

未来を開発する
三菱電機

昭和37年9月15日第三種郵便物認可 三菱電機技報 50巻3号(通巻538号)昭和51年3月25日発行(毎月1回発行)

MITSUBISHI DENKI GIHO 三菱電機技報

Vol.50 No.3

船用電機品特集

3
1976



海底ケーブル布設船「黒潮丸」

三菱電機技報

Vol. 50 No. 3 MARCH 1976

船用電機品特集

目次

特集論文

CFC 形船用交流発電機	森島守人・高橋良治・有木園幸一	133
最近の船用補機電動機と制御装置	名地 巍・鎗水律夫・境 正昭・藤田昇三	138
船舶における多重伝送制御システム	木戸正克・井上隆治・山崎 寛・故島利美	142
マイクロプロセッサ応用システム—MUS-10 三菱船用万能計算表示装置—	山地正城・原口 聰・萱嶋帯刀・福島信夫・井村 豊	147
最近の船用配電盤	高江国雄・坪井英二・前田信吾	153
最近の船舶における電動力応用	前田文生・元木知春・中島義信・御厨長十・大久保龍二	159

普通論文

誘電正接による実働変圧器絶縁油管理	石井敏次・福山宣房・牧野芳弘	167
ストレートシーマ (二つ折り装置付き自動縫製機)	藤田次朗・大庭耕一	173
新幹線列車無線地上系設備	杉岡 昇・松島利康・原 三憲・中川幹雄・花房正昭	177
電子線照射装置《ダイアトロン》DP-1000	寺崎和憲・藤田彪太・上田和宏・町田賢二・大江雅男	182

FEATURING MARINE ELECTRICAL EQUIPMENT

CONTENTS

FEATURED PAPERS

Type CFC Marine AC Generators	Morito Morishima et al.	133
Recent Induction Motors and Starters for Marine Use	Takashi Nachi et al.	138
A Multiplex Data-Transmission System for Marine Use	Masakatsu Kido et al.	142
The MUS-10 Universal Computer/Display System—An Application of Microprocessors to Ship Automation	Masamura Yamaji et al.	147
Recent Electrical Switchboards for Ships	Kunio Takae et al.	153
Recent Motor-Control Applications for Marine Use	Fumio Maeda et al.	159

GENERAL PAPERS

In-Service Determination of Transformer-Oil Condition by Dielectric Loss Measurement	Toshitsugu Ishii et al.	167
An Automatic Straight-Seam Sewing Processor, with an Underfolding Device	Jiro Fujita & Koichi Oniwa	173
Ground Facilities for the Radiotelephone System of the Shinkansen High-Speed Trains	Noboru Sugioka* et al.	177
The DIATRON DP-1000 Electron Accelerator	Kazunori Terasaki** et al.	182

表紙

海底ケーブル布設船 黒潮丸

日本電信電話公社の黒潮丸は、昭和50年2月三菱重工業(株)下関造船所で完成した最新鋭の3,344.9総tケーブル布設船で、ケーブル布設装置をはじめ各部に最新の自動化システムが採用されている。

当社では本船の最も重要な設備であるケーブルエンジン用電機品や推進プラントのスタンバイ操作、運転モード切替操作を行う ULC 形デジタルシーケンサなどの特長のある機器のほかにパウスラスト用電機品、発電機、機関室補機電動機、配電盤および集合始動器盤を納入している。

COVER

The Cable-Laying Ship *Kuroshio Maru*

The ultramodern 3344.9-ton cable layer *Kuroshio Maru* of the Nippon Telegraph and Telephone Public Corporation, launched at Mitsubishi Heavy Industries' Shimonoseki Shipyard in February 1975, is provided with the most up-to-date automated systems for the cable-laying equipment and other units.

Mitsubishi Electric supplied such vital items as the electrical equipment for the cable engine, and the Type ULC sequencer, which controls standby operation of the propulsion equipment and change-over of the operating mode, as well as electrical equipment for the bow thruster, generating equipment, engine-room auxiliary motors, distribution panels and the integrated starting panel.

*Japanese National Railways **Dainichi-Nippon Cables, Ltd.

CFC形船用交流発電機

森島守人・高橋良治・有木園幸一

三菱電機技報 Vol.50・No.3・P133～137

船用交流発電機のCFC形シリーズは、昭和45年に開発し、現在まで5年間の製作実績を有している。このCFC形交流発電機は、回転子を固定子と同じけい素銅板で円筒形に打ち抜き、通風ダクトを設けて積層したものであるが、機械的にがんじょう、冷却効果が大きく小形軽量化される、瞬時電圧変動特性が優れている、など数々の長所をもっているが、構造、励磁方式など詳細については本文で紹介する。

最近の船舶における電動力応用

前田文生・元木知春・中島義信・御厨長十・大久保龍二

三菱電機技報 Vol.50・No.3・P159～163

船用電機品の中でも特に大きなウェートを占める荷役機械用として最近当社で開発したサイリスタレオナード方式について述べるとともに、従来から親しまれてきたポールチェンジ方式についても言及している。

更に特殊電動力応用として地質調査船「白嶺丸」納入深海観測ウインチ、ケーブル布設船用電機品及び作業船用電機品について紹介する。

最近の船用補機電動機と制御装置

名地 巍・鎗水律夫・境 正昭・藤田昇三

三菱電機技報 Vol.50・No.3・P138～141

機関室の補機電動機として、最近F種絶縁電動機の採用が大幅に増加しているが、この傾向と当社のF種電動機標準化の内容について概説し、更に制御装置としては、制御機能に高集積回路素子(MSI)を採用した、新しいM形グループスタータについて紹介している。

誘電正接による実働変圧器絶縁油管理

石井敏次・福山宣房・牧野芳弘

三菱電機技報 Vol.50・No.3・P167～172

実働変圧器絶縁油の管理には全酸価・界面張力・体積抵抗率及び誘電正接の測定が各国で推奨されているが、誘電正接に関して筆者らは特異な現象を経験した。ある変圧器の絶縁油の誘電正接は、他の特性は良好であるにもかかわらず、異常に悪い値を示し、しかも、採油後の時間とともに著しい変化を示した。

この論文では、誘電正接に影響を及ぼす因子を明らかにするとともに、実働変圧器絶縁油において観察された現象を強制劣化油によって再現できることを示し、誘電正接による絶縁油管理の問題点についても述べている。

船舶における多重伝送制御システム

木戸正克・井上隆治・山崎 寛・故島利美

三菱電機技報 Vol.50・No.3・P142～146

各種プラント制御におけるシステムの大規模化と広域化に対処する方法として、1:1式の情報伝達の代わりに信号伝送用のバスラインを線状あるいは環状に設置し、時分割によって共用する多重通信方式が採用されるようになった。船舶においても、乗組員の減少、人件費の高騰に伴う集中自動化への厳しい要請の中で、この方式を採用した各種システムを完成したので、応用例を紹介すると同時に、その原理・特長について述べている。

ストレートシーマ(二つ折り装置付き自動縫製機)

藤田次朗・大庭耕一

三菱電機技報 Vol.50・No.3・P173～176

最近の縫製業界では、単にミシンで自動的に縫製する方向から、縫製の前後工程である、縫製加工物のミシンへのセット、各種折返し、端ぞろえ、取り出し、積重ね等のマテハン作業まで自動化した自動縫製装置の開発要望も強くなりつつあり、既にこれらの装置は導入されつつある。

当社も縫製業界の情勢をふまえて、この種の自動縫製装置の開発、研究を進めているが、今回は、自動縫製装置の最も基本形態をなす、ストレートシーマを開発したので、用途・特長・仕様・構成・動作について概要を述べる。

マイクロプロセッサ応用システム

—MUS-10三菱船用万能計算表示装置—

山地正城・原口 聡・萱嶋帯刀・福島信夫・井村 豊

三菱電機技報 Vol.50・No.3・P147～152

近年マイクロプロセッサは急速に普及し、経済性・小形軽量・信頼性の面からその有利性が認められ、極めて広い範囲の分野に応用されつつある。今回マイクロプロセッサを主構成要素とし、マンマシンインタフェースにCRTディスプレイを使用したシステム MUS-10を開発した。

本文では、制御技術の発展、このシステムの基本性能を述べるとともに、その具体的な応用例として積付計算機、エンジンリモートコントロール装置、モニタ装置について、その内容を紹介する。

新幹線列車無線地上系設備

杉岡 昇・松島利康・原 三恵・中川幹雄・花房正昭

三菱電機技報 Vol.50・No.3・P177～181

新幹線には高速安全運転に必要な不可欠な運転指令電話、車掌扱いの業務電話及び乗客サービスのための公衆電話を可能とする列車無線が採用され、過去10年間、その真価をいかんなく発揮してきた。

今般開通となった岡山—博多間については、トンネル区間が56%を占めるため、ここに重点を置き、従来のものに各種改良を加え、システム全体としても一段と進歩した構成、設備が採用されている。以下にこのシステム、機器などにつき概要を報告する。

最近の船用配電盤

高江国雄・坪井英二・前田信吾

三菱電機技報 Vol.50・No.3・P153～158

船用配電盤の最近の傾向として、高信頼性と高経済性の要求が、一段と高まってきた。当社では、これらの要求に十分答えるものとして、今回、高信頼性閉鎖形配電盤とICを全面的に使用した発電装置自動化用カセットコントローラのシリーズ化を完成した。

本文ではこの内容についての概要と、最近の配電盤における保護方式、特に選択しり断について紹介する。

電子線照射装置《ダイヤatron》DP-1000

寺崎和憲・藤田彪太・上田和宏・町田賢二・大江雅男

三菱電機技報 Vol.50・No.3・P182～186

大日本電線(株)に納入した電子線照射装置《ダイヤatron》DP-1000について、構成、定格性能、出力電子線の特性を述べ、更に照射電線の耐熱性の特性、電子線照射の有利性にも触れた。

《ダイヤatron》DP-1000は、高周波コッククロフト・ワルトン形の高電圧発生部と、等電界形の加速管部を一つの压力容器に組み込み、SF₆ガスで絶縁した構造になっており、連続定格性能として、電子線加速エネルギー1,000keV、電子線電流50mA、電子線出力50kWを有し、世界最大級の電子線照射装置である。

Abstracts

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 50, No. 3, pp. 159~63 (1976)

Recent Motor-Control Applications for Marine Use

by Fumio Maeda, Tomoharu Motoki, Yoshinobu Nakashima, Nagato Mikuriya & Ryuji Okubo

The article deals with cargo-handling machinery, an important category of marine electrical equipment, and in particular with Mitsubishi Electric's recently developed thyristor-Leonard system incorporating the familiar pole-change method.

Reference is also made to the deep-sea-measuring winch and cable installed on the geological survey ship *Shiramine Maru*, and electrical equipment for cable-laying vessels, as examples of special motor-control applications.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 50, No. 3, pp. 133~37 (1976)

Type CFC Marine AC Generators

by Morito Morishima, Yoshiharu Takahashi & Koichi Arikizono

Type CFC marine AC generators, which have been in production for 5 years since their development in 1970, have rotor and stator punchings of the same kind of silicon steel, laminated in a configuration to include ventilating ducts. The article discusses the construction and excitation system of these generators, which feature high mechanical strength, high cooling efficiency, small and compact configuration, and outstanding voltage stability with respect to instantaneous fluctuations.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 50, No. 3, pp. 167~72 (1976)

In-Service Determination of Transformer-Oil Condition by Dielectric Loss Measurement

by Toshitsugu Ishii, Nobufusa Fukuyama & Yoshihiro Makino

Many countries recommend measurement of the oxidation, boundary tension, volumetric resistance and dielectric loss as control measures for the oil of transformers in service, but the writers have experienced a singular phenomenon in connection with the dielectric-loss factor, which in some transformers, showed extreme deterioration even though the other characteristics remained satisfactory.

The article clarifies the factors influencing dielectric loss, and shows how the phenomena observed in the oil of transformers in actual service can be reproduced by accelerated aging. It deals with some of the problems of determining the condition of transformer oil by means of the dielectric-loss factor.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 50, No. 3, pp. 138~41 (1976)

Recent Induction Motors and Starters for Marine Use

by Takashi Nachi, Ritsuo Yarimizu, Masaaki Sakai & Shozo Fujita

The use of Class-F-insulated motors as engine-room auxiliaries has increased markedly recently, and the article relates this trend to Mitsubishi Electric's standardization of Class F motors, as well as covering the Type M group starter which utilizes medium-scale integrations (MSI) in the control-function circuitry.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 50, No. 3, pp. 173~76 (1976)

An Automatic Straight-Seam Sewing Processer, with an Underfolding Device

by Jiro Fujita & Koichi Oniwa

New equipment is being introduced in response to demands from the garment industries for progress from simple automation of the sewing machine itself to automation of the whole series of material-handling operations involved, from setting the work on the machine table, folding, and end alignment, to removal and stacking of the finished garment.

Mitsubishi Electric, in the course of development of such automatic sewing processors, has recently produced a basic straight-seam sewing processer. The article presents the applications, features, specifications, construction and operation of the equipment.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 50, No. 3, pp. 142~46 (1976)

A Multiplex Data-Transmission System for Marine Use

by Masakatsu Kido, Takaharu Inoue, Hiroshi Yamasaki & Toshimi Kojima

With the increasing scale and scope of control systems for industrial plants there has been a tendency to replace 1:1 data transmission with multiplex systems consisting of a signal-transmission busline of linear or loop configuration, allowing common use on a time-sharing basis. In shipping, the strong demands for centralized automation, which have accompanied higher personnel costs and decreased crew size, have resulted in the completion of a variety of systems employing this method. The article discusses some applications, along with the principles involved.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 50, No. 3, pp. 177~81 (1976)

Ground Facilities for the Radiotelephone System of the Shinkansen High-Speed Trains

by Noboru Sugioka,* Toshiyasu Matsushima,* Mitsunari Hara,* Mikio Nakagawa & Masaaki Hanafusa

The radiotelephone system for the trains of Japanese National Railways' high-speed Shinkansen lines handles the operational-instruction telephone, vital for safety, as well as the circuits for liaison messages and for public telephone traffic for passengers. The great value of this system has been clearly demonstrated over the past 10 years.

On the recently opened Okayama-Hakata section, however, 56% of the right-of-way is in tunnels, and progress has accordingly been made in the equipment, effecting numerous improvements of facilities throughout the system. The article describes the system, and the various kinds of equipment used in it.

*JNR

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 50, No. 3, pp. 147~52 (1976)

The MUS-10 Universal Computer/Display System—An Application of Microprocessors to Ship Automation

by Masamura Yamaji, Satoshi Haraguchi, Tatewaki Kayashima, Nobuo Fukushima & Yutaka Imura

As the superiority of microprocessors in terms of economy, compactness and reliability becomes recognized, their use has spread rapidly into a wide range of fields. Mitsubishi Electric has developed the MUS-10 system, consisting primarily of a microprocessor and including a CRT display for the man-machine interface.

The article discusses the development of the control technology, and the basic functions of the MUS-10 system, and presents, as actual applications, the shipborne computer, engine remote-control device, and the CRT display equipment.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 50, No. 3, pp. 182~86 (1976)

The DIATRON DP-1000 Electron Accelerator

by Kazunori Terasaki,* Hyota Fujita, Kazuhiro Ueda, Kenji Machida & Masao Oe

The article describes the construction, rated performance and electron-beam output characteristics of a DIATRON DP-1000 electron accelerator delivered to Dainichi-Nippon Cables, Ltd., and also examines the thermal-resistance properties of irradiated wire, and the advantages of electron irradiation.

In the DP-1000, a high-frequency Cockcroft-Walton high-voltage generator and an equifield accelerating tube are enclosed in a single, SF₆-gas-insulated pressure vessel. Continuous performance ratings are beam-accelerating energy: 1MeV, beam current: 50mA, and beam output: 50kW, ranking it among the largest units of its type.

*Dainichi-Nippon Cables, Ltd.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 50, No. 3, pp. 153~58 (1976)

Recent Electrical Switchboards for Ships

by Kunio Takae, Eiji Tsuboi & Shingo Maeda

Recent trends affecting marine switchboards demand increasingly higher levels of reliability and economy. To meet these demands, Mitsubishi Electric has developed a series of high-reliability enclosed switchboards and cassette controllers for automated generating equipment, which make full use of ICs.

