウェア形制御装置では実現困難であった機能も、DDC ループでは容易に装備可能であり、高精度の制御演算が実行できる。

(2) DDC ループ張力制御

ループ駆動系は、材料張力トルクに加えて、材料重量、ループ自重、及び材料ベンディング力(厚物)を補正するトルクを発生する必要がある。DDC 張力制御系は、上位計算機からの材料諸元に基づき、ループ角度に応じた必要トルクを、モデル式に応じて忠実に演算することができ、張力制御精度の向上に寄与している。

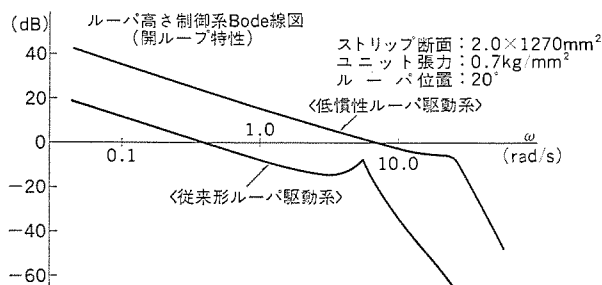


図 12. 低慣性ルーパの採用によるルーパ制御応答の改善

ルーパ立上がり時の過大振動の発生は、先端ゲージ精度に悪影響を及ぼすが、この問題もメタルイン時のソフトタッチ制御によりルーパ、ストリップの衝突現象を防止し、過大張力の発生を除去することにより解決され、先端オフゲージの減少に成功している。

上述の張力制御方式は、定常状態の張力バランスを制御するものであり、周期性外乱等による過渡的張力誤差の発生は、現状ではこの張力制御系ではなく、次項のルーパ高き制御系により吸収されている。しかし、ルーパ高き制御系の帯域幅は、従来形ルーパでは後述のように、最大 $2 \sim 3 \text{ rad/s}$ 程度であるため、これより高周波の張力変動に対しては、その十分な抑制効果は期待できない（低慣性ルーパでは、この値が数倍改善される）。張力制御系への周期性外乱としては、スキッドマーク、AGC 圧下補償誤差、BUR 偏心等があり、このうち後二者は、その周波数が高き制御系帯域幅を越える場合があるため注意を要する。今回の DDC システムでは、3.2 節(4)、DMC により、スキッド、AGC による外乱発生量自体を極力抑制しており、実機においてもその効果が確認されている。この周期外乱を制御するための更なる対策としては、(a)低慣性ルーパの採用、(b)張力検出～張力制御ルーパの付加等があり、このうち(b)についてはその張力検出方式について、現在 $2 \sim 3$ の検討が進められている。

(3) DDC ルーパ高き制御系

ルーパ高き制御系は、ルーパ角度偏差を検出し、圧延速度を修正するフィードバック制御系であり、スタンド間マスバランスを維持し、スタンド間張力を一定に保持する役割を果たす。前述のように、ルーパ制御系には機械共振が含まれており、しかもその共振値は、圧延スケジュールにより大幅に変動するため、制御ゲインが上げられない、若しくは、系の応答特性が一定しないなどの問題があった。今回の DDC ルーパでは、この問題を解決するため、材料走行軌跡の影響等も考慮した新たなルーパモデルに基づいたゲイン補正方式を採用し、上位計算機からの圧延諸元に従って、自動的に最適ゲインを選定することにより、従来に比べ $150 \sim 200 \%$ の制御応答の改善を実現することができた。

ルーパ高き制御系の応答特性は、機械系によっても異なるが、従来形ルーパに上記の最適チューニングを行った場合で、約 $2 \sim 3 \text{ rad/s}$ 程度である。一方 AGC 帯域幅は電動でも、その倍程度もあり、したがって AGC に基づく外乱を高き制御系により、十分に吸収することは困難といえる。この意味でも、前述の圧下率補償 (DMC) の役割は重要である。

(4) 低慣性ルーパの効果

ルーパ制御系において、ルーパ駆動系の張力作用点からみた慣性値は、ルーパ制御系の応答特性に重大な影響を及ぼし、その極小化を図ること（低慣性ルーパ）により、下記の改善が得られる。

(a) ルーパ高き制御系の応答特性の改善

(b) 外乱による張力変動率の低減

低慣性ルーパの採用により、機械共振周波数が上昇するため、ルーパ高き制御系の応答速度も、数倍程度改善することができる訳であり（図 12. 参照）、同時に、外乱による張力変動率も、このルーパ系慣性値の減少にほぼ比例して小さくできる。当社では、HSM 総合シミュレータ《COSMIC》による計算の結果、油圧圧下方式のミルにおいても、この低慣性ルーパの採用により、十分安定した張力制御系を構成し得ることを確認している。

(5) ルーパ制御系 DDC 化の効果

ルーパ制御系の DDC 化により、張力制御の高精度化、高き制御系の速応化が実現でき、従来、ルーパ適用が不安定であった圧延スケジュール（特に薄手特殊材）に対しても、その使用範囲は拡大された。ルーパ制御の安定化とともに、AGC チューニング率等も向上し、成品精度向上に寄与している。この DDC ルーパ制御応答例を図 11. に記す。

4. プログラマブルコントローラによる DDC システム導入の効果

プログラマブルコントローラによる DDC システム導入の効果は、極めて多岐にわたる。まず第 1 は、演算精度、制御応答特性の向上にみられる制御性能の改善であり、成品品質向上のための重要なファクタである。第 2 は、システム信頼性の向上であり、これは、P. C. 本体の信頼性上昇、ハードウェア部品数減少、及び信頼性確保のためのシステム設計により実現されたものである。第 3 は保守の容易さであり、多種異機能のシステムを同一ハードウェアの保守によりメンテナンスすることができるとは、客先にとって重要なメリットとなろう。最後に見逃すことのできない長所は、P. C. のソフトウェアの容易さ、柔軟性に基づく現地調整時間の短縮である。某社納め、DDC 化工事においては、仕上主幹制御、AGC、ルーパの、各制御系をすべて DDC 化したのが、5 日間、7 日間の 2 回のライン停止期間に、各種駆動系の改造を含め全機能の Start-Up に成功しており、従来のハードウェア形制御系に比べ、立上がり調整期間は大幅に短縮されている。

5. む す び

プログラマブルコントローラの出現により、鉄鋼圧延プロセスの DDC システムは、制御装置、制御構成、制御機能の多面にわたり、従来以上の変革を遂げつつある。今回は、ホットストリップミルのプログラマブルコントローラによる DDC システムをとり上げ、その適用の利点、適用上の留意点を明らかにした。今後、高度化する顧客のニーズにこたえるべく、より優れたシステムの開発、構成をめざして努力を続ける所存である。

最後に、上記システムの製作納入にあたって、貴重なご指導、助言を賜った顧客の皆様はじめ、関係者各位に深く感謝するものである。

参 考 文 献

- (1) 浜崎ほか：ホットストリップミル 総合シミュレーション、28 回塑性加工連講論、p. 61～63 (昭 52)
- (2) 辻ほか：ホットストリップミル 制御システム、三菱電機技報、51, No. 8 (昭 52)
- (3) 渡辺ほか：鉄鋼分野における工業用計算機システム、三菱電機技報、52, No. 9 (昭 53)

分散処理指向のコンピュータネットワークアーキテクチャMNAとその応用

松 永 宏*・水 野 忠 則*・井 手 口 哲 夫*・梶 原 誠*・太 田 元**

1. ま え が き

データ通信の普及に伴い、複雑かつ高度化したユーザ要求に対処する手段としてネットワークアーキテクチャが要望されている。

MNA(Multi-shared Network Architecture)は、分散処理を指向した当社のネットワークアーキテクチャであり、従来システムの問題点の解消、今後のシステム拡張要求、通信技術に関する国内外の標準化動向、新データ網サービス計画などをふまえた、体系化したシステム設計思想である。

この開発に関しては、統一的なシステム概念に基づく機能の分散とモジュラリティの向上、機能の階層化とそれに伴うプロトコルの標準化及び既存システムや装置との整合上の考慮が重要な課題となる。

この論文では、MNAの基本設計方針、基本概念、階層構成、プロトコル及びユーザ・ファシリティとそのサービスについて述べる。また、MNAによるネットワーク実現例として、MNAパイロットシステム(試作システム)及び研究所向けシステムについて報告する。

2. MNAの基本設計方針

MNAは、当社の複数のコンピュータ及び端末を1つの概念でとらえ、互いにマルチシェアを目的としたネットワークのための基本的な設計思想であり、次の項目を基本設計方針としている。

(1) 分散制御/分散処理

ネットワークを幾つかの単位に分け、処理及び制御を分散し、高信頼度のネットワークを実現する。

(2) 小規模ネットワークの構築

大中形計算機によるネットワークだけでなく、ミニコン/オフィスコンによるネットワークに対しても最適構成を可能とする。また、ループ伝送システム等を用いた構内ネットワークシステムにも適用可能とする。

(3) 国際標準プロトコルの採用

ISO, CCITTで決められた国際標準プロトコルを採用する。

(4) 階層化構造及び機能のブラックボックス化

ネットワーク機能を階層化し、上位の層から下位の層の機能をブラックボックス化する。また、ネットワーク構成の自由度を高める。

3. MNAの基本概念

2章で述べた基本設計方針に従ったMNAのシステム構築思想は、図1.のような基本概念図で示される。

この章では、MNAのネットワークシステム構築上での2つの主要な概念である領域とアドレッシングについて述べる。

(1) 領域

MNAによるネットワークは、図2.に示すように領域の集合体として定義される。領域とは、分散処理を遂行するネットワークの基本単位であり、その内部では任意の個有な処理が可能である。この領域は、自身を形成する物理要素によって、次の4種にカテゴライズされる。

形I ($N_1^1 N_2^1 N_3^1$) 例 大形計算機

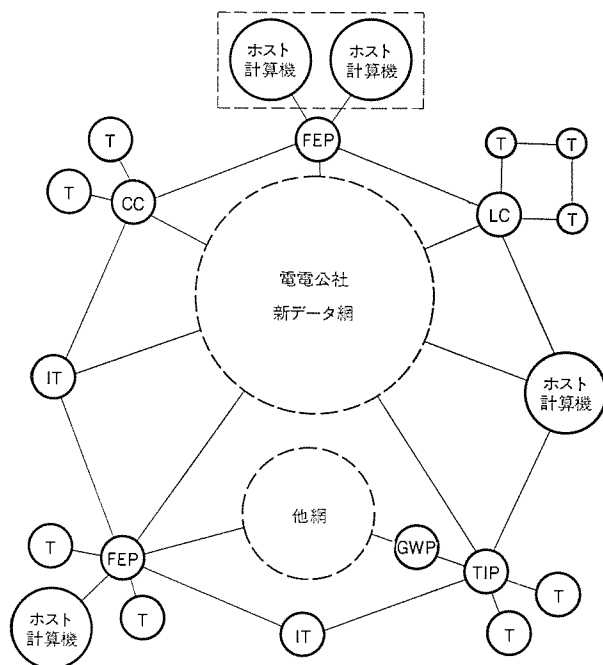
形II ($N_1^1 N_2^1 N_3^1$) 例 ミニコン

形III ($N_1^1 N_2^1 N_3^1$) 例 遠隔処理装置

形IV ($N_1^1 N_2^1 N_3^1$) 例 インテリ 端末

ここで、 $N_1 \sim N_5$ の物理要素例としては、次のものがある。

N_1 : ホスト 計算機



GWP: ゲートウエー プロセッサ

FEP: 前置処理装置

TIP: 端末インタフェース処理装置

CC: 複合端末装置

IT: インテリジェント端末

LC: ループ制御装置

T: 端末

図 1. MNA 基本概念図

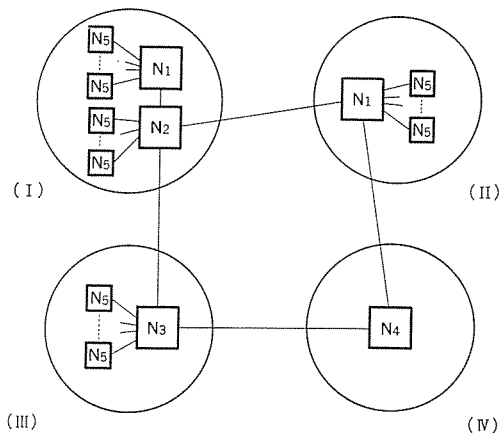


図 2. MNA の領域とその形

N₂: 前置処理装置, インタフェース メッセージ 処理装置

N₃: 遠隔処理装置, 端末 インタフェース 処理装置

N₄: インテリジェント 端末, 複合端末装置

N₅: 端末, デバイス

また, 物理要素をカテゴライズすると, 次の2つのノードからなり, 端末/デバイスはそれらノードの管理下で動作する。

ホスト・ノード ネットワーク制御は行わず N₂を介して他領域と結ばれる (形IのN₁)

ネットワーク・ノード ネットワーク制御を行うノードで, 他領域とはこのノードで結ばれる。(形IのN₂, 形IIIのN₃, 形IVのN₄)

(2) ネットワークのアドレッシング

ネットワークの要素(プログラム, デバイス等)は, 領域アドレス, ノードアドレス, プロセスタイプ及びデバイス番号の4レベルでアドレッシングされる。この中でプロセスタイプは, ユーザ・タスク名又はタスク種類(TSS等)を示し, デバイス番号は実際に入出力するデバイス名を示す。

4. 階層構成とプロトコル

MNAでは, 階層構造を用いることによりユーザに対するネットワーク機能のブラックボックス化を実現している。このため, ユーザはネットワーク形態を意識することなく, プロセス間通信, リモート端末へのアクセス等を行うことが可能となっている。

すなわち, MNAの各領域は, 図3.に示すように4レベルの階層構造から構成される機能体であり, 各機能体間ごとにプロトコルが設定される。図4.には各層が遂行する論理機能とインタフェース概念を示している。

<AL: アプリケーション層>

ALは階層構造の最上位に位置し, ユーザ個々の処理を行う。ここで行われる処理は, ユーザ・プログラム独自の処理, 端末オペレータによる処理であり, その間のプロトコルはユーザ自身が決める。

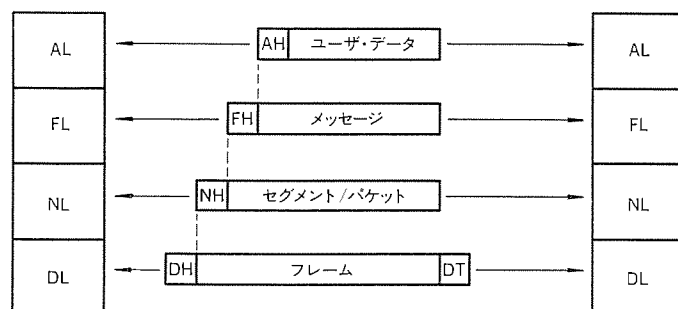
<FL: 機能制御層>

FLは, TSS, RJE, ファイル転送, 端末制御等の機能をユーザに提供し, かつ, それらリソースの管理を行う。この層間のプロトコルは, 各機能ごとに設定される。

例 TSSプロトコル: ページサイズ, 印字幅, タブ制御, 最終キャラクタ指定等

ファイル転送/アクセスプロトコル:

ファイルの制御(オープン等), レコードの送信/受信, デバイス制御等



AH: アプリケーション ヘッダ DH: データリンク制御ヘッダ
FH: 機能制御ヘッダ DT: データリンク制御トレーラ
NH: ネットワーク制御ヘッダ

図 3. 階層構造と情報単位

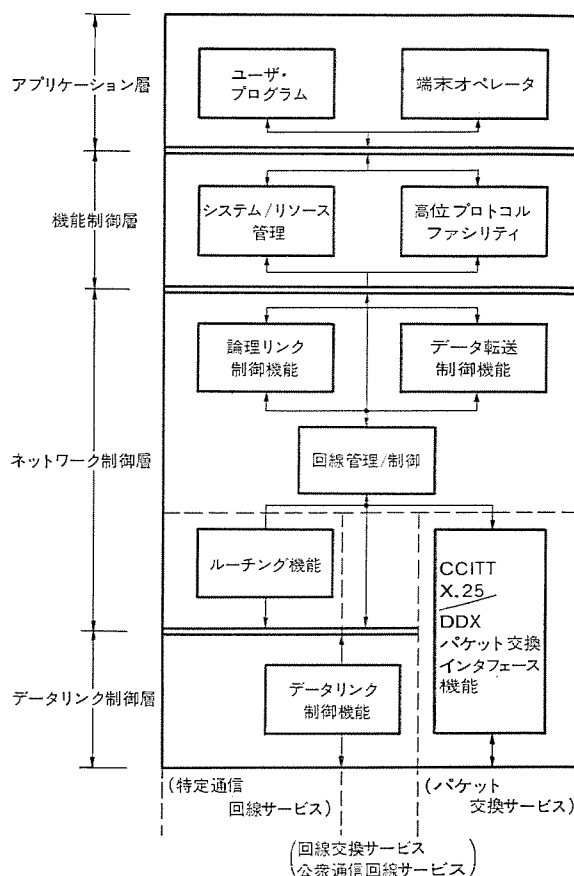


図 4. 論理機能とインタフェース

<NL: ネットワーク制御層>

NLは, AL及びFLが情報交換を行うために必要なネットワーク制御機能をNAP(Network Access Protocol)によって遂行する。この層では, プロセス間の論理リンク制御(結合, 切断), データ転送制御, 経路制御及びネットワークの物理的形態(パケット交換, 回線交換等)とのインタフェース機能を提供する。

<DL: データリンク制御層>

データリンク制御層は隣接領域(ノード)間のデータ転送制御及びそれに伴う機能を提供する。この層のプロトコルは, CCITT勧告X.25レベル2(LAP B)を基本とするが, システムに応じて各種のプロトコルが用いられる。例えばループ伝送においては, フレーム構成はISO 3309に準拠するが, コマンド/レスポンスに関してはGo Ahead方式による特有の形式のものを採用している。

5. ユーザ・ファシリティとそのサービス

ユーザ・プログラム及び端末オペレータは, MNAの提供するサービス機能を有効に利用することによって, コンピュータネットワークにおける高度なアプリケーションシステムを構築することができる。

5.1 基本サービス機能

ユーザは次に述べる基本サービスを利用できる。

(1) ネットワーク管理サービス

ノードのスタートアップ/シャットダウン, 状態表示, ネットワーク内のノードに接続されているデバイスの状態表示, ノードに接続されているデバイスの活性化/非活性化, ノードに関する各種の統計情報の表示, 診断機能などを提供する。

このサービスは、各ノード単位による分散管理の思想のもとに提供されており、ユーザはこのサービスを利用して、より高度なユーザ特有なネットワーク管理方式を作成することも可能である。

(2) ネットワークプロセッシングサービス

ファイルの転送、ファイルの削除、プログラムファイルの転送と実行、ジョブステータスの問合せ、ジョブのキャンセル等の機能を提供する。

このサービスが対象とするファイルデバイスは、ディスクファイルをはじめとする各種のデバイス（カードリーダー等）を含んでいる。

(3) 端末間通信サービス

ネットワーク内の端末オペレータ間の会話機能を提供する。このサービスは

他のサービスよりも優先度が高く緊急なメッセージの交信に利用することができる。

(4) TSS サービス

《MELCOM-COSMO》シリーズのTSSサービスをネットワーク内の任意の端末は受けることができ、豊富なTSSサービス機能を利用することにより、ユーザは高度でかつ容易な処理が可能となる。

(5) プログラム間通信サービス

ネットワーク内の2つのユーザ・プログラムは、FORTRAN言語によるサブルーチン呼出し形式によってメッセージの交信が可能であり、この通信は、2つのユーザ・プログラム間に論理パスを設定し、他の通信との独立性及びデータのトランスパレンシを保障している。

(6) ファイルアクセスサービス

ネットワーク内に存在するファイルをリモートからアクセスする機能を提供する。このサービスは、プログラム間通信サービスと同様にFORTRAN言語で記述することができる。

アクセス機能として、ファイルのオープン/クローズ、レコードの書き込み/読出し、レコードの更新、ファイルの削除などがある。

5.2 ユーザ・インタフェース

前節で述べた各サービスのユーザ・インタフェースとして、MNAでは端末オペレータインタフェースとプログラムインタフェースの2つのインタフェースが提供される。

表 1. ネットワーク管理サービスコマンド

コマンド名	概 略 機 能
PTD	バス制御テーブルの表示
PTM	バス制御テーブルの変更
LOG	統計情報の出力要求
DSD	デバイス管理情報の表示
SSD	各ノードの状態表示
ACT	デバイスの活性化
DEA	デバイスの非活性化
NSU	ノードの立上げ
NSD	ノードの論理的閉鎖
BYP	ノードのループ切離し
LIT	リンクレベルのテスト
OFF	ネットワーク管理サービスの終了

表 2. ネットワークプロセッシングサービスコマンド

コマンド名	概 略 機 能
USER	アクセス・ユーザの情報通知
SEND	ファイル送信
RECEIVE	ファイル受信
LIST	ファイルのディレクトリ情報の表示
EXEC	プログラムファイルの転送と実行
BATCH	プログラムファイルの実行
JOB	ジョブの状態の問合せ
CANCEL	ジョブの実行キャンセル
ABORT	ファイル転送のアボート
DELETE	ファイルの削除
MESSAGE	メッセージの送信
OFF	ネットワークプロセッシングサービスの終了

表 3. 端末間通信サービスコマンド

コマンド名	概 略 機 能
MESSAGE	メッセージの送信

表 4. プログラム間通信サービスのサブルーチン

サブルーチン名	概 略 機 能
NTINIT	FORTRAN サブルーチンに対するワークエリアの確保
NTCON[W]	論理リンクの確立
NTCGT[W]	論理リンク情報の受理
NTCRJ	論理リンク要求の拒否
NTSND[W]	論理リンク上でのメッセージの送信
NTRCV[W]	論理リンク上でのメッセージの受信
NTSNI[W]	論理リンク上での割込みメッセージの送信
NTDIS[W]	論理リンクの切断
NTWAIT	コーリングタスクのサスペンド

表 5. ファイルアクセスサービスのサブルーチン

サブルーチン名	概 略 機 能
NFOPRW	レコード読出しのファイルオープン
NFOPAW	レコード追加のファイルオープン
NFOPWW	レコード書き込みのファイルオープン
NFOPUW	レコード更新のファイルオープン
NFGETW	ファイルのレコード読出し
NFPUTW	ファイルのレコード書き込み
NFCLSW	ファイルのクローズ
NFSNDW	ファイルの送信
NFRCVW	ファイルの受信
NFDELW	ファイルの削除

端末オペレータインタフェースとして次のサービスが対応する。

- ・ネットワーク管理サービス
- ・ネットワークプロセッシングサービス
- ・端末間通信サービス
- ・TSSサービス

上記のサービスは、1つの端末から自由にサービスのモードを選択することができる。

各サービスが提供するオペレータコマンド形式をそれぞれ表1., 表2., 表3. に示す。なお、TSSサービスでのコマンドは既存の《MELCOM-COSMO》シリーズ UTS/VS の TSS コマンドがすべて利用できるようなっている。

プログラムインタフェースとして次のサービスが対応する。

- ・プログラム間通信サービス
- ・ファイルアクセスサービス

この2つのサービスとも、ユーザ・プログラムは FORTRAN 言語で記述することができ、その呼出し形式を表4., 表5. に示す。

6. MNAパイロットシステム

MNAパイロットシステムは、MNAの基本プロトコルの検証を目的とした実験システムであり、図5. 及び図6. に示す3台の《MELCOM》70をトライアングル状に結合したネットワークシステムである。

6.1 検証プロトコル

このシステムの目的とした検証プロトコルは下記のものである。

- ・LAP (Link Access Protocol) : データリンク制御層
- ・NAP (Network Access Protocol) : ネットワーク制御層
- ・FAP (File Access Protocol) : 機能制御層

6.2 ソフトウェア構成

《MELCOM》70のRTMとRDOSの2つのモータに対して前記の3つのプロトコルをインプリメントした。この場合の主なソフトウェア構成を図7. に示し、各モジュールの機能を述べる。

(1) LAP-B ハンドラ

データリンク制御層に位置づけられるプログラムであり、CCITT 勧告 X.25 レベル2に準拠している。

(2) NPP (Network Procedure Program)

ネットワーク制御層に位置づけられるプログラムであり、NAPの実行プログラムである。

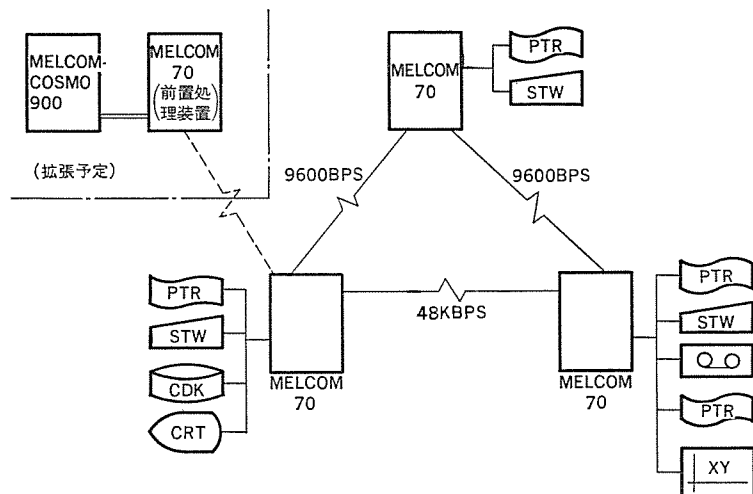


図5. パイロットシステム構成

(3) NPC (Network Path Program)

ネットワークを介して転送されるメッセージ/セグメントの経路制御を実行するプログラムである。

(4) NIP (Network Interface Program)

NPPへのユーザ・インタフェースを提供するプログラムであり、プログラム間通信サービスのアクセスメソッドとして機能する。

(5) FAP (File Access Program)

機能制御層に位置づけられるプログラムであり、FAPの実行プログラムとしてファイル転送、ファイルアクセス機能を提供する。

(6) FCP (File Control Program)

ローカルデバイスのアクセスメソッドとして機能し、デバイスのマルチ制御機能をサポートしている。

(7) その他

ノードオペレータによるシステム実行制御及び管理のためのマンマシン通信

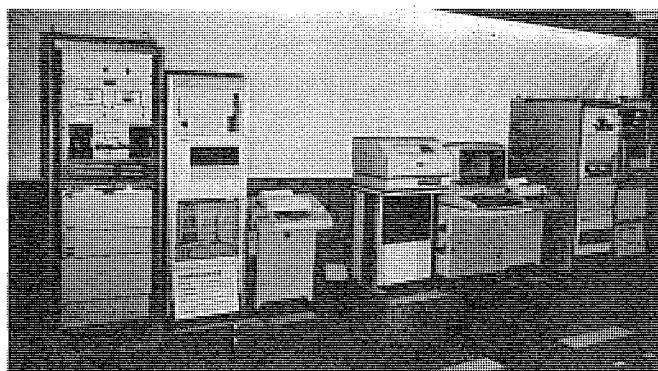
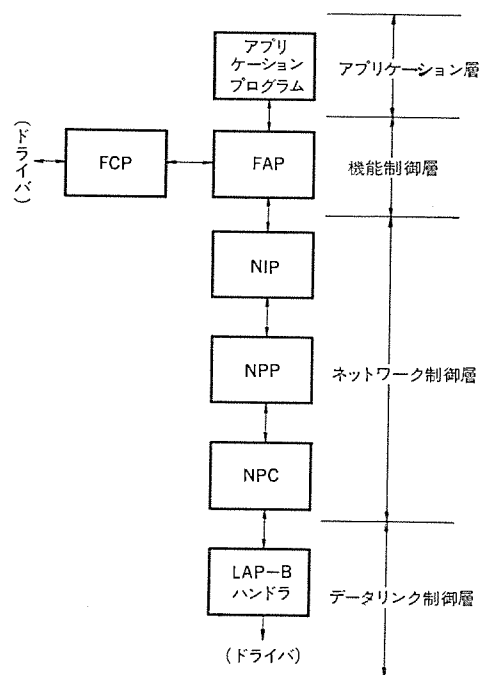


図6. パイロットシステム



- FCP : File Control Program
- FAP : File Access Program
- NIP : Network Interface Program
- NPP : Network Procedure Program
- NPC : Network Path Program
- LAP-B : Link Access Program—Balanced mode

図7. パイロットシステムのソフトウェア構成

7. 研究所ネットワーク システムへの応用

このシステムは、図 8. に示す構成を持ち、研究所構内に散在する研究室に設置された計測制御用 ミニコン《MELCOM》70 でループ状ネットワークを構成している。更にネットワーク上の 1 つのノードが《MELCOM-COSMO》700 II のフロントエンドプロセッサ (FEP) として位置づけられている。

(1) 研究室内のミニコンは単独でも処理系を構成し、計測制御と簡単なデータ処理はミニコンで行われる。すなわち、処理の分散化を実現している。

(3) ネットワークに存在するデバイス、プログラムを1つのネットワーク資源としてプログラムまた端末から相互利用可能である。すなわち、リソースの共有化を実現している。

(5) 三菱ループ伝送システム(LOOP 1)による高速転送機能により
ファイルデータなどの大容量転送が効率よく実現できシステム性能の向

7.2 プロトコル

(1) アプリケーション層

(2) 機能制御層

- ・会話形処理 (TSS プロトコル)

- ・ リモート ジョブ エントリ (RJE プロトコル)

- ・リアルタイム 処理 (RT プログラム)

- ・ファイル転送（ファイルアクセスプロトコル）

- ・ネットワーク 管理

(3) ネットワーク 制御層

データの発生場所から、その最終宛先までの中継及び転送を受け持ち、
多重の論理回線を動的に確立、切断できる。

(4) データリンク 制御層

三菱 ループ システム の制御を行う。

8. お す び

この論文では、MNA の概念及び基本機能について述べた後、MNA によるネットワーク事例を報告した。

事例の中で、パイロットシステムはMNAソフトウェアの製品展開への

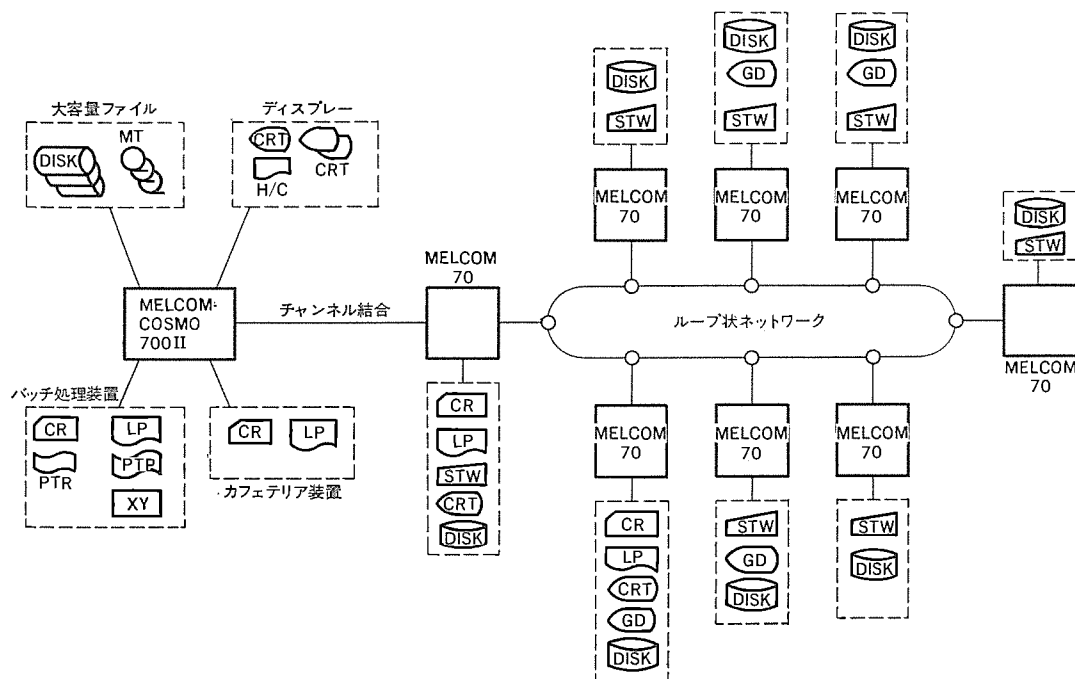


図 8. 研究所 ネットワーク システム

ベースになることを目的に開発したが、現在、MNA 基本プロトコル及びその効率などの検証が終了している。

今後は、もう1つの事例である研究所システムのほか、ビジネスシステムなど幅広い応用システムへの展開及び電信電話公社新データ網などへの適用により、MNAソフトウェアの整備を順次行っていく予定である。

更に、電電公社 DCN
A、IBM 社 SNA など他
ネットワークアーキテクチャとの
整合及び ISO で検討が
進められている ネットワー
クアーキテクチャ への対応が
今後の重要な課題である。

蓄熱式冷房装置の研究

池内正毅*・甲斐潤二郎**・木村 寛*・貝瀬俊朗***・鷲巢博章***

1. ま え が き

空調装置に蓄熱そう(槽)を付加することにより、冷暖房負荷を賄うための所要電力を時間的に分散させることができる。この結果、電力需要の平滑化、圧縮機などの熱源機器の小容量化が可能となり、省資源・省エネルギーにつながる事が期待される。

システム構成は、主たる目的を電力のピーク負荷時に空調装置の電力をできるだけ抑えることに置く場合と、空調のピーク負荷時に熱源機器の出力を補助することにおく場合で異なってくる。後者については、ビル蓄熱水槽、あるいは蓄熱式のヒートポンプチャージの例⁽¹⁾などがみられる。また、れんがなどを用いた深夜電力利用の蓄熱式暖房器⁽²⁾も、これらの目的に沿ったものと考えることができる。

当社では昭和46年より、各電力会社と共同して、蓄熱装置とその空調機器への応用について研究してきた。ここでは、東京電力(株)との協力のもとに行った電力のピーク負荷時の冷房消費電力軽減を目的とした蓄熱式冷房装置の研究について報告する。

2. 蓄熱材の選定

冷房用の蓄熱材としては、冷凍機の効率と室内側との熱交換を考えると、5～10℃程度の温度域で蓄熱できること、また機器の小形化の面から、単位体積あたりの蓄熱容量ができるだけ大きいこと、熱入出力が容易なことが望まれる。更に、長期間にわたる蓄熱-放熱サイクルに対して安定した動作をすること、毒性・安全性の面から使用可能なこと、腐食性が小さいこと、安価なことなどが要請される。

蓄熱の原理としては、顕熱蓄熱、潜熱(融解熱)蓄熱、更に化学反応エネルギー利用などがある。現状では、顕熱蓄熱が実用されており、その中では、蓄熱水槽にみられるように、水の顕熱利用が通常である。融解潜熱は顕熱に比べて単位体積あたりの熱量を大きくとれ、融点付近のほぼ一定温度で蓄・放熱させ得るなどの特長を有する反面、上記の要請に適合する材料が得難いことから、幾つかの実用化上の問題を含んでいる。

ここに報告する蓄熱式空調システムでは蓄熱槽の大きさの点から水顕熱蓄熱は不適当であり、潜熱蓄熱材を検討した。上記の温度レベルに融点をもつ材料としては、パラフィン系有機物、無機塩水化物などもあるが、ここでは、包接化合物に属するテトラヒドロフラン17水化物($C_4H_8O \cdot 17H_2O$)を採用した。これに至る経過を簡単に述べると次のとおりである。

(1) パラフィン系有機物は炭素数14～16の範囲で、所望の融点のものが得られ、かつ過冷却現象や相分離の問題もなく安定して使えるが、単位体積あたりの融解熱は30～40 cal/cm³と比較的小さい値である。

(2) 無機塩水化物のうち、この温度範囲に融点をもつものは少なく、過冷却や相分離、腐食性などの点で適合するものは見出しにくい。

(3) 包接化合物のうち、テトラヒドロフラン17水化物は、融点が4.0℃で、融解熱も55 cal/cm³と比較的大きい。融液は実質的には均

表 1. テトラヒドロフラン17水化物の諸性質

化 学 式	$C_4H_8O \cdot 17H_2O$
融 点	4.0℃*
融 解 熱	55 cal/g*
比 熱	1.0 cal/g℃* (10～26℃, 液体)
密 度	1.01 g/cm ³ * (16～19℃, 液体)
	0.97 g/cm ³ *** (固体)