The article outlines these developments, and emphasizes the protective methods, especially the selective breakers, used in recent electrical switchboards.

CFC形船用交流発電機

森島守人*・高橋良治*・有木園幸一*

1. ま え が き

数年前までの我が国造船業界の躍進ぶりには目をみはらせるものがあり、船舶の大形化に伴い交流発電機の船内電源は設備容量で10,000 kVA、また単機容量では3,500 kVA（図1.）に達したが、この1,2年大形タンカーの船腹過剰により、貨物船など数万トンクラスの船が主流となりつつある。

当社は昭和20年代初期から船用交流発電機を手がけており、これまで約3,200台、合計容量、実に190万kVAにおよぶ発電機を製作しているが、昭和42年に陸上用高速タービン発電機（2極、3,600 rpm）の円筒界磁形発電機の優れた特性に着目し、従来の突極形から他社にさきがけて円筒界磁形を製品化した。更に昭和45年に、CFC（Cylindrical Field Concentric winding）形交流発電機に切換えて現在まで5年間の実績を有している（図2.）。このCFC形

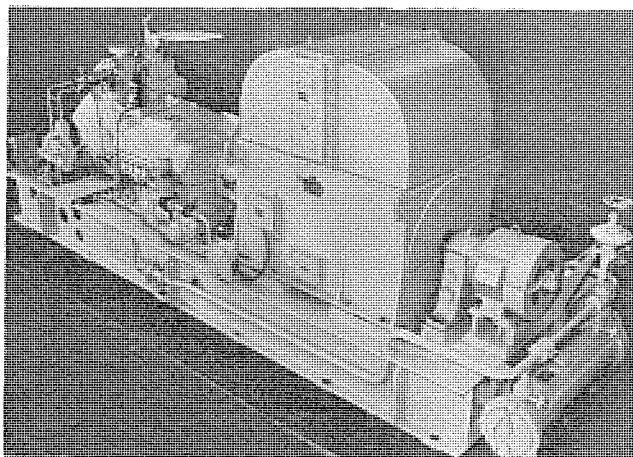


図1. 住友重機械工業(株)納めブラシレス交流発電機
3,500 kVA 450 V 4極 1,800 rpm F種 全閉内冷形

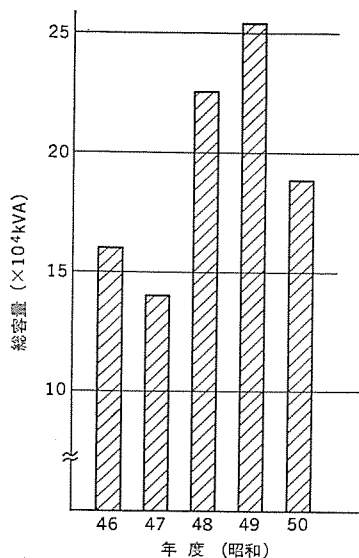


図2. CFC形交流発電機の製作実績

交流発電機は、回転子を固定子と同じけい素鋼板で円筒形に打抜き、通風ダクトを設けて積層したものであり、機械的にかんじょう、冷却効果が大きく小形軽量化される、瞬時電圧変動特性に優れているなど数々の長所をもっている。以下発電機の構造、励磁方式などについて紹介し、需要家各位のご参考に供したい。

2. 標準仕様

当社では、NK, AB, LR, BV, NVなどの各船級協会規則や船舶安全法などの法規、JIS, JEC, JEMなどの規格に従って製作しているが、標準仕様は次のとおりである。

- (1) 形式 CFC（円筒形界磁，同心巻）
- (2) 外被形式 全閉内冷形又は開放保護防滴形
- (3) 標準出力 表1. のとおり
- (4) 端子電圧 450 V
- (5) 相数 3
- (6) 力率 0.8（遅れ）
- (7) 周波数 60 Hz
- (8) 極数 4極～12極
- (9) 絶縁種別 F種
- (10) 定格 連続

表1. 交流発電機の標準出力 (kVA)

3,437.5	1,750	1,000	562.5	250
3,125	1,562.5	937.5	500	219
2,812.5	1,375	875	437.5	187.5
2,500	1,250	812.5	375	156
2,250	1,187.5	750	344	125
2,000	1,125	687.5	312.5	100
1,875	1,062.5	625	281	75

3. 発電機の構造

船内作業を考慮し、小形・軽量・簡潔・容易な保守点検と据付け分解、機械的にかんじょうな回転子構造に重点を置き、主要部の構造と、それに適した材料を使用している。（構造断面図の一例を図3.及び図4.に示す）。

3.1 外被形式

外被形式は、1,000 kVA以上の4極タービン発電機に全閉内冷形空気冷却器付を、それ以外は開放防滴形エアフィルタ付を標準としている。全閉内冷形発電機は、2重管の冷却器を発電機にとう（搭）載した構造であり、次のような特長をもつことから低速機（10極機）にも使用されている。

- (1) 機内への異物の侵入がなく、常に清浄に保たれ絶縁物の汚損、劣化、あるいは通風阻害が皆無である。
- (2) したがって発電機の寿命が長くなる。
- (3) 点検手入れ、清掃の手数と時間及び労力が大幅に軽減される。
- (4) 全閉形であるため、騒音が減少する。
- (5) 発電機の発生損失が冷却水によって外部へ持ち去られるため、

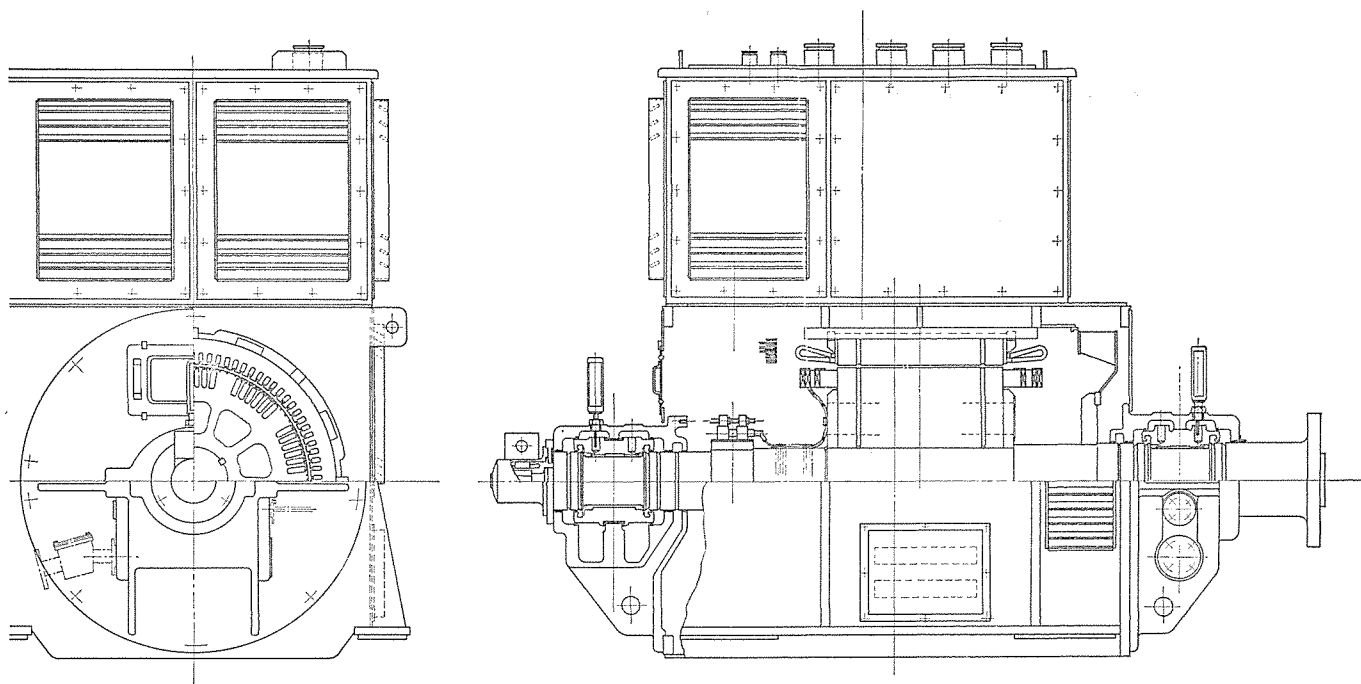


図 3. 自動交流発電機組立図

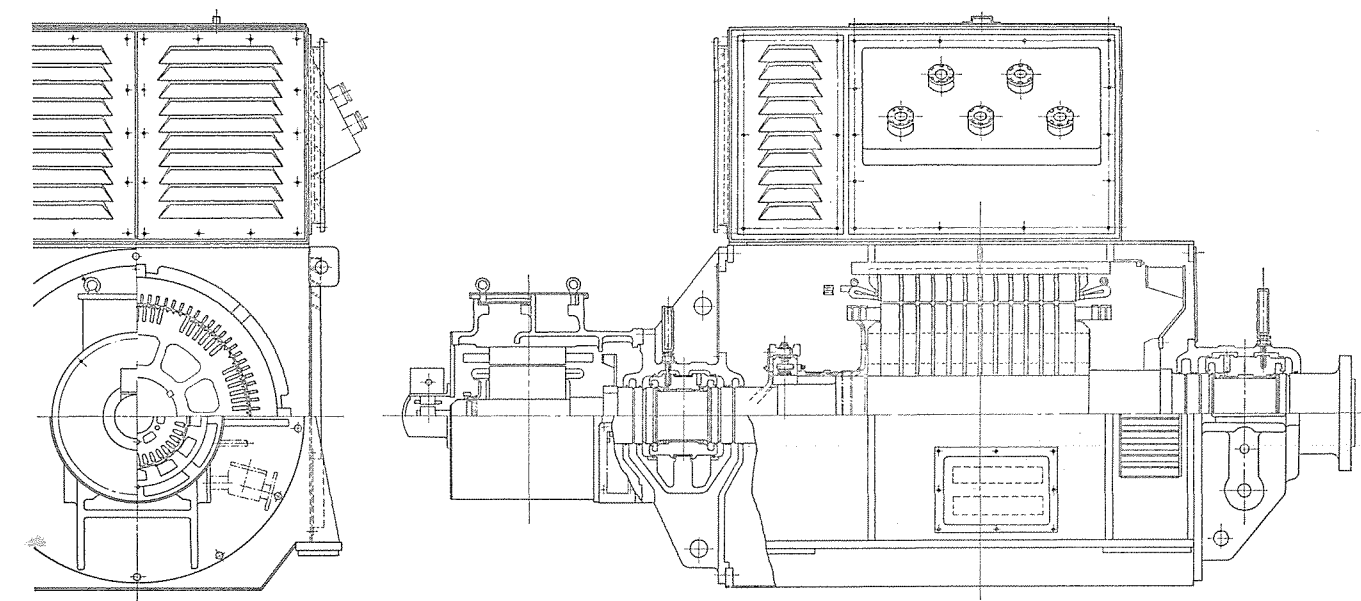


図 4. ブラシレス交流発電機組立図

機関室の余分な温度上昇が避けられる。

3.2 固定子

固定子わく(枠)は軟鋼板溶接構造が標準で、小容量機のものでは鋳鉄を使用することもあるが、いずれも十分な剛性を持たせると同時に振動の少ない構造とし、また機内の通風冷却効果を均一とするよう設計している。

固定子鉄心は円形に打抜いたけい素鋼板を軸方向温度分布を均一にするように理論的、かつ実験的に求めた複数の通風ダクトと、一定の厚さに積んだ積層鉄心ブロックとで形成し、両端を固定子クランプで鉄心全体を均一に加圧して固定している。更に固定子枠へは、コイルをそう(挿)入、巻線、絶縁を施した後押し込み、キーと止め金で固定する、いわゆる固定子鉄心押込方式を採用し、固定子巻線などの万一のトラブルの場合簡単に固定子鉄心、巻線が取り出せるように考慮している。特に大形機には、従来のキー止め方式、コールド

方式と呼ばれる固定方法も使用しているが、現在製作しているCFC形発電機の大半は前述の押込方式を標準としている。

また通風方式を、軸方向一方通風とするとともに、端子箱と冷却風吸込口を共用した箱を発電機上部に設けることにより固定子外板の切欠き部分を少なくして、固定子枠の剛性をあげている。

3.3 回転子

回転子は円筒形回転界磁方式を標準とし、軸、回転子鉄心、スパイダ、界磁コイル、クランプ、ダンパ巻線、ファンから構成されている。自動式の場合はスリップリングが、ブラシ方式の場合は交流励磁機と回転整流器とが同じ軸に焼ばめされ、キーにて保持される。(図5.参照)

軸材は各船級規則に合格した高級鍛鋼製で、回転子鉄心は機械的、磁気的特性の優れたけい素鋼板、あるいは薄鋼板を円形に打抜き、固定子鉄心と同様に、軸方向温度分布を均一にするように積層鉄心ブロックと通風ダクトで形成し、両端を回転子クランプで強固に締付け

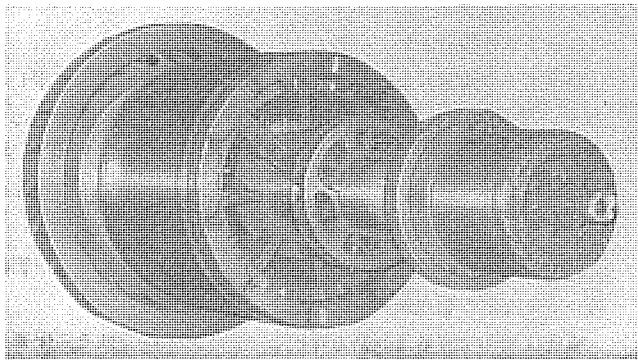


図 5. 円筒形回転子

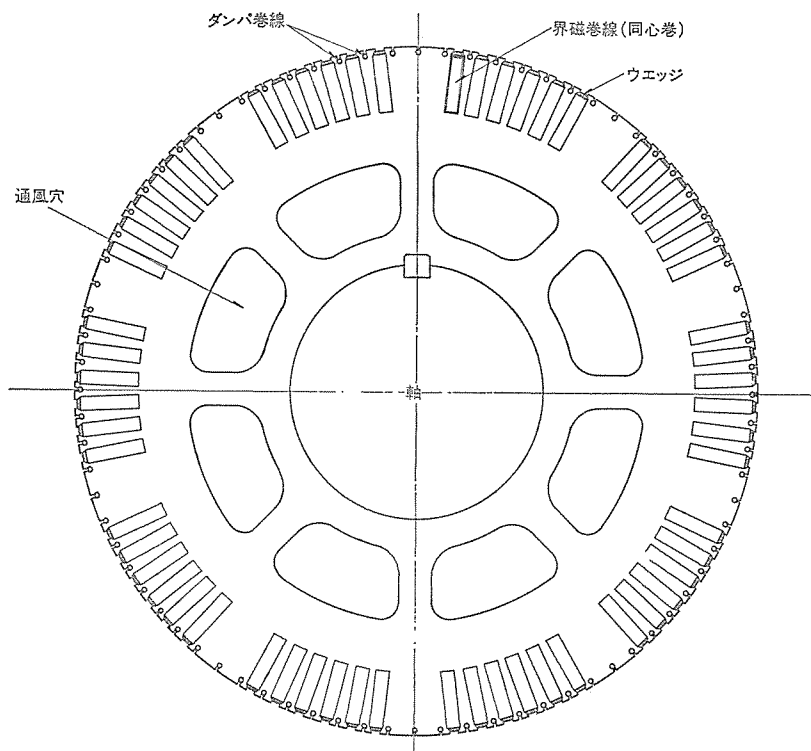


図 6. 円筒形回転子横断面図

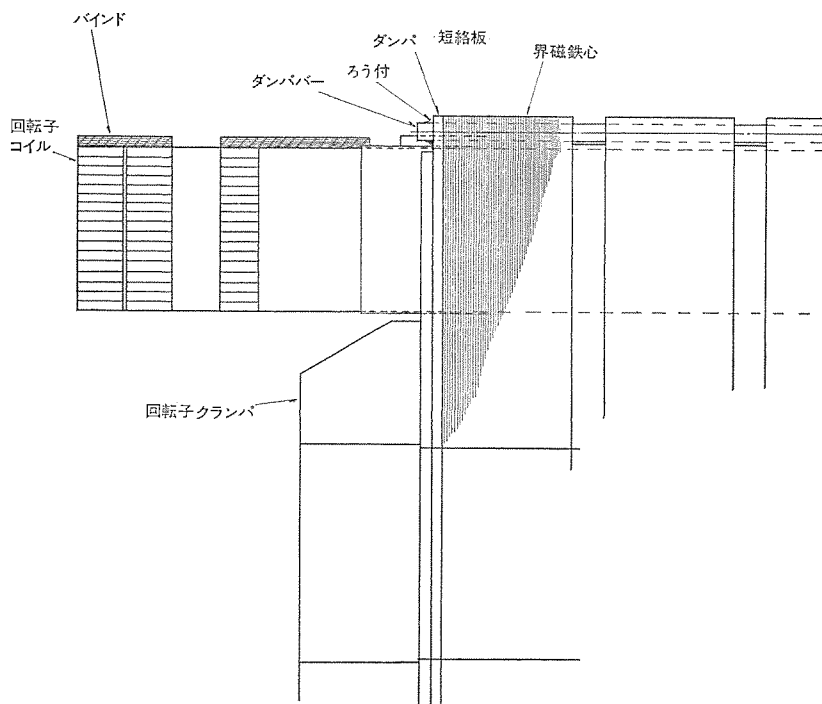


図 7. CFC 形発電機 ダンパ巻線接続部構造

てこれをスパイダか又は軸に押込んでいる。また回転子鉄心は、図 6. に示すように、極中央部の磁束通過を容易にするため、とばし抜きを採用している。

一般的に、突極形回転子構造においては、界磁コイル、回転子鉄心の遠心力がすべてダブテール又は取付ボルトにかかり、その部分が局部的に荷重を受持つため、これらの部分の応力により機械的な設計が行われるのに対して、円筒形回転子においては、界磁コイルが回転子鉄心の円周上に分布して配置されているので、遠心力は回転子円周上に均等に分布し、鉄心の円周応力で荷重を支えることとなり、合理的な設計が可能である。