* 測定値 ** 計算値

一溶液となり、融解-凝固サイクルは安定して行われる。固化に際しては-1℃程度まで過冷却するが、この間に好ましからざる相は出現しない。

(4) ここに報告するシステムでは、後述のように、蓄熱材を冷凍機により直接冷却するので、-1℃程度の過冷却は許容される。したがって、上記の検討結果と考え合わせると、テトラヒドロフラン17水化物が有利となる。

テトラヒドロフラン17水化物の性質について表1.にまとめた。この材料では、約80重量%を水が占めており、この水が通常の水とは異なった網目構造を形成し、その中にテトラヒドロフランの分子が取り込まれた形の化合物となっている。すなわち、言わば“変形氷”とも見られ、融解熱が比較的大きいことも、水に負うところが多いと考えられる。この材料の安定性については、常温で暗所に保存し、随時、融解熱の測定を行って検討したが、1年間にわたり経時変化は認められなかった。

3. 蓄熱式冷房システム

3.1 蓄熱式冷房装置の概要

冷房装置の中で電力を消費する機器は、圧縮機・室内外の送風機あるいはポンプ・制御機器などであるが、小中規模の冷房装置では一般に消費電力の90%以上を圧縮機で消費している。このため電力消費のピークとなる時間帯に冷房装置の消費電力を抑えることは、圧縮機を停止させることにつながる。この圧縮機停止時間帯にも冷房装置としての機能を十分果たすため、この装置では冷熱を蓄えた蓄熱器を用いることとする。すなわち蓄熱式冷房装置は、従来の冷房装置に蓄熱材・熱交換器などを内蔵する蓄熱器を付属させた装置であり、その運転は、あらかじめ蓄熱器に冷熱を蓄えておくための運転(蓄熱運転)、圧縮機を停止させ蓄熱器を冷熱源として冷房を行う運転(放熱運転)及び、通常の冷房装置として圧縮機の駆動により冷房を行う運転とで構成する。

放熱運転中の電力消費量をできるだけ抑えること、また装置としてできるだけ付属する機器を少なくすることを目的として種々の蓄熱・放熱システムを検討した。その結果、放熱運転時には冷媒回路系内で蓄熱器と空気冷却器とを結ぶ循環ループを形成し、冷媒の液と

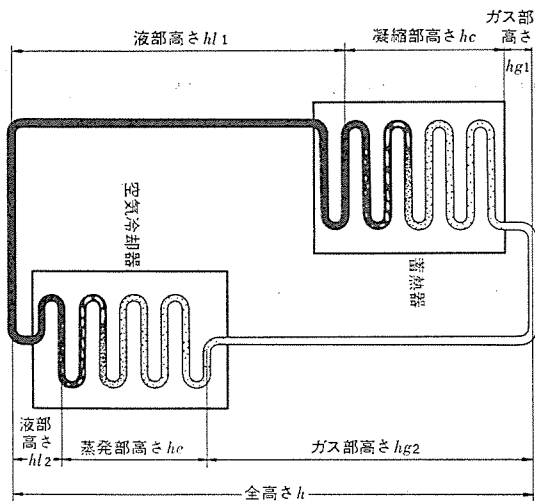


図 1. 冷媒自然循環 システム

ガスの重力差を利用して冷媒を循環させ放熱を行う方式（冷媒自然循環方式と呼ぶ）を採用した。以後、空冷式冷房装置を例にとり検討を進める。

3.2 冷媒自然循環方式

冷媒自然循環方式は、重力差を利用した熱輸送方式であり、ポンプなどの熱媒体輸送機器が必要でないため動力を必要とせず、また装置の信頼性も高い⁽³⁾。この方式の基本回路を描くと図 1. に示すように、放熱運転時の冷熱源となる蓄熱器を上部に、空気冷却器を下部に配置し、それぞれを冷媒配管で結ぶことを基本としている。放熱運転時には蓄熱器中の熱交換器内で冷房用の蓄熱材により冷却され凝縮液化した伝熱媒体（冷媒）は下方の空気冷却器に流れ込み、ここで空気と熱交換し冷房を行うことによって蒸発しガスとなる。ガス化した冷媒は、上昇し再び蓄熱器中の熱交換器内で凝縮液化するための熱源として用いる。

冷媒自然循環回路系では、全系を通しての圧力損失 ΔP は、

$$\Delta P = \Delta P_f + \Delta P_a + \Delta P_h = 0 \quad (1)$$

である。

ここで ΔP_f : 摩擦による圧力損失

ΔP_a : 加速による圧力損失

ΔP_h : 位置による圧力損失

一般に蓄熱器内熱交換器と空気冷却器内の冷媒圧力レベルに大きな差はなく、式(1)で $\Delta P_a \approx 0$ とおける。このため系を流れる冷媒流量 G_R は、摩擦損失と位置による圧力損失がバランスをとる値として求まってくる。ゆえに冷媒の各状態における高さを図 1. に示すように h_{g1} , h_{g2} , h_c , h_e , h_{l1} , h_{l2} とすると、

$$\begin{aligned} \Delta P_{fg}(G_R) + \Delta P_{fl}(G_R) + \Delta P_{fc}(G_R, h_c) + \Delta P_{fe}(G_R, h_e) \\ = (h_{g1} - h_{g2}) \gamma_g + (h_{l1} - h_{l2}) \gamma_l + [f_c \gamma_g \\ + (1 - f_c) \gamma_l] h_c - [f_e \gamma_g + (1 - f_e) \gamma_l] h_e \quad \dots (2) \end{aligned}$$

が成立する。

ここで $\Delta P_{fg}(G_R)$: ガス 管部摩擦圧力損失

$\Delta P_{fl}(G_R)$: 液管部摩擦圧力損失

$\Delta P_{fc}(G_R, h_c)$: 凝縮部摩擦圧力損失

$\Delta P_{fe}(G_R, h_e)$: 蒸発部摩擦圧力損失

f_c, f_e : 凝縮部・蒸発部の平均 ボイド率

γ_g, γ_l : 冷媒の ガス・液比重

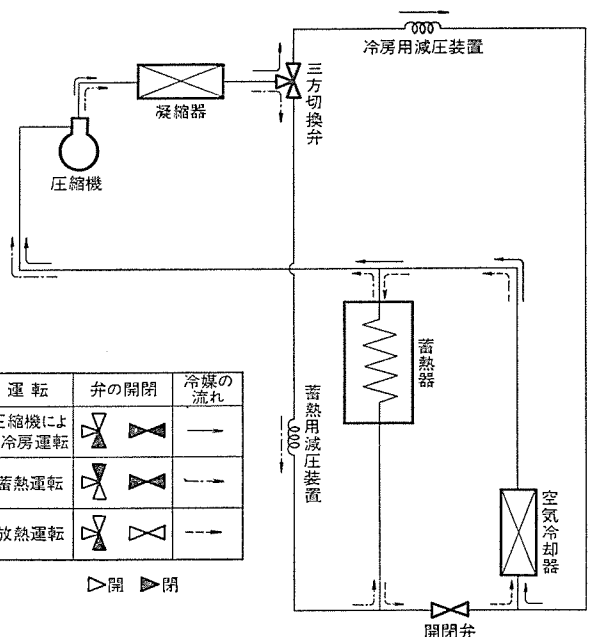


図 2. 蓄熱式冷房 システム

また、定常状態では蓄熱器内での冷媒と蓄熱材の間の熱交換量 Q_c と空気冷却器での冷媒と空気との間の熱交換量 Q_e とは等しく（一般には冷媒流量 $\times$ 蒸発・凝縮潜熱となる。）

$$Q_c = U_c(G_R, h_c) \Delta t_c \quad (3)$$

$$Q_e = U_e(G_R, h_e) \Delta t_e \quad (4)$$

となる。

ここで $U_c(G_R, h_c)$ $U_e(G_R, h_e)$: 蓄熱器及び空気冷却器の熱コ
ンダクタンス

$\Delta t_c, \Delta t_e$: 冷媒と蓄熱材及び空気との温
度差

これら式(2)～(4)を連立させて解くことにより、全高差 h をパラメータとして冷媒流量 G_R 、蒸発部・凝縮部の液高さ $h_e \cdot h_c$ が求まり放熱特性が計算できる。しかし、この方式では図 1. に示すような状態を達成させるために必要最適な冷媒量をあらかじめ封入しておく必要がある。冷媒量が不足するときは、液部高さ h_{l1} が小さくなり、また、多すぎると動作圧力レベルが高くなって空気冷却器での熱交換量が小さくなるため（このとき、空気冷却器の出口冷媒は湿りの状態となる。）いずれの場合も放熱特性は悪くなる。冷媒充てん量の計算は各部の内容積・冷媒の比重・ボイド率を用い行うことができる⁽⁴⁾。

3.3 冷媒自然循環による蓄熱式冷房システム

冷媒自然循環方式を採用した蓄熱式冷房システムを図 2. に示す。従来の冷房装置を構成する機器のほかに、蓄熱器と三方切換弁・開閉弁及び蓄熱運転用の減圧装置が付属する。各運転時の弁の開閉及び冷媒の流れを図 2. に示す。

(1) 圧縮機による冷房運転

圧縮機で圧縮された冷媒は、凝縮器～三方切換弁～冷房用減圧装置を通して空気冷却器に行き、ここで冷房を行ったあと圧縮機にもどるサイクルを繰り返す。このとき開閉弁は閉であり、冷房負荷に対応した圧縮機の オン・オフ は従来機と同じ制御である。

(2) 蓄熱運転

蓄熱運転の開始は、タイマなどの指令により行う。冷媒は、圧縮機～凝縮器～三方切換弁～蓄熱用減圧装置を経て蓄熱器内熱交換器へ

行き、ここで冷熱を蓄熱材に与えることにより蓄熱する。このときも開閉弁は閉である。蓄熱運転終了の指令は、蓄熱材の温度検知により行う。

(3) 放熱運転

放熱運転の開始もタイマなど外部からの指令により行う。このときは、圧縮機・室外側送風機は停止しており、室内側送風機のみ電力を消費している。開閉弁は開となっていて、蓄熱器内熱交換器で蓄熱材により冷却され凝縮液化した冷媒は開閉弁を通り空気冷却器に行く。ここで空気と熱交換し冷房を行うことによって蒸発しガス化した冷媒は再び蓄熱器内熱交換器にもどるサイクルとなる。放熱運転の制御は、室内側空気温度の検知などにより開閉弁をオン・オフして行う。なお蓄熱材の温度が上昇すれば、これを検知し放熱運転を停止させ（開閉弁が閉となる）圧縮機の駆動による冷房運転に復帰する。

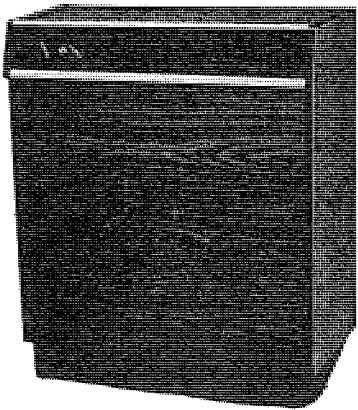
4. 蓄熱式冷房装置の試作

4.1 蓄熱式ルームエアコン

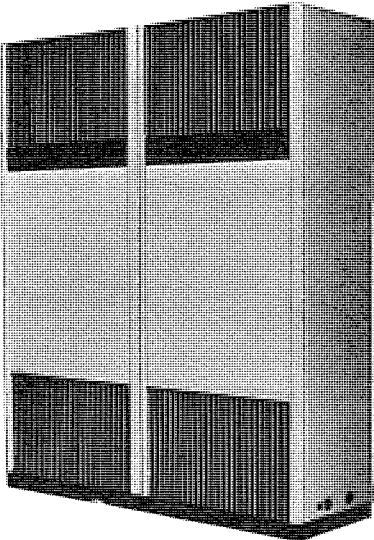
1馬力の圧縮機をもつ床置き式の冷房専用ルームエアコンを対象に冷媒自然循環方式を採用した蓄熱装置を試作した。試作機的主要仕様を表2.に、室内ユニット外観を図3.(a)に示す。蓄熱器からの熱損失分も冷房効果に寄与させるため、蓄熱器は室内ユニット内に組込む形としている。このため冷媒自然循環回路は室内ユニット内で構成させ、室外ユニットは従来機と同一のものである。冷媒回路は図1.にアキ

表 2. 蓄熱式冷房装置の主な仕様

試 作 機		蓄熱式ルームエアコン	蓄熱式パッケージエアコン
標準性能	定 格 電 源	100 V, 50 Hz	3 相, 200 V, 50 Hz
	冷房能力(圧縮機駆動) (kcal/h)	2,000	11,000
	放熱能力 (kcal/h)	2,000	11,000
	放熱時間 (min)	50	30
室内ユニット	外形寸法 (高さ×幅×奥行)(mm)	960×780×350	1,775×1,380×450
	冷 却 器 形 式	プレートフィンチューブ形	——
	形 式	ラインフローファン	シロッコファン
	風 量 (m ³ /min)	10	36
	電動機出力 (kW)	0.024	0.16
蓄熱器	蓄熱槽寸法 (mm)	460×686×204	785×600×380
	槽内熱交換器形式	プレートフィンチューブ形	——
	蓄 熱 材	テトラハイドロフラン17 水化物	——
	蓄熱材充てん量 (kg)	43.5	146
室外ユニット	外形寸法 (高さ×幅×奥行)(mm)	415×554×504	865×804×804
	圧 縮 機 形 式	全 密 閉	——
	電動機出力 (kW)	0.75	3.75
	送 風 機 形 式	プロペラファン	——
	電動機出力 (kW)	0.020	0.2
冷 媒		R-22	——



(a) 蓄熱式 ルームエアコン



(b) 蓄熱式 パッケージエアコン

図 3. 蓄熱式冷房装置室内ユニット外観

ュムレタを付属した構成としている。冷房用蓄熱材としてテトラハイドロフラン17水化物を43.5kg内蔵しており、放熱能力2,000kcal/h、放熱時間約50分間の設計である。

4.2 蓄熱式パッケージエアコン

5馬力の圧縮機をもつ空冷式の冷房専用パッケージエアコンを対象にルームエアコンと同様の構造をもつ蓄熱装置を試作した。この装置の仕様を表2.に、外観を図3.(b)に示す。

5. 蓄熱式冷房装置の特性

5.1 蓄熱式ルームエアコン

冷媒自然循環方式では、冷媒充てん量により放熱特性が大きく変わるため、あらかじめ冷媒充てん量と放熱特性の関係を確認したあと一連の特性試験を実施した。試験時の電源周波数は60Hzである。

(1) 蓄熱運転

蓄熱運転時の蓄熱材温度及び蓄熱器入口冷媒温度の変化を図4.に示す。蓄熱材は-1℃まで過冷却したあと相変化を生じ、約4.2℃まで上昇する。その後、約45分間で熱交換器部分の蓄熱材はほぼ凝固し、90分後に0℃となり蓄熱を終了する（試験は120分間実施している）。この試験例では120分間で約30l凝固している。蓄熱材温度15℃以下を放熱に必要な蓄熱量として、この値を求めると約2,250kcalである。冷媒の蒸発温度は、同図のごとく蓄熱材温度と類似の変化を示し、このときの高圧側圧力は18~15kg/cm²gに

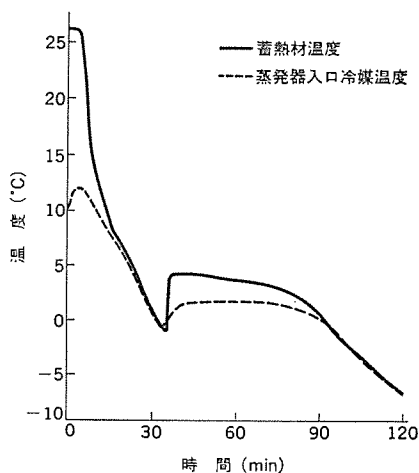


図 4. 蓄熱式ルームエアコンの蓄熱運転

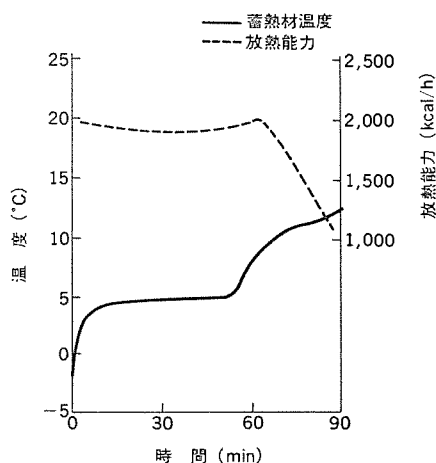


図 5. 蓄熱式ルームエアコンの放熱運転

変化している。なお 90 分間の蓄熱運転では蓄熱量、電力消費量は、運転時の外気温度にも依存するがそれぞれ、2,000 kcal 前後 1,200～1,300 Wh である。

(2) 放熱運転

前項の蓄熱運転終了 15 分後に開始した放熱運転時の蓄熱材温度及び放熱能力を図 5. に示す。室内ユニット吸込空気温度は DB 27°C, WB 19.5°C であり、室内側の空気温度を検知して開閉弁を開閉している。約 60 分間放熱能力 1,900～2,000 kcal が得られ、蓄熱材温度が 10°C になると放熱能力は 1,800 kcal/h となる。この試験では蓄熱時間が約 120 分と長いので蓄熱量が多くなり、放熱時間も設計値を上回るデータを得た。放熱運転時に開閉弁を連続開の状態にしておくと 2,500 kcal/h 以上の放熱能力が得られるが、放熱時間は 40～45 分間である。標準の使用条件のもとでは、ほぼ設計値どおり放熱能力 2,000 kcal/h、放熱時間 50 分を得た。

(3) 圧縮機による冷房運転

室内外の空気温度及び蓄熱器内の蓄熱量を種々変化させ、圧縮機駆動による冷房運転を行った。その結果、特に支障はなくほぼ従来機に等しい性能を得た。

5.2 蓄熱式パッケージエアコン

(1) 蓄熱運転

蓄熱材温度が 10°C から蓄熱運転を開始すると運転開始後 70～80 分で熱交換器部分の蓄熱材は凝固し、90 分後には蓄熱材温度は -3～-4°C、蓄熱器での冷媒温度は -6～-7°C となる。温度変化の

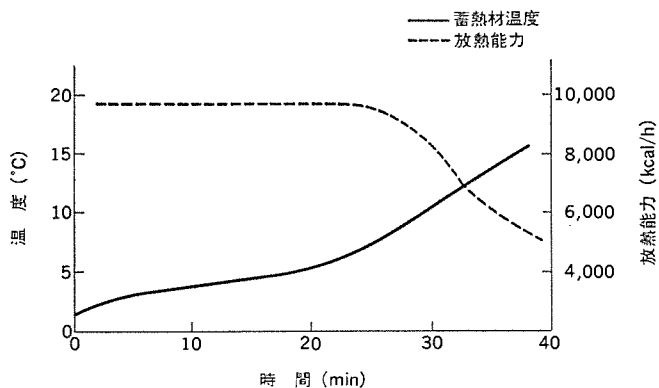


図 6. 蓄熱式パッケージエアコンの放熱運転

状態はルームエアコンの場合と類似であり、蓄熱材は 1 度 0～-1°C まで過冷却したあと相変化する。しかし、蓄熱能力に対する蓄熱器内熱交換器の伝熱面積の割合がルームエアコンの場合に比べ小さいため、蓄熱運転時の蓄熱材と冷媒の温度差は、前者の 0～3 deg がパッケージエアコンの場合は 4～3 deg となる値を得た。蓄熱運転時の電力消費量は 4.8～5.0 kWh、蓄熱量は約 7,000 kcal である。

(2) 放熱運転

放熱運転時の蓄熱材温度と放熱能力の変化を図 6. に示す。前述のように蓄熱器内熱交換器の伝熱面積が若干少な目であるため、放熱能力は設計値の 11,000 kcal/h に対して 9,500 kcal/h であった。放熱時間は 30～40 分間である。

(3) 圧縮機による冷房運転

室内外空気温度の変化などに対しても、ルームエアコンの場合と同じく、ほぼ従来機に近い特性を得た。

6. む す び

テトラヒドロフラン 17 水化物の融解熱を利用して蓄熱し、冷媒自然循環により放熱することを基本方式とした蓄熱式冷房装置を研究した。試作装置による試験検討の結果、この方式により、電力のピーク負荷時に室内側の送風機だけの運転で、所期の冷房能力を出し得ることがわかった。

このシステムでは、蓄熱槽が室内に設置されているため、蓄熱槽からの熱ロスも有効に利用されることになるが、定格出力での放熱運転期間中に放出される熱量は、蓄熱量の 80% 前後であった。

蓄熱槽を有するため、従来の同規模の装置に比べて大形化することは避けられない。この試作機に関しては設計の合理化で小形化の余地は残っているものの、蓄熱材の性能改善にまところが多い。

性能仕様やコストの問題など、今後のエネルギー問題の情勢とからまわって、蓄熱式空調装置が考えられていくことになろうが、この報告が技術的検討のベースの 1 つとして役立てば幸いである。

この研究は東京電力(株)との協力のもとに行った。特に同社省エネルギーセンター 成田勝彦氏のご指導ご助言に対して深く感謝するものである。

参 考 文 献

- (1) 渡辺, 上田: 三菱電機技報, 47, No. 5, 459 (昭 48)
- (2) 増田, 桜井: 三菱電機技報, 47, No. 4, 385 (昭 48)
- (3) 小林, 鹿野, 田中, 福島, 光本: 三菱電機技報, 48, No. 2, 229 (昭 49)
- (4) 荻野, 池内, 小林: 三菱電機技報, 51, No. 5, 301 (昭 52)

電子同調カーラジオへのマイコン応用

壺井芳昭*・茂木 恵**・平田誠一郎***・白谷優次***

1. ま え が き

カーラジオの特徴のひとつはその同調機構にあり他のラジオでは機械的なインダクタンス同調(μ同調)を採用してチューニングを行っているため選局ボタンの操作性及び同調精度にはおのずと限界があるが、ここに紹介するマイクロコンピュータをとう(搭)載したデジタルチューニングシステムでは基準周波数に水晶発振器を用いたPLL(Phase Locked Loop)シンセサイザ方式で極めて安定かつ高精度のチューニングを実現している。

マイクロコンピュータの高度な機能を生かすことによってAM/FMのプリセットは極めて容易になり、メモリ選局、オートサーチ選局、マニュアルステップ選局をソフトボタンのワンタッチ操作で可能とした。また、水晶発振器を基準とした時計機能、周波数のデジタル表示機能を可能にした。今日のマイクロコンピュータなどの集積回路の技術進歩は著しく機械式チューナに代わってこのような画期的な電子同調式のカーラジオが多く出てくるものと思われる。

2. 電子同調とLSI⁽⁴⁾

バリコンやコアによるメカニカルなチューニングを、電気的に行おうとする研究は古くからなされていたが、近年の半導体技術の進歩により、可変容量ダイオードの高性能化をはじめ、メモリや回路素子のIC化、LSI化が推進され、これによりPLLシンセサイザ方式による電子同調、及び、そのデジタル制御の実現が容易となり、電子同調方式のメリットが大きくクローズアップされてきた。

PLLは、図1.に示すように周波数領域における自動制御の一種であり、位相比較器、LPF(ローパスフィルタ)、VCO(電圧制御発振器)から構成されている。位相比較器の一方の入力信号が一定とすれば、位相比較器の出力は F_0 と F_R の位相、及び周波数のずれに比例する。 F_R に対する F_0 の位相が進み、周波数が高くなろうとすると、位相比較器の出力が、LPFを通して、VCOの発振周波数を下げようとして負帰還ループとして働き、 F_0 が基準周波数 F_R と一致し安定化される。

このPLLだけを用いて有効な同調装置は構成し得ないが、周波数の合成、すなわち、シンセサイザ技術を応用することにより具体化し得る。図2.のブロック図に示す基準周波数に水晶発振器からの信号を分周したものを選び、他のひとつの信号に、VCOの出力をプリスケール、及びプログラマブル分周器により分周した出力を選択する。この2信号を入力とする位相比較器の出力は、受信機のローカル発振器であるVCOへ帰還される。また、この帰還電圧は高周波部の同調回路に接続された可変容量ダイオードにも加えられて、同調の制御を行う。

帰還ループにおける分周回路の分周比、基準発振の分周比を変えることにより、広い周波数バンドにわたり、ローカル発振周波数(受信周波数)を変化させ、安定化し得る。受信周波数と、VCO周波数、基準発振周波数、及びプログラマブル分周器の分周比には次のよう

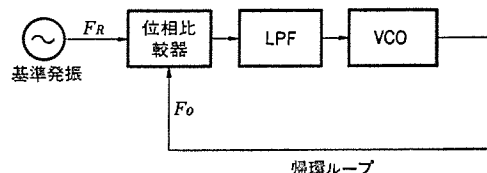


図1. PLLの原理

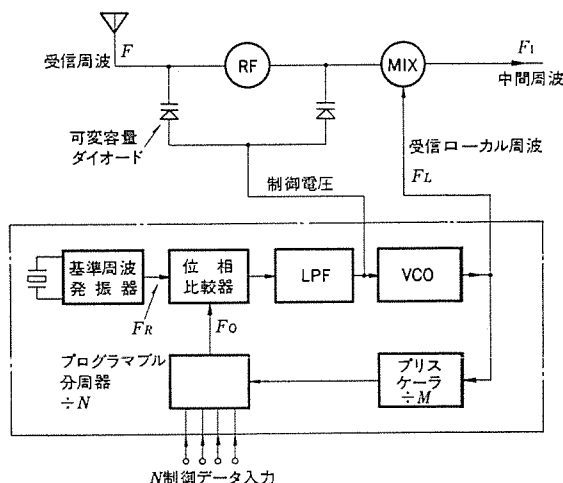


図2. PLLシンセサイザ方式電子同調

な関係がある。

VCOの発振周波数(ローカル発振周波数) F_L は、

$$F_L = N \cdot M \cdot F_R$$

受信周波数 F は

$$F = F_L + F_I \cdots \text{FM 受信時 (下側 ヘテロダイン)}$$

$$\text{又は } F = F_L - F_I \cdots \text{AM 受信時 (上側 ヘテロダイン)}$$

ここに N ; プログラマブル分周器の分周比

M ; プリスケールの分周比 (AM 受信時 1, FM 受信時 10)

F_L ; 受信ローカル発振周波数 (VCO 周波数)

F_R ; 基準周波数

F_I ; IF 周波数

上式に示すようにプログラマブル分周器の分周比 N を変化させることにより、ローカル周波数を変化して、選局を行っている。

分周比 N は、BCDコードのデータとして、デジタル的に制御され、放送局のチャンネルスペースの周波数を単位として変化させているため、中途半端な同調状態は起こり得ない。

データ N の与え方は、手動によりステップ的に変化させる手動選局、マイクロコンピュータのメモリ(RAM)に記憶したデータによるプリセット選局、連続的に変化させる自動探局、の3モードがある。

また、分周比 N は、FM、AMの各バンドにおいて全帯域にわたり広範囲に制御する必要があるが、プログラマブル分周器、プリスケールなど一連の回路のIC化がこれを容易にした。

制御に使用しているマイクロコンピュータは、図3.に示すようにプロ

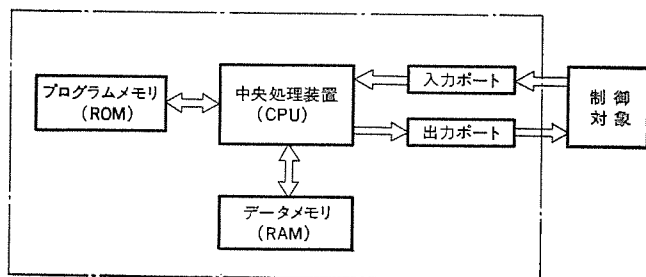


図 3. マイクロコンピュータの基本構成図

プログラムメモリ (ROM), データメモリ (RAM), 中央処理装置 (CPU), 入出力ポートなどから構成し, これらを1つのチップに納めたワンチップ構造の4ビットマイクロコンピュータである。

マイクロコンピュータの機能を活用することにより, 従来の同調機能に比べ次のようなメリットが期待できる。

- (1) 機械的な同調装置を要せず, 小形軽量化できる。
- (2) 選局操作が容易となり, 離調に起因する音のひずみ, ノイズをなくし, 極めて快適な選局が可能である。
- (3) LSI 化による部品の減少, 量産効果などによる価格のメリットがある。
- (4) プログラムの変更によりチャンネルの変更, 増設が可能であり, モード設定, デジタル周波数表示, 時計機能などの付加, 及び仕様の多様化が容易である。

3. マイクロコンピュータ応用製品の概要

ここに示すカーラジオは, PLL シンセサイザ方式による AM/FM カーラジオであり, 外観と基本的な仕様をそれぞれ図 4., 表 1. に示す。車載用であり, 従来品との互換性を考慮し, 外形はできるかぎり従来品に近い形とした。操作面は, 右半分に選局モードのキー, ボリューム類を配し, 左半分に表示器とプリセット選局用キーを納めている。中央に見える FADER, BAL のノブは, 4スピーカーシステムのバランス調節用である。

3.1 構成

図 5. にブロック図を示す。機能的に見ると, 増幅部分を含むラジオ機能ブロック, PLL シンセサイザブロック, マイクロコンピュータ, キー及び表示器からなるマンマシンインタフェース系のブロックに大別される。

ラジオ部分には, 高周波増幅, ローカル発振器, ミキサなど同調を要するステージと, 中間周波, 検波, ステレオ復調, 及び低周波出力部より構成している。

PLL シンセサイザブロックは, マイクロコンピュータにより制御されローカル発振周波数と, 可変容量ダイオード制御用の電圧を発生させている。

マイクロコンピュータは, 2K ワードのプログラムメモリ, 96 ワードのデータ

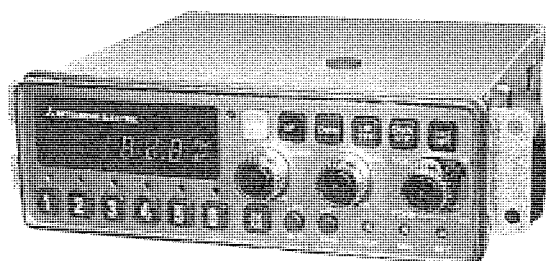


図 4. 三菱 AR-9060 SD 形 カーラジオ

メモリ, 9 個の入出力ポート (4ビット×8, 3ビット×1) を持ち, 入力ポートには各キー入力のほか, IF 増幅段より導かれた同調検出信号, 車のエンジンキー信号などが接続される。

一方, 出力ポートからは PLL のプログラマブル分周器の制御出力, けい光表示管, プリセットチャンネルの LED 表示, バンド切換えなどの制御用信号を出力している。データメモリには, プリセット選局用のデータ, 時計機能のデータ, 表示やキーの読取りなどに必要なフラグなどを, 図 6. に示す配置で格納している。コンピュータの基本的動作はキーを読取り, その内容によって該当するプログラム (該当する処理) を選択し実行する。キーは図 7. に示すように, 16 個のキーが, 4×4 のマトリクスを形成している。6 個の数字キーは, プリセット局を記憶しているメモリの選択キーであり, AM, FM 各 6 局を記憶し選択することができる。UP/STP, DWN/STP のキーは, 手動選局であり, AM, FM おおの放送局のチャンネルスペース周波数単位で受信周波数

表 1. 基本的仕様

定 格	
電 源 電 圧	メイン電源 13.2±2.4 V ACC 電源 13.2±2.4 V サブサプライ 10.2±0.5 V
消 費 電 流	ラジオ OFF 時 約 50 mA ラジオ動作時 約 700 mA
受 信 周 波 数	AM 510~1,620 KHz (10 kHz 毎 112 局/9 kHz 毎 125 局) FM 76~90 MHz (0.1 MHz 毎 141 局)
実 用 感 動	AM 28 dB(μV) 以下 ただし S/N 20 dB 時 FM 10 dB(μV) 以下 ただし S/N 30 dB 時
信 号 対 雑 音 比	AM 42 dB 以上 FM 60 dB 以上
出 力	最大 5 W+5 W
適合インピーダンス	4 Ω
外 形 寸 法	163(W)×53(H)×160.5(D) mm
重 量	1.4 kg
使 用 半 導 体	LSI 1 個, IC 16 個, FET 6 個, トランジスタ 40 個 ダイオード 46 個, 発光ダイオード 7 個

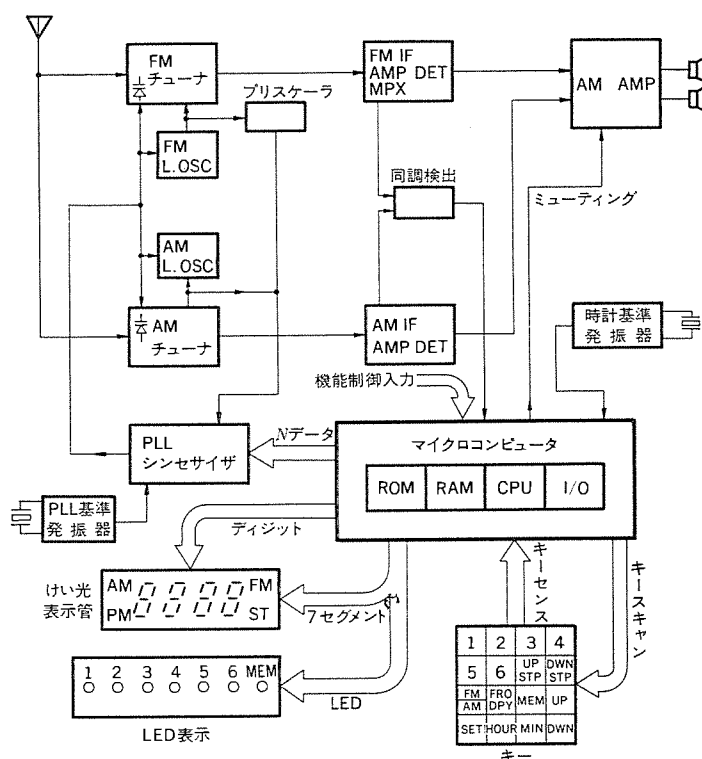


図 5. システムブロック図

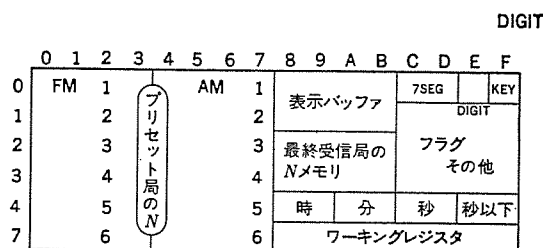


図 6. RAM の割当て

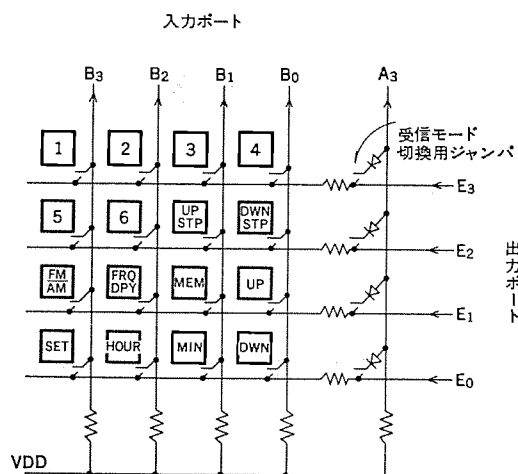


図 7. キーマトリクス

をシフトする。UP, DWN キーは自動探局用であり、FRQ/DPY キーは、表示を時計から周波数表示に切り換えるものであり、5秒間周波数を表示後、自動的に時計表示に復帰する。他のキーは時計調整用である。