また界磁コイルを極間で接続するつなぎ線も、突極機では機械的に弱点を持っていたが、円筒形にすることにより解消された。更に、ダンパ巻線を電氣的に短絡するダンパ短絡板は、当社独特の円筒形回転子鉄心と同時に打抜かれた銅板とろう付けにより短絡しており、回転子鉄心歯部の広がりをおさえる働きと、熱変形に容易に追従できる構造を備えているため機械的に極めて強固であり、過速度などの不測の事故にも容易に破損することがない構造である。(図 7. 参照)

ファンは鋼板製の遠心力ファンで、発電機軸上の原動機側に 1 個設けるのを標準としており、十分な強度を有するとともに、機械損、騒音をでき得る限り少なく、最良の通風効果が得られるように設計している。

3.4 絶縁

CFC 形発電機の絶縁は、F 種絶縁を標準としている。ただし要求によっては、B 種絶縁でも製作する。固定子コイルの素線としては 2 重ガラス巻銅線や耐熱性合成エナメル線を用い、マイカテープ、マイカラップなどの耐熱性材料を、対地絶縁として用いている。

絶縁ワニスには、無溶剤形エポキシワニス又はエポキシ変性サーモセツトワニスを真空圧入含浸させ、絶縁抵抗、絶縁耐力が大きく、耐油、耐薬品、耐水、耐湿性に優れた絶縁方式である。したがって、船内の悪いふんい気中にあっても耐え得る信頼性の高い絶縁としている。

回転子コイルは、2 重ガラス巻銅線を素線とし、マイカラップなどの対地絶縁を施して鉄心みぞに挿入後ワニス含浸処理を行い、コイル端部は、抗張力の高いガラスバインドテープで強固に固定し、過速度時の大きな遠心力にも十分耐える構造としている。

3.5 軸受

CFC 形発電機はスベリ軸受を標準としており、発電機容量が 100 kVA 未満の小容量機の場合、又は顧客の指定によっては、ころがり軸受を採用する事もある。

中容量以上は原動機と潤滑油を共用した強制給油方式とし、軸受支持方式は大容量機に至るまで、ブラケット形を標準としている。分解組立については、ペダスタル形が固定子枠とペダスタルとが分割形であるため、原動機との直結時点に調整部分が多いの比

表 2. 軸受方式一覧

kVA	kW	4極 1,800rpm	6極 1,200rpm	8極 900rpm	10極 720rpm	12極 600rpm
2,500	2,000	ベデスタル形	ベデスタル形	ベデスタル形	ベデスタル形	ベデスタル形
2,250	1,800					
2,000	1,600					
1,750	1,400					
1,563	1,250					
1,375	1,100					
1,250	1,000					
1,125	900					
1,000	800					
875	700					
750	600	ブラケット形	ブラケット形	ブラケット形	ブラケット形	ブラケット形
687.5	550					
625	500以下					

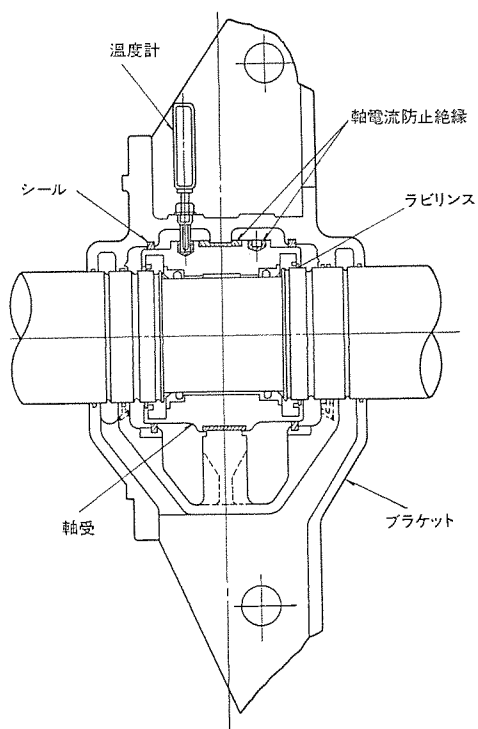


図 8. 軸受絶縁断面図

べて、ブラケット形は、固定子と回転子との相対位置によるギャップの調整は工場組立時に正確に行われ、原動機と直結する場合も、単に固定子取付部だけを調整すればよい利点を有している。なお当社のブラケット形軸受の標準は容量、極数により表 2. のとおりで、従来に比べて、ブラケット形の範囲を大幅に拡大している。(顧客の要求により、ブラケット形の範囲でも、ベデスタル形で製作する事もある) ブラケット形の場合懸念される油漏れに対しては、船の傾斜を考慮するとともに、ブラケット、軸受内部の圧力分布を実測し、細部の構造にも万全を期している。

発電機は、極力軸電圧が発生しないように配慮して設計しているが約 500 kVA 以上の発電機には、図 8. に示すように反直結側の軸受に絶縁を施し、軸電流回路の形成を防止している。

3. 6 回転整流器

回転整流器はブラシレス交流発電機の心臓部であり、非同期投入や三相突発短絡、大容量電動機の始動、過速度などに対しても十分耐え

られるように設計されている。

整流素子の選定にあたっては前記のような過渡状態を想定し、モデルテストや寿命試験を行ってその性能を確認した当社製シリコンダイオードを使用している。大形機には ED 形 (フラック形ダイオード)、中形機には SR 形 (スタッド形ダイオード) を使用しているが、いずれの場合でもサージ電圧や過電流に対し十分な余裕を持たせている。

シリコンダイオードの保護装置は、取扱いが簡単であること、信頼性が高いことなどの観点から抵抗だけを使用している。

構成は三相全波整流回路を採用し、シリコンダイオードはその保護装置とともに対地絶縁を施されたヒートシンクに取付けられる。ヒートシンクはダイオードの熱放散用であると同時に電気回路の一部となっている。

3. 7 交流励磁機

交流励磁機はブラシレス交流発電機の主要部分であり、その仕様、特性は電圧変動など船内電源の特異性を十分考慮し余裕のある設計をしている。例えば発電機の回復特性を速めるために界磁には 2 巻線方式を採用し、出力周波数を高くして時定数を小さくしている。

構成は直流励磁巻線 (2 巻線方式) を固定子とし、三相交流の電機子巻線を回転子に配したいわゆる回転電機子形交流発電機で、反原動機に装備される。外被形式は発電機本体に準じ開放防滴形又は全閉外扇形を採用し、絶縁種別も発電機本体に合わせている。

3. 8 端子箱

端子箱は、ケーブル引込作業が行いやすいように大きなスペースを設けるとともに、左右上下の、どちらの要求にでも応じられるよう固定子枠の上に搭載し、ケーブル引込方向に沿わせてグラウンドを斜めに配置し、ケーブル布設スペースを極力小さくすることに努め、船内空間の有効利用に寄与している。空気入口部にはエアフィルタを取付けているため吸込口風速が押さえられ大きな吸込部面積を必要とするが、端子箱と空気取入部を共用することによりその目的を達成するとともに、固定子枠に開口部を少なくして剛性の低下を防いでいる。なおエアフィルタの取替えに便利なようによりい戸に特殊な工夫を行いその便を計っている。

4. 励磁方式

CFC 形船用交流発電機の励磁方式としては、ブラシレス方式と静止自励方式とがあるが、メンテナンスフリー、装置の小形軽量化の観点からブラシレス方式を標準としている。

当社の励磁方式は次のような特長を持っている。

- (1) 静止機器で構成されているため、信頼性が高く保守点検が容易である。
- (2) 負荷急変時の瞬時電圧変動率が小さく、電圧回復時間が短い。ブラシレス、自励方式とも 0.2 秒前後で回復する。
- (3) 持続短絡電流 (約 300%) が得られるため、保護装置の選択シャ断が可能である。
- (4) ブラシレス及び AVR 付自励方式の場合は、横流補償回路の使用により異なる仕様機間での並列運転が可能である。
- (5) 分流方式 AVR を使用しているため、アイドリング運転が可能である。
- (6) 残留電圧により発電機の電圧確立が可能であり、通常の運転では着磁の必要がない。

ブラシレスと自励方式の比較を表 3. に示す。

4. 1 ブラシレス励磁方式 (BE-22 方式)

ブラシレス励磁方式の回路を図 9. に示す。リアクトルと励磁変流器のタ

表 3. 励磁方式一覧

分 類	形 名	漸変電圧 変動率 %	並 列 運 転	
			異仕様機間	同一仕様機間
ブラシレス 励磁方式	BE-22 (自動電圧調整器付)	±1.5	可 能	可 能
			(横流補償回路使用)	
静止自動方式	SE-11 (電圧調整器なし)	±2.5	不 可	可 能
	SE-12 (手動電圧調整器付)		(均圧線回路使用)	
	SE-23 (自動電圧調整器付)	±1.5	可 能	可 能
			(横流補償回路使用)	

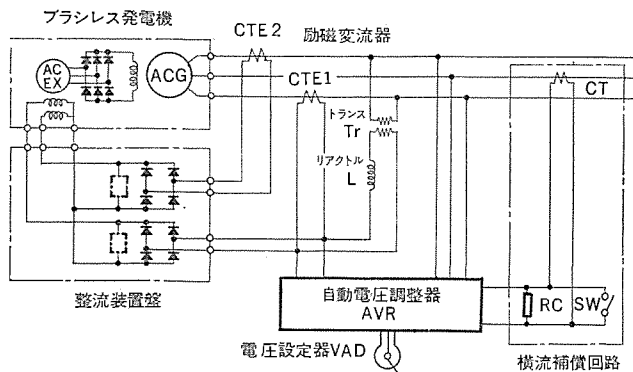


図 9. ブラシレス励磁方式回路図

ップはそれぞれ発電機が過励磁となるようにセットしておき、過励磁分を AVR に分流させるいわゆる分流方式を採用している。（当社特許）。発電機の端子電圧はこの分流電流を AVR で制御することによって行う。分流方式であるためアイドリング運転にも支障がなく、瞬時電圧変動特性も静止自動方式と同様にすぐれている（図 10. 参照）。更に、交流励磁機を介して発電機を励磁するため、励磁容量が静止自動方式の場合の 1/10～1/20 になり、励磁装置が小形軽量となるので配電盤への組込スペースが少なくてすむ。

4. 2 静止自動方式

静止自動方式は表 3. の 3 方式を標準としているが、そのうちの SE-23 方式の回路を図 11. に示す。この方式は直流制御巻線を持つ可飽和変流器を使用した従来の AVR 付自動に代わるものとして開発したもので、ブラシレス方式と同様な分流方式を採用している。主要部品（L, CTE, REC）は発電機上部に搭載して船内スペースの有効利用に寄与している。

SE-23 方式は従来の SE-22 方式に比べて使用部品が少ないため、小形軽量となり大きな発電機容量までトップマウント可能である。また、手動電圧調整器（VR）付静止自動方式（SE-12）との互換性がある

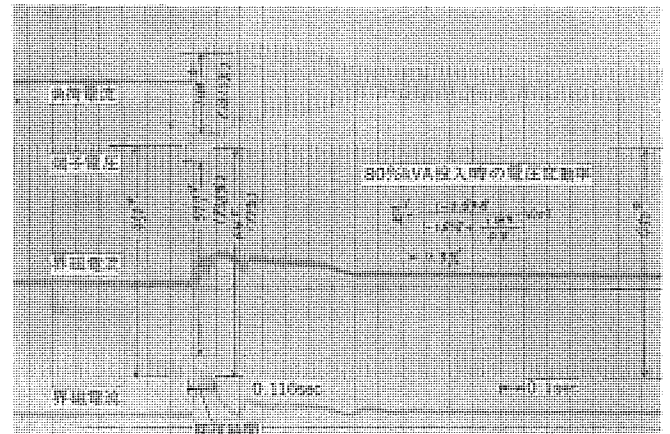


図 10. 誘導電動機始動試験（120.9% kVA 投入）（1,050 kVA ブラシレス 交流発電機）

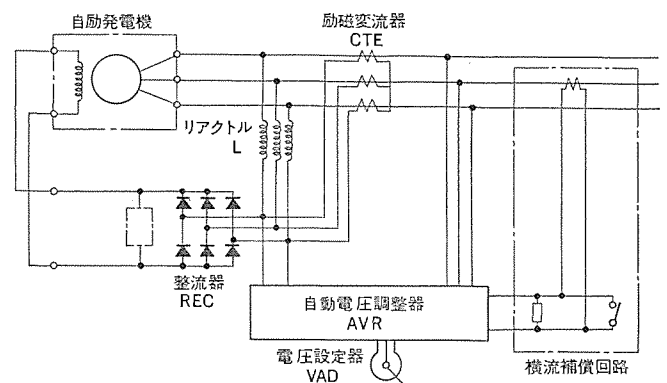


図 11. 静止自動方式（SE-23）回路図

など多くの特長を持っている。

5. む す び

以上当社の CFC 形船用交流発電機の仕様、構造及び励磁方式の概要について述べたが、今後とも需要家各位のご要望に沿ってより良い製品を作るべく努力する所存である。

参 考 文 献

- (1) 馬場：船用交流発電機の最近の動向，三菱電機技報，40，No. 5（昭 41）
- (2) 高橋ほか：船用交流発電機の最近の動向，三菱電機技報，45，No. 7（昭 46）

最近の船用補機電動機と制御装置

名 地 巍*・鎗 水 律 夫**・境 正 昭**・藤 田 昇 三**

1. ま え が き

いままでの海運界では、主として船舶の大形化、高速化が進められてきたが、オイルショック以後この傾向が停とんし、貨物船を中心に多岐化しつつある。一方、運航の安全性、経済性が強く追求され、補機類の信頼性向上と小形化が一層重要になっている。

これらに対応して、シリーズ化された最近のF種電動機並びに制御機能に高集積回路素子 (MSI) を用いて ロジックコントローラとしてまとめた、新しいM形グループスタータについて紹介する。

2. 補 機 電 動 機

当社は昭和44年いち早く船用F種電動機シリーズを完成し、現在までに広い用途に多数使用されている。これは近年合成化学のめざましい進歩とともに、熱的安定性に富み、しかも電氣的、物理的にも非常にすぐれた絶縁材料の開発により、広範囲の容量にわたって画期的な小形軽量かつ高品質を達成した結果といえよう。すでに大手造船所においてはほとんどF種電動機が採用されており、中小造船所へも徐々に普及しつつある。

2.1 小容量F種電動機 (280 フレーム以下)