4. 機能

4.1 自動探局

PLL シンセサイザをマイクロコンピュータで制御することにより、従来の回路では難問とされた機能を実現することができる。UP, 若しくは DWN キーにより、自動探局モードを選択すると全帯域の探査が7秒間というスピードで自動的に行い、局があるとそこで停止し受信する。探局中はミュートイングをかけ、不快なノイズを抑圧している。もし、全帯域を2回探局しても放送局をキャッチできない場合は、自動的に探局動作を中止する。探局モードで受信する局の信号強度は、LO/DX キーにより選択することができる。自動探局機能は、運転中プリアセット局は聴き飽き、局名など気にせず、どこか他の局を気楽に選局したい場合などに極めて便利な機能である。

4.2 プリセット選局（記憶選局）

従来、プッシュボタンを押し込む動作によって行っていたプリセット選局機能は、軽く触れるだけで実現し得るようになった。記憶し得る局は FM, AM 各6局であり、今後の FM 局の増加にも応ずることができる。プリセットキーの操作があった場合には該当キーの LED が点灯し、表示部は5秒間その局の周波数をデジタル表示する。プリセット局の記憶は、車のエンジンキーを抜いた場合も消えることのないよ

う、電源はバッテリーより直接供給している。

4.3 早送り、ステップ送りの手動選局

目的とする局を手動によって、見出すための工夫をしている。通常の手動選局は、ワンプッシュあたり1局（FM の場合 100 kHz, AM の場合 10 又は 9 kHz）のわりで、ステップ的にシフトするが、UP/STP, DWN/STP のキーを1秒以上押し続けると自動的に早送り動作に切換わる。AM 受信の場合の放送局チャンネルスペース周波数は、チャンネルプランの変更や仕向け先に応じて、9 kHz, 10 kHz に変更可能である。変更は、ケースの小穴から内部切換スイッチを操作することにより容易に行える。

また、受信状態のままラジオのスイッチを切ったり、エンジンキーを抜いた場合でも、その局を記憶しており、次の受信時には再びもとの局を受信する。

4.4 時計機能

マイクロコンピュータの入力ポートの一部から、基準となる水晶発振器の信号を読みとり、計数することにより時計の機能を果たしている。水晶発振は安定度の良い正確な時刻を長期にわたって示すことができる。時計のセットは、30分以下の時刻の修正は、SET キー1個を押すだけで0分0秒にセットし、スタートする。また、時・分の単独セットもできる。なお、時計に関するキーは、誤操作やタッチを防ぐためパネル面より沈めた構造にしている。

5. むすび

デジタルチューニングシステムは集積回路技術の急速な発達により身近なものになりつつある。LSI の進歩とマイクロコンピュータは受信機を小形にすると同時に受信機本体とコントロール部分を切り離すことも可能にした。もちろんカーステレオ、カセットなど他の機器との結合も可能である。マイクロコンピュータを応用したカーラジオの実用化にあたり解決すべきさまざまな問題があった。

特に車の電源電圧の大幅な変動、イグニッション系や電装品から発生するノイズに対する保護、またデジタル部分より発生する内部ノイズの問題などである。しかし今回これらは一応解決した。このほか温度、振動など信頼性とメンテナンス等の問題もあり今後より良い品質化への努力を続けたい。

終わりに、当社マイクロコンピュータ応用カーラジオの車への搭載について種々指導いただいた、三菱自動車工業(株)、乗用車技術センターの関係各位に厚く感謝の意を表します。

参考文献

- (1) 電子工業の長期展望、日本電子工業振興協会（昭49-8月）
- (2) 通産省監修：電子工業年鑑、電波新聞社発行
- (3) 電子機器市場調査会ほか編：電子機器市場要覧
- (4) IC化が進むフェーズドロックループ、日経エレクトロニクス、p. 64～77（昭48-5-7）
- (5) 石田ほか：今後の乗用車技術の動向、三菱重工技報、14, No. 4, p. 2～11
- (6) D. Scot: Advanced Circuits and Display for Electronic Instrumentation, Automation Eng, p. 38, June (1975)

三菱真空スイッチ管“Relia Vac”の特長と適用

青木伸一*・山中隆司*・松山 清*・加藤 勝*

1. ま え が き

小形・高信頼・長寿命・無保守性・安全・無公害性など、真空スイッチ管（以下 VST と記す）の特長が現代の要請によくマッチしていることから、真空スイッチギヤ（以下 VSG と記す）は、しゃ断器・コンタクタ・負荷開閉器あるいは負荷時 タップ 切換器として配変受電用・一般産業用・ビル 施設用など、スイッチギヤ のほとんどあらゆる分野でポピュラーなものとなっている。例えば、3.6 kV 以上の交流高圧しゃ断器の全国生産台数に占める真空しゃ断器（以下 VCB と記す）の割合は 40 % を超え、従来の OCB に代わって VCB が主流となっている。海外では米国・英国だけでなく、欧州大陸・中近東・東南アジア・韓国においても VSG の適用は日を追って盛んとなり、スイッチギヤ の真空化は世界的規模で進みつつある。

当社では 20 年前に我が国ではじめて VST の研究を開始し、1965 年に 1 号機を発表した⁽¹⁾⁽²⁾。VSV は当社の High Power Tube 部門で製作し、多年にわたる使用実績を設計・製造・品質保証管理の手法に生かしてきた。《Relia Vac》とはこれらの集大成として完成した High Reliable Vacuum Switch Tubes の商品名である。

以下本文では、《Relia Vac》の豊富な使用実績、高信頼性、超小形などの特長を紹介し、性能・寿命と操作特性との相関性の考察から生み出された操作機構軽量化の 1 例を述べる。次いで開閉サージに関する無事故実績や特性要因に触れ、進み電流開閉試験において機械的な衝撃振動が再点弧性能に影響を与えるという実験例を示す。最後に《Relia Vac》になる以前の初期製品集団の寿命終止モードを検討し、《Relia Vac》の特長をフルに発揮させて性能・価格・使いやすさの優れた VSG を合理的に設計、使用していただくための参考に供したい。

2. 《Relia Vac》の特長

2.1 製品シリーズの充実

《Relia Vac》はその用途別にしゃ断器用、コンタクタ用、負荷開閉器用及び負荷時 タップチェンジャ用の 4 種類に大別され、それぞれにシリーズ化している。製品の主要定格の一覧表を表 1. に示し、製品の外観を図 1.、図 2. に示す。定格電圧は 0.6~84 kV、定格電流は 200~3,000 A、定格しゃ断電流は 2~50 kA のシリーズを整備しており、広く海外規格にも適用し、送変配電・受電設備をすべて真空中で賄うことができる。

上記の 4 種類の《Relia Vac》は、用途・性能上の大幅な相違にもかかわらず、接点などの一部を除いて設計・製造面から徹底して標準化している。84 kV 用 VST の構造は複雑な 2 重式中間シールドを用いる必要はなく、図 2. に示したように単一中間シールドを採用しており耐震性が優れている。

2.2 豊富な使用実績

13 年前、モータ開閉用を手始めに電力・電鉄用から誘導炉主回路用、コンデンサ用、乾式トランス用、半導体用と適用負荷を着実に拡大し、

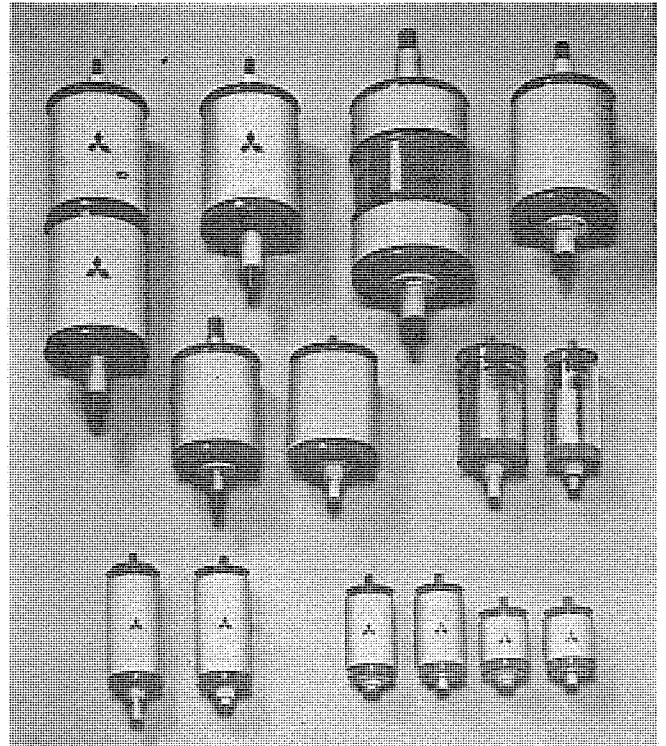


図 1. 《Relia Vac》シリーズ製品

配電線区分開閉器・負荷開閉断路器・負荷時タップ切換器などかずかずの使用実績を積上げながら、VST はひたすら高圧化・大容量化の道を歩み続けてきた^{(3)~(7)}。

この間に生産量の伸びは図 3. に示すように年数に対して指数関数的に増大してきた。VST の生産高はしゃ断容量に大きく依存するので、ここでは累積生産量を累積しゃ断容量で代表させてある。《Relia Vac》は量産性の優れたいわゆる装置工業形の製品であるから、生産量が増加する程性能品質も向上するという特長がある。

2.3 高信頼・長寿命

真空度の経年変化・環境と腐食・開閉サージなどの発生機構を解明するとともに、多年にわたる使用実績を生かして《Relia Vac》を完成した。以来 8 年間《Relia Vac》の故障率は 0.5 フット (= 5×10^{-10} per component-hr) 以下、つまり約 20 万本がか(稼)動しているなかで、年間故障数は 1 本以下の割合という現存する部品中で最高の信頼性を誇っている。このように高レベルの無故障実績が得られた背景には、最新の材料技術・超高真空・管球製造技術をベースに、高性能接点・高耐食性ペローズ・高信頼真空容器・強力ゲッタなどの設計開発を展開し、熱処理・排気装置の無人化連続化やスローリーク



図 2. 84 kV 真空スイッチ管の外観 (2,000 A 40 kA (5,800 MVA))

表 1. 《Relia Vac》シリーズの主要定格一覧

用途	形名	定格電圧 (kV)	定格しゃ断 電流または 短時間電流 (kA)	定格投入 電流 (kA)	定格電流 (A)	商用周波 耐電圧 (kV)	インパルス 耐電圧 (kV)	電氣的寿命 (回)	機械的寿命 (回)
しゃ断器用	VS-6 B 4 B	8.25(4.76)	8 (10)	25	400	27	60	20,000	30,000
	VS-6 B 6 C	8.25(4.76)	13.1(17.5)	45	630	27	60	20,000	30,000
	VS-6 B 6 H	8.25(4.76)	22 (26.3)	67	630	27	60	20,000	30,000
	VS-6 B 12 C	8.25(4.76)	22 (26.3)	67	1,250	27	60	20,000	30,000
	VS-6 B 20 C	8.25(4.76)	38.5(43.8)	112	2,000	27	60	15,000	30,000
	VS-10 B 6 H	15(12)	13.5(18.4)	50	630	36	95	10,000	20,000
	VS-10 B 12 C	15(12)	22 (26.3)	67	1,250	36	95	10,000	20,000
	VS-10 B 20 C	15(12)	38.5(43.8)	112	2,000	36	95	10,000	10,000
	VS-20 B 6 H	25.8	18.8	50	630	60	150	10,000	10,000
	VS-20 B 12 C	25.8	26.3	67	1,250	60	150	10,000	10,000
コンタクタ	VS-3 C 2 C	3.3	4.4	11	230	10	30	250,000	500,000
	VS-3 C 4 C	3.3	4.4	11	400	10	30	250,000	500,000
	VS-6 C 2 C	6.6	4.4	11	200	16	45	250,000	250,000
	VS-6 C 4 C	6.6	4.4	11	400	16	45	250,000	250,000
チャタリング	VS-3 L 2 C	3.3	4	11	400	10	30	500,000	1,000,000
	VS-3 L 4 C	3.3	6	11	600	10	30	250,000	1,000,000
	VS-6 L 2 C	6.6	4	11	400	16	45	500,000	500,000
	VS-6 L 4 C	6.6	6	11	600	16	45	250,000	500,000
	VS-6 L 6 C	8.75	12	31.5	1,200	27	60	1,000,000	2,000,000
配電用	VS-6 S 2 D	8.25(15.5)	8	22	200	27(50)	75(110)	5,000	20,000
	VS-6 S 4 D	8.25(15.5)	12.5	35	400	27(50)	75(110)	5,000	20,000
	VS-10 S 4 C	15.5(38)	12.5	35	400	50(80)	110(200)	5,000	10,000
	VS-10 S 6 C	15.5(38)	16	45	630	50(80)	110(200)	5,000	10,000
	VS-10 S 8 C	15.5(38)	25	67	800	50(80)	110(200)	5,000	10,000
	VS-10 S 12 C	15.5(38)	31.5	85	1,250	50(80)	110(200)	5,000	10,000
	VS-10 S 20 C	15.5(38)	50	135	2,000	50(80)	110(200)	5,000	10,000
	VS-20 S 6 C	25.8	16	45	600	60	150	5,000	10,000
	VS-20 S 12 C	25.8	25	67	1,250	60	150	5,000	10,000
	VS-20 S 20 C	25.8	40	112	2,000	60	150	5,000	10,000

々減少し、図 4. に示すように発売当初に比べてそれぞれ 1/2, 1/4 になった。比較的短年月の間にこのように小形軽量化が進行した原動力の第 1 は接点やアークシールドの材料・構造に関する開発改良である。例えば、接点の新材料開発やガスフリー化あるいは構造形状の改良による耐電圧やしゃ断性能の向上から、同じ真空容器直径・同じ開極距離で 7.2 から 12 kV へ、24 から 36 kV へ定格電圧を格上げし、また例えば 16 から 25 kA へ、40 から 50 kA へ定格しゃ断電流の格上げに成功してきた。アークシールドについては、銅やニッケルよりも耐電圧の優れたステンレスをいち早く採用し内面 ホーニング などの工夫によりしゃ断容量アップを図ってきた。

このほかに、管球製造技術の向上や操作機構・操作定数の改良による VST の小形高性能化の効果も無視することはできない。電子部品製造の常として量産が確立し継続する程に VST の製造条件は安定してくるので、VCB の定格

値に対する VST の限界しゃ断電流の裕度が増大してくるという傾向が、前述の“定期的繰返し性能確認試験”の結果からうかがえる。また往時は、MBB や OCB の消弧室を単に VST で置き換えるという発想から VCB が作られてきたが、近年では VST の特質にマッチするように操作機構が作られており、VST の固有能力をフルに発揮させるように操作定数が選定される結果、単位しゃ断容量当

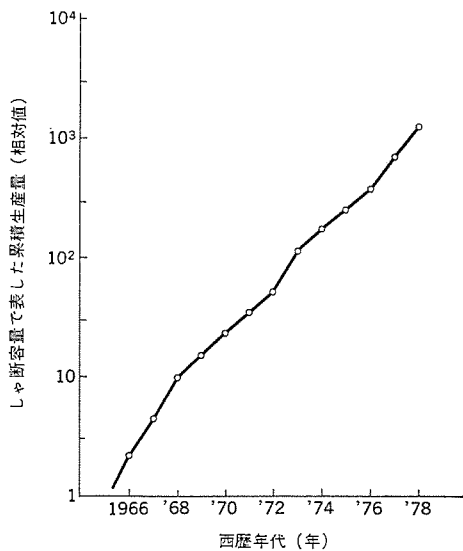


図 3. 三菱真空スイッチ管の累積生産量の経年推移

試験の超高感化などの製造技術力が着実に向上し、各種の信頼性解析技術から短絡・開閉サージ試験をはじめとするかずかずの評価確認試験技術を地道に蓄積してきたことが挙げられる。このような設計製造から適用技術にまたがる総合的品質保証システムのなかでも、材料・部品・製品の製造プロセスそのものを管理することが重要で、全数・抜取り・定期的繰返し及び開発時の確認試験とからなる 4 重管理を実施している。

2.4 超小形・高性能

単位しゃ断容量当たりの VST の真空容器直径 D や全重量 W は年

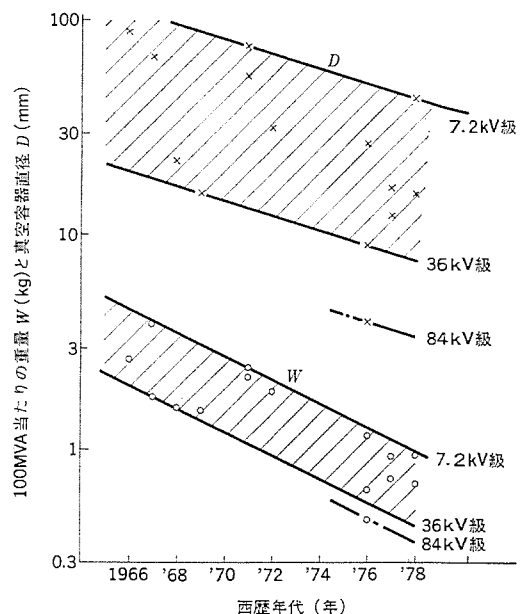


図 4. しゃ断器用真空スイッチ管の小形・軽量化の経年推移

たりの VST の小形軽量化が一段と進行している。

2.5 取扱容易・保守簡便

《Relia Vac》は可動電極棒を六角棒で構成し、耐摩耗性の合成樹脂ガイドとかん(嵌)合してねじり防止機構を設けてあるので取扱いの際にベローズをねじめる懸念は全くなく、六角棒をスパナ当たりとして使用することができる(図5.参照)。また可動電極棒の先端に取付用ねじが設けて

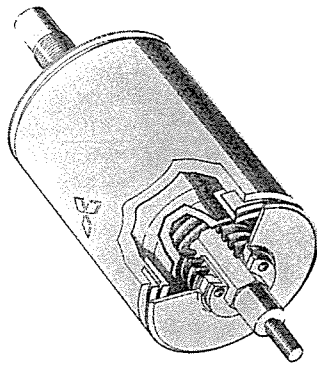


図 5. 《Relia Vac》の六角ガイド機構

あるので取付作業が簡便で、大電流に対して通電部の接触信頼性も高い。VST のフレームへの取付けは固定電極棒で固定するので機械衝撃が緩和され、引外力が有効に作用する利点をもっている。

2.3 節で述べたように《Relia Vac》の寿命に対する信頼性は極めて高いので、VST はほとんど無保守でよく接点消耗量の目視チェックが主体で、点検作業も簡便である。(5 章「寿命終止要因と保守」も参照願いたい。)

3. 《Relia Vac》の操作方法

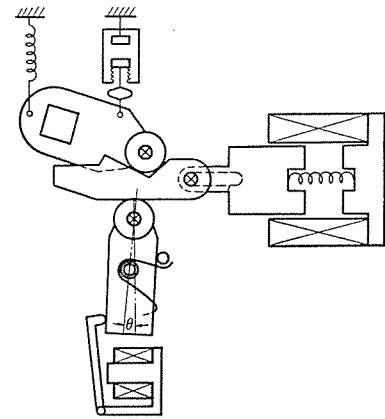
3.1 性能・寿命に及ぼす操作方法の影響

VST の操作方は各管種ごとに操作定数として示されるが、それらの動作が VST の特性や寿命と密接に関係することは既報⁽¹⁾のとおりである。短ギャップ、可動部軽量、接点消耗軽微などの点から VSG の操作機構は小形軽量・高速・多ひん度開閉のメリットを有する一方、真空接点がバット形であり接点溶着力が比較的大きいことから次に述べる操作上のポイントに留意する必要がある。

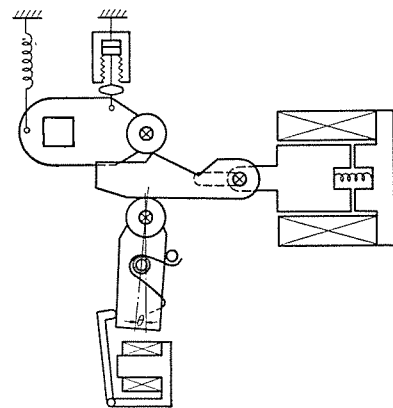
- (1) 投入ばらつきとブリアーク： 3 相間の投入不ぞろいやブリアークが過大であると投入サージを生じ接点溶着の原因ともなる。
- (2) 閉極時の機械衝撃とチャタリング： 閉極速度が過大のときに生じ、接点荒れによる接触抵抗の増大や一時耐圧低下の原因になる。チャタリングは短絡投入時の電磁反発による開離を含めても 2 ms 以内が望ましい。開離アークによる接点荒れはしゃ断アークよりも厳しく溶着やしゃ断不能の原因にもなる。ブリアークからチャタリングが継続するときは投入サージとして問題になる。
- (3) 接触圧力とワイプ効果： 閉極衝撃やチャタリングを抑制するためには接圧ばねは接点タッチ後約 2 ms で全圧が加わるのが望ましい。接圧ばねによるワイプ距離は重要な機能を持ち、接点消耗時にも所要接圧を維持し、開放ばねと協働して溶着に対する衝撃引外し効果を持ち、所要の開離速度を与える。
- (4) 初開離速度： 平均開極速度は 1/2 サイクルでほぼ全開極するように設定される。遅れ小電流や短絡電流のしゃ断の成否には初開離速度が重要である。
- (5) 全開極距離： 短絡投入しゃ断後の接点荒れを考慮した耐圧維持の観点から設定される。コンタクトではベローズのばね特性を含めた自閉力を考慮して開放ばねが設定される。
- (6) 全開極後のオーバトラベルとリバウンス： これらが過大であるとベローズや接点に不要の衝撃・振動が加わり、ベローズの機械的寿命を短縮したり再点弧の原因になる。

3.2 軽量形操作機構

VSG の操作機構は、多ひん度・長寿命が要求される構造の簡単な



(a) 開極状態



(b) 閉極状態

図 6. 軽量形操作機構の 1 例

コンタクト用と、比較的大きな操作力とトリップフリー機能を要求されるしゃ断器用とに大別される。負荷時タッチチェンジャ用は前者に、負荷開閉器用は両者の中間的構造に位置する。従来の VSG の操作機構は OCB や MBB から出発したものが多く、一般に部品点数が多く複雑で小形軽量化や高信頼化には今一步の感があった。しかし最近 VST の操作定数に対する理解が深まるにつれて、VST の特長をフルに発揮させる簡単な操作機構の開発が活発になってきており、盤幅の縮小、多段積化が一段と進みつつある。

図 6. は軽量形操作機構の 1 例で、多ひん度開閉用 VCB として 10 万回の寿命が検証されているものである⁽⁸⁾。底部が V 字形のくさび片とローを組合せた構成により、投入ラッチ、トリップフリー機構は極めて簡単になる。くさび片の標高差とこう配形状を任意に選ぶことにより真空接点のギャップを変化でき、投入特性を直線的・加速的・また減速的に可変でき、また投入マグネットのストロークを任意に選ぶこともできる特長をもっている。

4. 開閉サージと操作特性

4.1 使用実績

開閉サージの問題に関しては、モータのトラブルが解決され、サイリスタ回路・乾式トランス・低周波誘導炉回路を含めた適用基準が整備されてから既に久しい⁽⁹⁾。特高しゃ断器に関しても、「30 kV VCB は ABB や OCB よりも投入サージが発生しにくく、しゃ断サージも低い」ことが実証され⁽¹⁰⁾、「高周波消弧サージは実用上問題になるケースは非常に少ない」ことが報告され⁽¹¹⁾、リアクトル式負荷時タッチ切

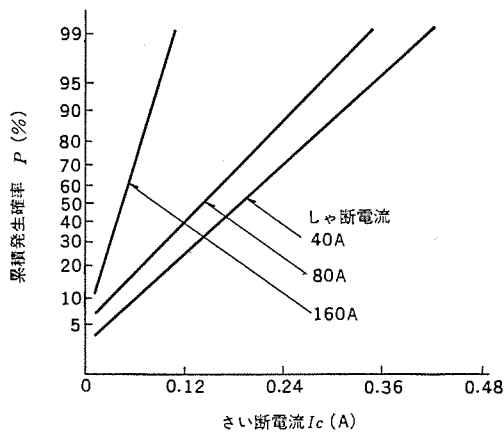
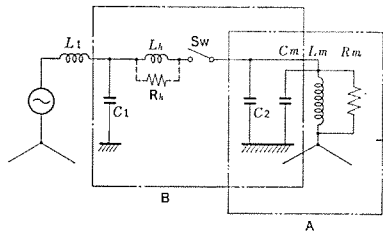


図 7. さい断電流の分布特性



- A: 消弧時の再起電圧周波数振動回路
 B: 発弧時の高周波振動回路
 L_1 : 電源側インダクタンス
 C_1 : 電源側対地静電容量
 L_h : スイッチ近傍の浮遊インダクタンス
 R_h : L_h の並列等価抵抗
 C_2 : ケーブルの対地静電容量
 C_m : 負荷の対地静電容量
 L_m : 負荷インダクタンス
 R_m : 負荷等価抵抗

図 8. 高圧ケーブルシステムのサージ等価回路

換器への VST 応用に際して極めて厳密な実測と計算が行われてサージに対する懸念のないことが確認されてきた⁽¹²⁾。これらの報告にも増して数万台 10 年間に及ぶ実フィールドでの無事故実績は VSG の信頼性に一段の重みを与えるものである。

4.2 開閉サージの特性要因と保護の考え方

一般に実システムのサージ等価回路は図 8. で表されるが、スイッチの消弧時は負荷側に L_m , $C_2 + C_m$, R_m なる振動回路が形成される (図 8. A)。ただし、同時に電源側にも L_1 , C_1 からなる振動回路も考えられるが、今はこれを無視する。発弧時はスイッチを含み L_h , $[C_1(C_2 + C_m)/C_1 + C_2 + C_m]$, R_h なる振動回路が形成される (図 8. B)。したがってサージの周波数は、前者では 1~20 kHz の再起周波、後者では 0.1~1 MHz の高周波からなる。また、第 3 の場合として両者が交互に発生する場合もあり、一般的には VSG の投入やしゃ断の過程では図 9. に示したルートで発弧や消弧現象が見れる。

したがって、サージ発生に影響する因子としては、(1)サージ形成回路の特性、(2)開閉操作条件を含めた VSG の特性、(3)負荷の使用条件、の 3 者がある。負荷機器や回路部品の絶縁損傷に対して開閉サージが有害かどうかの問題は、上記の 3 者のほかに、(4)負荷機器の巻線間電圧分担特性を含めた耐電圧性能が絡むので、これらの因子をは(把)握した上で、合理的で適切な(5)サージ保護対策を決めることができる。

負荷機器の種類に対応したサージ保護の考え方を図 10. に示す。この図は保護を余裕目に施した場合の目安を与えるものである。

4.3 進み電流開閉性能に及ぼす操作特性の影響

VST の取付け・操作方法が VSG の性能や寿命と密接に関係する

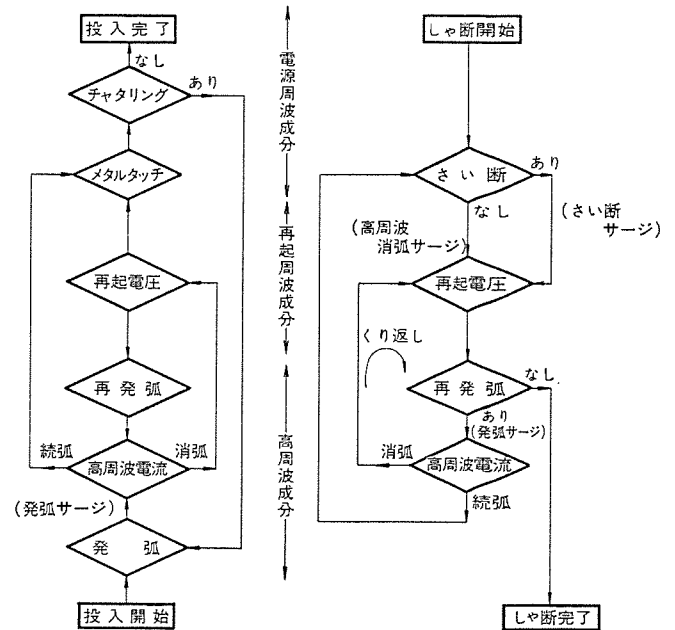


図 9. 投入及びしゃ断過程における発弧・消弧のメカニズム

適用負荷	コンタクト用	しゃ断器用、配電用	備 考
電動機	VSリアクトル ケーブル	CRサブレッサ またはZNO サブレッサ	インテグレーションがない場合や3.3 kV回路にはVSリアクトルを省くこともできる。
半導体	VSリアクトル CRサブレッサ	ZNO サブレッサ CRサブレッサ	
誘導炉 主回路	LA	CRサブレッサ	
誘導炉 2次回路	適用自由	—	単相コンデンサ 開 閉
乾式変圧器	ZNOサブレッサ	CRサブレッサ またはZNO サブレッサ	
油入変圧器	適用自由	適用自由	
コンデンサ バンク	適用自由	適用自由	母線にはLAがあること

図 10. 負荷別サージ保護対策の考え方

ことは 3.1 節で述べたが、以下に進み電流開閉試験において開極時の機械的衝撃や振動が VST の耐電圧特性に影響を与えるという実験例を述べる。

回路条件に対して VST 及びその操作特性が適切でなかった場合、しゃ断後数サイクルを経過したあとでも再点弧を生じることがあり、我々は“遅れ再点弧現象”と呼んでいる。遅れ再点弧の遅れ時間 t と t よりも大なる遅れを生じる回数出現率 P との関係を図 11. に示した。この図は等価回路を用い再点弧しやすくするために試験電圧を定格電圧の 2 倍に高めた加速試験により得られたもので、電流しゃ断後の電圧印加時間は 60 cycle/(sec) とした。ここで操作機構 A は衝撃や振動を適切に調整したものであり、操作機構 B は全く考慮を払わなかったもの、したがって衝撃振動が過大な場合である。図 11. から明らかなように操作機構 A のほうが格段に優れている

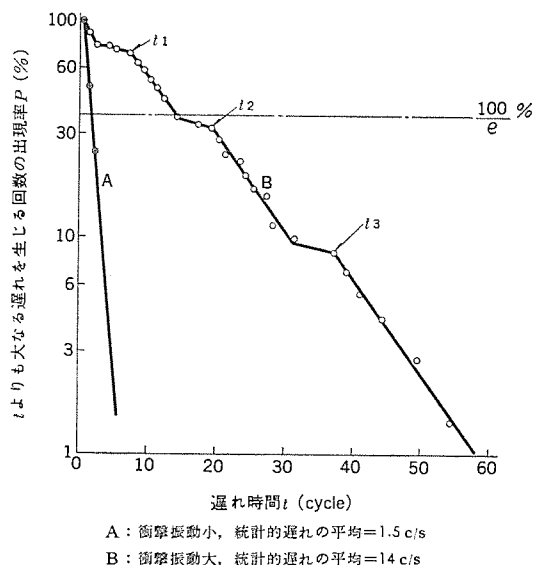


図 11. 進み電流開閉性能に及ぼす操作特性の影響

ことがわかる。操作機構 B の $P-t$ 曲線には 3 段のステップが生じており、各ステップの位置 t_1 , t_2 , t_3 と図には示さないが VST の衝撃振動のピーク位置とはよく対応している。このような遅れ再点弧現象は操作機構の衝撃振動によって真空接点間でのマイクロ放電が発生しやすくなるために生じるものと考えられる。もちろん実用の VSG は注意深く設計されており、無再点弧開閉器として高い信頼性実績を有していることを付け加えておく。

5. 寿命終止の要因と保守

VST の寿命を規定する要因として、(1)ベローズの機械的疲労、(2)接点の電気的消耗、(3)真空容器・ベローズの化学的耐食性、(4)真空度の経年変化、の 4 項目が考えられ、そのうちの 1 つが規定値に達すれば寿命終止となる。

参考までに、発売当初の製品集団のうちで寿命終止となったものをモード分類すると以下ようになる。すなわちベローズのねじれによる真空破壊、電極端子の締付ゆるみによる過熱、内部ガスの放出、ガラスクラックなどは使用開始初期に生じ、使用年数が経過するとともにスローリークやベローズ腐食によるリークが発生する傾向がみられる。コンタクト用では開閉回数が 25 万回を超えたもの、しゃ断器用では 1~3 万回を超えたものもある。また、発売当初の VST には、真空の経年変化を目視する目安として、いわゆるゲッタ膜を設けたものがある。これはバリウム蒸着膜で、通常は黒銀色であるが、経年変化して周辺から透明になり蒸着膜の面積が減じていき、遂には膜は無くなり、真空劣化状態では膜は乳白色になる。ゲッタ膜の目視チェックで注意を要するのは、黒銀色の場合でも一部に真空劣化しているものが存在することである。これは、接点中にビスマスなどの低融点金属が含まれている場合は、それが蒸着膜にも含まれていることがあり、純バリウム膜としての真空度依存性を示さないことによる⁽¹³⁾。

《Relia Vac》は上述の使用実績を徹底して吟味した上で完成されたものであり、その寿命は 20~50 年を有すると考えられる。しかし輸送中の事故など万一の場合に備える意味ですえ(据)付時点検を行い、その後は使用環境にもよるが原則として 6 年ごとの点検を実施するのが望ましい。点検項目は、(1)動作回数のチェック、(2)接点の消耗表示線の目視チェック、(3)真空容器外表面の金属さびの目

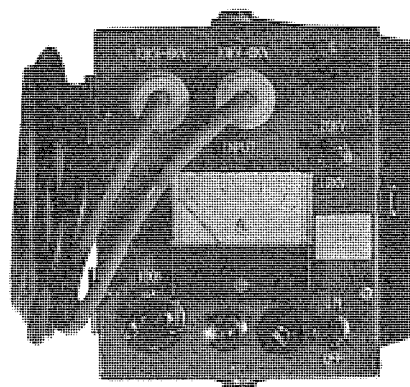


図 12. 携帯形真空 チェッカ V-1 形

視チェック、及び(4)真空チェッカによる接点極間耐圧試験、の 4 項目である。携帯形真空チェッカ(図 12.)は対地間電圧が極間電圧の 1/2 に設計されているので VSG の古い絶縁物を損傷する懸念がなく好評を得ている。

6. む す び

以上、豊富な使用実績と高い信頼性をもち小形化した《Relia Vac》の特長を紹介し、その操作・適用及び保守上のポイントを述べた。VST の高信頼化と小形化が接点や管球技術の向上によってもたらされたとともに、その性能をつるに活用した軽量形操作機構を次々と開発している現状から、VSG の性能的・寸法的なメリットが一層高まってますます適用を広めていくことが期待される。

参 考 文 献

- (1) 岡田ほか：三菱真空スイッチ，三菱電機技報，41，No. 841 (昭 42)
T. Okada et al.: Mitsubishi Vacuum Switches, M. D. Eng. No. 16, 7 (1968)
- (2) 岡田ほか：真空スイッチ管の実用性能，三菱電機技報，43，No. 10, 1,399 (昭 44)
- (3) 剣持ほか：22 kV ミニクラッド，三菱電機技報，44，No. 8, 1,052 (昭 45)
- (4) 桜井ほか：24, 36 kV 級真空しゃ断器，三菱電機技報，46，No. 7, 794 (昭 47)
- (5) 青木ほか：過密都市架空配電用機器の技術開発，三菱電機技報，44，No. 7, 885 (昭 45)
- (6) 嶋ほか：真空スイッチを用いた負荷時タップ切換器，三菱電機技報，42，No. 3, 510 (昭 43)
- (7) 青木ほか：72 kV, 40 kA 真空スイッチ管，昭 52 電学全大会 929
- (8) 山中ほか：開閉器の操作機構，特開昭 52-84462
- (9) 岡田ほか：開閉サージ問題と真空開閉器の適用，三菱電機技報，45，No. 12, 1,650 (昭 46)
- (10) 曾我ほか：33 kV 真空しゃ断器の実系統への適用に関する研究，中部電力研究資料，No. 51, p. 23~45 (昭 47)
- (11) 補永ほか：22~33 kV 真空しゃ断器による開閉サージと抑制対策，電力中研技術第 1 研究報告，No. 74073 (昭 50-4)
- (12) 樋口ほか：真空スイッチ式負荷時タップ切換器，三菱電機技報，51，No. 2, 161 (昭 52)
- (13) 青木ほか：真空スイッチ，特公昭 50-39826