当社が今回再度のシリーズ化の改定を行った船用F種電動機は、全閉外扇形を基本形式とした。また、60 Hz 専用設計とするとともに、耐熱性のよい絶縁材料を使用するメリットを最大限に生かし、電動機のわく番をすべて1〜2段小さくした。この出力-わく番適用は当社独自のものとなっているが、従来のE種電動機に比べて画期的な小形化を行っている。なお従来のE種とのわく番比較を表1に、全閉外扇形電動機の一例を図1に示す。

またF種電動機の絶縁システムの決定に当たっては絶縁材料単体の耐熱性はもちろんであるが、材料の機械的強度、絶縁ワニスとの適

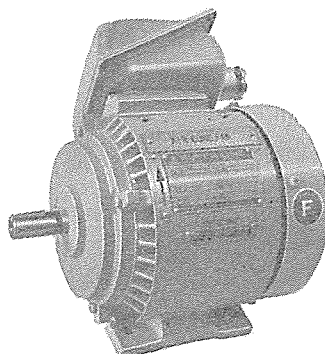


図 1. 船用F種電動機 SF-E形
1.5 kW 4 極 M80 フレーム

合性、耐環境性など多くの観点から検討を加え、各種試験を行った。一例として当社で採用しているマグネットワイヤをワニス処理した状態での耐熱寿命試験結果を図2に示したが、F種規定値に対して十分な余裕をもっている。

更に船用としての特性を考慮してワニスの含浸、乾燥は特に入念な作業を行い、湿気や塩分を含むふんい気に対しても十分な耐力を

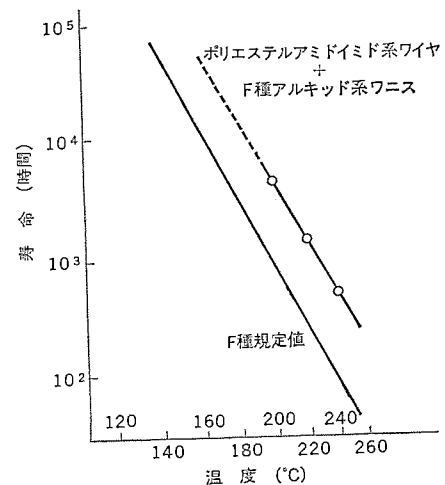


図 2. F種電動機マグネットワイヤの耐熱寿命

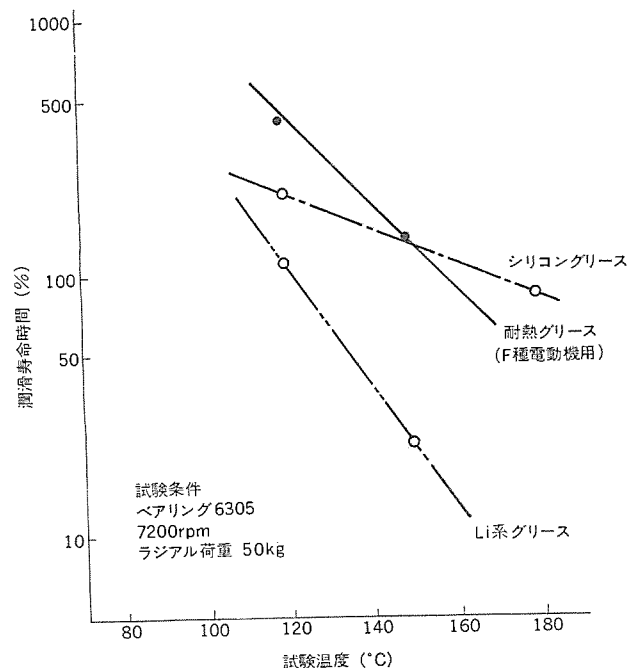


図 3. グリース 潤滑寿命の比較

表 1. 船用電動機のわく番比較 (全閉外扇形4極)

出 力 (kW)	1.5	2.2	3.7	5.5	7.5	11	15	18.5	22	30	37	45	55	75	90	110
F 種	80	90 L	100 L	112 M	132 S	132 M	160 M	160 L	180 M	180 L	200 L	225 S	225 M	250 M	280 S	280 M
E 種	90 L	100 L	112 M	132 S	132 M	160 M	160 L	180 M	180 L	200 L	225 S	225 M	250 M	280 S	280 M	—

持たせている。

また、電動機の小型化、巻線温度の上昇などによりベアリング部分の温度がE種電動機に比べ高くなる傾向にあるが、このためベアリング部分の冷却構造を改良するとともに、シールドボールベアリング採用機種には、リチウム石けんをベースとする特殊耐熱グリスを使用しグリス寿命の向上を計っている。(図3.参照)

更に小型化により通風冷却音が減少し、各機種とも5～10%騒音値が下がり、また、回転子部分の慣性モーメント(GD^2)が減少するなど性能面での向上を計ることができた。

2.2 大容量F種電動機(315フレーム以上)

(1) 最近の傾向と標準化

ここ数年来、船形の大形化、特殊船の増加で電動機容量も大きくなり、用途や据付環境も多様化の傾向が見られる。特に顕著な変化はボイラ用強圧送風機、バウスラスト及びイナートガスファン用電動機の大容量化であるが、これらについて当社では、強圧通風機は560/240kW 6/8極、バウスラストは1,650kW 10極、またイナートガスファンは280kW 2極までを標準化し多数製作納入してきた。

バウスラスト用電動機は従来巻線形が大部分であったが、最近ではかご形が増え、製作実績中最大容量機は巻線形で1,125kW 440V 60Hz 10極、かご形で1,100kW 3,300V 60Hz 10極である。図4.にバウスラスト用電動機を、表2.～表4.に強圧送風機、バウスラスト及びイナートガスファン用電動機の特性を示す。

ここ当分タンカー需要の減退で強圧送風機、イナートガスファン用は多くを望めないが、バウスラストなど特殊船向けにこれらの標準シリーズの技術が生かされる。

(2) 電気的特性

電気的特性について、最近低始動電流を要求されることはもはや常識であり、100kW以上のバイタルモータや、非常用発電機で運転され

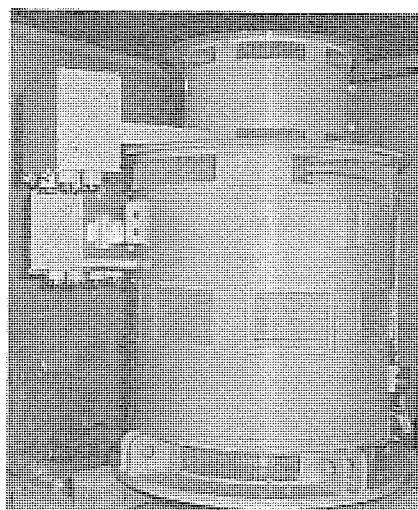


図4. 1,125kW 440V 60Hz 10極
バウスラスト用電動機

表2. 強圧送風機用電動機の特性
(440V 60Hz 6/8極 連続定格 F種絶縁, 全閉外扇形)

No.	出力 (kW)	全 負 荷 特 性								許容 GD^2 kg·m ²
		回転数 (rpm)	定格電流 (A)	始動電流 (A)	始動時力率 (%)	T_m (%)	T_s (%)	η (%)	PF (%)	
1	250	1,170	400	1,700	27.0	190	90	93.0	89.5	1,000
	110	880	190	900	28.9	210	100	91.9	83.5	
2	280	1,170	440	1,700	27.0	170	80	93.0	89.8	1,000
	120	880	205	900	28.9	190	90	91.5	83.7	
3	300	1,170	475	2,100	27.5	200	85	93.2	88.5	1,300
	130	880	230	1,200	28.0	220	110	92.8	79.5	
4	335	1,170	530	2,100	27.5	180	75	93.2	88.5	1,300
	140	880	250	1,200	28.0	200	100	92.5	80.0	
5	355	1,170	570	2,400	18.5	160	50	93.2	87.6	1,500
	150	880	260	1,250	19.0	190	65	91.5	83.0	
6	375	1,170	600	2,400	18.5	175	60	93.0	88.1	1,500
	160	880	275	1,250	19.0	195	60	91.0	83.5	
7	400	1,170	630	2,500	19.0	165	55	94.0	88.0	1,600
	170	880	290	1,350	18.5	185	70	92.0	83.0	
8	425	1,170	670	2,500	19.0	220	70	93.8	88.5	1,600
	180	880	310	1,350	18.5	195	65	91.6	83.0	
9	450	1,170	735	2,950	19.2	195	65	93.2	86.0	1,800
	190	880	330	1,600	19.9	200	70	92.0	81.5	
10	475	1,170	770	2,950	19.2	170	60	93.5	86.8	1,800
	200	880	345	1,600	19.9	190	65	92.2	81.5	
11	500	1,170	820	3,600	19.0	190	70	93.2	86.0	2,000
	210	880	365	1,900	19.3	210	75	92.1	83.0	
12	530	1,170	860	3,600	19.0	180	65	93.3	86.5	2,000
	225	880	390	1,900	19.3	200	70	92.3	83.5	
13	560	1,170	900	3,600	19.0	170	60	93.5	87.0	2,000
	240	880	410	1,900	19.3	185	65	92.5	84.0	

表3. バウスラスト用電動機の特性
(440V 60Hz 30分定格 B種絶縁, 防滴保護形, 立形, 巻線形)

No.	出力 (kW)	極 数	回転数 (rpm)	電 流 (A)		2次電圧 (V)
				1次側	2次側	
1	75	6	1,170	120	120	374
2	110	"	"	195	140	480
3	150	"	1,160	235	220	415
4	185	"	"	290	225	500
5	225	"	"	350	255	545
6	260	"	"	405	290	550
7	300	8	880	465	435	415
8	370	"	"	570	445	500
9	450	"	"	745	515	520
10	485	"	"	775	505	575
11	525	"	"	835	545	"
12	600	"	"	960	580	620
13	635	"	"	1,020	615	"
14	670	"	"	1,080	645	625
15	750	"	"	1,200	715	"
16	825	10	705	1,330	1,200	410
17	900	"	"	1,450	1,320	"
18	970	"	"	1,560	1,240	470
19	1,050	"	"	1,690	1,340	"
20	1,140	"	"	1,820	1,240	550
21	1,200	"	"	1,940	1,510	475
22	1,350	"	"	2,180	1,470	545
23	1,500	"	"	2,420	1,400	635
24	1,650	"	"	2,680	1,490	655

表4. イナートガスファン用電動機の特性
(440V 60Hz 2極 連続定格 F種絶縁, 全閉外扇形)

No.	出力 (kW)	全 負 荷 特 性								許容 GD^2 kg·m ²
		回転数 (rpm)	定格電流 (A)	始動電流 (A)	始動時力率 (%)	T_m (%)	T_s (%)	η (%)	PF (%)	
1	55	3,560	84	735	28	363	180	94.4	93.6	25
2	75	3,540	115	850	24.3	311	130	94	93.6	30
3	110	3,560	170	1,550	26.7	397	187	93.2	93	40
4	132	3,550	200	1,200	20.0	240	90	92.5	93.6	45
5	160	3,550	240	1,550	19.8	270	100	93.0	94.0	55
6	185	3,550	290	1,700	19.6	260	90	91.5	91.5	65
7	200	3,550	310	1,700	19.6	240	85	92.0	92.0	65
8	250	3,550	375	2,100	18.8	230	80	93.5	93.6	75
9	280	3,550	420	2,100	18.8	200	70	93.5	93.6	75

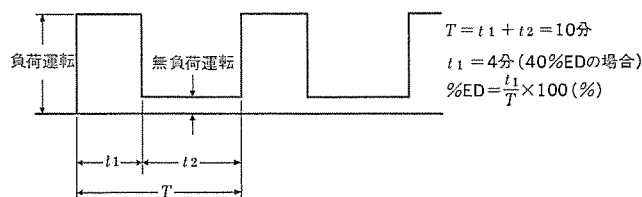


図 5. % ED (連続) の デューティサイクル

表 5. 連続定格と % ED の出力関係 (440 V 60 Hz) 単位: kW

連 続 定 格	40% ED	25% ED	5 分 定 格
7.5	11	13	15
11	15	20	22
15	22	28	30
22	30	40	45
30	45	55	60
37	55	70	75
45	65	85	90
55	80	100	110
90	130	160	180
110	160	200	220
132	190	240	260
185	270	340	370
220	320	410	440

る電動機では、定格電流に対し 400% 以下の要求を受けることができる。F 種電動機の場合、最近の造船所のニーズを考慮して、標準値を 550~600% に抑えているが、更に 500% 程度までは比較的容易に制限可能である。

しかしそれ以下に制限する場合は、トルクとの関係もあり、発電機容量や負荷の特性に応じて適正な値とすべきであり、必要以上に始動電流を制限すると、電動機単体のコスト上昇で逆に経済性を欠く場合もあり、このような場合は Y-Δ 始動又はコンペン始動を考慮したほうがよい。なおこの際電動機の選定にあたっては、トルクは電圧の自乗に比例して減るため、負荷の反抗トルク及び負荷の GD^2 については(把)握しておく必要がある。バウスラスタ用電動機ではかご形の場合、タップ 50% のコンペン始動で電流 100% 以下の要求があったりするが、電動機のトルクから見て 120~130% が制限可能な値である。また運転定格については操舵(舵)機用が 1 時間定格、バウスラスタ用が 30 分又は 1 時間定格とする以外は従来連続定格が使用されてきたが、最近油圧ウインドラスなどでは、90/130 kW 連続/40% ED (連続) のように表示して、130 kW 連続とせず負荷状況に合わせて、電動機を合理的に使用するケースが増えている。すなわち 90 kW 連続で使用する場合と、図 5. のように 130 kW 40% ED 使用とでは熱的に等価であるから、負荷状況が図 5. のようであれば 90 kW 連続定格の電動機を選定すればよいことになる。表 5. に連続定格と % ED の出力一覧表を示す。なおこの場合の 1 サイクルの時間は 10 分が一般的である。

3. 補機電動機用制御装置

3.1 最近の傾向

船用補機電動機の制御装置は、小容量電動機の単なる始動器類から、多数の電動機の相互インタロックを含んだ集中制御装置(グループスタータ)まで複雑多岐にわたっている。当社では昭和 43 年 K 形グループスタータを開発して以来、板金、回路部品手配などの EDPS 化とともに各造船所、機械メーカーとのシェア標準化により、計画手配が容易で信頼性が高く、しかも保守点検しやすいグループスタータを提供してきた。

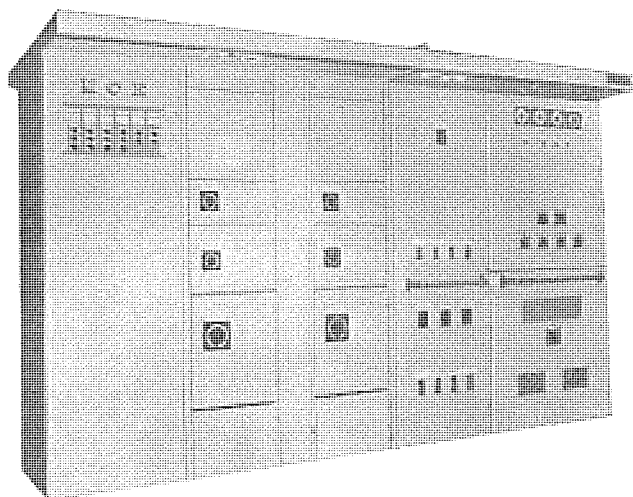


図 6. M 形グループスタータ

一方ここ数年来、船舶の高度な自動化は、めざましい電子機器の発展を基礎として発達し、その制御系統や機器もますます複雑化の傾向を強くしている。こうした中で補機の制御形態は、従来リレー方式によって構成され、その制御電圧も AC 440 V, AC 110 V の両方が採用されるため、極めて複雑なリレー回路となることが多く問題を生じやすい。当社ではこの解決策として制御回路をエレクトロニクス化した M 形グループスタータ (MCE: Motor Control by Electronics の略) を開発製品化したので紹介する。