半導体素子におけるはんだ接合部の熱疲労強度の評価

土方 明躬*・吉岡 純夫**・宮崎 政行**・水牧 仁保***

1. ま え が き

電子部品に広範囲に使用されている半導体素子の多くは、異種部材をはんだで接合した構造形式をとっている。このような接合構造に温度サイクルが加わると、被接合部材の線膨張係数の差によりはんだ接合部に繰り返しひずみが生じる。近年、半導体は大形化し、使用条件も過酷となっているため、温度サイクルによって生じる繰り返しひずみも増大し、はんだ接合部の疲労破壊がときとして問題になることがある。このような使用条件下におけるはんだ接合部の熱サイクル疲労強度については2～3の研究が行われているが⁽¹⁾⁽²⁾、必ずしも十分な寿命評価法が確立されているとは言えず、また、はんだ材の室温あるいは高温での機械的性質や疲労強度に関するデータは乏しいのが現状である^{(3)～(7)}。そこで、筆者らは、半導体素子のはんだ接合部の熱サイクル疲労寿命を評価し、これに影響する因子を明らかにするために、

(1) はんだ材2種類について、せん断応力下における機械的性質に及ぼす温度とひずみ速度の影響を調べるとともに、両振れの定ひずみねじり疲労試験を行い、低サイクル疲労強度に及ぼす温度と保持時間の影響を調べた。

(2) 次に、異なる線膨張係数を有する材料をはんだで接合した部材に温度変化を与えた場合のはんだ接合部に生じる熱ひずみ(せん断ひずみ)をはんだを弾完全塑性体とみなして解析した。

(3) 更に、(1)と(2)を用いて得られる寿命予測値と実際のパワートランジスタの加速寿命試験結果とを対比した。

以上、この報告は半導体素子のように異なる線膨張係数を有する材料をはんだで接合した部材に温度サイクルが加わった場合のはんだ接合部の熱疲労強度の評価方法について検討したものである。

2. はんだ材の機械的性質と低サイクル疲労強度

2.1 供試材料と試験方法

試験に供したはんだ材は、一般に半導体素子のはんだ材料に多く使用されている、A材：60Pb-40Sn、B材：88Pb-10Sn-2Agの2種類で、これらのはんだ材を鋳込んで15φ×300mmの丸棒を製作し、これより平行部長さ20mm、外径6mm、内径3mmの中空丸棒試験片に加工した。その化学成分を表1.に、試験片の形状・寸法を図1.に示す。

静的ねじり及びねじり疲労試験は、負荷トルクとねじり角の計測可能なねじり角で制御する形式の図2.に示す試験装置を製作して

表1. 化学成分 (wt %)

記号	種 類	成 分		
		Pb	Sn	Ag
A	60 Pb-40 Sn	59.4	40.6	—
B	88 Pb-10 Sn-2 Ag	87.8	10.5	1.7

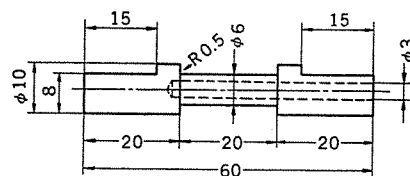


図1. 試験片の形状・寸法

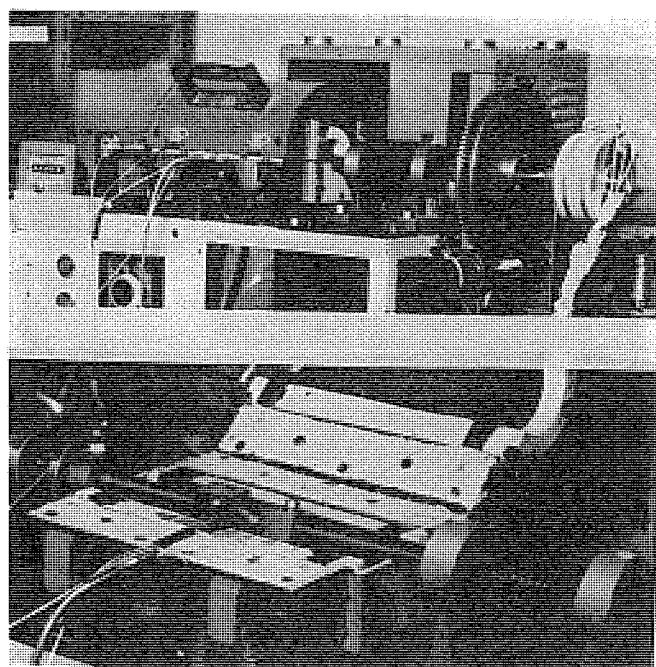


図2. 静的ねじり試験装置の外観 (上：全景、下：試験片取付部)

行った。

静的ねじり試験は、20℃、80℃及び135℃の3段階で、ひずみ速度を約0.1～10%/s.の範囲で4段階に変えて行い、機械的性質に及ぼす温度とひずみ速度の影響を求めた。低サイクルねじり疲労試験は、上記と同じ3段階の温度で行い、一部保持時間の影響を調べた。なお、試験片に生じるせん断ひずみは、負荷したねじり角を平行部長さ20mmで除した値を用いた。

2.2 静的ねじり試験結果

静的ねじり試験で得られたせん断応力 τ とせん断ひずみ γ との関係は、図3.にその1例を示すように、試験温度 T により大きく変化する。

0.2%の永久ひずみを生じさせる応力 $\tau_{0.2}$ 、せん断強さ τ_B と破断せん断ひずみ γ_f の温度依存性は図4.に示すように、 $\tau_{0.2}$ 、 τ_B は温度 T が上昇するにつれて低下し、 γ_f は大きくなる傾向を示している。また、A材とB材ではB材のほうが同一温度で τ_B は大きい、 $\tau_{0.2}$ と γ_f は両材ともほぼ等しい。

$\tau_{0.2}$ 、 τ_B 及び γ_f のひずみ速度依存性を調べた結果の1例を図5.に示す。ひずみ速度 $\dot{\gamma}$ が大きくなると、 $\tau_{0.2}$ と τ_B は大きくなり γ_f は低下する。この傾向は各試験温度で同様であった。これらの結果

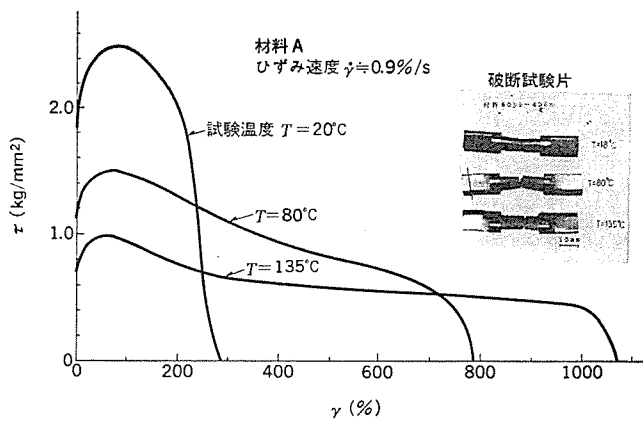


図 3. 静的ねじり試験結果

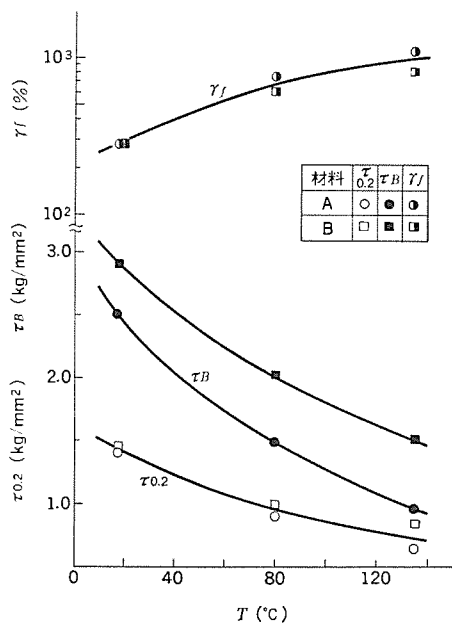


図 4. 機械的性質の温度依存性
($\dot{\gamma}=0.89\sim0.99\%/s$)

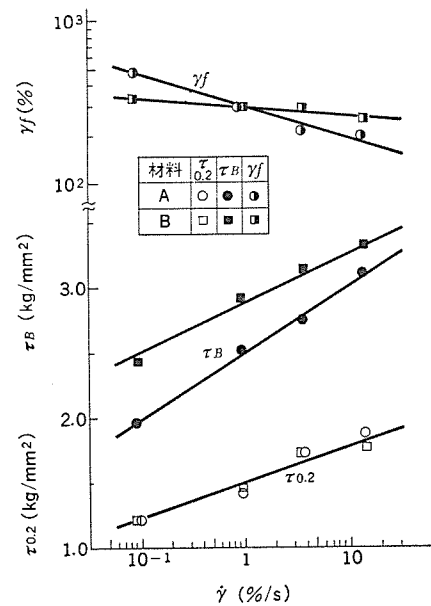


図 5. 機械的性質のひずみ速度依存性 (20°C)

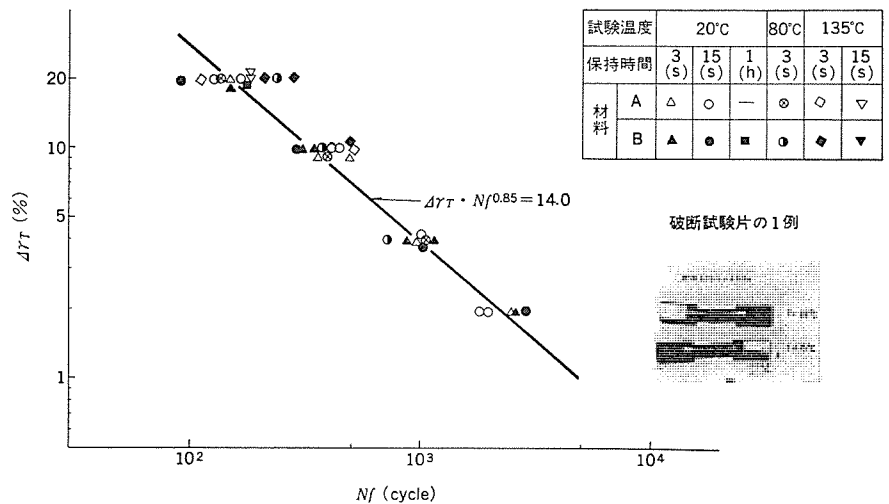


図 6. 低サイクル疲労試験結果

より、はんだ接合部材の強度の特性を評価するには、ひずみ速度や試験温度を考慮しなければならないことが分かる。

2.3 低サイクルねじり疲労試験結果

上述したように、はんだ材の強度はひずみ速度の影響を受けることから疲労強度に関しても保持時間の影響を受けることが考えられる。そこで、負荷及び除荷のひずみ速度を約 40~60 %/s とし、負荷中の保持時間 th を 3 秒、15 秒及び 1 時間に変わって疲労試験を行った。その結果、全ひずみ範囲 $\Delta\gamma_T$ と破断繰返し回数 N_f の関係は、図 6. に示すように、A 材、B 材とも温度及び保持時間の影響がほとんどなく、1 つのばらつきの範囲内に入り、供試はんだ材の低サイクル疲労強度は近似的に下式により表示できる。

$$\Delta\gamma_T \cdot N_f^{0.85} = 14.0 \quad (1)$$

なお、一般的には、保持時間を伴う場合の疲労損傷は、

- ① 保持時間なしの場合の疲労で受ける損傷
- ② 保持時間中の応力状態に対するクリープ損傷

の和で表れるとし、式(2)の直線損傷則を用いて考えられている⁽⁶⁾。

$$N_f \cdot (\phi_f + \phi_c) = 1 \quad (2)$$

ただし、 N_f : 破断までの繰返し数、 ϕ_f : 1 サイクル中の疲労損傷、 ϕ_c : 1 サイクル中のクリープ損傷である。なお、上述のこの試験結果において、はんだ材の疲労強度に保持時間の影響が入らないのは、図 7. に示すように、はんだ材の定ひずみ保持中の応力緩和が、

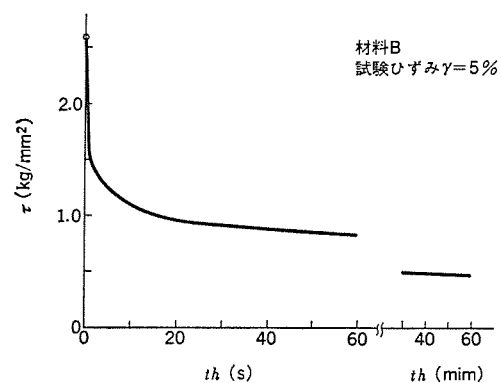


図 7. 応力緩和試験結果 (20°C)

く短時間のうちに進行し、式(2)におけるクリープ損傷 ϕ_c が疲労損傷 ϕ_f に比べて小さいためであると考えられる。

3. はんだ接合構造のひずみ解析

異なる線膨張係数を有する2つの材料をはんだで接合した部材に、一様な温度変化を与えた場合の被接合部材及びはんだ接合部に生じるひずみを解析した。解析にあたって、次の仮定を設けた。図8.に示すような部材1と2をはんだで接合した部材に温度変化を与えたとき、被接合部材は長手方向に一様な伸び変形のみを生じ、はんだはせん断変形のみを生じとする。また、部材1、2は弾性体とし、はんだは弾完全塑性体とする。

被接合部材1、2の縦弾性係数を E_1, E_2 、線膨張係数を α_1, α_2 ($\alpha_2 > \alpha_1$)、板厚を t_1, t_2 、幅を W とし、はんだのせん断弾性係数を G_c 、厚さを h とし、この部材に一様な温度上昇 T を与えたときの中央から x の位置における部材2の長手方向荷重 P_2 を求める式は、

$$\frac{d^2 P_2}{dx^2} - \frac{G_c}{h} \left(\frac{1}{E_2 t_2} + \frac{1}{E_1 t_1} \right) P_2 = \frac{G_c W}{h} (\alpha_2 - \alpha_1) T \quad \dots\dots\dots (3)$$

となる。この方程式は、境界条件を定めることにより容易に解が得られ、被接合部材の荷重分布を求めることができる。

はんだが弾性状態のときは、はんだに生じるせん断ひずみは、

$$\gamma = \frac{(\alpha_2 - \alpha_1) T}{\sqrt{A} h} \cdot \frac{\sinh(\sqrt{A} x)}{\cosh(\sqrt{A} L)} \quad \dots\dots\dots (4)$$

で求まる。ここで、

$$A = \frac{G_c}{h} \left(\frac{1}{E_2 t_2} + \frac{1}{E_1 t_1} \right)$$

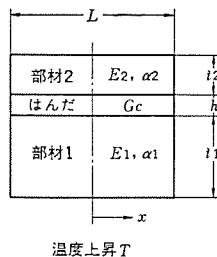


図8. はんだ接合構造

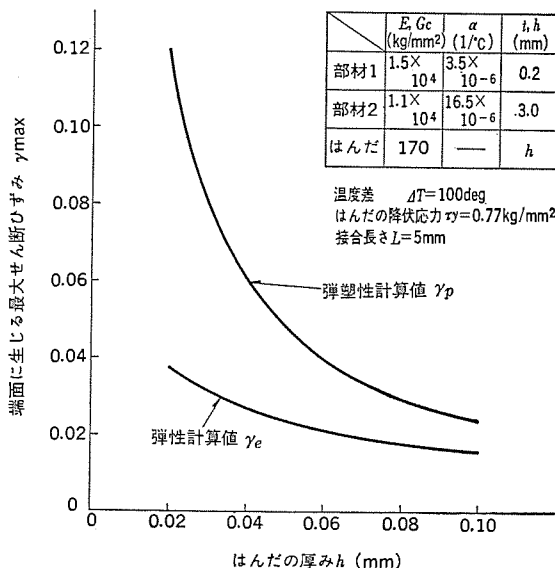


図9. 計算結果の1例

である。

式(4)より、はんだに生じるせん断ひずみは、中央で零で端部へ行くほど大きくなる。したがって、温度 T の上昇に伴いはんだの端部は降伏応力を越え、更に T の上昇に伴い、降伏領域が増大する。このような弾塑性状態における、塑性域と弾性域の境界 x_c は次式を数値的に解くことにより求まる。

$$\sqrt{A} + \tanh(\sqrt{A} x_c) \left\{ A \left(\frac{L}{2} - x_c \right) - \frac{(\alpha_2 - \alpha_1)}{h \gamma_y} \right\} = 0 \quad \dots\dots (5)$$

ここで、 $\gamma_y = \tau_y / G_c$ 、 τ_y は、はんだの降伏強さである。このときのはんだに生じるせん断ひずみは次式で求まる。

$$\gamma = \begin{cases} \gamma_y \frac{\sinh(\sqrt{A} x)}{\sinh(\sqrt{A} x_c)} & (0 \leq x \leq x_c) \\ \frac{\gamma_y A}{2} (x^2 - x_c^2) + (x - x_c) \left\{ \frac{(\alpha_2 - \alpha_1) T}{h} - \frac{\gamma_y A L}{2} \right\} + \gamma_y & (x_c \leq x \leq \frac{L}{2}) \end{cases} \quad \dots\dots (6)$$

はんだに生じるせん断ひずみの計算結果の1例を図9.に示す。はんだの厚みが薄くなるとせん断ひずみは大きくなり、特に、弾塑性計算により得られるせん断ひずみ γ_p は、ほぼ $1/h$ に比例して増大する。また、 γ_p の弾性計算で得られるせん断ひずみ γ_e に対する比 γ_p/γ_e は、はんだの厚みが薄くなると大きくなる。この計算例の諸元に対して、被接合部材の線膨張係数の差 $\Delta\alpha = (\alpha_2 - \alpha_1)$ とせん断ひずみ $\gamma_{\max}$ との関係を求めると、 γ_p, γ_e ともに $\Delta\alpha$ に対して直線的に比例するが、その傾きは γ_p のほうが大きくなる。また、接合長さ L に対しては、 γ_p はほぼ L の2乗に比例して増加するが、 γ_e はある程度の接合長さ以上になると、ほぼ一定の値を示す。

4. 寿命予測と温度サイクル試験結果との関係

4.1 計算式の妥当性の検討

前章で述べたひずみ計算式の妥当性を検討するために、パワートランジスタのシリコン上面の中央にひずみゲージをちょう付し、トランジスタを一定速度で昇温させたときの熱ひずみを測定し、計算値と対比した。測定したパワートランジスタは、厚さ3mmの銅の基盤上に寸法5.2□×0.2⁺のシリコンチップをはんだ（材料60Pb-40Sn）付けしたものである。その結果、図10.に示すように実測値と計算値とは、ほぼ一致しており、トランジスタを温度上昇させたとき、はんだに生じるせん断ひずみは誘導した計算式でおおむね評価できると考えられる。

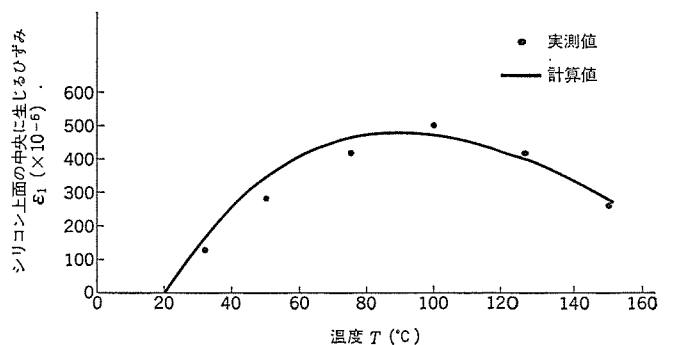


図10. 実測値と計算値との比較

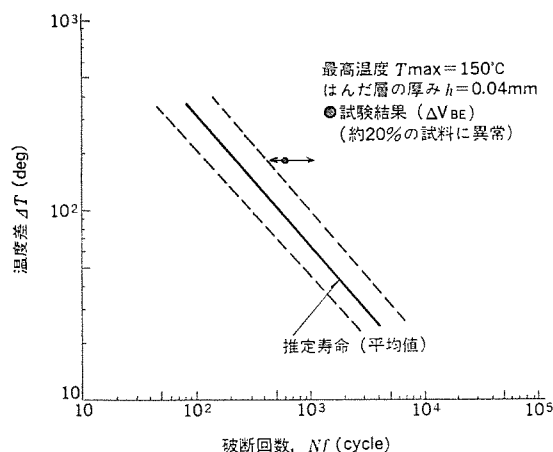


図 11. 寿命予測と試験結果との比較

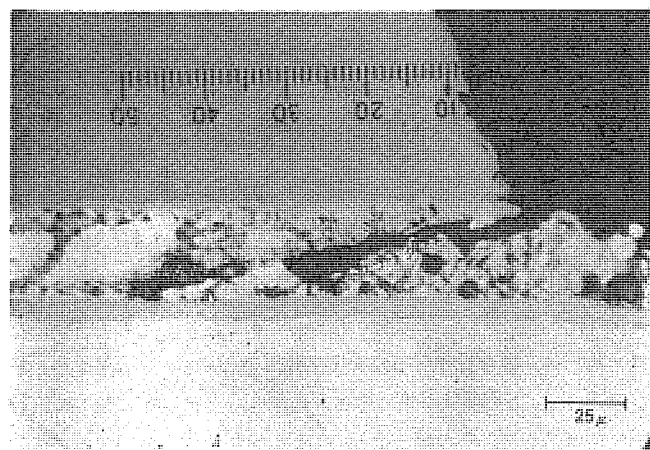


図 12. 温度サイクル試験後のはんだ部の断面観察結果
(繰り返し数 600 回後)

4.2 温度サイクル試験と寿命評価

実使用状態でトランジスタの良否を決定するのは長時間を要するので、通常、温度条件を厳しくすることにより加速寿命試験が行われる。そこで、この種の試験としては、最も過酷な試験規格に準じて温度サイクル試験を実施し寿命評価式の妥当性を検討した。実施した試験はトランジスタを高温炉と低温炉とに交互に出し入れし、規定回数ごとに熱抵抗の変化を測定する方法である。トランジスタの良否の決定は、トランジスタの熱抵抗測定法の1つである ΔV_{BE} 法を用いた。この方法は、トランジスタのベースエミッタの順方向特性 (V_{BEF}) の温度依存性を利用して測定する方法であり、 V_{BEF} と温度 (T) は直線関係があるので、 $T=T_0$ (例えば、室温) でのある一定電流値における V_{BEF} 値 V_0 を測定した後、素子に電力を印加して素子の温度を上昇させ印加終了直後に最初と同じ電流条件で V_{BEF} 値 V_1 を測定し、 $(V_0 - V_1)$ を ΔV_{BE} としている。シリコンチップとベースとの間のはんだ部分あるいは素子自体に欠陥などがある場合は、素子に電力を印加したとき放熱効果が悪く ΔV_{BE} が大きくなることにより、素子が不良であると見なすことができる。温度サイクル試験によってはんだ部分に疲労き裂が発生すれば、 ΔV_{BE} が大きくなることによって検知できると考えられる。

4.3 寿命予測と温度サイクル試験結果との比較

はんだ単体の強度と計算値より求める寿命予測値と試験結果との比較を図 11. に示す。同図は繰り返し温度の上限を 150°C としたときの温度振幅 ΔT と寿命との関係を推定した結果と実際に 50 個の

トランジスタを $-40^{\circ}\text{C} \sim 150^{\circ}\text{C}$ の温度範囲を 90 分サイクルで、温度サイクル試験を実施した結果を示すものである。この試験条件では、推定寿命は、平均値で約 200 回となる。一方、温度サイクル試験では、約 600 回で約 20 % のトランジスタの ΔV_{BE} 値が初期に比べて高くなり異常が起きていることが判明した (規格では、繰り返し数 100 回を保証すればよいことになっている)。この異常の起こったトランジスタのはんだ接合部の断面を観察した結果を図 12. に示す。同図よりクラックは、はんだ層と被接合部材の境界の端部より発生し成長していることが分かる。このクラックの発生寿命は、 ΔV_{BE} 値で異常と認められた回数約 600 回よりも前であり、クラックの成長にある程度の回数が必要であったと考えられる。したがって、図 11. に示す実験点は推定寿命より寿命が長くなっているが、クラック発生寿命をとれば、もっと回数の少ないほうに移行し推定寿命に近づくものと考えられるが、推定寿命は熱抵抗変化が生じる寿命よりも若干短いようである。したがって、今後、クラックの進展寿命及び、クラックの進展度合と半導体素子の電気的特性変化の対応などを知る必要がある。

5. む す び

半導体素子に多く見られる異種材料をはんだで接合した部材に温度サイクルが加わった場合のはんだ接合部の熱疲労強度について検討した結果、

- (1) はんだ材 2 種 (60 Pb-40 Sn, 88 Pb-10 Sn-2 Ag) の機械的性質の温度及びひずみ速度依存性が明らかになった。また、供試はんだ材の低サイクル疲労強度は、全ひずみ範囲で整理すると式 (1) で寿命が評価でき、温度 $20^{\circ}\text{C} \sim 135^{\circ}\text{C}$ 及び、保持時間が 1 時間程度までのこの試験範囲内では、温度及び、保持時間の影響は無視できることが明らかになった。
- (2) 接合部材に温度変化を与えた場合に、はんだ接合部に生じるせん断ひずみは、はんだを弾性体として計算したときと、弾完全塑性体とした場合とでは、弾完全塑性体にしたときのほうが大きく計算される。したがって、はんだ接合部材のはんだを便宜的に弾性体として取扱ってひずみを求め、寿命評価を行うのは危険側になる。
- (3) 弾塑性計算で求まるひずみと、はんだ材の疲労強度データから半導体素子のはんだ接合部の寿命を推定し、これと半導体素子の温度サイクルによる熱抵抗変化の試験結果とを対応させると、前者で推定した寿命は、熱抵抗変化が生じる寿命より若干短い。したがって、今後、クラックの進展寿命及びクラックの進展度合と半導体素子の電気的特性変化の対応などを知る必要があるが、この推定法による半導体素子の寿命を安全側に評価することができる。

参 考 文 献

- (1) 保川ほか：機械学会講演論文集，No. 760-2，121 (昭 51)
- (2) Combs V. D. : ASTM, STP 515, 3 (1972)
- (3) Robert Mark : Exp. Mech., 17, 4, 121 (1977)
- (4) Morris E. Fine et al. : Trans. ASME, 37, 245 (1946)
- (5) Roger N. Wild : Welding Journal, 51, 11, 521 S (1972)
- (6) W. B. Green : AIEE Winter General Meeting, paper 61-24 (1961)
- (7) G. A. Lang et al. : IEEE, Trans. on Elect. Devices, ED 17, 9, 787 (1970)
- (8) 平：熱応力と熱疲労，日刊工業新聞社 (昭 49)

ハニカム3層構造のスピーカー振動板への応用

田中 準一*・檜垣 孝志*・小野 利夫**

1. ま え が き

最近のスピーカーシステムは、エレクトロニクス技術の進歩を背景に、着実にその性能が改善されてきている。すなわち、計算機の普及による有限要素法などの解析技術が、スピーカーの振動や音場解析に用いられ、スピーカー振動板の必要な条件を明らかにしたばかりか、最適設計をも可能にした⁽¹⁾。また、デジタル測定技術の進歩により、従来、音圧・周波数特性、インピーダンス特性、高調波ひずみ特性で代表していたスピーカーの特性に、位相・過渡応答・混交調ひずみの諸特性が加えられた。

このような解析、測定技術に加え、スピーカーに用いられる材料にも、振動板を中心に多くの進歩がみられた。広い再生帯域を得るためには、 $\sqrt{E(\text{ヤング率})/\rho(\text{密度})}$ の大きな振動板材料が必要で、この要求に合致するボロン・ベリリウムのような金属、カーボン繊維又はガラス繊維強化プラスチック(CFRP, GFRP)、あるいはこれらを用いたハニカム構造のような複合材が、スピーカー振動板材料として使われてきている。

これらの優れた振動板材料のほか、低ひずみ化を増した磁気回路や⁽²⁾、耐入力性を増したボイスコイルの開発により⁽³⁾、高性能スピーカーとして必要な、広帯域再生・低ひずみ化・耐入力性の点で、従来のスピーカーと比較して格段と優れたものが得られている。

この論文では、振動板材料の中でも極めて優れた物理定数を有するハニカム構造振動板のスピーカーへの応用について述べる。

2. ハニカム構造

2.1 構造

ハニカムとは、はく(箔)状材料を用い、無数の六角筒のセルが蜂の巣状に集まった構造をいい(コアと呼ぶ)、この両面にスキンと呼ぶ薄板を張り合わせたものが、ここでいうハニカム(3層)構造である。

ハニカム構造では、コア及びスキンが、それぞれせん断応力・曲げによる軸応力に対応し、極めて大きな曲げ剛性を得ている。

コアの材料としては、アルミニウム・プラスチック・紙などが用いられ、スキンにはCFRP・GFRP・アルミニウムが使われている。

2.2 製造方法⁽⁴⁾

図1.にアルミハニカムコアの製造方法⁽⁴⁾を示す。まず、アルミ箔に条線状に交互に半ピッチずらして接着剤を塗ったものを重ねてプレスし、次に、こうして得られたものを必要な厚み(コア厚み)に切断し、引張ってコアとする。

ハニカム構造は、コアの両側に接着剤を塗ったスキンを張りつけるか、CFRPあるいはGFRPスキンの樹脂を半硬化状態のままコアと接着し、熱プレスする方法で作られる。

2.3 ハニカム構造の特長

第1の特長は、コアの部分の空気の占有率が90%前後あることと、スキンに高剛性の材料を用いることにより、軽くて大きな剛性が得られることである。次には、コアとスキンを接着しているため、構造減

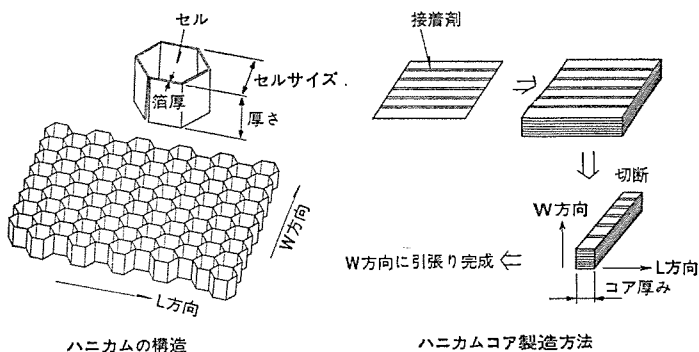


図1. ハニカム構造とコアの製造法

表1. 各種振動板材料の物理定数(金属材料以外は代表的な値)

	密度 ρ (g/cm^3)	ヤング率 E (dyne/cm^2)	E/ρ (cm^2/s^2)	内部損失 η
CFRP ハニカム	0.1~0.3	9×10^{10}	4×10^{11}	0.01~0.05
GFRP ハニカム	0.1~0.3	2×10^{10}	1.8×10^{11}	0.01~0.05
天然繊維	0.3~0.5	1×10^{10}	5×10^{10}	0.03~0.05
B	2.54	3.8×10^{12}	1.5×10^{12}	0.01 以下
Be	1.83	2.4×10^{12}	1.3×10^{12}	"
Al	2.69	7.3×10^{11}	2.7×10^{11}	"
Ti	4.58	1.1×10^{12}	2.4×10^{11}	"
Mg	1.74	4.4×10^{11}	2.53×10^{11}	"

衰による内部損失が大きなことがあげられる。更には、金属材料とプラスチックを用いたハニカム構造は、耐湿性・耐熱性に優れている。

表1.は、ハニカム構造と他の振動板材料との定数比較である。ハニカム構造は、ヤング率 E そのものの比較では金属材料に劣るが、密度 ρ が極めて小さなため、振動板材料として必要な E/ρ では大きな部類に入る。また、内部損失 η も天然繊維を用いた紙について大きな値をもっている。

3. 振動板として重要とされる条件

従来から、良いスピーカー振動板の条件として、広い周波数にわたってピストン振動することや、適当な内部損失を有することなどがいわれている。本章では、ハニカム構造と他の振動板材料を比較し、これらの条件を述べる。

3.1 分割振動

振動板がピストン振動をしなくなるのは、分割振動が起きてくるためであり、ここでは分割振動について述べる。分割振動には、スピーカーの使用帯域を決定する軸対称分割振動と、比較的低い周波数でも起こる非軸対称分割振動とがある。

3.1.1 軸対称分割振動

この分割振動とは、振動板に同心円上の節を生じることで、これが

通常スピーカーの使用帯域を決定してしまう。円形平板を振動板に用いた平板形スピーカーの1次分割共振周波数 f_1 (Hz) は、近似的に周辺自由とすると、

$$f_1 = \frac{0.421t}{a^2} \sqrt{\frac{E}{\rho(1-\sigma^2)}} \quad \dots\dots\dots (1)$$

となる。ここで、 t : 振動板厚さ (cm), a : 半径 (cm), E : ヤング率 (dyne/cm²), ρ : 密度 (g/cm³), σ : ポアソン比

表 1. の振動板材料のいくつかについて、 $a=10$ cm とし、振動板重量を 20 g としたときそれぞれの密度から厚さを求め、式 (1) の f_1 を求めると、図 2. のようになる。ハニカム構造は、軽くて大きな厚さを有することから、他の材料と比較にならぬ程高い値をもっている。

コーン形振動板では、円板のような曲げ振動だけでなく、伸び振動も加わるため、分割振動は材料の定数だけでなく、形状にも大きく依存してくる。図 2. に示すコーン形状の軸対称分割振動周波数については、有限要素法によるシミュレーションから、近似式が導かれて⁽⁵⁾。節円が1個生ずる1次共振 f_1 は、

$$f_1 = \frac{\sin \alpha}{2\pi R_a} \sqrt{\frac{E}{\rho(1-\sigma^2)}} \cdot \frac{\cot \alpha \cdot R_l (R_l^2 - 6R_l + 10.7)}{4.8273} \quad \dots\dots\dots (2)$$

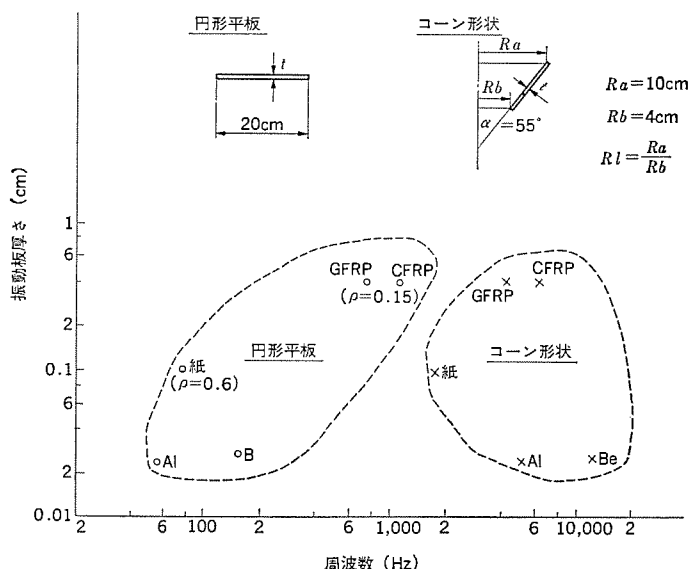


図 2. 口径 20 cm 振動板の軸対称 1 次分割共振周波数 (振動板重量 20 g とし、定数は表 1. を用いた)

となる。

円形平板で行った材料について、同じ振動板重量・半径・厚さをとり、 $R_l=2.5$, $\alpha=55^\circ$ を式 (2) に代入したのが図 2. である。なお、式 (2) には振動板の厚さが含まれていないが、2 次共振以上では厚さが影響することが知られている⁽⁶⁾。図 2. では振動板の厚さの効果がないため、CFRP ハニカムでも紙コーンの 3 倍程度の伸びにとどまっている。