3.2 M 形グループスタータ

(1) 特 長

- (a) 高信頼性: 制御機能を高集積回路 (MSI) を用いたロジックコントローラとしてまとめている。
- (b) 安全性の向上: 主回路(モータユニット)と制御回路(コントロールユニット)を完全に別ブロックとし、モータユニットは完全閉鎖構造である。またエレクトロニクスの採用により外部操作回路を DC 24 V としている。
- (c) 操作監視の集中化: 計器、押ボタン、スイッチ類は、MCE 制御パネルドアに集中配置している。
- (d) 保守の簡易化: 制御用カードは各電動機対応に準備されているので、1 台ごとの運転テストが行え、カード差換えも迅速にできる。また接点部分の保守は主回路のコンタクトのみとなる。
- (e) 小形化: モータユニットは主回路部品のみとなり、従来の複雑なリレー回路は標準カードとして、MCE 制御パネルにまとめて配置するので従来に比べて著しく小形化されている。

(2) 仕 様

- (a) 電 源: モータ主回路は AC 440 V, 外部制御回路は DC 24 V を使用し、取扱いに安全な電圧となっている。
- (b) 周囲条件: エレクトロニクス回路素子は、周囲温度 $-10^{\circ}\text{C} \sim +60^{\circ}\text{C}$, 相対湿度 95% としており各船級規則を十分に満足する。
- (c) ユニット構成:
 - (i) モータユニットはノーヒューズブレーカ、コンタクト、サーマルリレー及びダイレクトコントロールスイッチを組み込んであるだけでシンプルな構造となっている。
 - (ii) コントロールユニットはモータ対応でプリントカードにまとめてあり、これらを一括して MCE パネルに組み込んでいる。
- (d) 制御回路: 制御回路は従来のリレー回路で、300 余種類のものをエレクトロニクス化された数種類の標準カードで構成されて

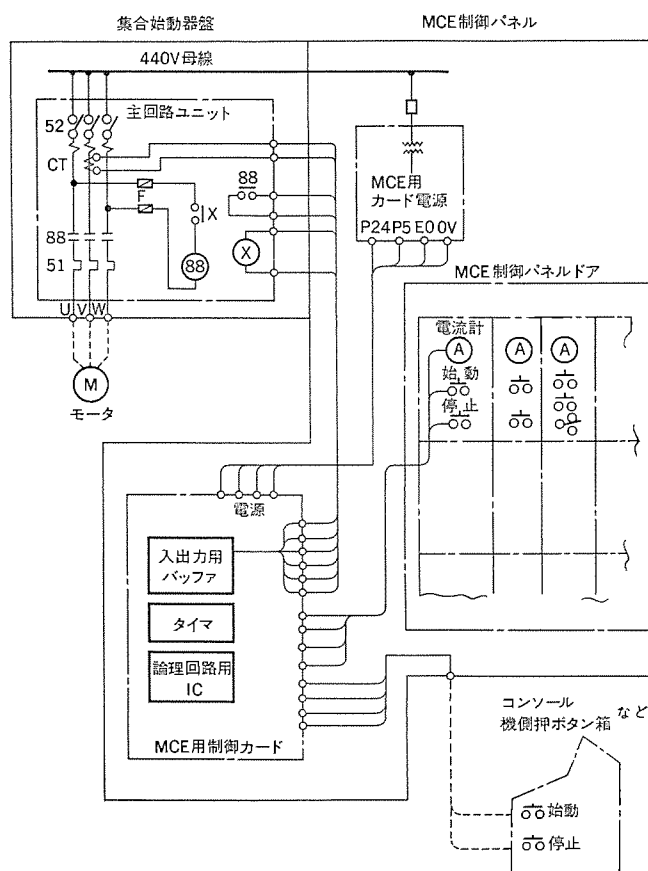


図 7. 制御ブロック構成

おり、カードのピン接続変更により多種のモータコントロールができる。また他の演算制御装置、インタフェースへの接続や伝送ラインの多重化も容易にできるよう配慮されている。

(e) 操作：モータの発停操作は、MCEパネル、コントロールルーム及び機側から行うことができる。また最悪の場合でも、モータユニットで直接コントロールが可能である。

(f) 外部ケーブル接続

主回路ケーブルは、主回路モータユニットのコンタクトに直接外線を引込み、制御回路ケーブルはコントロールパネルにまとめて引込まれるので多心ケーブルによるコンタクトの採用ができる。

M形グループスタータの外観、制御ブロック構成並びにユニット配置をそれぞれ図 6. ～図 8. に示す。

(3) 構造

(a) モータユニット：主回路部品のみまとめた引出し可能な半固定ユニットとなっており、このユニットを集合させ列盤として組立てた閉鎖構造のグループスタータとなっている。ユニットサイズはモータ出力に適合した 120 の倍数で構成されている。また縦バスを使用し両面形も製作できる。

(b) コントロールユニット：制御回路はコントロールカードとしてまとめられ、モータパネルの横に列盤として配置されたコントロールパネルに集中して収納されている。コントロールパネルの表面ドアには、on start-

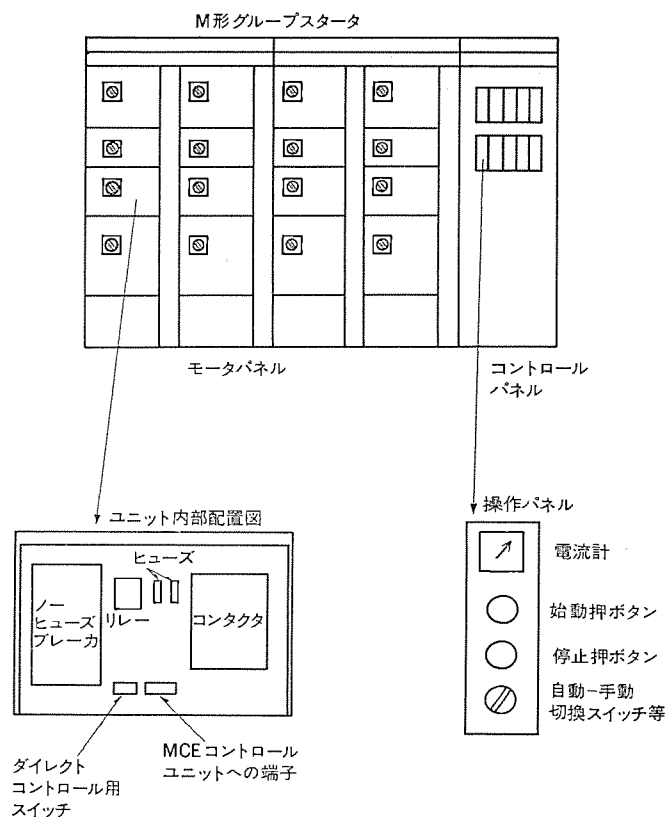


図 8. ユニット配置

er の操作スイッチ、電流計などが集中配置されている。コントロールパネルには、エレクトロニクス用の電源、入出力用バッファリレー及びコントロールカードが収納されている。このように動力主回路部品とエレクトロニクス回路部品は完全にセパレートされて、事故時の損傷波及を防いでいる。

なお盤の構成として、一般にはモータパネルとコントロールパネルは列盤とするが、機側にモータパネルのみ配置しコントロールパネルをコントロールルームに配置すれば、現在使用している機関制御室コンソールと共用もできる。またスペースの関係でモータパネルを数カ所に分離配置してもコントロールパネルは 1カ所にまとめることができる。これらのパネル間接続はすべてコネクタが使用できるのでぎ(蟻)装上也工数増にはならない。

4. む す び

船舶の機関部に使用される F 種絶縁補機電動機及び制御装置としてエレクトロニクスを採用した M 形グループスタータを紹介した。

船内労力の節減による採算性の向上は、今後の船舶における最大の課題であり、合理化のための電動機及び制御装置の役割はますます大きくなっていくと思われる。

当社でもこれらに対処して新しい技術の研究開発に力をそそぎ、信頼性が高く、かつ保守点検の容易な電動機、制御装置の提供に努めていきたい。

船舶における多重伝送制御システム

木戸正克*・井上隆治*・山崎 寛*・故島利美*

1. ま え が き

産業界全般において、省力化、自動化が進展するにつれて集中制御、集中監視がすすみ、その信号伝送系が重要な要素となっている。システムが大形化されインタフェース部分の接続数が増加し複雑化してくると、従来のような接続方法では電力消費の増大、配線工事費などの問題が生じてくる。ここで紹介する多重伝送制御装置は、これらの問題を解決するために開発されたものである。

以下、この装置の原理、特長及び各種制御システムへの応用についてその概要を紹介する。

2. 多重伝送装置の原理

多重伝送方式には各種の方法があるが、ここでは4章の応用例で使用している時分割サイクリック方式と呼ばれる方式について述べる。

2.1 時分割サイクリック方式の概念

時分割サイクリック方式と呼ばれる多重伝送方式の概念を図1.に示す。すなわち、伝送制御装置(TCU)と、端末制御装置(LCU)には、同期して回転するロータリスイッチが設けられており、ロータリスイッチは回転しながらTCUの制御装置とLCUの被制御装置を順に接続させて、一定時間内の信号の授受を周期的に行わせる。

2.2 時分割サイクリック方式の基本原則

2.1節の概念で示したロータリスイッチの役割を電気回路に置き換えた方式を図2.に示す。すなわち、TCUには同期用のパルス信号を発生させる発振器があり、そのパルスをTCUとLCUに設けられたカウンタで計数する。二つのカウンタは同時にカウントを開始し、全く同一の数を計数しつづける。また、カウントが一定値まで達するとカウンタはリセットされて再度カウントを開始する。

次に、TCUのマルチプレクサ回路は、カウンタの計数値に対応した制御装置からの信号を、信号パルスとしてLCUに送る。同様にLCUではカウンタの計数値に対応した被制御装置に、TCUからの信号をデコーダ回路を通して伝える。したがって、TCUとLCUは同期信号をカウントしながらおののの制御、被制御装置を一定時間、一定周期で結合させて信号の授受を行わせる。

以上が時分割サイクリック方式を電気回路化した概略である。従来の方式によれば制御、被制御装置をおのの独立したケーブルで接続し、信号の授受を行うのに対し、この方式によれば制御信号、同期信号の2対のケーブルで事足りる訳である。ただし、従来の方式では時間的に継続した信号の授受が可能であったのに対し、この方式では一定周期で一定時間の間だけ信号の授受がなされる。したがって被制御側では記憶回路を設けて、それを一定周期ごとの信号により更新する必要がある。

2.3 伝送系路

1個のTCUに対し、1個のLCUを設ける方法が伝送系路としては最も単純な形式であるが、実際上は1個のTCUに対して複数個のLCUを設ける形式が一般的である。複数個のLCUを設けた場

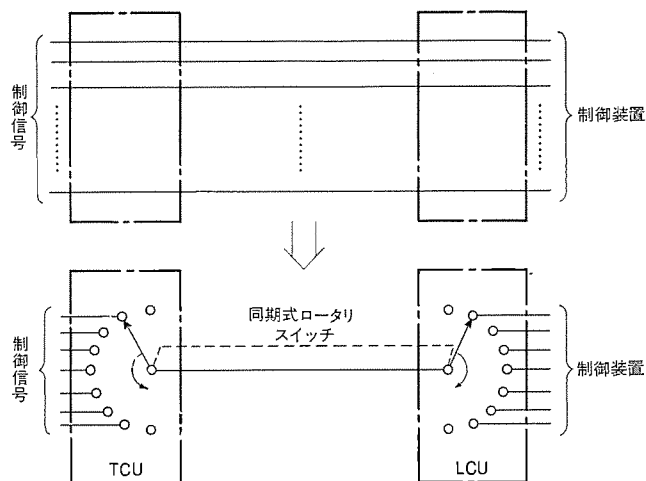


図1. 時分割サイクリック方式の概念

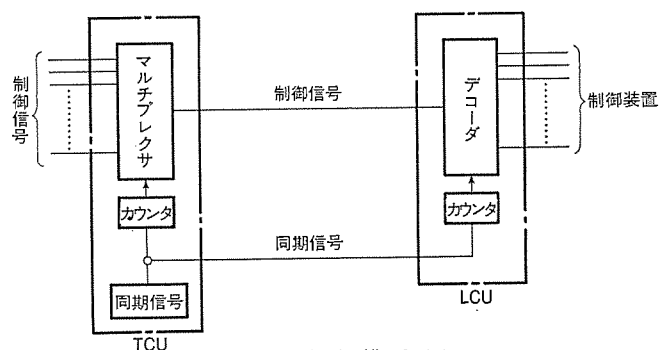


図2. 基本構成図

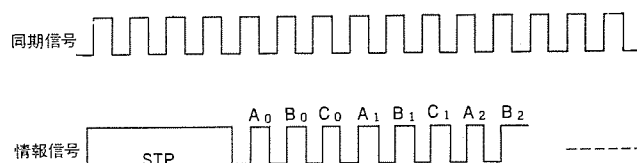


図3. 伝送信号

合、TCUは同じだがLCUはおのの異なる範囲のカウントで信号を授受するようにデコーダ回路を設定する。

2.4 製品化された時分割サイクリック方式の動作原理

2.2節で述べた基本原理に基づいて製品化された時分割サイクリック方式について述べる。基本原理においてはTCUからLCUへの信号伝送のみを考えたが、実際の製品においては3ビットのパルス信号によって双方向の信号伝送が可能となっている。図3.にビット構成を示す。

2.4.1 同期信号

同期信号はTCUから各LCUへ送られるく(矩)形波のタイミングパルスで、各LCUは常にこのパルスを計数してあらかじめ決められた自局のアドレスを判定する。また情報信号の取り込みや返送信号の作成などは、すべてこの信号のタイミングと同期して行われる。

2.4.2 情報信号

情報信号はスタートパルス(STP)とA, B, Cの3ビットの中に盛り込

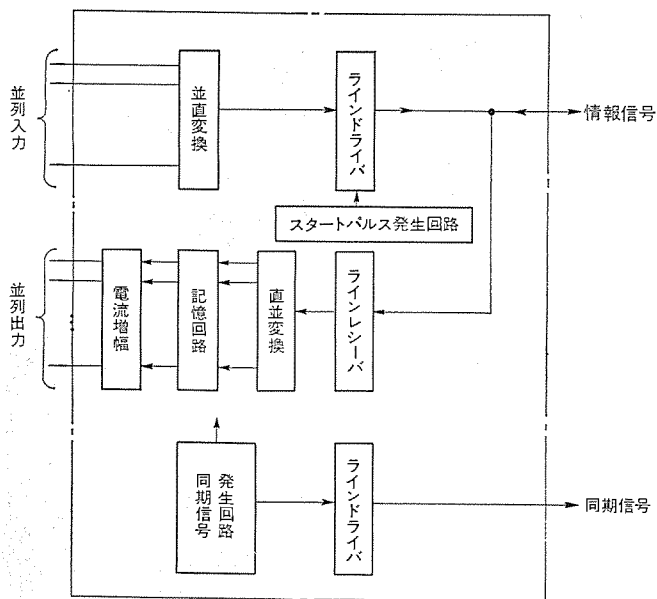


図 4. TCU ブロック図

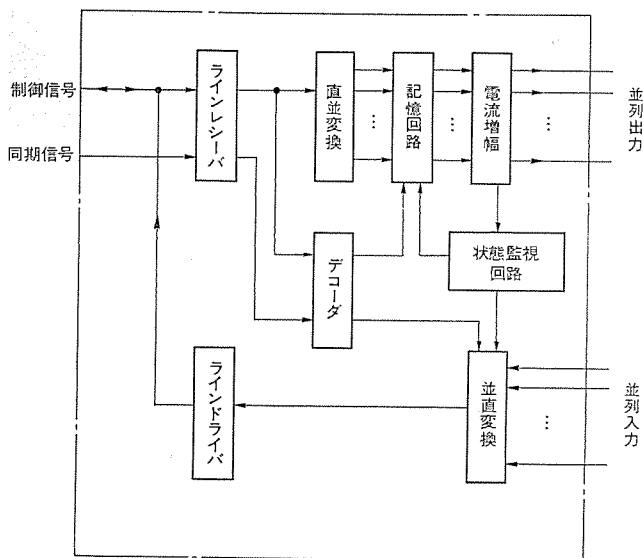


図 5. LCU ブロック図

まれ、STP で始まり A, B, C, A, B, C……STP, A, B, C……の順序でサイクリックに繰り返される。STP はアドレスカウントの開始を意味する。A, B, C の 3 ビットの内容は次のとおりである。

A ビット：TCU から LCU へ伝送される信号で、LCU に接続された末端機器の制御信号である。

B ビット：LCU から TCU へ伝送される信号で、LCU に接続された末端機器の状態の報告又は制御信号である。情報が TCU からの出力の場合は、故障検出指令として使用される。