これまで述べたように、軸対称分割共振周波数を高くするためには、円形平板では厚さ、 $\sqrt{E/\rho}$ の大きなこと、コーン形状では、 $\sqrt{E/\rho}$ の大きなこと、頂角 α の選び方の重要なことがわかった。

3. 1. 2 非軸対称分割振動

もう 1 つの分割振動である非軸対称振動は、振動板上に複数の放射状節線を生ずるもので、軸対称振動に比べてかなり低い周波数から起こる。スピーカーのように、円形振動板の中央部を駆動するものでは原理的には起きないはずであるが、振動板の不均一性や駆動力の非対称性から、多かれ少なかれ発生し、ひずみの増加の一因となっている。

図 3. は、ホログラフィ干渉法による口径 5 cm の紙コーンを用いたスピーカーの振動モードである⁽⁶⁾。非軸対称振動が発生しているのは、振動板が不均一であったためと考える。しかも、5 cm の小さな口径であるにもかかわらず、2 kHz からこの振動が起きていることは、ひずみの関連から無視できない。

図 4. は、口径 40 cm のコーン形スピーカーで、振動板として GFRP ハニカムと紙コーンを用い、非軸対称振動が起きやすいように振動板側面から加振したときの“モーダルアナリシス”法⁽⁷⁾による振動モードである。加振周波数は 98 Hz であるが、紙コーンでは非軸対称振動が起き、振動板が変形している様子がわかる。ハニカム振動板は変形を起こしていないが、これは振動板が均一で厚さが大きく、しかも $\sqrt{E/\rho}$ が大きいためと考えられる。

3. 2 内部損失

振動板の内部損失と、これを支持するエッジ、スパイダの内部損失や、空気による制動、磁気回路による電磁制動、及び接着剤などの損失が、スピーカーの音圧周波数上での高域共振のピークの大きさを左右するため、それぞれの損失の大きさは重要である。

図 5. は、内部損失の大きなコーン紙と小さなアルミニウムを、振動板に用いた口径 5 cm のコーン形スピーカーの音圧-周波数特性である。アルミニウム振動板は、 $\sqrt{E/\rho}$ に比例して帯域は広がっているが、高

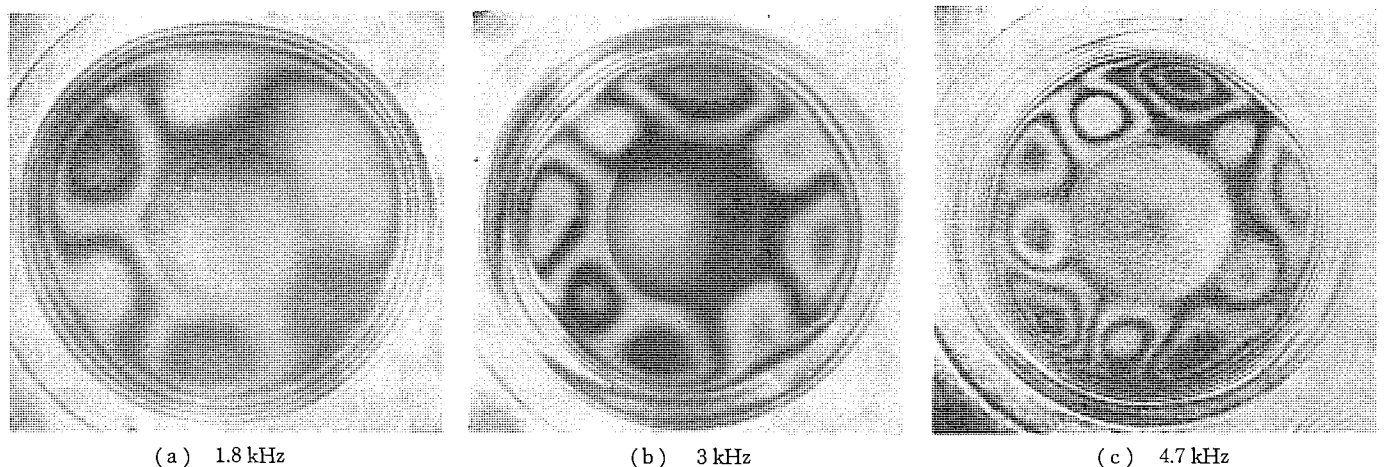


図 3. 5 cm コーン形スピーカーのホログラフィによる振動モード

域共振のピークも大きくなっている。したがって、振動板の内部損失の影響も大きいといえる。このピークが鋭く大きいと、音質的に耳ざわりになることのほか、更に高域を受け持つスピーカーと組合せる場合に問題が生ずる。

3.3 ハニカム構造を用いたスピーカーの特性

図6. は、紙コーン・GF RP ハニカム及び CFRP ハニカムを口径 25 cm コーン形スピーカーに組込んだときの特性比較である。

音圧-周波数特性上での高域ののびは、 $\sqrt{E/\rho}$ と厚さの大きな順になっている。高調波2次ひずみの比較でも、ハニカム構造を用いたものが低いひずみを得ている。これは高域共振がのびたことと、振動板が均一で大きな厚さを有することで非軸対称分割振動が起きにくかったためと思われる。高域共振のピークの鋭さと高さは、いずれの振動板でも差が少ないことから、ハニカム構造振動板の内部損失は比較的大きいといえる。

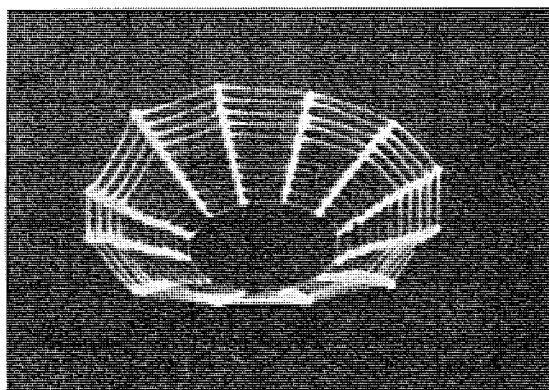


図4. (a) 紙コーンの“モーダルアナリシス”法による振動モード

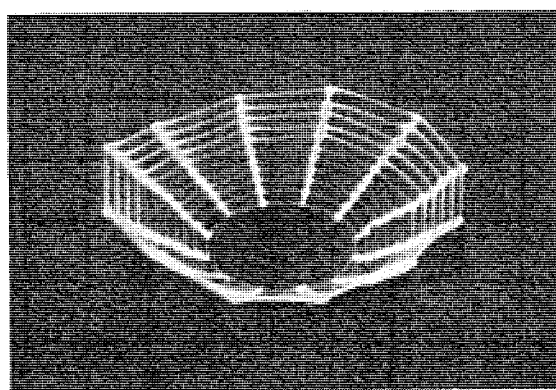


図4. (b) ハニカム振動板の“モーダルアナリシス”法による振動モード

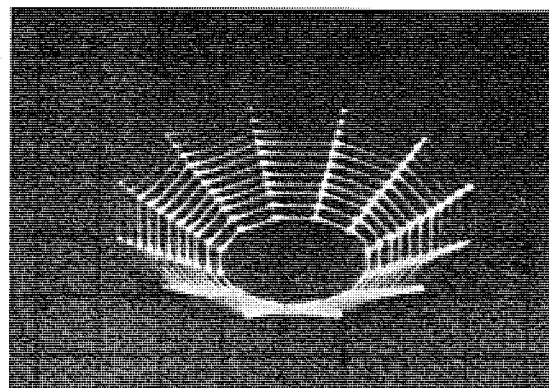


図5. 5 cm 高音用スピーカーの音圧-周波数特性

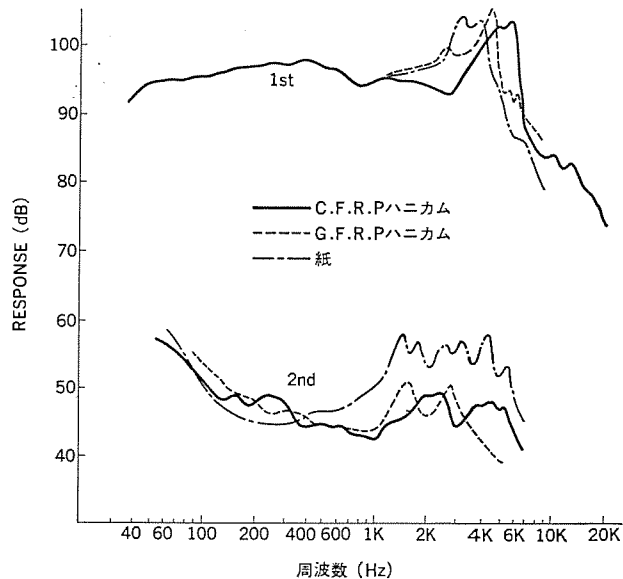
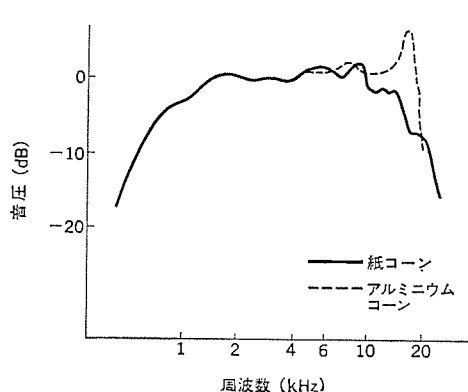


図6. ハニカム振動板を用いたスピーカーの音圧-周波数特性及び2次高調波ひずみ-周波数特性 (入力1 W マイク距離50 cm)

4. ハニカム構造の物性

ここでは、ハニカム構造の各部分をパラメータとした試料を作成し、定数測定を行った。

4.1 測定項目

- (1) コアの厚さと E/ρ , η 。
- (2) スキンの厚さと E/ρ , η 。
- (3) コアの方向と E/ρ , η 。
- (4) コアのセルサイズと E/ρ , η 。

4.2 試料

試料の寸法は、長さ 20 cm・幅 3 cm・厚さ 3.2 mm を基準とした。スキンは厚さ 0.1 mm の GFRP (ガラスクロスで樹脂はエポキシ系を用い、樹脂含有率は 50% とした)、コアのセルサイズは 3/16 in (約 4.8 mm)、材質は ジュラルミン (5052)、箔厚は 0.0007 in (0.018 mm) とした。

4.3 測定方法

試料の複素弾性率 (複素ヤング率, 内部損失) は振動リード法で求めた。比較のため、ヤング率は曲げによる方法、内部損失は試料の減衰曲線から求める方法も用いた。

4.3.1 振動リード法

振動リード法は、短冊形試料の一端を加振器の駆動部に固定したときの試料の共振曲線から複素弾性率を求めるもので、測定の容易さから幅広く用いられている。この方法での試料の複素弾性率 E^*

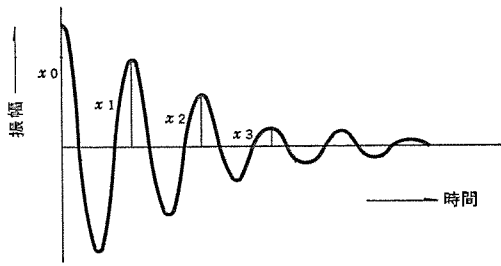


図 7. 試料の振幅減衰波形

(dyne/cm²) は,

$$E^* = \frac{38.3 l^3 f_0^2 \rho}{t^2} \left[f_0^2 + \frac{(\Delta f)^2}{8} \right] \quad \text{..... (3)}$$

となる。ここで、 l : 試料長(cm), f_0 : 1次共振周波数(Hz),

Δf : 半値幅(Hz)

通常、式(3)の Δf は省略する。内部損失は,

$$\eta = \tan \delta = \Delta f / f_0$$

として求める。

4. 3. 2 曲げによるヤング率

ここでは、試料の両端を支持し、中心に荷重をかけたときの テンションによる応力-たわみ曲線からヤング率 E を,

$$E = \frac{\rho l^3}{4 a t^3 d} \text{ (dyne/cm}^2\text{)} \quad \text{..... (4)}$$

として求めた。ここで、 ρ : 応力(g/cm²), a : 試料の幅(cm), d : たわみ(cm)

4. 3. 3 試料の減衰波形による内部損失 η

振動リード法による内部損失は、加振器と試料の振動振幅及び寸法などの相互作用のため、その値が変動することがある。試料の減衰波形による方法では、これらの要因が少ないと考えられたので、振動リード法と併用した。

図 7. のような減衰波形を持つ試料において、その1波ごとの減衰比は一定で、式(5)のようにあらわすことができる。

$$x_{n+1}/x_n = e^{-\delta} \quad \text{..... (5)}$$

内部損失 η は、Voigt 形の粘弾性モデルに置きかえると,

$$\eta \cong \delta / \pi \quad \text{..... (6)}$$

となる。 n 波後の減衰量からは,

$$\eta = 1 / n \pi \ln x_0 / x_n \quad \text{..... (7)}$$

として求める。この方法では試料の減衰波形を光学式微小変位計で測定し、得られた波形から最小2乗法を用いて式(5)の包絡線を計算し、内部損失を求めている。

4. 4 結 果

4. 4. 1 コア厚さと $E'/\rho, \eta$

図 8. は、コアの厚さを 1.5 mm から 15 mm まで変えたときの、GFRP ハニカムにおける E'/ρ と η のグラフである。 E'/ρ は、コアの厚さが 5 mm 程度までは大体同じ値をとり、これ以上の厚さになると低下した。 η は、 E'/ρ とは逆にコアの厚さを増すと大きくなった。図 9. から、ヤング率はコアの厚さに反比例することがわかった。

ヤング率が厚さに反比例したのは、ハニカム構造でのコアの定数が厚さとともに大きくなったためと考えられる。一方、図 8. で、 E'/ρ が 5 mm 以下で一定となったのは、この付近での密度の変化が 5 mm 以上に比べて大きかったものと考えられる。

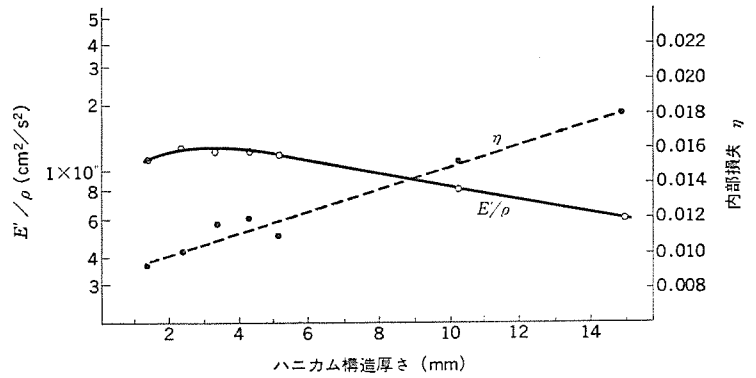


図 8. ハニカム 構造厚さと $E'/\rho \cdot \eta$ (実測) (η は減衰波形より求めた)

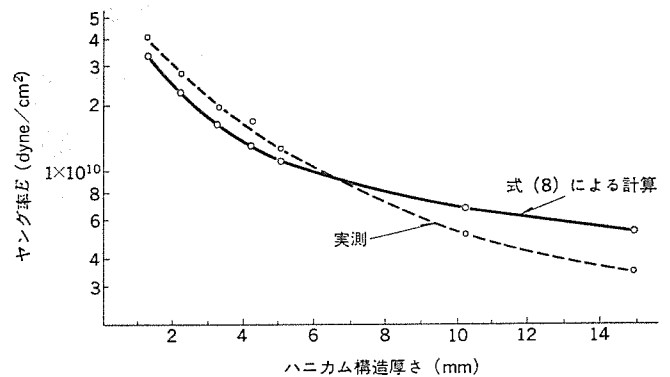


図 9. ハニカム 構造厚さと ヤング 率

4. 4. 2 スキン厚さと $E'/\rho \cdot \eta$

図 10. は、コアの厚さを 3 mm とし、スキンの厚さをコアの両側とも 0.1 mm から 0.4 mm まで変えたときの GFRP ハニカムにおける $E'/\rho \cdot \eta$ である。スキンの厚さを増しても、 $E'/\rho \cdot \eta$ ともほとんど変化しなかった。これは、スキンの厚さが増してヤング率が大きくなって、密度のふえる度合のほうが大きかったためと考えられる。したがって、スピーカー 振動板で考えた場合には、スキンにくぼみができない範囲でなるべく薄くしたほうが、能率の上でも有利といえる。

4. 4. 3 コアの方角と $E'/\rho \cdot \eta$

コアの方角を L から W にしたときも、CFRP・GFRP ハニカムの $E'/\rho, \eta$ には差がなかった。(表 2. (a)) コア自身のせん断強さ、せん断弾性係数は、L 方向が W 方向より 40~60% 大きい⁽⁴⁾、CFRP, GFRP スキンの定数は更にこれより大きなために差が見られなかったと考える。今回の測定は、コア厚さ 3 mm・スキン厚み 0.1 mm で行ったが、コア厚さ/スキン厚さ比がかなり大きく、しかもスキンの剛性が小さい場合には、コアの方向性があらわれてくると予想される。

4. 4. 4 コアのセルサイズと $E'/\rho \cdot \eta$

コアのセルサイズを $3/16 \cdot 1/4 \cdot 3/8$ (in) と変えたときの $E'/\rho, \eta$ も差が少なかった。(表 2. (b)) これも、4. 4. 3 項で述べたように、コアに比べスキンのヤング率が十分大きかったためと思われる。セルサイズが変わるとコアの密度は当然変化するが、今回のコア厚さでは無視できる程度であった。セルサイズは、スキンとコアの接着部分の面積に関係するため、はくり強度に影響する。セルサイズの小さなほうが、はくり強度も大きいし、スキンのくぼみも起きにくい。

表 2. (a) コアの方向と $E/\rho \cdot \eta$
(η は振動リード法, 振幅 $300 \mu p-p$)

ハニカム構造の種類	コアの方向	$E/\rho (\text{cm}^2/\text{s}^2)$	内部損失 η
CFRP ハニカム	L	3.15×10^{11}	0.021
	W	3.45×10^{11}	0.023
GFRP ハニカム	L	1.25×10^{11}	0.018
	W	1.26×10^{11}	0.021

表 2. (b) コアのセルサイズと $E/\rho \cdot \eta$
(η は振動リード法, 振幅 $300 \mu p-p$)

コアのセルサイズ (in)	$E'/\rho (\text{cm}^2/\text{s}^2)$	$E' (\text{dyne}/\text{cm}^2)$	内部損失 η	コアのヤング率 (4) E_c (dyne/cm^2)
$\frac{3}{16}$ (箔厚 0.0007)	1.29×10^{11}	1.89×10^{10}	0.018	3.2×10^9
$\frac{1}{4}$ (箔厚 0.001)	1.26×10^{11}	1.96×10^{10}	0.019	3.9×10^9
$\frac{3}{8}$ (箔厚 0.001)	1.30×10^{11}	1.86×10^{10}	0.019	2.4×10^9

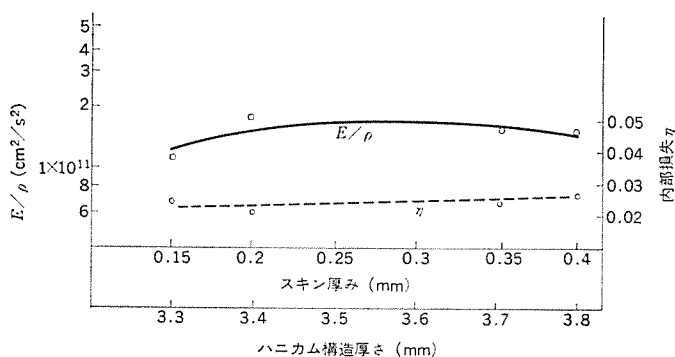


図 10. スキン厚さと $E/\rho \cdot \eta$ (実測)
(η は振動リード法・振幅 $300 \mu p-p$)

4.5 検 討

図 9. は, コアの厚さを変えたときの GFRP ハニカムのヤング率の実測値と, ハニカム構造の各部分が等方性であるとしたときの曲げ剛性 D から求めたヤング率の比較である。

スキンもコアも等方性としたとき, ハニカム構造の曲げ剛性 D は, 式(8)のようになる⁽⁸⁾。

$$D = \frac{E_c t_c^3}{12(1-\sigma_c^2)} + \frac{E_f (t^3 - t_c^3)}{12(1-\sigma_f^2)} \quad \dots\dots\dots (8)$$

ここで, 添字 $f \cdot c$ はスキン, コアをそれぞれ意味する。

図 9. における実線は, 式(8)にスキン・コアの実測値を代入して曲げ剛性 D を求めたとき, この曲げ剛性を持つ 1 枚の板としてのハニカム構造のヤング率をあらわしている。コアの厚さが小さな部分では実測値とよく対応しており, ハニカム構造を等方性と仮定しても問題は少ないと考える。もちろん, 実測値を求めるのに使用した GF

表 3. 振動リード法と曲げによるヤング率の比較 (GFRP ハニカム)

コア厚さ (mm)	振動リード法によるヤング率 E' (dyne/cm^2)	曲げによるヤング率 E (dyne/cm^2)	E/E'
1	4.1×10^{10}	4.4×10^{10}	1.07
2	2.8×10^{10}	2.9×10^{10}	1.04
3	2.0×10^{10}	2.1×10^{10}	1.05
4	1.7×10^{10}	1.6×10^{10}	0.94
5	1.2×10^{10}	1.1×10^{10}	0.92
10	5.0×10^{10}	5.6×10^{10}	1.12
15	3.4×10^{10}	3.0×10^{10}	0.88

RP ハニカム構造は, スキンにガラスクロスを用いて方向性を少なくしており, 方向性を持ったスキンの場合は, 式(8)との対応がつきにくいと思われる。

表 3. は, コアの厚さを変えたときの振動リード法によるヤング率 E' と, テンシロンを用いた曲げによるヤング率 E の比較である。両方の測定法による差は 10% 程度であったため, $E' \cong E$ として差しつかえないと考えられる。

振動リード法による内部損失 η と, 試料の減衰波形による η とでは, 後者が 40% 程度小さな値であった。データの再現性の点及び他の誤差としての要因が少なかったために, 小さな値が得られたという見方をすれば, 試料の減衰波形による方法のほうが信頼できる。しかし, 内部損失については解明されていない点も多く, 今後の検討にしたいと考える。

5. む す び

以上, ハニカム構造のスピーカー振動板への応用について述べた。それらの中で, スピーカー振動板の重要な条件として, 振動板材料の $\sqrt{E/\rho}$ が高い, 厚さと内部損失が大きいことをあげ, ハニカム構造を用いたスピーカー振動板はそのいずれも満足していることを明らかにした。

また, ハニカム構造の各部分をパラメータにとったときの $\sqrt{E/\rho}$ や内部損失 η の結果から, ハニカム構造の物性を多少とも明らかにし, スピーカー振動板への適用を容易にした。

今後は, 更に ハニカム構造の物性を明らかにするために, スキンの方向性, 接着剤の影響などを調べ, より良いハニカム振動板の検討を続けていきたいと考える。

参 考 文 献

- (1) 八嶋ほか: 電子通信学会技術研究報告, EA 77-63 (昭 53)
- (2) 土屋ほか: 三菱電機技報, 51, No. 12, p. 789 (昭 52)
- (3) 進藤ほか: 三菱電機技報, 51, No. 5, p. 353 (昭 52)
- (4) 吹野: 機械学会誌, 71, No. 593
- (5) 八嶋ほか: 音響学会講演論文集, (昭 52)
- (6) 田中ほか: 音響学会講演論文集, (昭 52)
- (7) 八嶋ほか: ラジオ技術, (昭 53)
- (8) 植松: 機械学会誌, 71, No. 593

新形ノーヒューズしゃ断器, 漏電しゃ断器とその技術的考察

山本清美*・前田信吾*・諏原日出夫*・佐藤栄一*・田丸繁見*

1. ま え が き

1934年に2極 35 A 定格のノーヒューズしゃ断器(以下 NFB と呼ぶ)が我が国において初めて製造され44年間市場の要求に応じて定格電流範囲の拡大, しゃ断容量の増大, 小形化, 付属装置の充実, 経済性の追求を目的とした開発改良が進められてきた。一方, 漏電しゃ断器(以下 NV と呼ぶ)は1969年に発売以来, 感電保護, 漏電火災防止の見地からの要求と, その設置効果に対する認識の浸透による市場の要求から定格電流範囲の拡大, 小形化, 感度電流範囲の拡大を目的とした開発改良が進められてきた。

当社では NF・NV に対するこれらの市場の要求に対し, 長年の製作経験をもとに, 100 A フレームから1,200 A フレームの SCRUM (スクラム) シリーズの NF・NV を昭和52年4月より発売している。この度これを更に拡大して30 A フレームから225 A フレームの新形 NF・NV の開発を完了し, SCRUM シリーズを完成したので, その概要を紹介する。これらの NF・NV について構造・機構・引外し特性, しゃ断容量の格上げ, 電圧両用化(2重定格電圧), 誤動作対策, 零相変流器等に関する技術的諸問題の解析を行いこれの考察を加えたのでその成果を報告する。

2. 新形 NFB の仕様と特長

新形 NFB の仕様を表 1. に, 50 A フレーム(NF 50-CB 形)の断面外観を図 1. に示す。これらは次のような特長を備えている。

- (1) しゃ断容量の格上げ: NF 30-SB 形 AC 220 V 5 kA とした(従来品 2.5 kA)。NF 50-SB 形 AC 220/460 V 10/7.5 kA とした(従来品 5/5 kA)。NF 100-CB 形 AC 220/460 V 10/7.5 kA とした(従来品 7.5/5 kA)。これにより小形 NFB の適用範囲がより広がる。
- (2) トリップボタン: NFB のトリップ動作を行えるトリップボタンを NFB 前面へ装備している。これにより警報スイッチと電路システムとのシークスチェックが容易にできる。
- (3) 端子部の絶縁バリヤ, 端子カバー: NFB は機器全体が絶縁物の

表 1. 新形 NFB 仕様一覧

シ リ ー ズ			S (汎用品シリーズ)						C (小形, 経済品シリーズ)												
形 名			NF 30-SB		NF 50-SB		NF 50-HB		NF 30-CB		NF 50-CB		NF 100-CB		NF 225-CB						
定 格 電 流 A			3	5	10	10	15	20	13	8	3	5	10	10	15	20	60	75	125	150	175
			15	20	30	30	40	50	5	10	15	20	30	30	40	50	100		200	225	
極 数			1	2	3	1	2	3	4	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	
定格電圧	V	AC	265	600	265	600	600		250		500		500		500		500				
		DC	—	250	—	250	—	—	—	—	250	—	250	—	250	—	250	—	250	—	
定格しゃ断 容量 kA JIS asym/sym	AC	550V	—	1.5	—	5	30/25		—		—		—		—		—				
		460V	—	2.5	—	7.5	50/42	35/30	—		2.5		7.5		7.5						
		220V	265 2.5	5	265 5	10	100/85	2.5		5		10		15/14							
	DC	250V	—	2.5	—	5	—	—		—		2.5	—	7.5	—	10	—				

シ リ ー ズ		M (電動機保護用モータ・ブレーカシリーズ)															
形 名		MB 30-CB			MB 30-SB			MB 50-CB			MB 50-SB			MB 50-HB			
定 格 電 流 A		100V 用		A	kW	A	200/ 220V	400/ 440V	A	200/220V kW	400/440V kW	A	200/ 220V	400/ 440V	A	200/ 220V	400/ 440V
		A	kW	32	7.5		kW	kW	45	11	22		kW	kW			
				25	5.5				40	—	19						
		16	0.75	16	3.7	32	7.5	15	32	7.5	15	10	2.2	—			
		10	0.4	10	2.2	25	5.5	11	25	5.5	11	8	—	3.7			
		6.3	0.2	7.1	1.5	16	3.7	7.5	16	3.7	7.5	7.1	1.5	—			
		4	0.1	4	0.75	12	—	5.5	12	—	5.5	5	—	2.2			
		E種モータルの電 流に合せている		200V 用		2.5	0.4	10	2.2	—	10	2.2	—	4	0.75	1.5	
						1.4	0.2	8	—	3.7	8	—	3.7	2.5	0.4	—	
				A	kW	7.1	1.5	—	7.1	1.5	—	2	—	0.75	1.4	0.2	—
5	—					2.2	5	—	2.2								
(8)	0.75			4	0.75	1.5	4	0.75	1.5	1.2	—	0.4					
(5)	0.4			2.5	0.4	—	2.5	0.4	—	0.8	—	—					
(3.2)	0.2			2	—	0.75	2	—	0.75								
(2)	0.1			1.4	0.2	—	1.4	0.2	—								
				1.2	—	0.4	1.2	—	0.4								
						0.8	—	—	0.8	—	—						
極 数		2 (単相用)		3		3		3		3		3		3			
定 格 電 圧 V		250				500		500		500		500		500			
定格しゃ断 容量 kA JIS asym/sym	460V	—				2.5		2.5		7.5		50/42 (5A 以下), 35/30					
	220V	2.5				5		5		10		100/85					

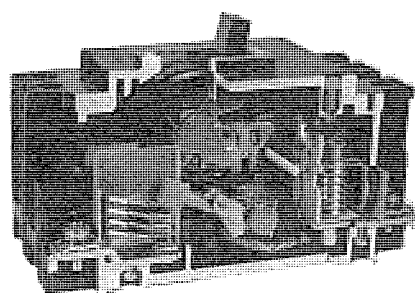


図 1. 50 A フレーム 断面外観 (NF 50-CB 形)

モールドケースで覆われ充電部の露出はないが、端子部は接続のため露出させている。この部分についても絶縁強化を図り設備全体としての安全性、信頼性を向上させるためモールド相間のみぞを利用して絶縁バリヤが装着できるようにしている。また端子部を安全に覆う大形の透明端子カバーも準備している。

(4) 外形の小形化：NF 50-CB, MB 50-CB 形は横幅 75 mm とし (従来品 90 mm) NF 30-SB の外形に合わせて種類の縮減を図っている。また NF 225-CB 形は NF 100-S 形の外形に合わせ、すなわち奥行を 86 mm とし (従来品 103 mm) 分電盤のメインに使いやすくした。

表 2. 新形 NV 仕様一覧

形 名 仕 様	過 負 荷 ・ 短 絡 保 護 兼 用 品					
	NV 30-CA	NV 50-CA	NV 100-CA	NV 225-CA	NV 30-SA	NV 50-SA
相 線 式	3φ 3W 1φ 3W, 1φ 2W	3φ 3W 1φ 3W, 1φ 2W	3φ 3W 1φ 3W, 1φ 2W	3φ 3W 1φ 3W, 1φ 2W	3φ 3W 1φ 3W, 1φ 2W	3φ 3W 1φ 3W, 1φ 2W
極 数	3	2 3	3	3	3	2 3
定 格 電 圧 AC V	100-200	100-200	100-200, 415	100-200, 415	100, 200-415	100-200 200-415
定 格 電 流 A	15, 20, 30	15, 20, 30 (40), 50	60, 75, 100	125, 150(175) 200, 225	15, 20, 30	15, 20, 30 (40), 50
高 速 形	定格感度電流 mA	15, 30	30, (100) 200, (500)	30(100) 200(500)	30	30, (100) 200
	動作時間 sec 以内	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
時 延 形	定格感度電流 mA	—	—	(200), (500)	—	—
	動作時間 sec	—	—	(0.3)	—	—
	慣性不動作時間 sec	—	—	(0.1)	—	—
定 格 しゃ断電流 kA	AC 415V	—	—	5	7.5	5
	AC 200V	2.5	2.5	7.5	15	5
	AC 100V	2.5	2.5 2.5	10	25	5 —
漏 電 表 示 方 式	機 械 式 ボ タ ン					

形 名 仕 様		モータ保護・過負荷・短絡保護兼用品								
		MN 30-CA			MN 50-CA			MN 50-SA		
相 線 式		3φ 3W, 1φ 2W			3φ 3W, 1φ 2W			3φ 3W		
極 数		3			3			3		
定 格 電 圧 AC V		100-200			100-200			200-415		
定 格 電 流 A	E種モータの電 流に合わせている	A	kW		A	kW		A	kW	
			100V	200V		100V	200V		200V	415V
		32	—	7.5	45	—	11	45	11	22
		25	—	5.5	32	—	7.5	(40)	—	19
		16	0.75	3.7	25	—	5.5	32	7.5	15
		10	0.4	2.2	16	0.75	3.7	25	5.5	11
		7.1	—	1.5	10	0.4	2.2	16	3.7	7.5
		(6.3)	0.2	—	7.1	—	1.5	(12)	—	5.5
		4	0.1	0.75	(6.3)	0.2	—	10	2.2	—
		2.5	—	0.4	4	0.1	0.75	8	—	3.7
		1.4	—	0.2	2.5	—	0.4	7.1	1.5	—
					1.4	—	0.2	(5)	—	2.2
								4	0.75	1.5
								2.5	0.4	—
						(2)	—	0.75		
						1.4	0.2	—		
						(1.2)	—	0.4		
						(0.8)	—	—		
定 格 感 度 電 流 mA		30			30			30(100)(200)		
動 作 時 間 sec 以内		0.1			0.1			0.1		
定 格 しゃ断電流 kA	AC 415V	—			—			5		
	AC 200V	2.5			2.5			5		
	AC 100V	2.5			2.5			—		
漏 電 表 示 方 式					機械式ボタン					

3. 新形 NV の仕様と特長

新形 NV の仕様を表 2. に示す。これらは次のような特長を備えている。

(1) 2 重定格電圧：低消費電力の専用集積回路を用いた回路設計により、使用可能な電圧範囲を 2 倍に広げることができ、1 台の NV で 100 V と 200 V 又は 200 V と 415 V の両電圧に使用できる。定格電圧の両用化により NV の種類を統一して減少できた。

(2) 漏電動作表示：機械式漏電表示ボタンを全機種に取付けたことにより、事故原因が早くつかめ迅速な処置ができる。この漏電表示ボタンはハンドルに連動した自動リセット式である。

(3) 外形寸法の種類の縮減：NV 30-CA, NV 50-CA 形を同一外形寸法とし、分電盤、配電盤の加工の種類の縮減を図っている。

(4) 安全への配慮：サージアブソーバはサージなどの異常電圧を吸収するが、そのエネルギーが過大であると熱的破壊となる。図 7. に示す構成によってサージアブソーバに流れる電流を零相変流器によって検出し、熱的破壊に至る前にトリップして保護するよう配慮している。

4. 機構と動作

4.1 構造

新形 NFB, NV で 50 A フレーム以上の機種の主要構造は、現在大量に生産中で信頼性、耐久性が確認されたものを改良して使用してい

る。改良の主眼は部品に多機能を持たせて、部品点数を縮減したり信頼性を高めることとして全部品を見直ししている。50 A フレームの構造につき、OFF 状態を図 1. に示す。30 A フレームは新しい機構を採用している。新機構においても部品に多機能を持たせているので当社従来形に比較して部品点数、種類共に約 30 % の縮減をしている。

4.2 開閉機構の動作

開閉機構の部品の多機能化を可能にするため、従来機構で得ていた信頼性の再確認を行った。開発の当初から改良部分の基礎データを積重ね、試験結果を基に最適の材料、形状、表面処理を選択すべく検討した。その一部について述べる。

4.2.1 クロスバーとローラ

30 A フレームにおいて動作を全極同時に行うよう絶縁物で作った連結棒 (クロスバー) を使用している。ピンとクロスバーは、ON 操作、OFF 操作のたびに回転摩擦をして、それぞれのしゅう動部分が摩擦していく。特にクロスバーの摩擦によるへこ (凹) みが以後のトリップ動作の障害になるので、摩擦量の少ない材料を選択する必要がある。これらについて次のことが分かった。

(1) クロスバーにピンで実機の約 1.5 倍の圧縮荷重を 100°C, 24 時間後、圧痕深さ 3 μm 以下であったので凹みは摩擦によることが確認された。
(2) 材料を変えた場合のピンの回転による摩擦量比較は、布チップフェノール樹脂、木粉フェノール樹脂、ガラス繊維フェノール樹脂の順に大き

表 3. ピンとクロスバーのころがり摩擦係数

クロスバーの材料	接触面の状態	乾燥状態	2 硫化モリブデン 含有グリス塗布
布チップフェノール樹脂		0.17~0.18	0.14
木粉フェノール樹脂		0.15~0.16	0.14
ガラスフェノール樹脂		0.13~0.14	0.13~0.14
SPCC(渗炭+亜鉛めっき+有色クロメート)		0.18~0.22	0.13~0.14
SK 5 (亜鉛めっき+有色クロメート)		0.16	0.15

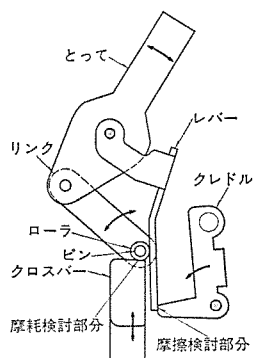


図 2. 表 3., 表 4. の説明図

表 4. レバーとクレドルの表面処理と引外し荷重

クレドルの表面処理	レバーの表面処理	渗炭焼入+バフ研磨
軟窒化処理		78 g
軟窒化処理+バフ仕上げ		75 g
渗炭焼入+銅ニッケルめっき		75~100 g
渗炭焼入+銅ニッケルめっき+バフ仕上げ		64 g
渗炭焼入+銅すずめっき		75~85 g
渗炭焼入+バフ研磨		60~65 g

くなった。ピンの表面を研磨した場合はそうでない場合の凹み量の半分以下となる。(3)摩擦係数は材料によって異なるが、2 硫化モリブデンを含んだグリスを塗布すると、ほぼ同じ値に減少した。表 3. に摩擦係数の測定値を示す。

これらの検討結果により、クロスバーの摩耗による凹みを少なくするため、材料は布チップフェノール、ピンにはローラをはめ回転摩擦がピンとローラ間で起こる構造としている。またピン、ローラにはステンレス線を使用し、切削面の平滑な仕上げ、2 硫化モリブデンの塗布などの処置を行っている。この仕様による耐久試験の結果は良好で、5 万回程度の開閉操作ではクロスバーの摩耗は目視では確認できない程度に押さえることができた。

4. 2. 2 ラッチ部の表面処理

トリップ力を伝えるレバーとこれを係止しているクレドルの摩擦が小さいと吸引力が小さくても安定した引外し動作が得られるので、摩擦力は小さくするのが望ましい。表面処理を変えた場合の引外しに必要な力の測定結果を表 4. に示す。この結果と生産性向上の見地から、クレドル先端部は R 0.3 を有するブラシシェービング仕上げとし極圧現象による摩擦の増加を防ぎ、軟窒化処理により耐摩耗性の向上と摩擦の減少を図っている。この仕様による、摩擦力は小さく、耐摩耗性も良好で、3 万回のトリップ耐久後も引外し力が新品と同程度で

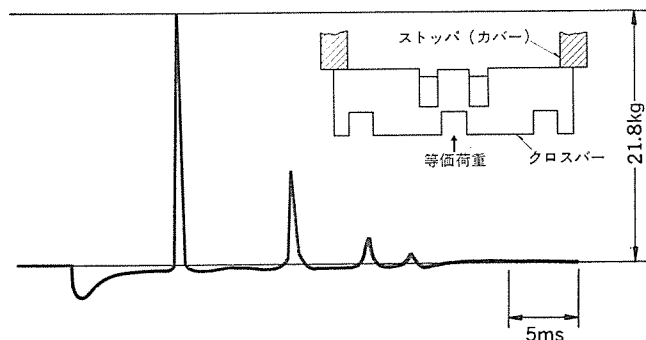


図 3. 30 A フレーム OFF 操作でクロスバーに加わる荷重

ある。

4. 3 モールド部品の強度

NF, NV には熱硬化性樹脂、熱可塑性樹脂のモールド成形品を機構部品として使用している。コンパクトな外形で大電流をしゃ断でき、接点の消耗量を小さく押さえるため接点が高速で動く機構となっている。このためモールド部品を含む機構の各部には動作時の衝撃力が働く。各動作において部品のひずみからストレインゲージの出力変化により衝撃荷重を測定した。30 A フレームのクロスバーを図 3. に例として示す。これらの実測で得られたデータを基に強度の確認と余裕を推定している。

5. 引外し特性

新形 NFB・NV は 100 A フレーム以下の機種に完全電磁形を採用している。完全電磁形の動作分析結果を紹介する。

5. 1 動作分析

完全電磁形の時延特性は、磁気回路による鉄心の吸引力と鉄心ばね及びオイルの粘性抵抗の関係で決まり、鉄心が移動するに要する時間 T は次式によって近似的に求めることができる。

$$T = \int_0^{x_0} \frac{1}{v} dx = 6 \eta l \pi \frac{r_1^3}{b^3} \int_0^{x_0} \frac{1}{f(x)} dx \quad (\text{sec})$$

v : 鉄心の速度 (mm/s) x_0 : 鉄心の移動距離 (mm)

η : オイルの粘性係数 ($\text{g} \cdot \text{s} / \text{mm}^2$)

l : 鉄心の長さ (mm) r_1 : 鉄心の半径 (mm)

b : パイプと鉄心のギャップ (mm)

$f(x)$: 鉄心が受ける力 (吸引力 - 鉄心ばねの力) (g)

鉄心の全行程にわたって吸引力、鉄心ばねの反抗力の大きさがわかれば、移動距離を細分割して、 $f(x)$ を 1 次式の近似式にて表し、上式の近似解を得ることができる。鉄心の位置と、吸引力、反抗力の関係を図 4. に示す。各種特性の 1 例を図 5. に示す。しゃ断器に過電流が流れ始めトリップに至るまでの時間を動作特性と呼び、図 5. ①に示す。過電流が流れ始めトリップに至るまでの鉄心の位置に着目すると、125 % 電流では全ストロークの 100 % 移動して (パイプふたに吸着して) トリップ動作をするが、200 % 電流では全ストロークの約 90 %、600 % 電流では約 60 %、1,000 % から 1,500 % 電流では全ストロークの約 10 % と完全に吸引しない状態で動作している。この観察結果を図 6. に示す。次に鉄心が移動し、トリップ後通電が停止すると、鉄心は鉄心ばねの押圧力で復帰を始める。完全復帰に要する時間は、瞬時動作電流より小さい電流では 1 分から 2 分となるが、瞬時動作電流以上の電流では鉄心がほとんど移動しないので復帰時間も短い。このトリップ後の復帰特性を図 5. ②に示す。

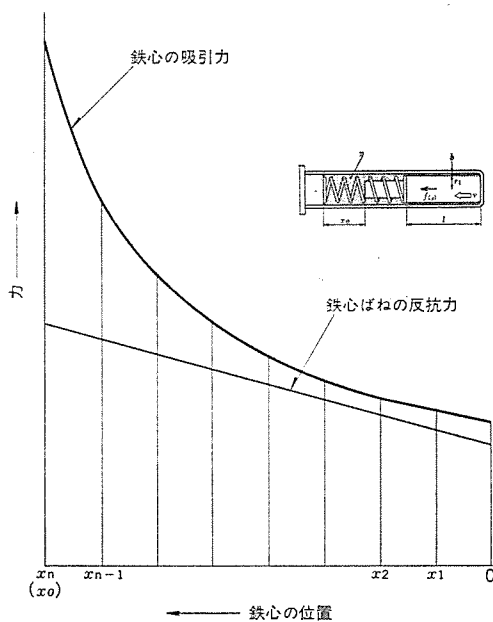


図 4. 鉄心の吸引力と鉄心ばねの反抗力

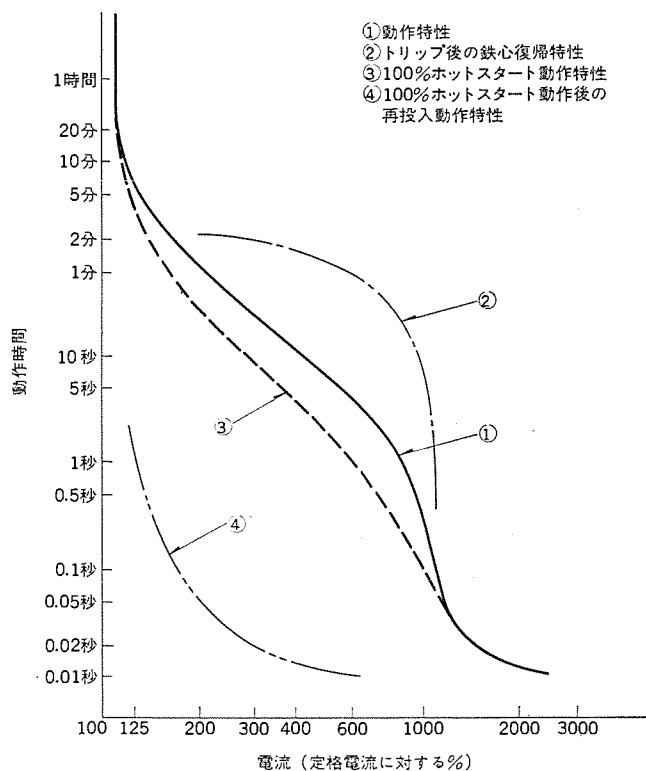


図 5. 完全電磁形の動作特性例

これまでの説明は、パイプ内のオイルの温度が常温で、鉄心がパイプの底に押しつけられた状態からの特性（コールドスタート特性という）であるが、定格電流以下の電流を通電し温度一定となった後から動作電流以上の電流を流した動作特性（ホットスタート特性という）について述べる。ホットスタート特性ではパイプ内のオイルはしゃ断器内部導体の発熱による温度上昇でコールドスタートの場合より粘度が低くなっているため動作時間が短くなる。定格電流を温度一定となるまで通電した場合のホットスタート特性(100%ホットスタートという)を図5.③に示す。100%ホットスタートでトリップした後、再投入した場合の動作特性を図5.④に示す。ここに示すように、鉄心がほとんど吸引され、オイルの粘度も低くなっているため、動作電流より小さい電流の場

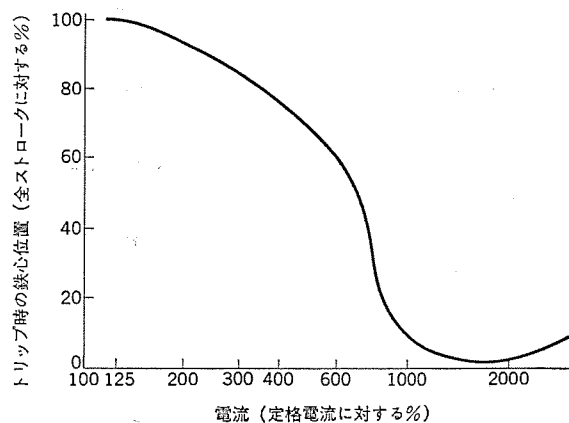


図 6. トリップ時の鉄心位置

表 5. 特性変化要因が引外し特性に与える影響

要因	変化量	測定項目			
		吸引開始電流	125%, 200% 動作時間	600% 動作時間	0.1秒瞬時 動作電流
鉄心ばね	±5%	コイル位置の影響を受ける ±1~5% (正比例)	大差なし	大差なし	大差なし
可動片ばね	±10%	関係なし	関係なし	関係なし	±25~50% (正比例)
可動片とパイプふた間のギャップ	±15%	コイル位置の影響を受ける ±1~3% (正比例)	大差なし	コイル位置の影響を受ける ±10~20% (正比例)	コイル位置の影響を受ける ±0~50% (正比例)
コイルの位置	±1mm	±5~8% (正比例)	±15% (正比例)	可動片とパイプふた間のギャップの影響を受ける ±10~50% (反比例)	±100~200% (反比例)
オイル粘度	±10%	関係なし	±10% (正比例)	±10% (正比例)	大差なし
オイルの量	±20%	関係なし	大差なし	大差なし	大差なし
パイプ内径と鉄心間のギャップ	±10%	関係なし	±30% (反比例)	±30% (反比例)	大差なし

合は再投入、連続通電が可能である。動作電流以上の場合、再投入はできるが非常に短い時間で再びトリップしてしまう。鉄心が完全に吸引された状態では、空けき（隙）の磁路長が短いので鉄心の吸引力が大きく、定格電流の15%から30%の電流で完全吸引状態を維持する。過電流でトリップ後、瞬時再投入する場合は、動作電流より小さい電流によってもトリップすることがあるので注意を要する。

これら電磁力、吸引力などの測定において、コイルの形状、鉄心の位置、可動片とパイプふたのギャップ、パイプふたの大きさなど磁気回路を構成する部品や要因が多いので、実際の製品においては、部品の製作公差を加味して、いかに特性のばらつきを少なくするかが重要である。

5.2 動作特性の安定化

構造と動作特性の中心値を決定後、動作特性のばらつきを検討する必要がある。部品の製作公差、組立公差を考慮し、動作特性に影響する要因を規公差の1倍~3倍の幅で変化させて動作特性を測定した結果を表5.に示す。これにより動作特性のばらつきを小さく

するための重点管理要因はどれか検討すると、特性に与える影響が小さく、かつ部品製作公差、組立公差を小さくできる要因と、逆に特性に与える影響が大きく、部品製作公差、組立公差を小さくすることが難しい要因とに分類できる。

公差をこれ以上小さくすることが難しい要因としては、コイルの位置、コイルの形状、パイプと鉄心との間のギャップがある。対策として、コイルは自動機による巻付け、整形として寸法の安定化を図り、形状、固定方法も整形容易なように改良している。

以上、完全電磁形の動作分析結果を紹介したが、ここに述べたデータはあくまで1例で、磁気回路の構成により得られる電磁力が変化し、動作特性、安定性も変わってくるので、製品個々に最良の構造を設計し、理論計算とその実験確認が必要である。

6. シャ断容量の格上げ

6.1 シャ断容量決定の要因

短絡電流をシャ断する際、通常のNFB、NVは短絡電流を検知したリレー部の動作により機構を働かせて接点を開離させシャ断を行う。シャ断器の重要な機能の1つであるシャ断に関し、シャ断できる最大の電流値であるシャ断容量は大きい程適用範囲が広がるので、いかにしてシャ断容量を大きくするかが問題となる。シャ断容量アップの方向として、(1)限流シャ断を行う。(2)シャ断器自体の耐力を増す。などの方法が考えられており、高シャ断容量品については(1)の、小形・経済品については(2)の方法がよくとられる。

(2)の方法については、ある定められた短絡電流シャ断の際、シャ断時のエネルギーは接点部及び可動子部の熱エネルギー、引外し部分など内部導体の熱エネルギーなどに消費される。このため、シャ断容量決定の主な要因としては、(1)接点部及び可動子部の熱的耐力、(2)消弧室周辺の内圧上昇に耐えるモールド強度、(3)引外し部分の熱的耐力、などがありこれらの向上が必要である。

6.2 接点部及び可動子部の熱容量

電流が流れている回路を接点で開くとき、接点間にアークが発生する。アークはアーク電圧と電流の積のエネルギーを消費して、数千度の非常に高い温度になり金属蒸気を熱電離している。このような高温にさらされている接点及び可動子部はそれに耐える熱容量が要求される。シャ断時の現象はほとんど1サイクル前後で完了してしまうため、熱的な解析、分析を行うにはむずかしいとされている。このため実験的に、可動子形状を変えて、同一シャ断責務を果たし損傷の程度を比較するような実験を重ね最適な部品形状としている。

小形NFB・NVに使用される接点、可動子は外形寸法上の制約がある。この制約のもとに熱容量を増加させるため、接点材料と台金(銅合金)とを冷間にて圧着することによりリベットタイプとし、ろう付部分をなくした接点がある。これによると熱によるろう付部分の損傷をなくすることができる。各種接点材料による圧着接点が安価で、安定して製造できるようにすれば性能の向上に一層寄与すると考える。

7. 電圧両用化と電磁引外し装置

7.1 電子回路の構成と特長

新形NVの電子回路は次のような特長を有している。(1)2重定格電圧、すなわち100-200V両用、又は200-415V両用のため、この電圧範囲で安定して動作すること、(2)低入力信号で作動するこ

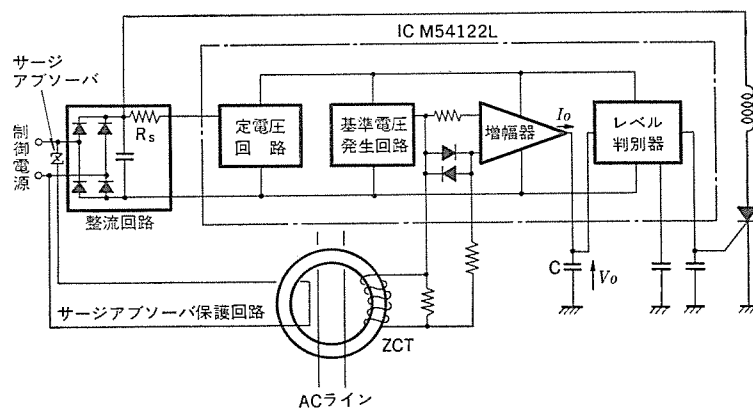


図 7. 電子回路部の構成

と、(3)サージ、ノイズによる誤動作防止性能が安定して良好であること。電子回路の構成は図7.にブロック図を示す。図中1点鎖線で囲んだ部分は1チップのモノリシックIC M54122Lで構成し動作の安定化と小形化を図っている。

ICの内部には、初段に零相変流器からの微小信号を増幅する増幅器を設ける。電子回路の方式には零相変流器の出力信号で直接サイリスタを駆動する直動方式と増幅器を設ける増幅方式とがある。前者は電子回路の構成が簡単で、信頼度が高いという長所を有し、5mA感度等の高感度品の製作が困難、零相変流器が大形化するという短所を有している。後者は小形の零相変流器を使用して高感度のNVを製作可能であり、電子部品点数の増加による信頼性の低下に対しては図8.のように主要部分をIC化することにより前者と同等以上の信頼性を得ることができる。更にIC内部にレベル判別器、定電圧回路を組込むことにより動作の安定化を図ることが可能となる。このように電子回路はICを用いた増幅方式が優れている。

7.1.1 増幅器

増幅器は外来ノイズによる誤動作防止の効果を高めるため差動増幅器の構成とする。増幅器の入力信号レベルを決定するに当たり、(1)零相変流器の出力信号レベル、(2)外来ノイズの大きさ、(3)電子回路の感度のばらつきを3点を考慮する必要がある。ICの入力信号レベルが小さい程零相変流器は小形で経済的設計が可能であるが、外来ノイズにより誤動作しやすくなる。耐ノイズ性から増幅器として、入力信号レベルをどの程度低くできるかは、フィールドでの実使用状態の模擬装置によって確認している。電子回路の量産化を図る場合には入力信号レベルの下限は、増幅器の感度のばらつきによっても制限される。感度のばらつき ΔV_0 によって、NVをトリップさせるのに必要な入力信号値 V_i がばらつき、 $V_{i\max} = V_{i\min} + \Delta V_0$ となるので、入力信号レベルは ΔV_0 より小さくすることはできない。これらのことより、ノイズによる誤動作防止の点より $V_{i\min}$ を10mVと設定し、 ΔV_0 を ± 3.5 mVとして、必要な入力信号レベルを10~17mVと設定した。

7.1.2 時限回路

時限回路は電路の対地静電容量を介して流れるサージ電流による誤動作を防止するため、増幅器とレベル判別器の間に構成してある。時限回路は増幅器の出力をコンデンサにより積分する。入力信号が設定レベルを越えた時に定電流でコンデンサを充電し、設定レベル以下の時に定電流で放電する。この動作波形を図8.に示す。

増幅器の出力電流を I_0 、時限用コンデンサをC、その両端の電圧を V_0 とすると

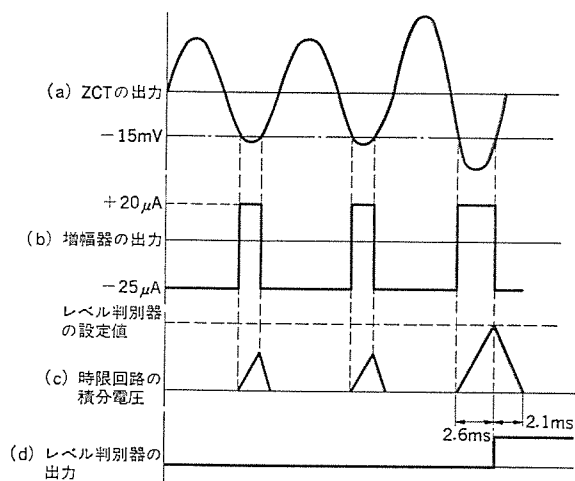


図 8. 時延回路の動作波形

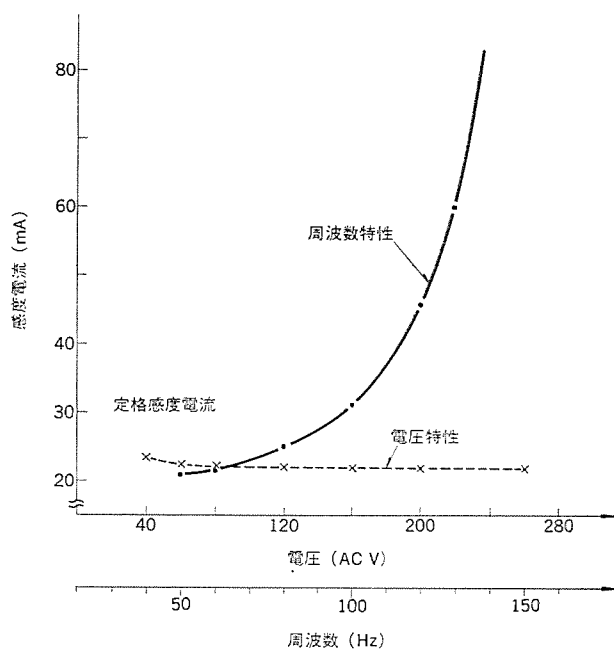


図 9. 感度電流の電圧特性及び周波数特性

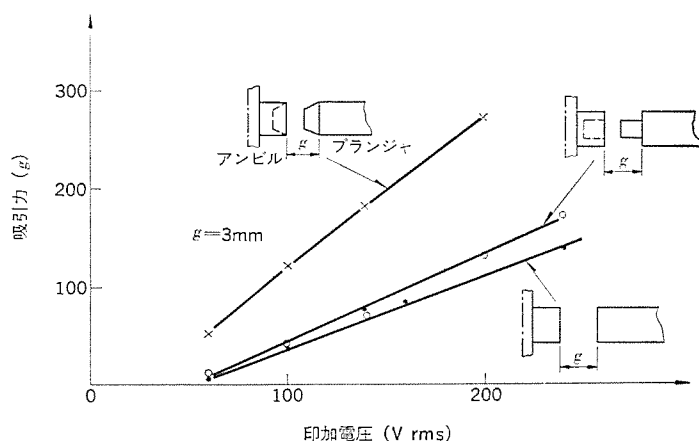


図 10. アンビルの形状と吸引力特性

$$V_0 = \frac{1}{C} \int I_0 dt = \frac{I_0}{C} t \quad (I_0 = \text{const})$$

により充放電を繰り返す。増幅器の入力レベルが所定の値を越え、 $C=0.047 \mu\text{F}$ の時、充電速度は 0.43 V/ms 、放電速度は 0.53 V/ms

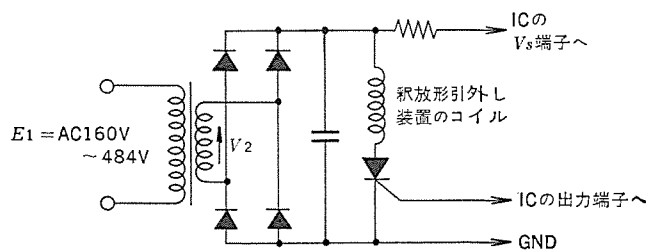


図 11. 積放形電磁引外し装置の駆動回路

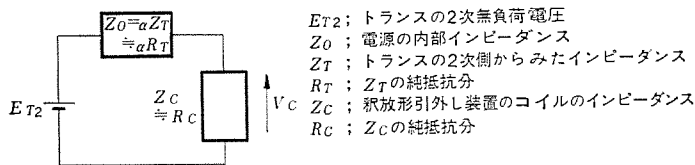


図 12. 等価回路

であり、次段のレベル判別器の判別レベル V_{TH} を 1.1 V とした時、図 8. (c) のように 2.6 ms の動作時限を得る。これによりパルス幅 2.6 ms 以下のノイズに対して誤動作の防止ができる。実際の開閉サージの測定によると電流幅は約 2 ms 以下であるので、この時限回路にて開閉サージによる誤動作を防止できる。図 9. に感度電流の周波数特性を示す。時限回路の特性により、高い周波数に対する応答が鈍く、外来ノイズにより誤動作しにくい特性を有している。

7. 1. 3 2 重定格電圧と消費電力

電圧両用化を実現するためには低いほうの定格電圧で安定して動作することと、高いほうの定格電圧で電源回路の電圧降下用抵抗 (図 7. の R_s) の発熱が周囲の部品に対し許容できることが必要である。このためには IC の消費電力が小さくなければならない。 R_s により消費されるワットロス を小さくするために IC の最大供給電流 I_s を $580 \mu\text{A}$ (-20°C) に設計することにより 2 倍の電圧両用が可能となった。図 9. に感度電流の制御電源電圧特性を示す。低消費電流化と IC 内の定電圧回路の働きにより、電源電圧に変動があっても感度はほとんど変化しないことが分かる。

7. 2 電磁引外し装置

電磁引外し装置には吸引形と積放形の 2 種類がある。新形 NV では電圧両用を達成するためにこの装置の効率向上を図る必要がある。

(1) 吸引形電磁引外し装置： NV を引外すために要求される電磁引外し装置のストローク δ と最小吸引力 F はおよそ次の程度の値である。 $\delta=1\sim 2.5 \text{ mm}$ 、 $F=100\sim 400 \text{ g}$ 。これにより、インデックス数 $\sqrt{F/\delta}(\sqrt{\text{N/m}})$ の値は約 $400\sim 2,000$ となり、この場合 L. A. Hazeltine の実験によると、電磁石はテーパプランジャ形又は円錐プランジャ形が効率が良い。電磁石を構成する継鉄、プランジャ、アンビルを組合せて吸引力を測定した結果を図 10. に示す。これによると円錐形プランジャに近い程強い吸引力が得られ、上記実験結果とよく一致する。また、アンビルの有無は吸引力に大きな影響を与えるので形状は重要である。プランジャの材料に電磁軟鉄を使用することにより、一般炭素鋼の場合に比べて $10\sim 30 \%$ の吸引力の向上が望めた。

(2) 積放形電磁引外し装置： この装置の駆動効率を向上する方法として、電源回路とコイルの最適マッチングを行う (図 11.)。電磁引外し装置の動作時間は数 ms であるから DC 回路と考えて等価回路を図 12. とした。電源インピーダンス z_0 はトランス、整流器、コンデンサ、サイリスタのインピーダンスを合成したものである。コイルのインピーダンスは抵抗分のみと仮定すると、コイルのアンペアターンは次式で表され

る。

$$U = \frac{V_C}{R_C} \cdot N = \frac{\pi \rho k h t E T_2 d_0^2}{\pi d_0^2 d z_0 + 4 \rho k h t M} \quad (\text{AT})$$

ρ : 巻線の導電率
 k : 巻線の占積率
 h : 巻線の高さ(仕上り)
 t : 巻線の幅(仕上り)
 a, b : ボビンの径(たて, よこ)
 d_0 : 巻線の導体外径
 d : 巻線の仕上り外径
 M : $\pi(2r+h)+2(a+b)$
 r : ボビンの角部の半径
 N : コイルの巻数

一方, 電源インピーダンス z_0 は次式にて近似的に表される。

$$z_0 \div \alpha z_T \div \alpha \left\{ R_{T_2} + \left(\frac{n_2}{n} \right)^2 R_{T_1} \right\} \quad (\Omega)$$

α : 定数 z_T : トランスの2次側から見たインピーダンス

n_1 : トランス1次巻線 R_{T_1} : トランス1次巻線抵抗

n_2 : トランス2次巻線 R_{T_2} : トランス2次巻線抵抗

以上により, トランス2次巻線径を変化させた時の2次巻線の最大出力を求め, このときの z_0 を上式に代入してコイルの励磁アンペアターンが最大となるトランス2次巻線の線径を決定して, 動作電圧の最低値を低くすることができた。

8. 零相変流器

零相変流器は構造的には打抜き積層鉄心と巻鉄心とに分類できる。一般に打抜き積層鉄心は巻鉄心に比べれば, 出力はやや小さいが小形鉄心では製造工程が簡単であるので経済的である。一方巻鉄心は構造が対称でないために残留電流特性は劣るが, 大きい出力が得られるので負荷インピーダンスを小さくすることによってこれを補っている。打抜き積層鉄心と巻鉄心の経済分岐点 100 A 付近と考えられる。

NV の感度電流を安定化させるためには, 零相変流器の周囲温度による出力変化率 α 及び過漏電による出力変化率 β を小さくすることが必要である。このためには, (1) 巻線の巻数を増す, (2) 負

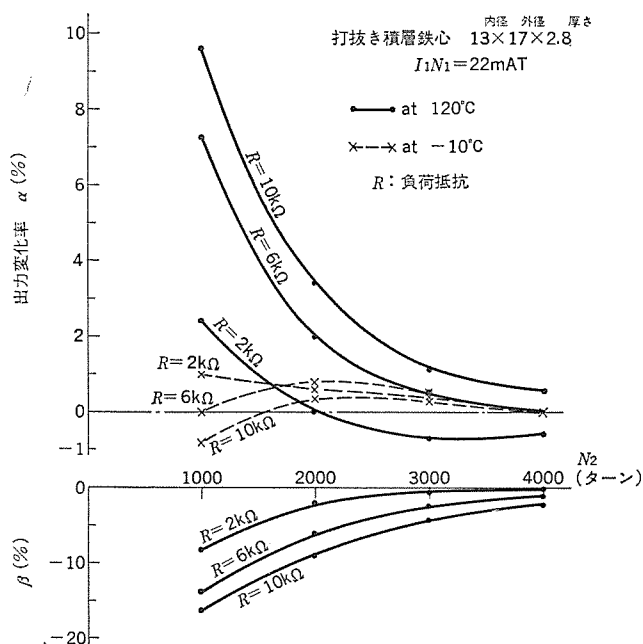


図 13. 打抜き積層鉄心の温度特性 (α) 及び過漏電特性 (β)

表 6. 残留電流特性

試料番号	磁気シールド		残留電流特性
	位置	材料	シールドなしの残留電流を100%としたときの割合
1		冷間圧延銅板 0.6t	27%
		電磁軟鉄板 0.6t	25~35%
		パーマロイ 0.6t	15%
2		電磁軟鉄板 0.6t	60%
3		電磁軟鉄板 0.6t	100%

荷抵抗を小さくすることが効果的である (図 13. 参照)。

零相変流器の1次導体に流れる各相電流により生ずる磁束は理論的にはベクトル合成すると零となるが, 実際には各相の励磁インピーダンスの差により残留電流を生ずる。各相電流に対する励磁インピーダンスを均一化させ残留電流を小さくするために零相変流器の窓内側に磁性材料を設ける。表 6. に各種磁気シールドに対する残留電流特性を示す。残留電流に対しては零相変流器の窓内側に施すのが最も効果大きい。また試料2の座金形も効果が期待できる。材料の面からは冷間圧延銅板と電磁軟鉄板との差はないが, パーマロイは効果大である。一方外部磁界に対しては, 零相変流器外周部及び側面に磁性材を配するのが効果的である。これらの検討結果により, 零相変流器の磁気シールドは, 窓内側・側面・外周部を全面に覆うようにしている。

9. む す び

以上最近の NFB, NV の新製品とその技術的考察を紹介した。NFB, NV は低圧電路の保護機器の主役として, その性能はもとより, 使用しやすさ, 取扱いやすさ, 安全性の向上, 信頼性の向上等いろいろな面から数多くの要望を解決して製品の開発・改良を進めてきている。これからも関連方面からの要望にこたえるよう製品化できる取組みを進めて, NFB, NV の一層の発展を図りたいと考えている。

最後に研究・開発・試験に当たり, ご指導, ご援助をいただきました関係各位に深甚なる謝意を表します。

参 考 文 献

- (1) 佐々木ほか: 東北金属技術報告 7-1 号 (昭 49)
- (2) 交直マグネットの設計と応用, オーム社

同期電動機駆動軸系の過渡現象のデジタルシミュレーションによる解析

東 覚 里 志*・福本紀久男*・加藤 之 敏*

1. ま え が き

同期電動機は誘導電動機と異なり電力システムの力率改善が可能、回転数が一定、効率が高いなどの理由により大容量の機械駆動用として多く用いられ、プラント内の主機の役割を果たしている。このため同期電動機並びにその駆動系には高度の信頼性が要求されるが、設計製作においては定常状態だけでなく非定常状態、すなわち過渡現象に起因する問題についても十分な検討を行う必要がある。過渡現象発生に対しては電動機の電磁現象のみでなく、それにより引き起こされる被駆動機を含めた振動などの機械的過渡応答をもは(把)握し、その結果を強度設計に反映させなければならない。

このような状態を解析するためには電源から供給される電氣的エネルギー、回転電機の電磁エネルギー、更に軸系の回転エネルギーの3者を総合して考える必要が生じる。その理由は

- (1) 一定出力で定常運転をしている駆動系においては電気エネルギーと回転エネルギー(機械エネルギー)の流れは1方向でしかも一定量であるが、過渡時にはエネルギーの流れは一定量でないばかりか1方向とは限らない。
- (2) 電磁エネルギーの蓄積及び放出現象が生じるため、電源から供給される電気エネルギーと回転エネルギーは瞬時瞬時では必ずしも等しくはならない。

筆者らは既に電気系と機械系を連系させた過渡現象の解析を、誘導電動機駆動軸系の場合について行ったが⁽¹⁾、今回は同期電動機駆動軸系について解析を可能にした。

シミュレーションに当たって電気系は集中定数線形回路として同期電動機の基本式を忠実に解析した。機械系については多自由度ねじり振動系の運動方程式を解いており、軸系に非線形要素であるバックラッシュが存在する場合にも解析が可能のようにしている。

ここではシミュレーションの方法、結果並びに実測との対比について概要を紹介する。

2. シミュレーションモデルと計算式

2.1 シミュレーションモデル

図1.に電気系と機械系を連系させたシミュレーションモデルを示す。

- (1) 同期電動機の固定子にはa, b, c相の3相巻線があり、この3相巻線はリアクタンス X_e と抵抗 R_e をもつ外部インピーダンスを通して V_a , V_b , V_c の交流電圧をもつ母線に接続され、電機子電流 I_a , I_b , I_c が流れている。
- (2) 同期電動機の回転子のd軸(直軸とも呼び、磁極の中心軸)には界磁巻線及びダンパ巻線(制動巻線又は始動巻線とも呼ばれる)が施されている。界磁巻線には電圧 e_f が印加されて電流 i_f が流れている。ダンパ巻線は短絡されており、電流 i_{kd} が流れている。
- 回転子のq軸(横軸とも呼び、磁極と磁極の間を中心とした軸)にも短絡されたダンパ巻線が施されて電流 i_{kq} が流れている。
- (3) 同期電動機の出力軸には負荷機械が連結されているが、この

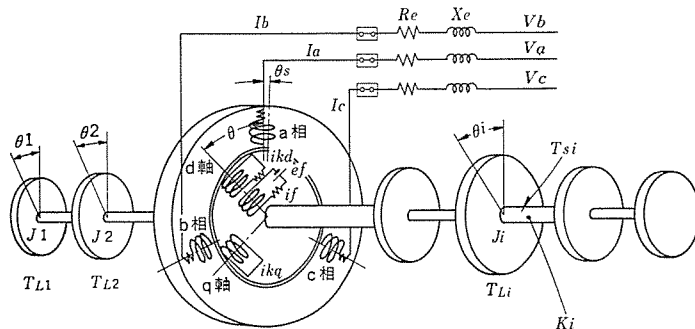


図 1. シミュレーションモデル

系を多自由度のねじり振動系としてモデル化する。すなわち慣性モーメント J_i と、ばね定数 K_i とからなる集中質点系として取扱う。

同期電動機の固定子についても慣性モーメント J_s とばねで支えられた集中質点とみなす。これにより突発短絡時に固定子に加わるトルクの応答をも解析できる。

- (4) 左から i 番目の慣性の、ある瞬時における回転角(機械角)を θ_i とする。また回転子の直軸と固定子のa相巻線中心軸とのなす角度(電気角)を θ とする。固定子a相巻線中心軸と空間に固定した固定軸(静止状態におけるa相巻線中心軸)とのなす角度を θ_s とする。