C ビット：LCU から TCU へ返送される信号で、故障の有無を伝送する。

2. 4. 3 回路構成

TCU と LCU の内部構成図を図 4., 5. に示す。

3. 多重伝送装置の特長

前述したように、従来の個別配線方式と比較して電線が少なくて済むことから次の特長が考えられる。

- (a) 電線の節約
- (b) 配線工事の省力化と工事費用の低減

- (c) 配線工期の短縮
- (d) 仕様変更に応じ得る
- (e) 配線の保守点検の容易さ

また電気回路が高度に半導体、IC 化されたために、次の長所、短所が考えられる。

- (a) 従来使用してきた周辺機器とのインタフェースに制限が出てくる。逆に、無接点化された回路に対しては、インタフェースが容易となる。
- (b) IC 化による飛躍的な信頼性の向上。

次に、時分割方式を採用しているために次の特長が考えられる。

- (a) コンピュータとのデータの授受が時分割方式で直接可能。
- (b) 伝送信号の誤り防止回路が各種考えられる。
- (c) 高速の応答を必要とする回路には、時分割周期を考えて使用する必要がある。

要約すれば、将来の制御システムの集中化、自動化に伴うコンピュータのとう(搭)載、機側制御機器の無接点化に対しては最適の伝送方式と言える。

4. 多重伝送制御装置の応用例

4. 1 タンカーの荷油弁制御

大形タンカーの荷油弁制御装置への応用例を紹介する。

一般に荷油弁を遠隔集中制御するには開閉弁で 3 心、開度弁で 6 心の電線を必要とするので、甲板上に布設される電線を減少させ、工費の低減を行う要求が生まれてくる。また甲板上の荷油弁制御装置は危険場所に設置されるので、このシステムは本質安全防爆形となっている。図 6. にセントラルステーションの外観を、図 7. にローカルステーションの外観を示す。装置の概略仕様は次のとおりである。

- (1) 環境条件 操作場所の設置機器は船舶の一般環境条件を満足

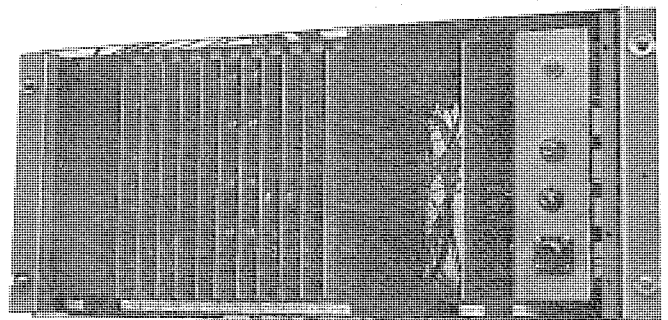


図 6. セントラルステーション

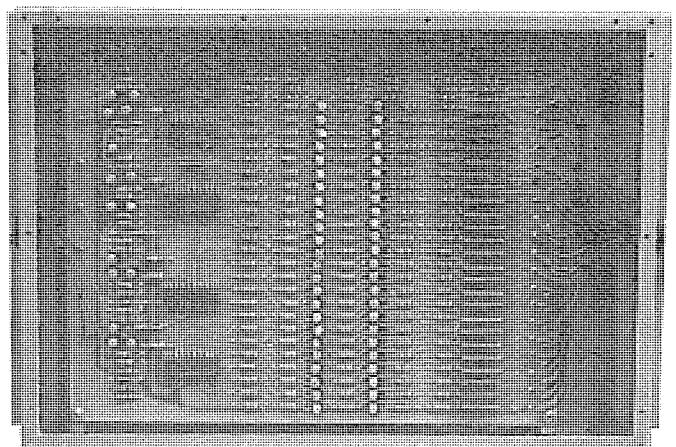


図 7. ローカルステーション

し、更に甲板上的設置機器は、 $-10\sim+75^{\circ}\text{C}$ の温度に耐える

(2) 対象ガス i2 G 4 及び エチレン

(3) 定格 非本安回路 AC 110 V 60 Hz 3 ϕ

本安回路 DC 12 V 185 mA

電磁弁 DC 12 V 85 mA

油圧ラッチ形 (0.3 秒動磁)

(4) 信号線 船用ケーブル (MRYC-7)

(5) 信号距離 船用ケーブルで最大 500 m

(6) 伝送方式 時分割サイクリック伝送, NRZ 等長符号

4. 2 ホールドファンの遠隔制御

はん(汎)用多重伝送制御装置が常石造船(株)建造の自動車運搬船に搭載された。昭和 50 年 4 月に第 1 船向けを納入して以来 7 隻分を納入して、5 隻は既に就航し順調にか(稼)動中である。これらの装置はホールドファンの遠隔制御に使用されている。以下本船に搭載された多重伝送制御装置についてその概要を紹介する。

4. 2. 1 制御システムの概要

本船の制御システムは、No. 1~No. 5 ホールドに設けられた 19 台のホールドファンを船橋より遠隔集中制御を行うシステムである。船橋にホールドファンの制御盤、No. 1 ウインチハウスに No. 1 ホールドファン用集合始動器盤、No. 2 ウインチハウスに No. 2/3 ホールドファン用集合始動器盤、No. 3 ウインチハウスに No. 4/5 ホールドファン用集合始動器盤が装備されている。信号線は 2 心線 2 本が船橋の制御盤から No. 4/5 ホールドファン集合始動器盤、No. 2/3 ホールドファン集合始動器盤、No. 1 ホールドファン集合始動器盤シリーズに接続されている。

制御監視対象は次のものである。

(1) ファンモータの始動(排気, 吸気)停止の制御信号

(2) ファンモータの運転(排気, 吸気)表示の返信信号

船橋の制御盤に伝送制御装置(TCU)を、各集合始動器盤に端末制御装置(LCU)を装備している。TCU はファンモータの始動、停止の押ボタン信号を受信し、パルスコードに変換し LCU へ伝送する。またファンモータの運転信号を LCU より受信し、データ进行处理し運転表示を行う。更に LCU の電源が停電した場合、あるいはローカルステーションの出力リレーが断線、短絡などの事故発生時には LCU より故障情報を受信し各チャンネルごとに発光ダイオードで表示すると同時にブザーにより警報を発生させる。LCU はセントラルステーションよりファンモータの始動、停止信号を受信、処理して出力リレーを動作させる。またファンモータの運転信号を集合始動器盤よりインタフェースリレーを介して受信しセントラルステーションへ返送する。

4. 2. 2 機器の構成

装置の構成機器は中央局である船橋のホールドファン制御盤と子局である集合始動器盤内のローカルステーションに大別できる。

(1) ホールドファン制御盤

ホールドファン制御盤はファンモータの操作押ボタン、TCU、電源、故障表示ディスプレイパネルより構成されている。

操作押ボタンは運転表示も行える照光式押ボタンを使用して、船形のグラフィックパネルに実際のファンモータの配置に合わせて取付けているので操作しやすく、意匠上もまとまりの良いものとなつ

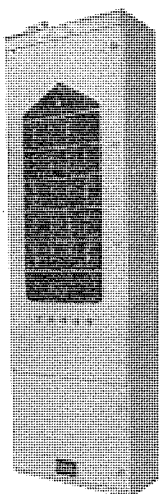


図 8. ホールドファン制御盤

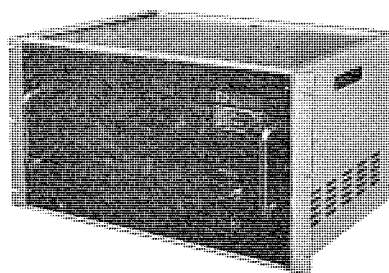


図 9. 伝送制御装置 (TCU)

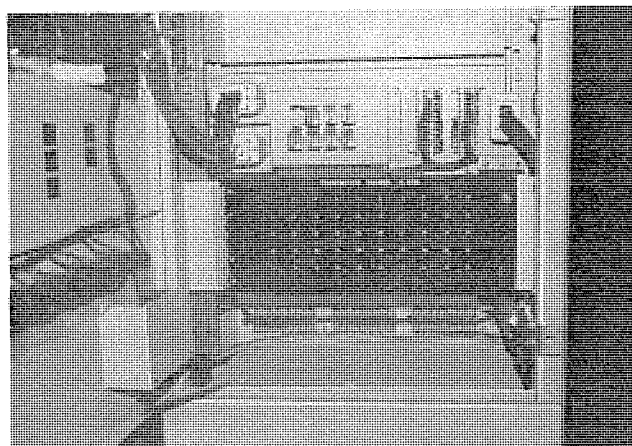


図 10. 故障ディスプレイパネル

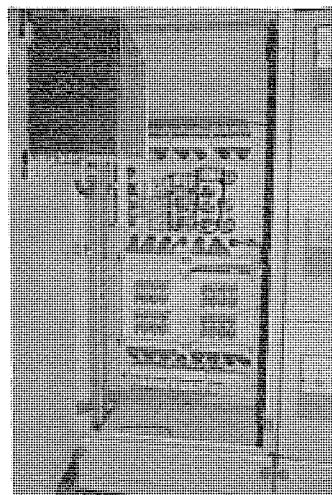


図 11. ローカルステーションの実装状態

ている。図 8. にホールドファン制御盤の外観を図 9. に TCU の外観を図 10. に故障表示ディスプレイパネルの外観を示す。

(2) ローカルステーション

ローカルステーションは電源ユニット、LCU、入出力リレーユニットより構成され、集合始動器盤に組み込まれている。LCU は信号の処理を行い、入出力リレーユニットは LCU の出力を受信し、リレーを動作させて、リレーの接点で集合始動器盤内の補助リレーを制御する。図 11. にローカルステーションが集合始動器盤に実装された外観を示す。

4. 2. 3 システムの仕様

(1) TCU : 1 台使用 (80 チャンネル 使用)

(2) LCU : 合計 12 台使用

(3) インタフェース : リレーインタフェース

(4) 電源 TCU.....AC 110 V, 3 ϕ , 60 Hz

LCU.....AC 440 V, 3 ϕ , 60 Hz

(5) 信号線 DRYC-2 2 本

(6) 警 報 TCU と LCU の無電圧及び出力 リレー の断線、
短絡

4. 3 冷凍コンテナ監視装置

マイクロプロセッサへのプロセス入力装置として用いた例である。この装置は、冷凍コンテナ船に搭載された冷凍コンテナの温度、デフロスト及び冷凍機の運転、冷凍機用電源の入切、これら信号線用コネクタの接続状態を遠方監視するものである。

4. 3. 1 仕 様

主なる仕様を表 1. に示す。

4. 3. 2 機器構成

冷凍コンテナ監視装置のブロック図を図 12. に示す。操作スイッチからのリクエストで、冷凍コンテナの温度、デフロスト、冷凍機及び信号線用コネクタの接続状態を、CRT ディスプレーに表示することができる。更に表示された内容を電子プリンタにコピーすることもできる。また全冷凍コンテナに関するデータを、あらかじめ決められた様式に編集した様式で記録することもできる。

4. 3. 3 動作原理

1 : N 式の伝送系路で構成するため、マイクロプロセッサとのインタフェース回路を媒体とした伝送制御装置 (TCU) を設け、冷凍コンテナ 10 個ごとに 1 台の端末制御装置 (LCU) を設けている。冷凍コンテナの配列上、船首側 80 個と船尾側 40 個を分離し、おのおののグループの LCU を環状に 7 心の船用ケーブルで接続する方式とした。ただし、完全なループ方式では信号波形ひずみ (歪) による誤動作が考えられるため、信号線の終端に切換スイッチと整合抵抗を設けた。

TCU は、複数個の LCU へ送る情報を順序正しく直列パルス信号に変換して信号線に乗せたり、LCU から送られてきた返送信号を順序正しく並列パルス信号に変換して記憶させる。更に各装置の作動タイミングの基準となるクロック信号も TCU から出される。

一方、各 LCU は TCU からのクロック信号を計数し、そのデコード出力によって所定の時間帯に信号を読み取り、情報を一時記憶した後それぞれの末端機器を制御するとともに、末端機器の作動状態を TCU へ返送する。信号授受の誤り検出は、LCU でのデコード出力によるアドレスの返送照合並びに TCU での発信信号の二連送照合 (2 回分の情報の重ね合わせによる確認) によって行っている。

次に、マイクロプロセッサ入力装置として TCU と LCU 間の情報は、512 バイト (1 バイト = 8 ビット) の記憶装置に書きこまれている。512 バイトの記憶装置は 16 バイトごとに 1 台の LCU が割当てられ、更に 16 バイトの構成は、1 番目のバイトが LCU 番号、以下 1/2 バイトごとに 1 個の情報が割当てられている。したがって、1 台の TCU で 16 台の LCU が、1 台の LCU で 30 個の情報が接続可能である。1 バイトのビットパターンを図 13. に示す。

冷凍コンテナ監視装置においては、1 台のコンテナ当たり温度、デフロスト、冷凍機、電源用コネクタのかん (嵌) 脱の 4 信号必要で、10 台のコンテナを 1 台の LCU に接続している。このため (1+1/2) バイトで 1 台のコンテナ情報を与えることとし、第 1 番目の情報については正規の情報ビット (B ビット) と、誤り検出用ビット (C ビット) とを組合せて 2 個の情報を判別させている。

次に、マイクロプロセッサとの信号の授受について簡単に説明する。マイクロプロセッサからの命令は、書込みモード (マイクロプロセッサからの出力) と、読込みモード (マイクロプロセッサへの入力) がある。更に、TCU の情報が変わったとき自動的に IT (割込み) 信号が発生し、マイクロプロセッサに処置を要求するように構成されている。マイクロプロセッサとデ

表 1. 冷凍コンテナ監視装置の仕様

No.	仕 様	内 容
1	冷凍コンテナ数	120 個
2	ハードウェア	(1) 監視監 1 台 マイクロプロセッサ: CPU M 58710 S RAM 16 kWD ROM 4 kWD CRT ディスプレー: 14 インチ白黒 32 列×16 行 電子プリンタ: 40 字/1 行 2 行/秒 (2) ローカルステーション 12 台 防水形 40 信号検出可能/1 台当たり
3	入力点数	480 点 (120 コンテナ) 内訳 1 コンテナ当たり 1-コネクタ接続 1-冷凍機 1-デフロスト 1-温 度
4	機 能	(1) 状態表示 (2) 定時記録及び任意記録 (3) 異常記録 (4) デフロスト後の温度監視マスク

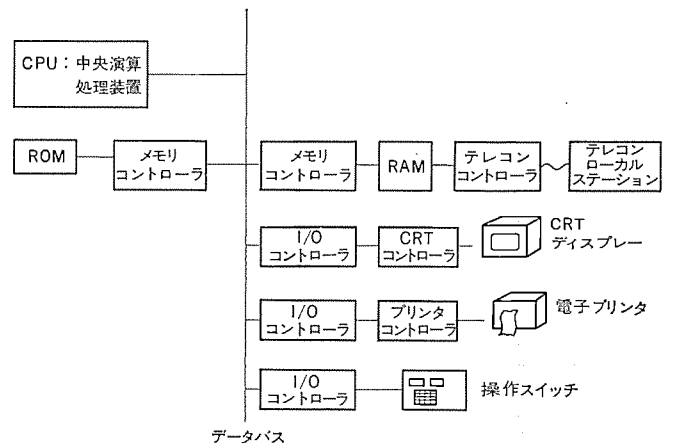


図 12. システムブロック図

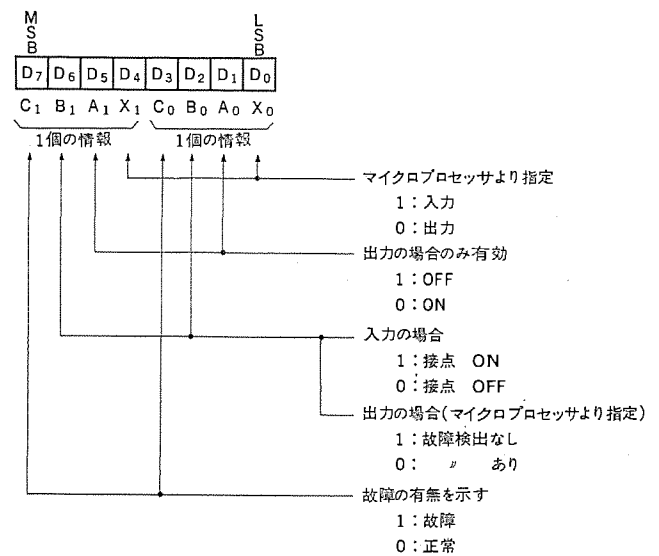


図 13. 1 バイトのビットパターン

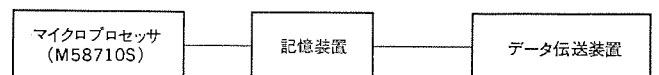


図 14. データ受渡しの概念図

ータ伝送装置とのデータの受渡しは図15.に示すように構成されているので、マイクロプロセッサから見た場合、データ伝送装置へのデータ書き込み及び読出しは、通常の記憶装置への書き込み、読出しと全く同じである。