2.2 同期電動機の基礎方程式

電圧マトリクスを $[e]$ 、各巻線の鎖交磁束のマトリクスを $[\phi]$ 、各巻線の抵抗マトリクスを $[R]$ 、電流マトリクスを $[I]$ とすると同期電動機の基本方程式はよく知られているように次式で与えられる。

$$[e] = \frac{d}{dt}[\phi] + [R][I] \quad \dots\dots\dots (1)$$

鎖交磁束 $[\phi]$ は同期電動機のインダクタンスマトリクスを $[L]$ とすると次式で与えられる。

$$[\phi] = [L][I] \quad \dots\dots\dots (2)$$

印加電圧 $[e]$ を与えて電流 $[I]$ を解くために式(2)を用いて式(1)を次のように変換する。

$$\frac{d}{dt}[I] = [L]^{-1} \left[[e] - \left\{ \frac{d}{dt}[L] + [R] \right\} [I] \right] \quad \dots\dots\dots (3)$$

この微分方程式を解くことにより各瞬時の電流が求められる。すなわち電流の初期値を与えて数値積分を行えばよい。

次にこの瞬時電流をもとにして、同期電動機が発生する電磁トルクの瞬時値 T_M は、極数を P として次式で求めることができる。

$$T_M = \frac{100}{9.8} \cdot \frac{P}{2} \left(\frac{1}{\sqrt{3}} \right) \{ \phi_a(I_b - I_c) + \phi_b(I_c - I_a) + \phi_c(I_a - I_b) \} \quad (\text{kg-cm}) \quad \dots\dots\dots (4)$$

2.3 負荷機械駆動軸系の運動方程式

図2.に負荷機械駆動軸系のモデルを示す。

- (1) 左から i 番目の慣性モーメントを J_i 、回転角(機械角)を θ_i 、

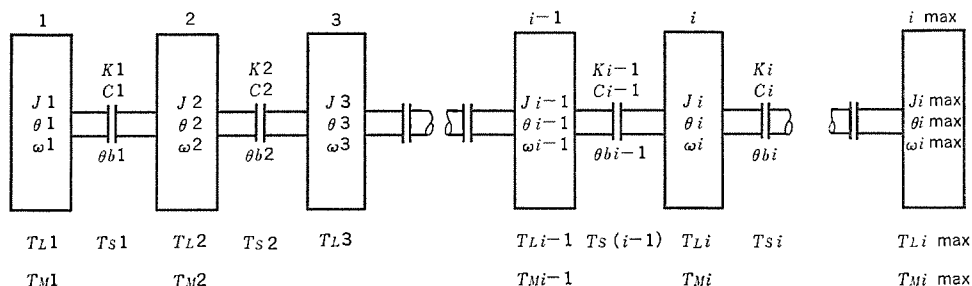


図 2. 負荷機械駆動系のモデル

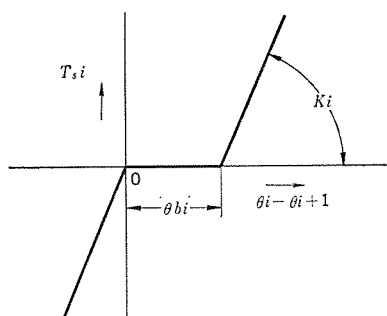


図 3. 軸トルクとバックラッシュの関係

角速度を ω_i とし、この慣性体に働く負荷トルクを T_{Li} 、それに作用する電磁トルクを T_{Mi} とする。

(2) $(i-1)$ 番目の軸から伝達されるトルクを $T_{s(i-1)}$ 、 i 番目の軸へ伝達されるトルクを T_{si} とする。

(3) 軸材の内部ヒステリシス減衰定数を C_i とし、バックラッシュの角度を θ_{bi} とする。

(4) 軸伝達トルク T_{si} とバックラッシュの関係を図 3. のようにモデル化する。

(5) i 番目における運動方程式は次式で与えられる。

$$\frac{d^2\theta_i}{dt^2} = \frac{1}{J_i} [T_{s(i-1)} + T_{Mi} - T_{Li} - T_{si}] \quad (5)$$

ただし $i=1$ (左端) については $T_{s0}=0$ 、 $i=i_{\max}$ (右端) については $T_{si \max}=0$ とする。

(6) 固定子の運動方程式は次式で与えられる。

$$\frac{d^2\theta_s}{dt^2} = -\frac{1}{J_s} (T_M + K_s\theta_s + C_s\omega_s) \quad (6)$$

ここで C_s は固定子の減衰定数、 ω_s は固定子の回転角速度である。

(7) 同期電動機は図 2. に示すモデルにおいて左から m 番目にあるものとする。この電気角を θ とし、回転子の機械的回転角を θ_m 、固定子の機械的回転角を θ_s とするとき、電気角 θ と機械角 θ_m 、 θ_s との間には次の関係がある。

$$\theta = \frac{P}{2} (\theta_m - \theta_s) \quad (7)$$

ここに

J_i ; 慣性 モーメント	(kg · cm · s ²)
θ_i ; 回転角	(rad, 機械角)
ω_i ; 回転角速度	(rad/s, 機械角)
T_{Li} ; 負荷 トルク	(kg · cm)
T_{Mi} ; 電動機発生 トルク	(kg · cm)
K_i ; 軸のばね定数	(kg · cm/rad)
C_i ; 軸材の内部 ヒステリシス 減衰定数	(kg · cm · s/rad)

θ_{bi} ; 軸系の バックラッシュ 角度
(rad)

T_{si} ; 軸を伝達する トルク
(kg · cm)

i は左端の慣性体を 1 とし i 番目を意味する。

2. 4 シミュレーションの手順

実際の シミュレーション 手順について説明する。

まず電流の初期値を与えて式 (3) を解き、瞬時電流 $[I]$ を求める。 $[I]$ を式 (4) に代入して電磁トルクの瞬時値 T_M を求める。次に式 (5)、式 (6) の機械系の運動方程式を解く。このとき電気系と機械系の橋渡しとして式 (7) を用いる。

実際には式 (3)、式 (5)、式 (6) の微分方程式を連立させて Runge-Kutta-Gill 法により数値積分する。

3. 計算例と実測例及びその対比

この シミュレーション プログラム では同期電動機に関するあらゆる 過渡現象の計算が可能であるが、ここではそのうちの代表例 5 件を示す。また 3 例については実測結果との対比を紹介する。

3. 1 始動時の電源投入による軸系のねじり振動

同期電動機の始動時には電源を投入した瞬時に発生する 過渡トルクによる軸系の応答が問題になる。場合によっては定格トルクを大きく上回る軸トルクが発生する。

計算 モデル は 1,500 kW、4 極、50 Hz、1,500 rpm のターボコンプレッサ駆動用同期電動機で、50 % の減電圧始動を行ったものである。

図 4. にその シミュレーション 結果を示す。

電動機発生トルクは電源投入瞬時には電源周波数にて脈動し、時間が経過するにつれて $2sf \approx 100$ Hz (3. 2 節参照) の脈動へと移っ

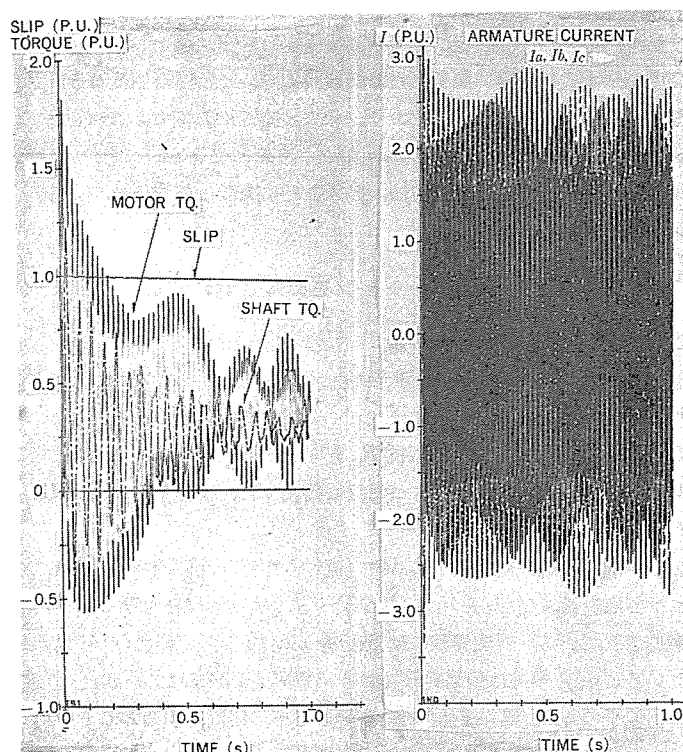


図 4. 始動時の電源投入に対する応答 (計算結果)

ていく。これらの脈動トルクにより軸はねじられて、ねじり振動の固有周波数と合致すると大きな軸トルクが発生する。

図 4. の計算例において軸系の固有周波数は 20 Hz で、両周波数と離れているために共振するまでには至らず、軸トルクは 1.25 P. U. と、定格トルクに近い値で納まっている。

全電圧始動の場合には定格トルクの数倍の軸トルクが発生する。

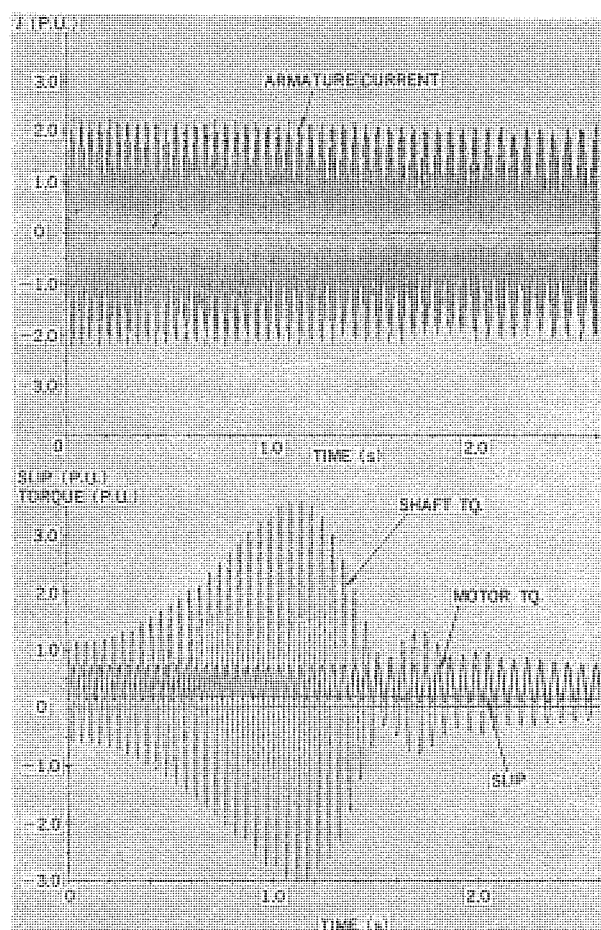


図 5. 始動時の $2sf$ 周波数脈動トルクに対する応答 (計算結果)

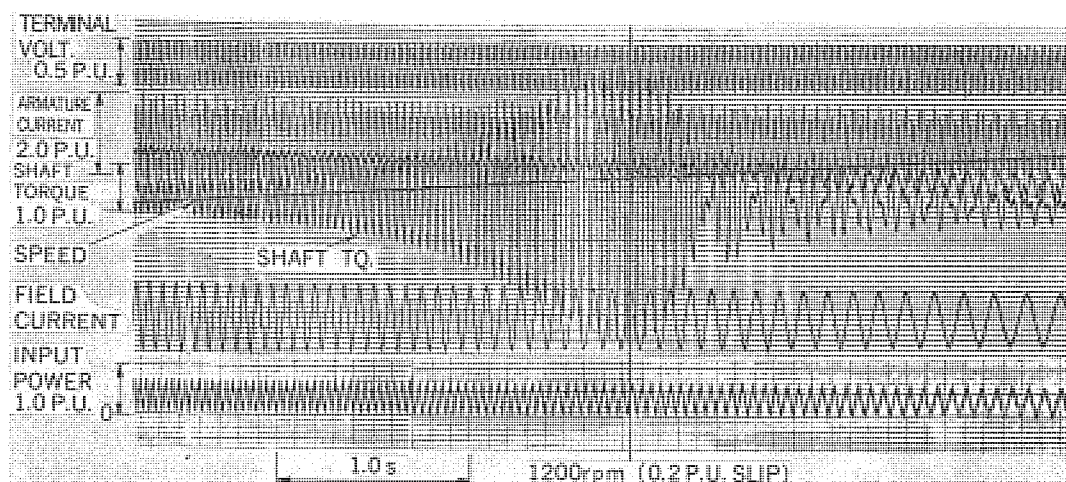


図 6. 始動時の $2sf$ 周波数脈動トルクに対する応答 (実測結果)

3.2 始動時の $2sf$ 周波数の脈動トルクによる軸系のねじり振動
同期電動機は始動時に $2sf$ (s ; すべり, f ; 電源周波数) 周波数の脈動トルクを発生する。これは d 軸と q 軸回路のインピーダンスが異なることによるもので、電源周波数が 50 Hz の場合には 100 Hz ~ 0 Hz まで、すべりに応じて変化する。

この脈動トルク周波数が軸系のねじり振動の固有周波数と合致する速度において共振現象が起こり、大きなねじりトルクが軸系に発生する。特にターボコンプレッサやプロフ駆動の場合に問題になることが多い。シミュレーション結果を図 5. に示す。モデルは 3. 1 節と同一で、やはり 50 % の減電圧にて共振域を通過させたものである。

軸系の固有周波数は 20 Hz, したがって $2sf = 20$ Hz より、すべり $s = 0.2$ P. U. (80 % 速度) において共振が起こっている。

平均トルク 0.45 P. U., 脈動トルク) 片振幅値 0.3 P. U. の電動機発生トルクに対して、軸トルクは片振幅値 3.3 P. U. が現れている。

電機子電流は電源周波数成分以外に $(1-2s)f$ 周波数成分の存在により、変調された波形となっている。

図 6. に実測の波形を示す。この波形は端子電圧、電機子電流、界磁電流、1 次入力、軸トルク、回転数の諸量を記録したものである。1 次入力に電動機発生トルクに近い値を示すものとみなすことができる。

界磁電流は sf 周波数にて脈動するが、これと比較することにより 1 次入力、軸トルクが $2sf$ 周波数で脈動していることがわかる。共振点においては片振幅値 2.9 P. U. の軸トルクが発生している。

実測とシミュレーション結果の完全な一致は見られないが、振幅、波形とも比較的良好に対応していることがわかる。波形の幾分かの違いはダンピングの差によるものと考えることができ、この値を十分に把握することが今後の問題である。

3.3 同期引き入れ

誘導電動機として加速した同期電動機に 95 ~ 99 % 速度近傍において界磁巻線に直流励磁を与え、同期回転数に引き入れる。この際、電力系統へのじょう(擾)乱を極力小さく抑えるために、励磁電圧を印加するときの位相を検出して最適位相による同期投入を行う場合が多いが、ここでは逆に投入位相が悪い状態にあるときに同期投入を行った場合を計算する。

シミュレーション結果を図 7. に示す。本機はプロフ駆動用 9,000 kW, 6 極, 50 Hz, 1,000 rpm の同期電動機で、ねじり振動の固有周波数は 11 Hz である。

逆位相状態において加えられた励磁電流による磁束を打消すために遅れ力率の電機子電流が流れる。電機子反作用の減磁作用であるが、最適位相投入時に界磁電流が増加すれば進み力率電流が流れて減磁作用をする場合とは反対の現象となる。

時間とともに約 π ラジアンずれていた内部相差角が徐々に小さくなり、電動機領域 (正の値にとっている) に入って定常

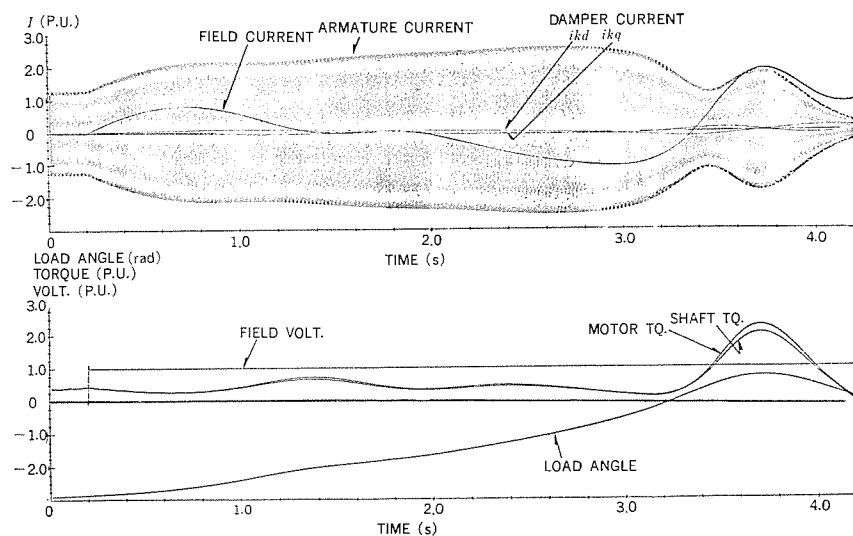


図 7. 同期引き入れ時の応答 (計算結果)

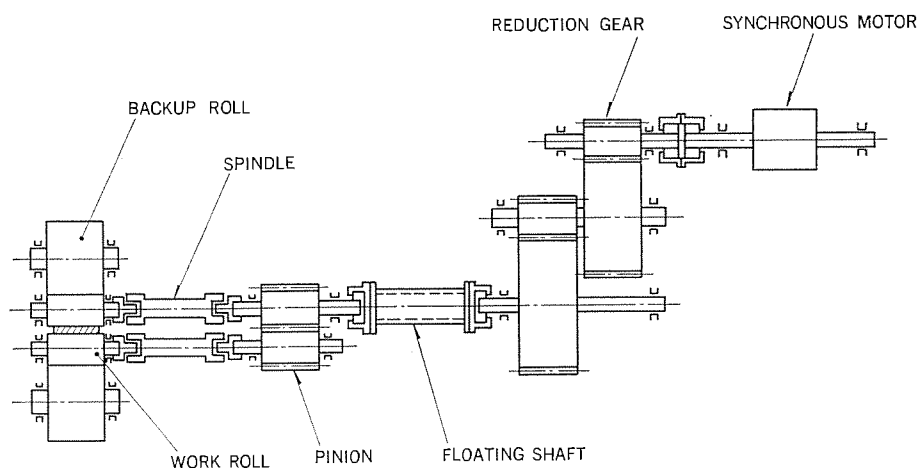


図 8. 圧延ミル駆動系の構成

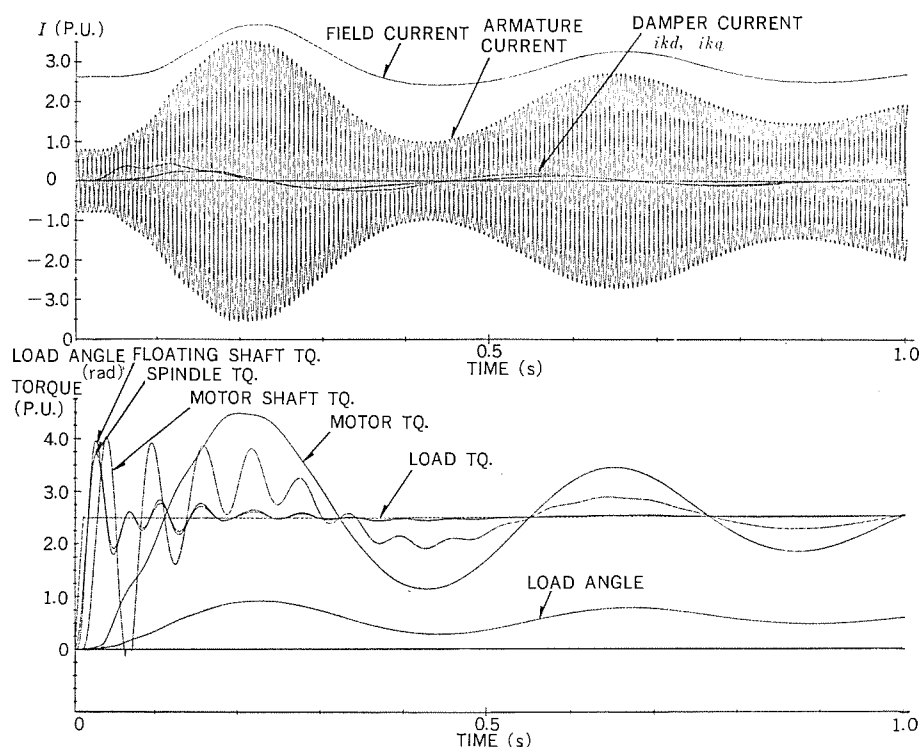


図 9. 衝撃負荷トルクに対する応答 (計算結果)

運転の値に近づいていくことがわかる。 π ラジアン のずれは磁極 1 極分のずれに相当している。

界磁電流、ダンパ電流の動きも明りょうに示されている。

電動機発生トルクが脈動しているが、その周波数が低いため軸トルクもその動きに合致して脈動している。

3. 4 衝撃負荷トルクに対する応答

定常状態にある同期電動機に衝撃負荷が加わった場合にも同期電動機駆動系には過渡現象が発生する。粗圧延ミル駆動の場合を検討する。

図 8. に圧延ミル駆動系の構成、図 9. にシミュレーション結果を示す。軸系をスピンドル、フローティング軸、電動機軸の 3 軸に分けて、4 質点系としてモデル化した。またピニオン、減速機などのバックラッシュも結果に大きく影響を与えるため、考慮した。

電動機定格は 10,000 kW, 8 極, 60 Hz, 900 rpm, 80 % 進み力率であり、ロール部分に定格出力の 250 % 負荷が 0.01 秒の立上がり時間でラング状に加わるとした。1 次, 2 次, 3 次のねじり振動の固有周波数はおおよそ 16.4 Hz, 22.4 Hz, 80 Hz である。

スピンドル及びフローティング軸のトルクに比べて電動機軸のトルクの立上がりが遅れているが、これは電動機が負荷から最も離れた位置にあるため、ロール側から順番にトルクが伝達されてくることを示している。また電動機軸には 0.07 秒近傍においてバックラッシュによる軸トルクの不感帯が現れている。

電動機発生トルク、電機子電流、界磁電流、内部相差角の変動をも示したが、これらは軸系のもつ慣性モーメント並びに同期電動機のもつ同期化力で決まる電気的な固有周波数にて脈動する。

この同期電動機は定常状態で 350 % の脱出トルクを持っているため今回のトルク変動に対しても十分な余裕があり、同期外れを起こさないことが内部相差角の最大変動量をみればわかる。

衝撃トルクに対する電気的諸量の応答時間は軸トルクの立上がり時間に比べて遅く、軸系の保護を電氣量をとらえて行うことは不可能で、メカニカルヒューズ等、機械的な保護を行う必要があることがわかる。

図 10. は上記現象の実測結果である。各軸のトルク、1 次入力、及び、電機子電

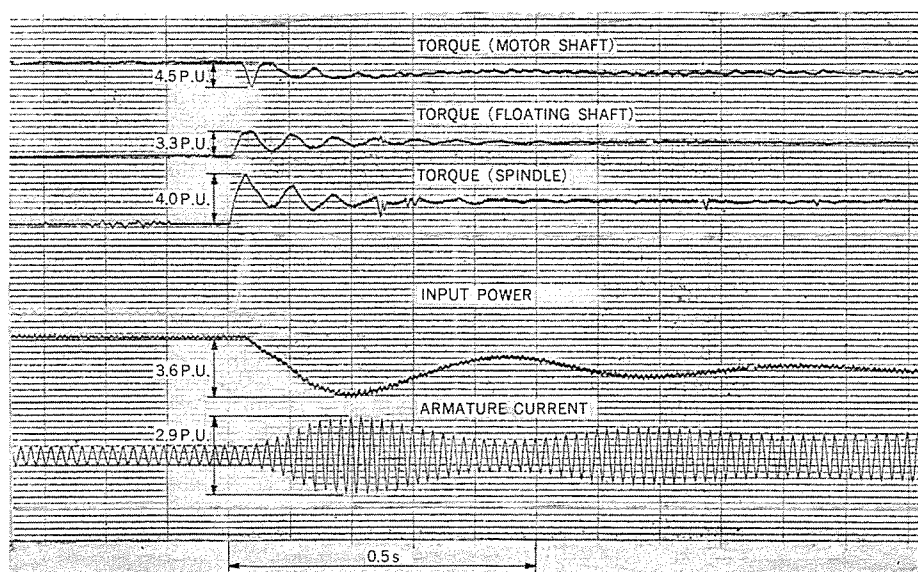


図 10. 衝撃負荷 トルク に対する応答 (実測結果)

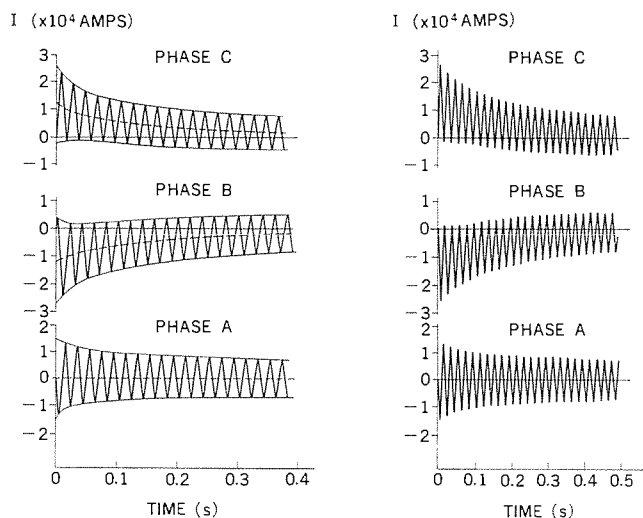


図 11. 3 相突発短絡時の電機子電流についての実測と計算の比較

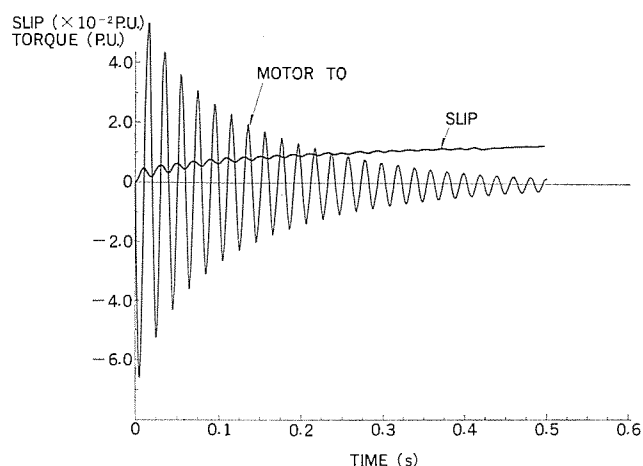


図 12. 3 相突発短絡時の電動機 トルク とすべり (計算結果)

流を測定しているが、1 次入力変動は 3.2 節で述べたように電動機発生トルクに近いものである。

軸トルクについて実測とシミュレーション結果とを比較すると、最大値は比較的近い値となっているが、波形が異なっている。これはダンピングの差によるものであるが、ダンピング効果はローラ部分において最も大きいと考えられ、圧延条件により大きく変わる性質のものである。この点を把握することにより精度の高いシミュレーションが可能と考えられる。

電動機軸のトルクにはシミュレーションで予測したとおり、バックラッシュによる不感帯が現れている。

その他電氣的諸量についても比較的良い対応を示している。

3.5 3 相突発短絡現象

電動機運転時の短絡現象としては 3 相突発短絡、線間突発短絡等があるが、こ

こでは B. Adkins が行った 30 MVA 同期機の 3 相突発短絡試験結果⁽²⁾とこのシミュレーション結果とを比較してみる。

図 11. に B. Adkins 氏の試験による電機子電流 3 相分 (I_a , I_b , I_c) の波形並びにこのシミュレーションプログラムで計算した結果を示した。3 相突発短絡は同期電動機が無負荷で単独運転中、a 相電圧が零になった瞬時に電動機端子において発生したものである。

各相の電機子電流波形がよく一致していることがわかる。

図 12. に電動機発生トルクとすべりの計算結果を示している。トルクは短絡直後に $-6.5 \text{ P.U.} \sim +5.5 \text{ P.U.}$ の値を示しており、電源周波数で脈動しながら減衰している。

すべりが零から正の値になっているが、これは短絡トルクの平均分が負のために減速していることを意味している。

4. む す び

同期電動機の基本式と駆動軸系のねじり振動の運動方程式とを連結することにより、過渡現象発生時の電氣的応答、機械的応答の解析を可能にした。

これら過渡応答を知ることにより十分な電氣的特性、機械的強度をもつ同期電動機並びに負荷機械を含む軸系の設計、製作が可能である。

シミュレーション例と実測例を示したがこれらの値、波形の違いは主にダンピング効果の差によるものと考えられ、この点を十分に把握することにより更に精度の高いシミュレーションが可能であると考えている。

参 考 文 献

- (1) 新良, 東覚, 永石: 誘導電動機の過渡現象及び異常現象の直接的シミュレーション, 三菱電機技報, 48, No. 10 (昭 49)
- (2) B. Adkins et al.: Transient Theory of Synchronous Generator Connected to Power System, IEEE, 98, Pt. 11, p. 510 ~528 (1951)
- (3) P. Subramaniam et al.: Digital Simulation of a Synchronous Generator in Direct-Phase Quantities, IEEE, 118, No. 1, JAN. (1971)

日本道路公団納め中国自動車道東城—三次間遠方監視制御装置

森 本 高 正*・田 淵 雅 雄*・山 下 肇 輝*・三 浦 望***・中 島 正***

1. ま え が き

中国自動車道は、西日本の幹線自動車道として吹田インタチェンジ（以下ICと略す）から下関インタチェンジまでの全長544kmが計画されており、昭和53年10月には広島県下で初めて的高速自動車道として北房～三次間（100km）が開通し、三次から吹田までの全線295kmが結ばれることになった。この遠方監視制御システムは、今回の開通区間を含め兵庫県と岡山県の県境に当たる上月パーキングエリア（以下PAと略す）から三次インタチェンジ

までの岡山、広島両県にわたる総延長163kmの高速道路を三次にて管制するものである。三次管制室は将来広島管理局（仮称）内に移設され、広島管理局交通管制室は中国道及び山陽道を総括的に管制するが、今回暫定的に三次に設置されたものである。

遠方監視制御システムの目的は、多量の交通量を安全かつ円滑に通行させるための情報の提供、及び道路沿線上に散在する諸施設の維持管理である。情報提供の手段としては、インタチェンジ流出部、トンネル入口部、一般道路取付部などに設置される情報板、本線全域にわたる速度規制標識、気象情報を提供する気象用情報板、霧発生などによる視界不良時に行う視線誘導灯など、従来の高速道路維持管理施設と同一であるが、対象となる区間の地理的、社会的立地条件、気象状況等を十分配慮した設備となっていることは言うまでもない。このシステムの実現するためには、広範囲な道路区間の交通状況、気象情報、施設状態などの膨大なデータを三次管制室では（把）握する必要がある、そのための伝送装置及び情報処理装置は効率のよい信頼性の高いものでなければならない。このシステムでは、最新の半導体技術の進歩に基づいた新しい情報伝送装置《MELF-LEX》を採用し、複合マイクロプロセッサによる機能分散形処理を実施している。これにより情報の判別・処理・記憶・操作員に対するオペレーションガイドなどがプログラム処理で行われており、システムの機能のフレキシビリティ、将来の増設・移設に対して容易に対処できるとともに、装置の小形化、省電力化を実現した。

2. 中国自動車道の設備概要

2.1 可変標識板設備

インタチェンジ流出部情報板、中間点情報板、気象情報板、トンネル入口部情報板、一般道路取付部情報板より構成される。通過車両台数、



図 1. 中国自動車道路線図（上月～三次間）

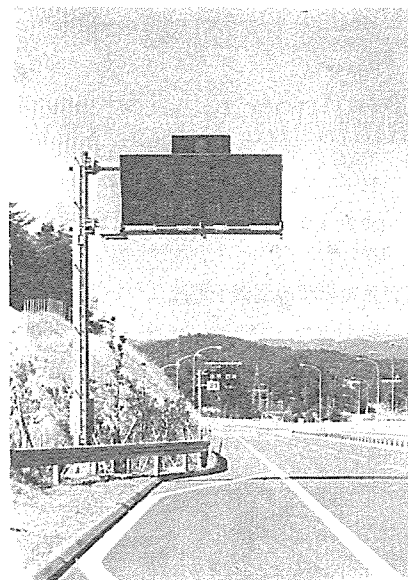


図 2. 可変式標識板

気象観測等で得た各地点の情報をもとに「地名あるいは区間」「交通規制」「交通状況」「原因」などを表示し、利用者に注意を促す。

2.2 可変式速度規制標識板設備

本線上の路側に設置され、通常は区域内の制限速度を表示する。なお、積雪、路面凍結、視界不良などの気象現象が発生した場合は一時的に最高速度を低く抑える表示を行うとともに、規制区間を示す矢印表示を行い交通の安全を確保する。

2.3 気象観測設備

本線上の橋りょう（梁）部、湖沼地帯の気象状況の変化の激しい地点に設置し、道路上の気温・路温・風向・風速・視界状況などの気象関連情報を把握監視し、道路の維持管理、利用者に対する情報源と

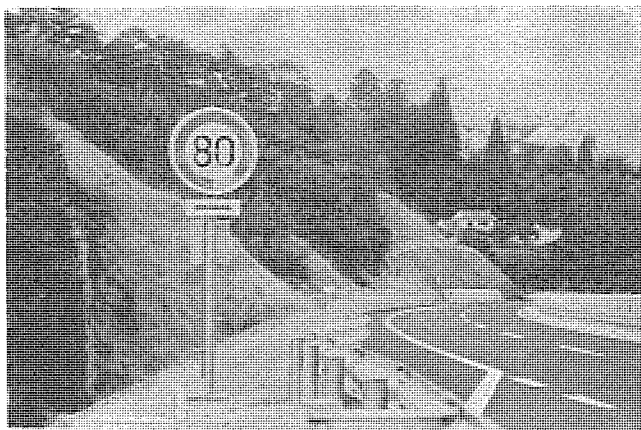


図 3. 可変式速度規制標識

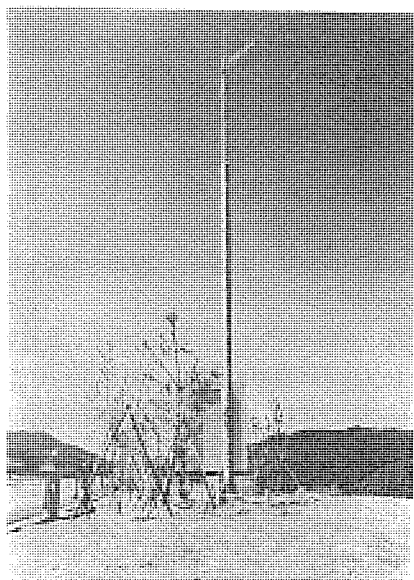


図 4. 移動無線基地局

する。

2.4 自発光デリニエータ設備（視線誘導灯）

本線路肩部に設置し、各装置には点滅制御可能なランプを内蔵する。特に霧が発生し視界不良となった場合には、VI計の計測値にもとづき、自動又は手動にて点滅し、利用者に対して視線誘導の役割を果たす。