5. 信 頼 性

装置の信頼性は構成する部品類の選定と数量の縮小化、回路におけるノイズマージンの取り方、それに機器として構成した時点での十分なテストなどによって決定される。

5.1.1 誤り検定

装置の制御対象として比較的低速度のものに应用することを目的としている。したがってデータがサイクリックに伝送され、周期ごとにデータが更新されるので、外来ノイズなどによる誤ったデータが混入した場合でも出力側がリレーなどであれば追従できず誤動作の恐れはない。しかし連続的な外来ノイズには誤動作の危険があるので、この装置には誤り検定法として返送照合方式を採用している。

TCUよりデータがLCUへ伝送されると、LCUで信号受信を確認しTCUへ返送する。TCUでは送信したデータと受信したデータの照合を行い誤りがなければLCUでデータ进行处理し記憶する。もし誤りが発生した場合はインビットデータを送信しLCUで出力ゲートをロックし誤動作を防止する。LCUのロックは次の周期のデータ受信で解除される。

5.1.2 ノイズ対策

装置への外来ノイズが混入するのは信号伝送路からである。外来ノイズはケーブルのシールドなどである程度は防止できるが、高価なケーブルを使用しなければならずシステムの経済性を低減させることになる。5章で述べる多重伝送装置は伝送路と装置を電氣的に絶縁してノイズの混入を防止している。この装置と外部信号の結合にフォトカプラを使用して装置へのノイズ混入を防止している。

フォトカプラは信号伝ば(播)の媒体として光を用いているので、急しゅん(峻)なノイズに対して発光ダイオードの光への変換時における時間遅れの過程で吸収する。またデータと波形が異なるノイズに対しては伝播効率が悪く減衰させるので、装置へ有害なノイズのフィルタとなる。

5.1.3 構成素子の少数比

信頼性を左右するパラメータに構成素子の数量がある。構成素子を減らすことにより信頼性も比例して高いものとなる。

本稿で述べる多重伝送制御装置のLCUには複合機能のLSIを使用しているので、LCUの構成素子の数は著しく減少した。このLSIは多重伝送制御装置専用に開発したもので、機能容量はゲートICに換算して約100個分を1パッケージに収納している。

またC-MOSであるため消費電力が小さく、ガラスセラミックパッケージであるから温度特性に優れているので信頼度向上に大きく貢献している。図15.に専用LSIの外観を示す。

5.1.4 環境テスト

信頼度は定量的に算出することができるが、最終的に環境テストに

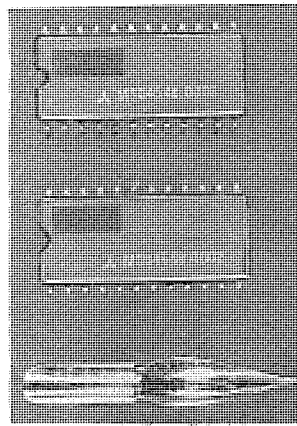


図 15. 専用 LSI

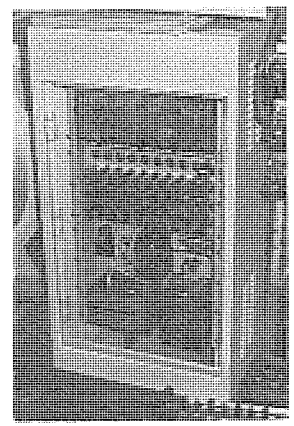


図 16. セントラルステーション

より確認を行わなければならない。4章で述べた多重伝送制御装置の試作機を、工場における環境テストを行った後に、日本郵船(株)と三菱重工業(株)長崎造船所の協力を得て実船搭載の上環境テストと性能テストを行い信頼性の確認を行った。

試作機は日本郵船(株)所有の常磐丸(260,000トンD/Wタンカー)に昭和48年3月より昭和49年2月までの1年間搭載して、荷油弁の制御と、機関室の補機モータの運転表示、停止警報接点信号の伝送に使用した。

試作機の概要

セントラルステーション： 鋼板製パネル装架 1面

荷油弁制御室に装備

ローカルステーション(I)： 耐圧防爆構造で暴露甲板に搭載

ローカルステーション(II)： カードフレーム形として機関室の集合始動器盤に収納

図16.にセントラルステーションの外観を示す。

6. む す び

プラントにおいて機器間の配線作業は、これまで軽視される傾向にあった。今後はシステムの大規模化と広域化により、必然的に離散化した測定点と制御点を集中制御することになり、必要な電線と配線工事量の増大が、総価格の増大と工事、調整期間の長期化の点で無視できなくなる。近年の半導体技術の進歩から生まれた低消費電力、低価格のC-MOS-LSIを使用した多重伝送制御装置は、ここで紹介した応用例以外の分野でも、広く応用されるものと確信する。

終わりに、このシステムの応用に多大のご助力をいただいた日本郵船(株)、山下新日本汽船(株)、三菱重工業(株)長崎造船所、常石造船(株)、日立造船(株)の各位並びに社内関係者に深甚の謝意を表する次第である。

参 考 文 献

- (1) 日本電機工業会、遠方監視制御専門委員会：遠方監視制御応用技術ハンドブック

マイクロプロセッサ応用システム

—MUS-10三菱船用万能計算表示装置—

山地正城*・原口 聡*・萱嶋帯刀*・福島信夫*・井村 豊*

1. ま え が き

近年 マイクロプロセッサ は急速に普及し、経済性、小形軽量及び信頼性の面よりその有利性が認められ、極めて広い範囲の分野に応用されつつある。船用電機品においても既存製品のいろいろな分野にとり入れられて、従来技術にインパクトを与えようとしている。

今回 マイクロプロセッサ を主構成要素とし、表示装置に CRT ディスプレーを使用した MUS-10 万能計算表示装置の標準シリーズを開発した。この装置は従来 ミニコン+CRT ディスプレーの組合せで行われていた分野、リレー演算増幅器を多数使用している分野、複雑な統計処理、計算処理を行う分野、プラントの監視盤などに適合するものである。

本文では制御技術の発展、万能計算表示装置の基本性能を述べるとともに、この具体的な応用例として、積付計算機、エンジンリモートコントロール装置、モニタ装置について、簡単にその内容を紹介する。

2. 制御技術の変遷

計装、並びに制御システムは近年大いに発達し、それに使用されているリレー、増幅器の種類及び量とも数多くなってきた。リレーは初め、電磁リレー、続いてトランジスタ、更に IC と小形になり、信頼性も年々向上してきた。

増幅器のほうは真空管、磁気増幅器からトランジスタ増幅器、更にリニア IC へと急速に発展し、小形で高性能、高信頼性のものが得られ、精度の良いアナログ演算が可能になった。

一方、コンピュータ技術の発展によりデジタル技術の発達が目覚ましいものがあり、半導体製造技術の発達とあいまって一つの石で従来のトランジスタ数百個分を含む LSI が出現し、従来経済面で不利とされていた分野にもその採用が検討されてきた。

この LSI の中で代表的なものがマイクロプロセッサ、又はワンチップ CPU と呼ばれるもので、ミニコン及び同程度の制御ができる論理機能ブロックである。マイクロプロセッサの開発は 1971 年に米国で始まり、当社においても 1974 年に完成した。マイクロプロセッサの特長は低価格、小形、高信頼性で、そして柔軟性があり、急速に各分野に普及し始めた。

マイクロプロセッサの応用を全体の分野から応用別にみると、最も多く使用されているのは事務処理用(卓上計算機を含む)、続いて計算機用、家庭電器用、工業用、軍需用、通信用、その他の順であろう。船舶への応用は従来トランジスタリレー、IC ロジックなどにより行われていたシーケンスコントロールシステム、リニア IC などより構成されていたサーボコントロールシステム、モニタシステム、ミニコンを使用した計算システム、監視システムなど制御、監視面が考えられている。しかしこれらの応用分野においては個別の制御対象に適應して一つ一つ異なったソフトウェアを組み込み生産する必要性が強く、全く同一仕様の製品を多数製作する分野とは異なった特質がある。またマイクロプロセッサを用いた制御技術の重要性は大きく、既存技術に深く影響を及ぼすと思われる。

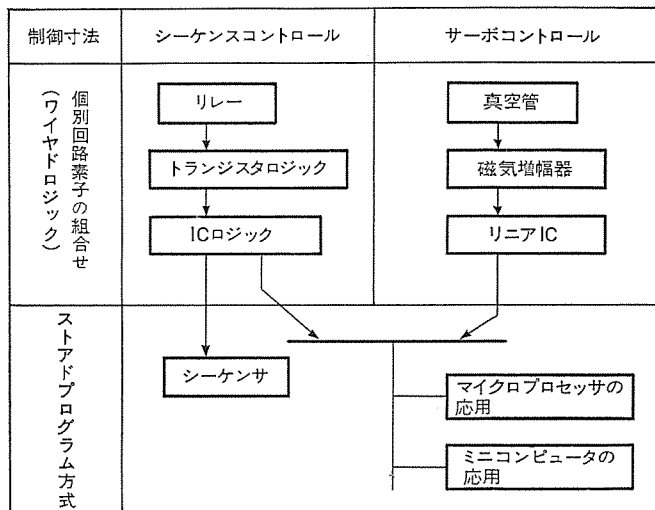
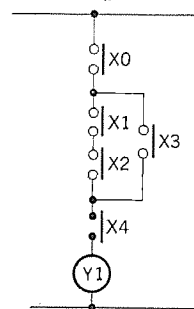
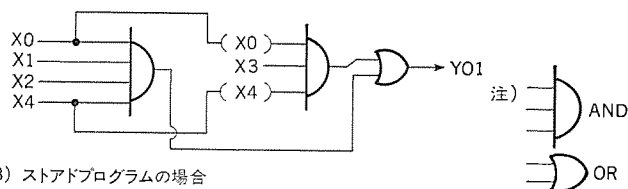


図 1. 制御技術の変遷

(1) リレーシーケンスの場合



(2) ICロジックの場合



(3) スタッドプログラムの場合

$X0 \cdot X1 \cdot X2 \cdot X4 + X0 \cdot X3 \cdot X4 = Y1$

図 2. リレーシーケンス IC ロジック と スタッドプログラムの 場合の比較

リレーロジックなどの既存技術を用いた制御からマイクロプロセッサを用いた制御への移り変わりは図 1. のようになる。

おのおのその技術は、その時代、その制御対象にマッチした製品として長所及び短所を有しており、広く使われているので特長を認めて使い分けることがマイクロプロセッサの応用の正しい道であろう。リレーロジック、IC ロジック、及びスタッドプログラム方式の場合の比較を簡単な例で表すと図 2. のようになる。

(1) リレーロジックの場合

リレー X0~X4 の接点動作により Y1 が励磁される。この方法はシーケンスが小規模な回路では作業も容易であり、点検、改造なども個々の接点が簡単に目で見分けるため手軽に扱えるが大規模になった場合は非常に複雑であり、改造の場合は特に困難である。また数

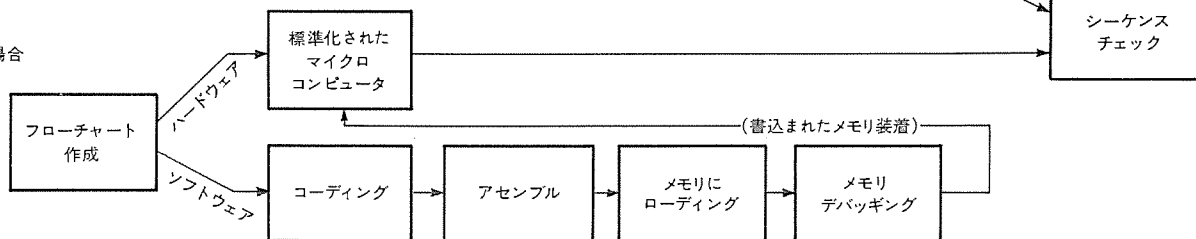
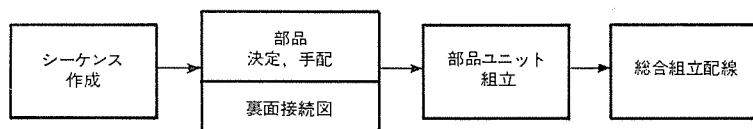


図 3. 製作手順のちがい

で考えてきたシーケンスをフローチャートに展開し、マイクロプロセッサが読解できる所定の言語に翻訳しなければならない。このためにはメーカ側のサポートソフトウェアが不可欠であり、これらの手順は一般のミニコンピュータなどと同じである。我々は大形計算機《MELCOM》7700によるクロスアセンブラを完備し、ソフトウェア作業を効率化している。(図4. 参照)

3. 基本システム

マイクロプロセッサにメモリ、入出力制御ユニットなど必要な周辺回路を付加しマイクロコンピュータとし、更にCRTディスプレイ、高速演算ユニット、遠方制御ユニット、電子プリンタ、ビデオ磁気ディスクなどを経済的、かつ簡単に付加できることを特長としたMUS-10 万能計算表示装置の基本性能につき紹介する。図5. にそのシステムブロック図を示す。以下図5. の内容を記す。

(1) MPS (マイクロプロセッサ)

- (a) CPU 三菱 M58710 S 8ビット 並列処理
- (b) メモリ RAM……IC メモリ (1 K バイト～64 K バイト)
ROM……ワイヤメモリ (標準 16 K バイト 最大 64 K バイト) 補助メモリ ディスクメモリ (19 K バイト 単位増設 最大 8 台まで)

(2) デジタル 入出力制御

- (a) デジタル 入力 16 点/カード (最大 2,048 点)
フォトアイソレーション
- (b) デジタル 出力 16 点/カード (最大 2,048 点)
フォトアイソレーション
レベル 出力 (2 W) 及び TTL レベル 出力
- (c) 割込入力 8 点まで

(3) HSA (高速演算処理)

- (a) 32 ビットフローティング演算
- (b) 処理速度 700 μ s / 1 回の計算 (ただしソフトウェアの処理を含む)

(4) 遠方制御システム

- (a) デジタル 入力処理
 - (i) 方式 サイクリックパルス 同期式
 - (ii) チェック方法
伝送線路……フィードバック 照合
検出信号……2 連送照合
 - (iii) 速度 20 ms/30 点

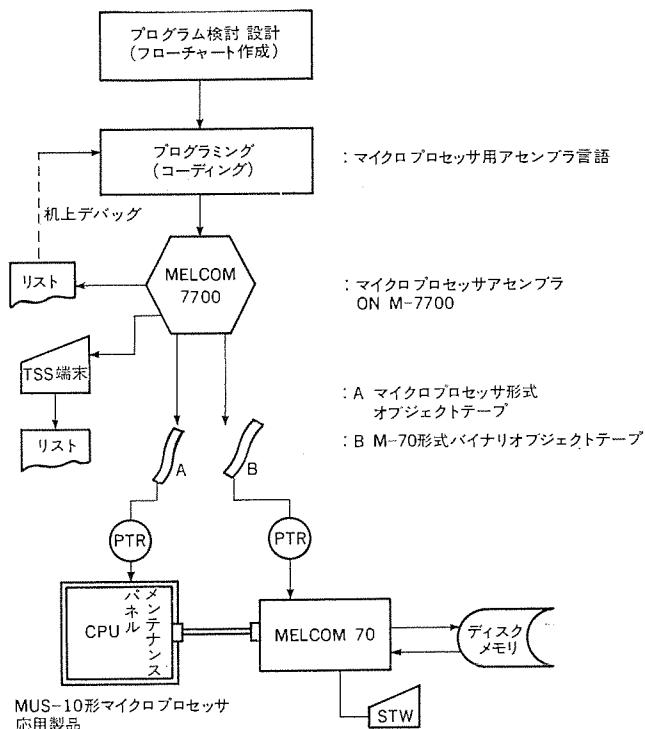


図 4. ソフトウェア作業の流れ

が多くなった場合保守点検も容易でない。

(2) トランジスタ又は IC ロジックの場合

個々の要素が論理機能をそのまま表すので規模が大きくなっても比較的簡単にシーケンスを組むことができるが、製作する場合は個々に組立てる必要があり、改造などの場合困難を伴う。しかし無接点であるため保守点検はほとんど必要がない。