2.5 交通量計測設備

管理事務所のあるインタチェンジの本線上にループコイル式車両感知器を埋設し、通過交通量のデータを把握する。計測量としては大形車・小形車の車種判別と、それぞれの通過台数を計測する。渋滞情報及び維持管理に必要な交通実態の基礎データとして重要な役割を果たす。

2.6 移動無線設備

道路管理用パトカーと管制室との通話手段として、400 MHz 帯の移動無線回線を構成する。本線上には回線設計上必要箇所に基地局が設営され、トンネル対策としては漏えい同軸ケーブルをトンネル内に展開し、トンネル内パトカーとの無線通信回線を構成している。

2.7 非常電話設備

本線上に1 km ごとに設備され、利用者からの事故・故障などの通報を管制室に伝える手段としている。管制室では通報内容に基づき、高速道路の各機関に連絡するとともに適切な指示を行う。

2.8 照明設備

交通安全確保のため、トンネル内部、インタチェンジ周辺、橋梁などに照明設備が設けられ、周囲の明るさに順応して自動又は手動にて照度が切換えられる。特にトンネル入口部では車両突入時の照度変化を緩和するため増灯照明ができる。

2.9 換気設備

トンネル内通過車両からの排気ガスは、COガスなどの有害成分が含まれるとともにトンネル内の視界を悪化させることになる。またこれらの排気ガスがトンネル内に停滞、蓄積されると利用者の健康を害したり事故を誘発する恐れがある。このためトンネル内にCO計・VI計を設置して常にトンネル内の状態を把握し、その計測値にもとづき自動又は手動にて換気（ジェットファン動作）を行う。

2.10 防災設備

トンネル内における火災発生、事故その他の緊急事態の際の危険を防止するため、自動通報装置（感知器）、手動通報装置、消火せん（栓）、ポンプ設備・水そう（槽）設備が備えられている。特に火災発生時にはトンネル入口情報板と自動連動して「火災発生・進入禁止」を表示し、トンネル内突入を防止するようになっている。

2.11 受配電・自家発電設備

道路維持管理に必要な諸設備に高信頼度の電力を供給する。受電系統が停電した場合には必要不可欠の負荷に対して電力を供給するため、各インタチェンジ、トンネル部には、非常用電源設備を備えている。また管制室では無停電化のための電源装置、子局側にはバッテリー充電器装置が備えられている。

3. 遠方監視制御システム

このシステムは、三次管制システム、三次管理事務所、新見管理事務所交通系及び電力系、既設津山管理事務所交通系の各システムから構成される。遠方監視の対象となる設備は、利用者への情報提供を主とした交通情報と施設の管理を主とした電力情報とに大別される。三次管制室から監視・制御を行う被制御所は、上月パーキングエリアより三次インタチェンジ間の20箇所の被制御所である（図5. システム構成図参照）。杉坂トンネルを含む美作IC～落合IC間は既に供用区間であり、被制御所は交通・電力分離の既設設備があった。北房IC～神郷PAは、交通・電力分離、東城IC～三次IC間は、交通・電力合体のシステムで計画した。以上の混合した被制御所構成に対し効率よい情報伝送方式を検討し、三次交通管制室への情報伝達方式を下記のとおりとした。

(1) 美作IC～落合IC間交通系のインタチェンジ監視情報は、津山管理事務所でのハイブリッド分岐による転送とし、制御信号の送出その

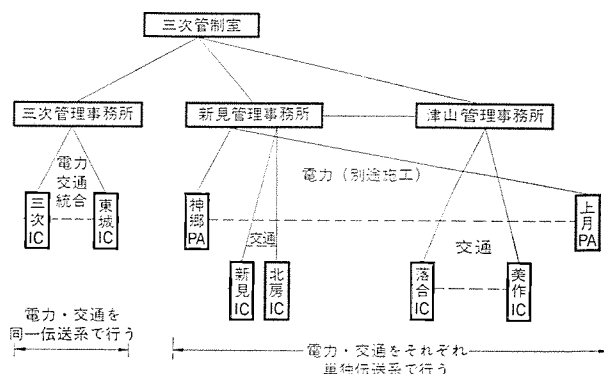


図 5. システム構成図

他の交通関連情報の授受については、三次管制室～新見事務所交通系～津山事務所間に事務所間伝送ルートを設置することとした。

(2) 交電分離方式の上月PA～神郷PA間については、新見IC、北房ICの2つのインタチェンジの監視・制御を行う新見事務所交通系システムを作るとともに、上月PA～神郷PA間のトンネル情報板等の交通関係情報は新見事務所内で、交通系、電力系の各システム間にデータ交換装置を設け、三次管制室～新見事務所交通系間の事務所間伝送装置により情報伝達を行うことにした。

(3) 交電一体形の東城～三次間については、三次事務所システムと三次管制システムとが同一フロアで運用されるため、すべての情報処理は三次事務所システムで行うこととした。したがって三次管制室内では上月PA～三次ICまでの管制範囲を両システムの結合処理装置にて機能分担を行い、三次管制用結合装置としては上月PA～新見ICまでを遠制範囲とした。またグラフィックパネル及び操作卓もそれぞれ事務所用、管制用と製作し列盤配列とし、監視・制御機能の一体化を行うとともに設備の重複をなくした。

4. 中央制御装置ハードウェア構成

三次管制室に設置される中央制御装置は、管制用交通卓、事務所交通卓・電力卓別途施工の速度規制標識卓及び管制用グラフィックパネル、事務所用グラフィックパネルその他記録計盤、ラインプリンタ、システムタイプライタ等と結合し、上月PA～三次IC間の各所に散在する諸設備の遠方監視制御・管理データ記録・表示を行う。図6.にその概略構成を示す。

4.1 中央制御装置

この装置は、将来広島管制室（仮称）に移設される管制用中央制御装置と三次事務所用中央制御装置の2つのブロックよりなる。この装置はマイクロプロセッサを主要構成要素とした新情報伝送装置⁽¹⁾《MEL-

FLEX》で構成され、機能分散形のマルチプロセッサ方式を採用した。

図6.に示す各ユニットには専用のマイクロプロセッサが内蔵されており、ユニット間のデータ交換が必要となる。このシステムではユニット間結合方式としてバッファメモリ付デジタル入出力モジュールを用いた放送モードによるデータ授受方式を採用し、できる限りユニット間は疎な結合とし、ユニット内の故障が他のユニットに及ぼす影響を最小限となるように配慮してある。

(1) テレコンI/Oユニット⁽¹⁾

複数の伝送回線の受信、制御信号の送出の処理を行うもので、ハード的には伝送制御モジュールと直結し、共通するロジックをプログラム処理によるファームウェア化を行っている。なお、必要に応じ従来の遠制装置（標準C.DT方式）とはワードシリアル・ビットパラレルのインタフェース機能も有している。

(2) 交通監視制御ユニット

グラフィックパネル、交通卓処理機能を有するもので、交通系情報のマンマシンインタフェース機能を果たす。三次事務所用ユニットには可変速度規制標識を制御・監視する速度規制標識卓とのインタフェース機能も含まれている。

(3) 電力監視制御ユニット

電力卓及び記録計盤の処理機能を有するもので、交電一体化の被制御所情報のうち電力情報だけを抽出し、監視・制御を行う。

(4) ロガーユニット

機器の動作記録、故障記録をシステムタイプライタに、通過車両台数の時報・日報をラインプリンタに出力する印字専用のユニットである。また他の機能ユニットの動作状態、故障診断の監視機能を有している。

4.2 マンマシン機器

(1) 操作卓

管制用交通卓、事務所用交通卓、電力卓を三次管制室に設置し、新見事務所には交通卓を設けた。

(2) グラフィックパネル

交通状況表示を主体とし、変更及び増設が容易な単位ブロックはめ込式モザイクパネルである。表示内容は、情報板、速度規制値、移動無線基地局、車両台数、気象観測状況及びトンネル防災情報などである。

(3) 記録計盤

中山トンネル換気状況を6打点式記録計により連続記録を行い、また

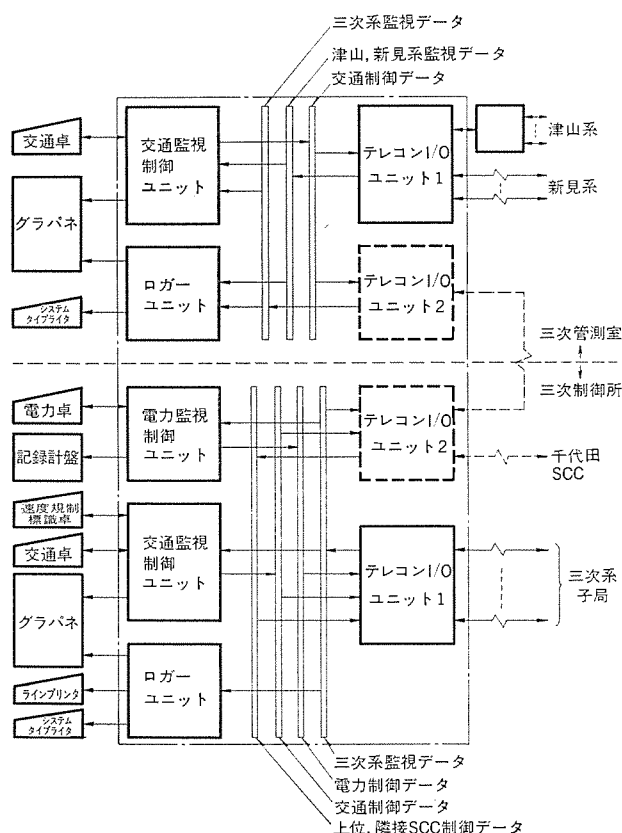


図6. 中央制御装置概略構成

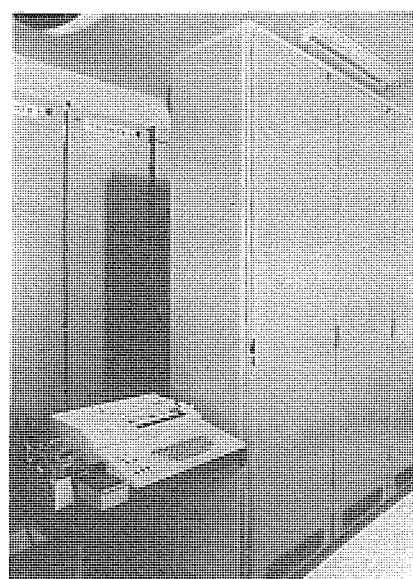


図7. 中央制御装置

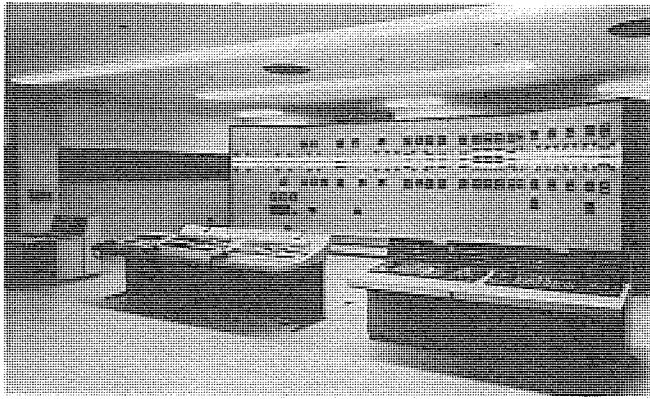


図 8. 三次管制室 グラフィックパネル・操作卓

VI 低下, CO 増大にて警報出力をする。

(4) 印字装置

システムタイプライタ及びラインプリンタを各1台ずつ、三次管制室と新見事務所に設置した。

5. 中央制御装置ソフトウェア構成

中央制御装置は、伝送入出力処理、操作卓入出力処理、グラフィックパネル出力処理、記録計出力処理及び印字記録処理等を最適に機能分散したソフトウェア構成とし、機能の拡張、増設等に伴うプログラムの追加・変更が容易となっている。またこのシステムには三次管制システム、三次管理事務所、新見管理事務所交通系の3システムがあり、各システムにおけるソフトウェア構造を共通化し、保守性の向上を図った。

5.1 ユニット(プロセッサ)間の情報交換方式

このシステムは図6.に示すように、マルチプロセッサ構成を採用しており、取扱うデータは監視及び制御情報である。テレコンI/Oプロセッサでは、1,200ボーの伝送速度で監視情報を収集し、データの検定、集約を行い、配下の各プロセッサ側に必要情報を転送する。制御情報は制御送出要求の発生源のプロセッサ側が主権をもちテレコンI/Oプロセッサに転送するが、複数操作卓からの同時制御を防止する相互インタロック方式を採用した。

5.2 プログラム構成

各プロセッサの機能プログラムは、管理プログラム(モニタ)の下で実時間データ処理を行っている。このモニタはクロック処理、割込処理、異常処理の各機能を持っている(図9.参照)。なおこのシステムで処理される機能プログラムの1例を図10.に示す。

6. 中央制御装置の機能

6.1 交通卓機能

(1) 可変標示板監視/制御

個別制御とグループ制御ができる。グループ制御は、同種類の標示板に同一情報提供を行う際一括して制御信号を送出するためのものである。

(2) 可変式標示板試験機能

現在「消滅」表示を行っている標示板に対し、主機側のランプ点灯回路を試験側に切換え中央より主機回路の点検を行う。試験は各表示項目ごとに行い、制御結果はグラフィックパネルで確認する。

(3) 可変式速度規制標識板監視/制御

規制値及びヒータの「ON」「OFF」制御をブロックごとに行う。機器状態については異常はブロックごと、故障は機器ごとに選択監視を行う。

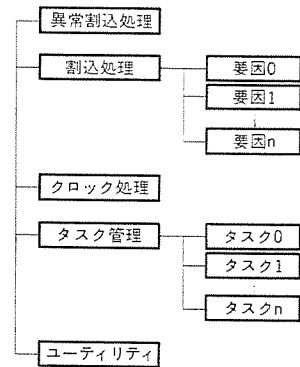


図 9. モニタ構成図

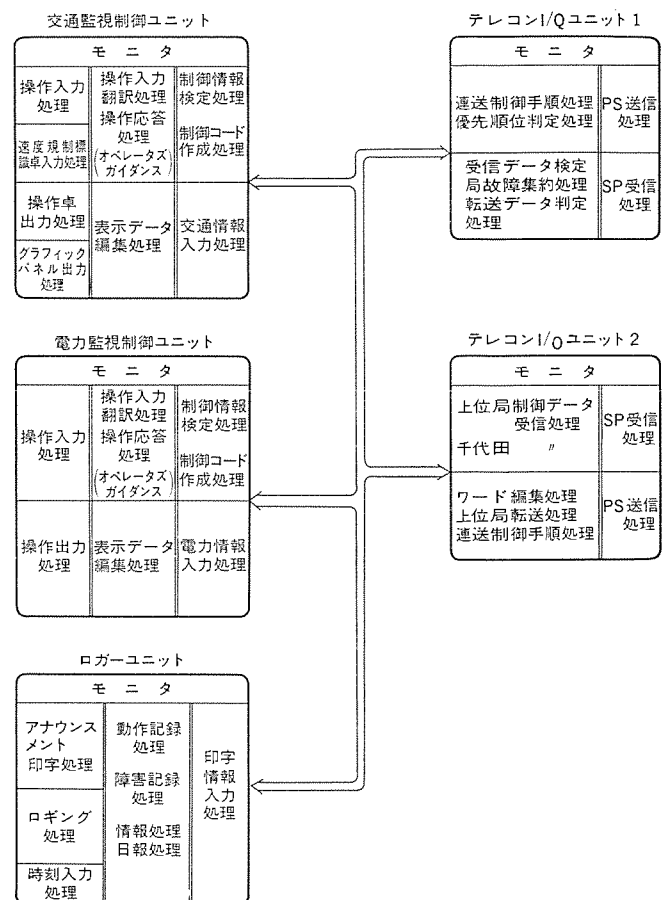


図 10. 三次管理事務所ソフトウェア構成図

(4) 伝送装置動作状態監視

(5) 警報出力

機器の自動状態、故障発生時などには、卓上の名称名板をフリッカさせると同時にブザー又はチャイムを鳴動する。

(6) テスト機能

卓及びグラフィックパネルのランプテスト及びグラフィックパネル上の反転板の機器動作テストを行う。

(7) 自発光デリニエータ

三次地区及び庄原地区に対しブロックごとに制御を行う。

6.2 グラフィックパネル表示機能

可変標示板の情報提供内容及び故障などの状態表示、速度規制値の数値表示、移動無線基地局動作状態及び故障表示、トンネル防災警報表示、三次インタチェンジ通過交通量表示、路温・気温の数値表示及び

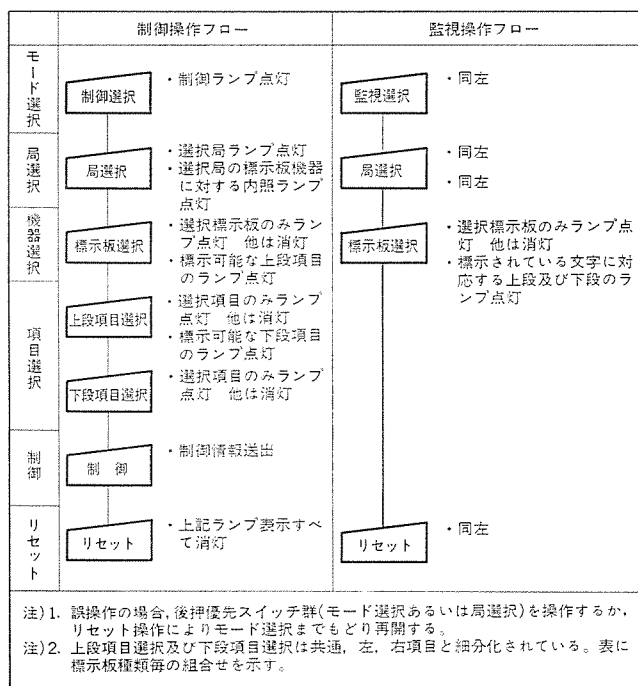


図 11. 操作フロー (可変標示板)

視界不良警報表示等を行う。なお、新見事務所において上記と同じ内容を表示するが、グラフィックパネルは別途施行の電力系グラフィックパネルで行っている。

6.3 電力卓監視／制御

東城 IC～三次 IC 間のインタチェンジ、パーキングエリア、サービスエリア、トンネルの電力設備についての選択計測／監視を行うとともに受配電・自家発・照明・換気・防災(感知器試験を含む)、移動無線基地局の各設備の遠方制御を行う。

6.4 その他、トンネル内換気状況の連続記録、交通量の日報作成、故障・動作記録を行っている。

6.5 オペレータガイダンス機能

各操作卓は操作手順に従って対象設備の監視／制御を行うが、操作がスムーズに誤りなく行えるように操作ステップごとに現在の状態表示及び操作可能なスイッチ(機器の存在表示及び項目存在表示)の内照ランプを点灯する機能をもっている。操作員はこのガイダンスに沿ってスイッチを操作すると、選択されたスイッチは点灯として残り、選択手順、選択項目内容の再確認後に制御指令送出を行うこととなる。図 11. にその 1 例を示す。

7. 被制御所構成

従来高速道路施設管理及び管制業務のための遠制装置は、交通系と電力系とはそれぞれ独立の伝送系で取扱っていたが、三次地区被制御所は交電一体化の装置である。

7.1 符号フォーマット

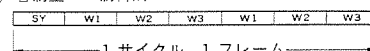
交電一体化被制御所装置の特長として、制御符号は 5ワード構成とし、交通系制御符号と電力系制御符号とから成り、それぞれに局アドレスを付加した。したがって同一子局であっても電力制御と交通制御が同時制御可能となるよう配慮した。(図 12. 参照)

一方監視計測符号は 44ビット方式の標準フォーマットを採用しているが、可変標示板の監視信号は制御出力と同一コード(定マーク)で入力した後、16進符号に変換した計測信号と同一フォーマットで伝送す

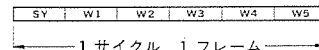
図 12. 符号フォーマット

(1) サイクルフレーム構成

(イ) 管制室→制御所



(ロ) 制御所→制御所, 制御所→被制御所

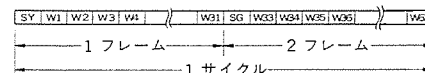


(2) ワード構成

W1	ワードアドレス eC ₂ (1)	機能上位 aC ₂	局上位 aC ₂	局下位 aC ₂	パリティ	反転送	P
W2	ワードアドレス eC ₂ (2)	項目 (上段) aC ₂	形態 aC ₂	機能下位 aC ₂	パリティ	-	P
W3	ワードアドレス eC ₂ (3)	項目 (中段) aC ₂	項目 (下段) aC ₂	パリティ	-	-	P
W4	ワードアドレス eC ₂ (4)	局上位 aC ₂	局下位 aC ₂	大群 PBC	パリティ	-	P
W5	ワードアドレス eC ₂ (5)	群 aC ₂	点 aC ₂	制御 aC ₂	パリティ	-	P

図 12. 符号フォーマット

(1) サイクルフレーム構成



(2) ワード構成

監視	ワードアドレス eC ₂ (1)	局上位 aC ₂	局下位 aC ₂	大群 PBC	パリティ	反転送	P
計測	ワードアドレス eC ₂ (2)	100位 データ	10位 データ	1位 データ	パリティ	反転送	P

図 12. 符号フォーマット

る方式とした。

7.2 被制御所ハードウェア構成

この装置の概略仕様は下記のとおり。

- (1) 対向方式 制御 1:N, 監視 1:1
- (2) 伝送速度 制御 1,200 ボー, 監視 1,200 ボー
- (3) 伝送方式 常時 サイクリック, NRZ 等長符号, フレーム同期, 2 連送照合+パリティ, 制御は定マーク検定
- (4) 制御出力 電力系 無電圧接点 1a 接点個別出力
交通系 フォトカプラ出力
- (5) 監視入力 無電圧片端共通 1a 接点, オープンコレクタ
- (6) 計測入力 0～5V, 4～20mA, -10～+10mA
- (7) 電源 DC 24V $\pm$ 10%, DC 100V $\pm$ 10%

8. む す び

以上、三次～東城間遠方監視制御システムの設備の概要を説明したが、このシステムで採用したシステム構成法、交電一体化の被制御所構成など今後供用される高速道路遠制設備の 1 つの指標ともなり得ると思う。特に中央制御装置の分散処理方式による機能分担は、機器の小形化を図るとともに信頼性の向上にもなっている。最後に、この設備の計画・設計施工にあたり終始ご指導をいただいた日本道路公団並びに関係者各位に謝意を表する。

参 考 文 献

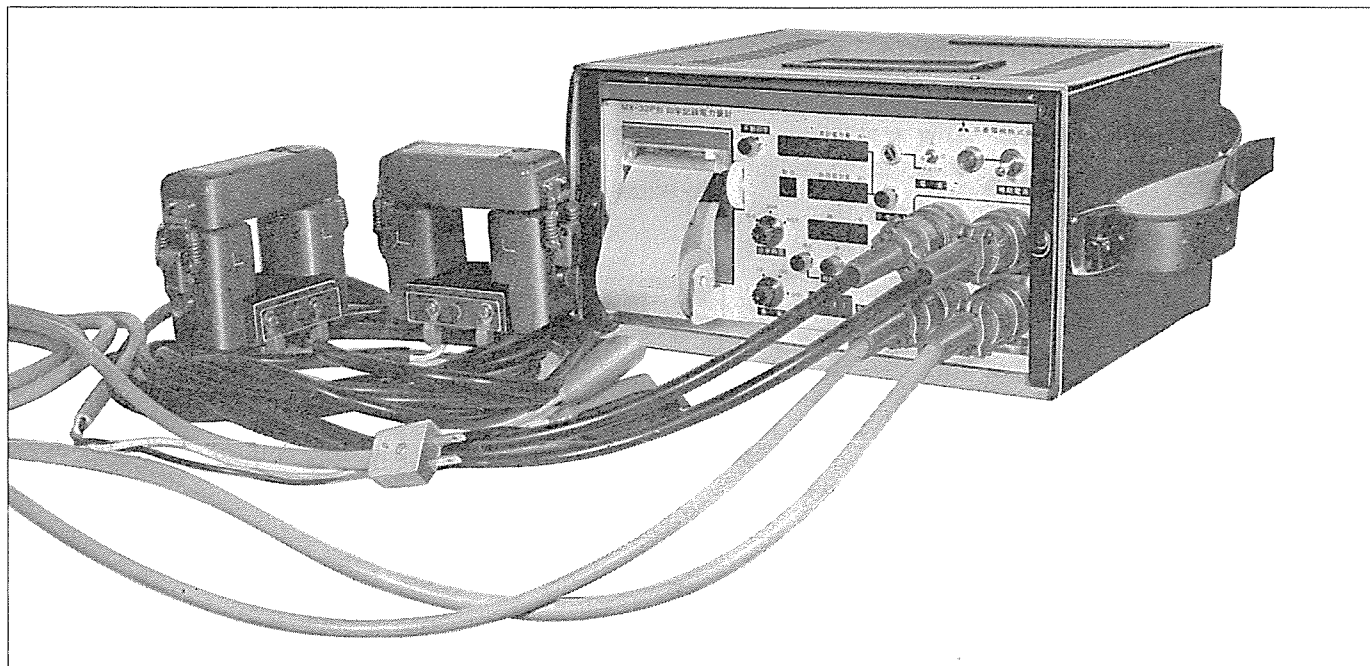
- (1) 室田, 山内ほか: 新遠方監視制御システム《MELFLEX》三菱電機技報, 52, No. 2 (昭 53)

三菱印字記録電力量計 MX-32P形

三菱電機では、可搬形で電力量の計量、印字記録のできる電力量計MX-32P形を製品化、販売を開始しました。

現在、各方面において省電力対策が進められておりますが、これらの計画の立案のための各種電気設備の消費電力量の実態の把握および省電力対策の実施効果の正しい評価が必要です。従来

この種の目的の計器としては、瞬時電力の表示記録あるいは一定時間における消費電力量を計量するものがありますが、これらの計器では実際の電気設備の消費電力量の時間経過を定量的に把握することは困難でした。この印字記録電力量計MX-32P形は、これらの要望に応える製品です。



●特長

- 電力量の計量・記録の機能を電子化しコンパクトな携帯形の一体ケースに納めたので小形・軽量です。また同時に開発した分割形CT<CW-3S形>と組合せて使用することにより、測定箇所の移動が容易に行え、一層の機動力が発揮できます。
- 電力量計量部は時分割乗算方式であり、極めて高い精度と定安度を有しており、その広い測定範囲と相まって、単相2線式・単相3線式・三相3線式回路、また波形歪のある回路においても正確に電力量を計量記録することができます。
- 測定範囲は任意のPT、CTと組合せることにより拡大できますが、その一次側の値は、内蔵の変換比可変のパルス変換器により計器の読み値、記録値の10の整数べき倍の乗率により得られるため読み取りが非常に容易です。
- 内蔵の時計は水晶時計方式で、極めて高い精度で時刻を刻み、プリンタを一定時限毎に記録動作をさせます。またプリンタは放電式を採用しています。
- 誤結線、不測の事故による過大入力、電源からのノイズに対して強力な保護を行っています。

●仕様

用途	電力計の計測と記録	
精度	精密電力量計(JISC-1217)相当	
有効測定範囲	相線式	1φ2W、1φ3W、3φ3W 共用
	電 圧	60～240V
	電 源	0.125～6.0A
	周波数	45～65Hz
	温 度	0～40℃
表示印字項目	累計電力量10進6桁、時限電力量10進4桁 時刻(00時00分)	
乗 率	10の整数べき倍、もしくは変成比倍	
印 字 時 限	15、30、60分(切替)	
補 助 電 源	AC 100V 50/60Hz 15VA	
耐 電 圧	計測端子AC2000V 1分間	
	補助電源端子AC1500V 1分間	
重 量(本体)	8.5kg	

登録番号	名 称	発 明 者	登録番号	名 称	発 明 者
848697	直線切形負荷断路器の操作装置	{ 俵谷武男・阿部 智 福島助三	848711	熱硬化性樹脂組成物	{ 不可三晃・森脇紀元 山本 泰・広田 潔
848698	点検回路	畑田 稔・三宅康明	848712	狭開先ならい装置	{ 堀部 透・真田義夫 橘川 彪
848699	デジタル・アナログ 変換装置	中村信弘	848858	ナトリウム 漏洩検出装置	飯田昌二・宮下恭一
848700	気中開閉器	大倉敏幹	849203	サンプル・ホールド 自動制御方式	{ 岡本 晃・津藤正信 久永 彰
848701	ゲル 化時間自動測定装置	酒井国人	849204	ワイヤロープ 保護材	{ 井上武男・石井勇雄 村上忠禧
848702	外ば歯車加工用 フローチ	平井帰一	849205	自動検針装置	武田克巳
848703	二元状態伝送方式	羽子岡 蕃	849206	自動調節方式	合田啓治
848704	ストロンチウム・バリウム・ナイオブート ($\text{Sr}_x\text{Ba}_{1-x}\text{Nb}_2\text{O}_6$)結晶の作成法	{ 武藤勝俊・池尾寛文 江口信一郎	849207	データ読み取り装置	三好明好
848705	半導体制御装置	川畑隆夫	849208	電気制御回路	{ 堀口重昭・今泉 尚 花香郁太郎
848706	幅と高さの同時検出装置	青木正男			
848707	連続位置決め溶接法	森 一平・田中 憲			
848708	溶接 トーチフローティング 装置	田中 憲			
848709	海水淡水化装置	森口哲雄			

訂 正

Vol. 53 No. 2 の表紙説明に誤りがありましたので、矢印の通り訂正しおわびいたします。

1行目 : 単器 → 単機

3〜4行目 : 昭和52年12月………予定である。

→昭和54年3月に1号機が、また6月に2号機が運転開始の予定である。

Errata :

Vol. 53 No. 2 February 1979, the cover caption should read as follows:

line 1: For 'in December 1977', read 'in March 1979'.

line 2: For 'went on line,, read 'is to go on line'.

〈次号予定〉 三菱電機技報 Vol. 53 No. 4 開閉装置 (30 kV 以下) 特集

特集論文

- 開閉装置 (30 kV 以下) 特集号によせて
- 開閉装置 (30 kV 以下) の現状と今後の展開
- しゃ断器 (30 kV 以下) とその機種系列
- 閉鎖配電盤の機種系列と適用
- 各種しゃ断器の消弧現象と適用
- 開閉装置 (30 kV 以下) の基礎技術
- パッケージ形ユニットサブステーション

普通論文

- 《MELCOM-COSMO》モデル 900 マルチプロセッサシステム
- 三菱 TRAC システム (風水力機器の省エネルギー運転方式)
- 関西電力(株)奥吉野揚水発電所納め発電主回路用開閉装置
- UHV 変圧器
- LSTTL シリーズの機能と特性
- SH 形 A シリーズ高圧電磁接触器・高圧コンビネーションスイッチ
- 計算機キャビネット内のフロン沸騰冷却
- 工業用千鳥縫いミシンの振動対策

三菱電機技報編集委員				三菱電機技報 53 巻 3 号	
委員長	榎本俊弥	常任委員	久保田伸夫	(無断転載を禁ず)	
副委員長	浦徳太郎	“ 員	平林庄司		
“	後藤正之	“	遠藤裕男	昭和54年3月22日 印刷 昭和54年3月25日 発行	
常任委員	佐々木二郎	“	村上卓弥		
“	荒川信雄	“	神谷友清	編集兼発行人 本間吉夫	
“	葛野信一	“	橋爪 基		
“	武藤 正	“	吉田 太郎	印刷所 東京都新宿区市谷加賀町1丁目12番地 大日本印刷株式会社	
“	奈川敏雄	“	土井貞春		
“	瀬原田三郎	“	貴志清志	発行所 東京都千代田区大手町2丁目6番2号 (〒100) 菱電エンジニアリング株式会社内	
“	高橋広光	“	小野勝啓		
“	忍足 博	幹 事	本間吉夫	発売元 「三菱電機技報社」 Tel. (03) 243 局 1785 東京都千代田区神田錦町3丁目1番地 (〒101) 株式会社 オーム社書店	
“	武田克己	“	足立健郎		
“	清田 浩	3号特集担当	新保松夫	定 価 Tel. (03) 233 局 0641, 振替口座 東京 20018 1部400円送料別 (年間予約は送料共5,200円)	
“	福家 章				



三菱電機は家庭用冷凍冷蔵庫の機種系例に、パーソナル2ドア冷凍冷蔵庫《チャム》(親友)を発売しました。冷蔵庫は年々大形化の傾向にあり、また台所で使われるものというイメージが定着している中であって案外忘れられがち、このパーソナル冷蔵庫は全国的に根強い需要があります。特に最近、家庭での2台目として居間・応接室・寝室・子供部屋に、またサラリーマン・学生層などの一人暮らしの男性・女性に、さらに新婚家庭などにも幅広い人気があります。この幅広い需要者層のニーズに応えるため発売した《チャム》は、本格的なフリーザー機能を備えたパーソナル2ドア冷凍冷蔵庫で一人占めしたくなるような、またちょっとリッチな気分させるものとして、パーソナル冷蔵庫の中でもひととき注目され始めています。

■主な仕様

形 名		MR・113FG	MR・113FA	MR・113FR
有効内容積 (ℓ)	合 計	82		
	フ リ ー ザ ー	22		
	冷 蔵 庫	60		
外形寸法 (mm)	高 さ	987		
	幅	460		
	奥 行	533		
製 品 重 量(kg)	30			
冷 却 方 式	冷気強制循環方式(ファン式)			
電動機消費電力(W)50/60Hz	90/90			
総合消費電力 (W)	運転時50/60Hz	95/95		
	停 止 時	4		
	霜 取 時	114		
年平均月間消費電力量 kWh/月	38/38			
キ ャ ビ ネ ッ ト カ ラ ー	グリーン	アーモンド	レッド	
発 売 時 期	54年2月			

特長

1. グリーン・アーモンド・レッドと3色揃った《チャム》

お部屋のインテリアを重視なさる方々に、お好みのカラーを選んでいただくため、キャビネットカラーに3色揃えたニューインテリア冷凍冷蔵庫です。清潔感あふれるグリーン、最近もはやされている落ち着いたエレガントなアーモンド、冷蔵庫扉に女性にピッタリのかわいらしい花がら模様をあしらったレッドで、いずれのカラーもフリーザー・冷蔵庫と同系色のハンドルとマッチしてお部屋に一層の明るさと潤いをもたらします。

2. ファン式、霜しらずフリーザー

外観はコンパクトなパーソナル冷凍冷蔵庫とはいえ、内容積22ℓの本格的なスリースター(-18℃以下)フリーザーを持つこの2ドア《チャム》は冷蔵庫内容積60ℓと合わせて82ℓの内容積をもっています。特に、冷却方式ではすでに主力2ドア冷凍冷蔵庫に採用し好評を博しているファン式を、この容量クラスの2ドア冷凍冷蔵庫に当社が初めて採用しました。ファン式の2ドア《チャム》は、いわゆる霜取りのわずらわしさを解消する自動霜取り機能を備えた本格派といえます。

3. フリーザー・冷蔵庫の独立温度コントロール

食品の貯蔵量や扉の開閉等使用頻度に応じて、フリーザー室温度と冷蔵庫温度をそれぞれ独立してコントロールできるように、フリーザー室には冷気吹出量をコントロールできるダイヤルを、冷蔵庫には運転サイクルをコントロールできる温度コントロールダイヤルを備えています。

4. 使いやすい庫内設計

この2ドア《チャム》は、フリーザー・冷蔵庫とも各部が大きく使える配慮をしています。フリーザー室の棚の形状は、市販の大形アイスクリームの容器がそのまま置けるように段差をつけてあり、また付属のプラスチック製氷皿は離水性に優れ、氷粒をその場で簡単に取出せるほか、デッドスペースになりがちなフリーザー扉の上段には、この製氷皿2皿分の氷粒を常に保存できる貯氷箱を備えています。また冷蔵庫扉はビール4本あるいは1ℓジャンボコーラ1本とビール3本、卵6個、ジュース類3本が収納できます。

コンパクトな中にも優れた収納性を備え、急な来客にも充分対応できる庫内設計です。