(3) スタッドプログラム方式の場合

スタッドプログラム制御の一例としてマイクロプロセッサがとりあげられる。この場合ハードウェアは当社半導体部門の量産ベースの LSI チップをそのまま使用できる長所があり、相当複雑なシーケンスもハード的には簡単に実現させることができる。しかしスタッドプログラムの場合、ハードウェアだけでは目的を満足することはできずソフトウェアという異質の作業内容が必要となってくる。ソフトウェアが介在することは製作手順の差として見ると図3. のようになる。マイクロプロセッサの応用を考えた場合、従来図2. の(1)又は(2)になれている人はソフトウェアという仕事を理解しなければならない。これまでハードウェアロジック

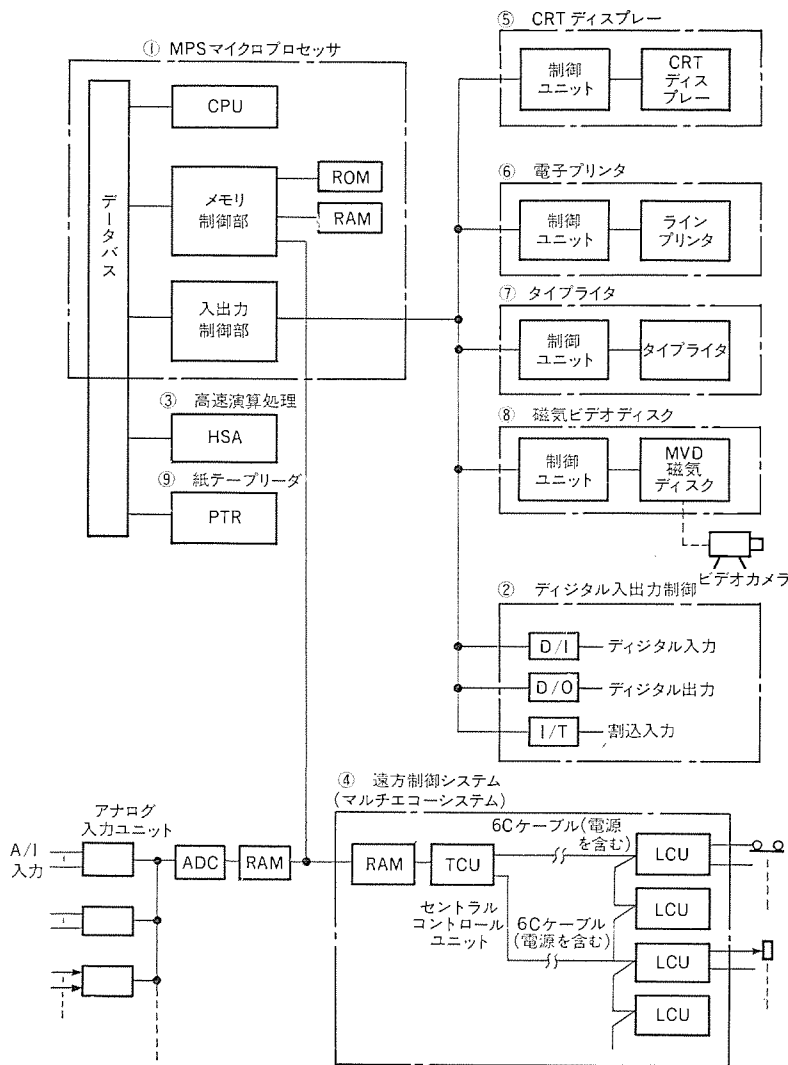


図 5. システム ブロック 図

(iv) 点 数

セントラルステーション 480 点×2 (最大 3,860 点)

ローカルステーション 30 点/1 ステーション

(v) 使用 ケーブル 一般信号 ケーブル (2 対)

(b) アナログ入力処理

(i) アナログ入力

標準 0-5 V DC

オプション pt 100 Ω 測温抵抗体

CA 熱電対

4~20 mA 圧力発信器出力

その他電力 周波数など

(ii) 処理方式

DMA (Direct Memory Access)

(iii) 伝送方式

1 対 1

多重伝送

(iv) 処理点数

標準最大 256 点

オプション 256 点単位で増設可能

(v) 処理速度

入力データ読込 2 ms/点 (ただし 1 対 1 処理の場合)

(5) CRT ディスプレー

(a) 標準 14 インチ 白黒 テレビ (32 字×32 行)
英数字 カタカナ 特殊記号 (グラフ など) が表示可能

(b) オプション (8) 項が付いたとき カラー CRT 使用

(6) 電子 プリンタ

(a) 印字方式 ノンインパクト 放電破壊式

(b) 速度 2 行/秒 40 字/行

(7) タイプライタ

定時記録用

(8) MVD (ビデオ 画面重ね合わせ)

(5) 項 CRT ディスプレー の中に ビデオ で撮影した画面を重ね合わせた表示を行う。

MVD 1 台に最大 230 枚の静止画を記憶可能

(9) PTR (紙 テープリーダー)

(a) 読取り方式 光電式

(b) 速度 240 バイト/秒 (60 Hz)

4. 具体的応用例

4.1 船用積付計算機

船舶の安全運航のためには、船体に過大な応力が発生するのを防止しなくてはならない。このため正確な計算に基づいた貨物、バラスト、燃料油などの適切な積付計画が必要である。ところが最近では船舶の大形化、積付の多様化に伴って計算作業が複雑化し、乗組員の負担がますます大きくなってきている。

このような背景の下で、三菱重工業(株)と当社では最新の船体構造設計手法に見合った高度な計算処理が可能な船用積付計算機の開発・製品化に成功した。

この計算機のプログラム容量は 16 K バイトであり、標準プログラムでは次の計算と結果の表示及びハードコピーが可能である。

(1) アレージ 重量換算計算

各タンクのアレージと積付けた貨物の比重から容積と重量を求める。逆に重量と比重から容積とアレージを求めることもできる。

(2) トリム計算



図 6. 船用積付計算機

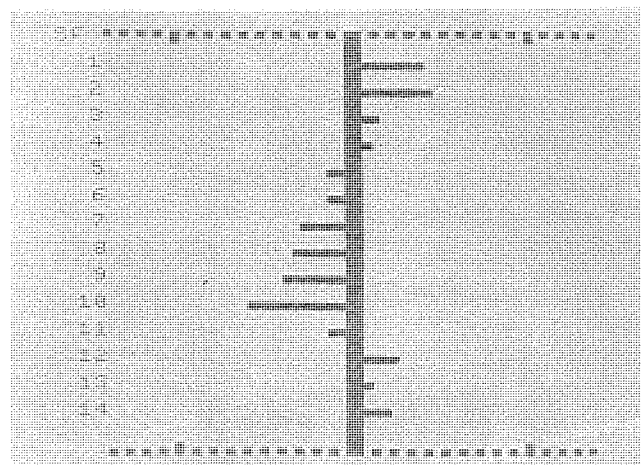
NO	TANK	WT	VOL	ULL	SG
1	1C	26352	25709	5.63	1.0250
2	2C	10980	10712	5.64	1.0250
3	3C	13175	12853	5.64	1.0250
4	4C	24155	23565	5.64	1.0250
5	5C	19764	19281	5.63	1.0250
6	6C	3661	3571	19.73	1.0250
7	1PS	0	0	27.76	1.0250
8	3PS	0	0	27.77	1.0250
9	5PS	0	0	27.76	1.0250
10	6PS	2929	2857	13.47	1.0250
SUM		101016	98548		

SET NO & DATA :

縦強度計算 インプット 画面

DISPT(T)	168322	(CP)	(SF)	(BM)
DF(M)	11.32	1	0.38	0.15
DA(M)	12.23	2	0.43	0.24
DM(M)	11.78	3	0.14	0.33
TRIM(M)	0.91	4	0.08	0.40
		5	-0.11	0.41
		6	-0.12	0.38
		7	-0.27	0.34
		8	-0.28	0.29
HARBOR COND.		9	-0.44	0.15
		10	-0.64	-0.15
		11	-0.09	-0.24
		12	0.26	-0.21
		13	0.12	-0.07
		14	0.18	-0.01

縦強度計算 アウトプット 画面 (データ)



縦強度計算 アウトプット画面 (グラフ)

図 7. 船用積付計算機 CRT 表示例

各船倉やタンクに積付けた貨物の重量がインプットされると、排水量、きつ(吃)水及びトリムを求める。

(3) 縦強度計算

タンカーのように縦通隔壁のある船体では、縦通隔壁と船側外板のせん(剪)断力分担比率を考慮した縦強度計算、バルクキャリアの場合には横置隔壁が負担する剪断力を考慮した縦強度計算を行い、指定された計算点での剪断力と曲げモーメントの許容値に対する比率を求める。

なお船舶の外界条件として大洋航行状態と港内状態の2種類の計算ができる。

(4) 実排水量計算

船体の前後及び中央部の吃水の実例値から、船首、船尾位置での

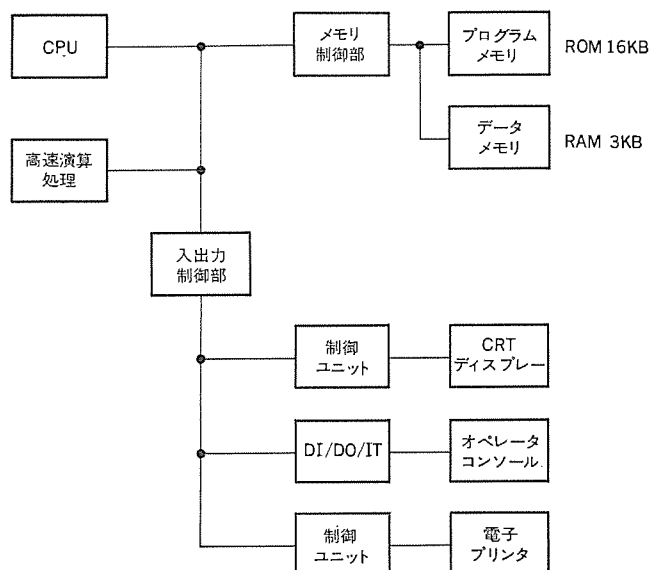


図 8. 船用積付計算機 システム 構成

吃水、トリム、船体のたわみ量、排水量、船央部と重心間の距離などを求める。(図 6.~ 8. 参照)

4. 2 モニタ装置

この装置は船舶の中央機関制御室に設置されプラントの状態を集中監視するものである。この装置のブロック図を図 9. に示す。被監視機器に取付けられているセンサからの情報(温度、圧力、リミットスイッチの ON-OFF など)は機側に設置されている A/I ローカルステーション又は D/I ローカルステーションに接続され、このユニットで電気信号に変換される。またこれらのユニットで変換された信号は多重信号にてセントラルステーションへ送出される。セントラルステーションで受信された信号はマイクロプロセッサで処理され、必要な情報が CRT 表示器や警報ランプなどにより操作員へ伝えられる。この装置は機側からのデータを多重信号により中央のマイクロプロセッサへ伝送するため従来の装置に比べてプラント内の電気信号線が大幅に削減でき保守が容易に行えと同時に信頼性も向上している。またマイクロプロセッサでデータを処理し CRT に表示するため、装置の大きさが非常にコンパクトになり安価でしかも取扱いが簡単であると同時に非常に多くの情報の伝達が可能である。CRT に表示された画面の例を図 10., 11. に示す。

図 10. はプラント各部の温度の表示、図 11. はエンジンの排ガス温度の表示を示す。図から分かるように従来のランプメータなどの表示器に比べて操作員に非常に分かりやすいシステムとなっている。

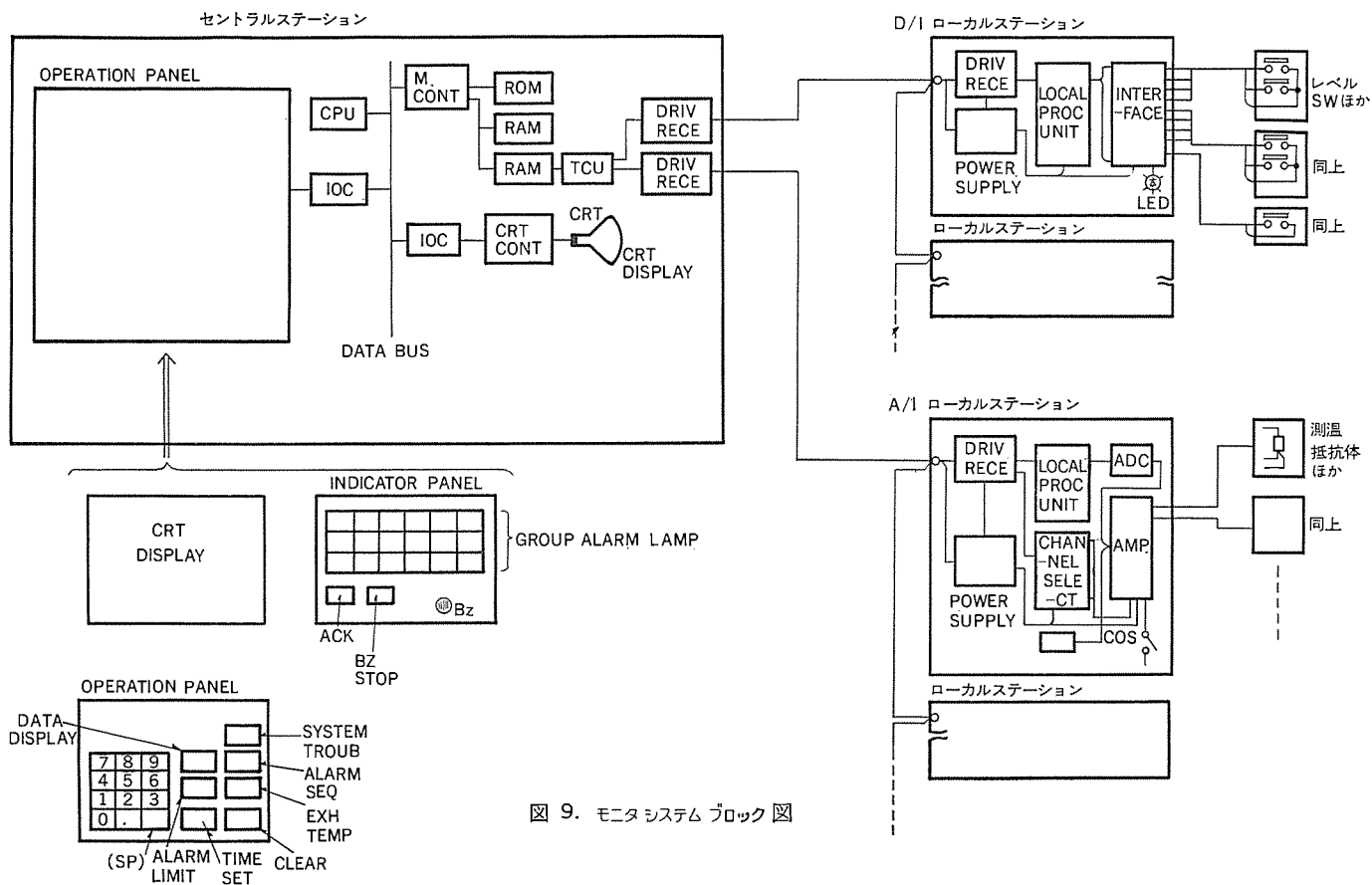
4. 3 ディーゼルエンジン リモートコントロール装置

船橋(ブリッジ)のコントロールレバー 1 本で機関室にあるエンジンの始動、逆転、回転数制御を行うシステムである。

従来システムは、以上の機能をリレー及び IC で構成されたリレーパネルによってシーケンス制御を行っている。このリレーパネルを図 12. に示す。

リモコンの主な機能は

- (1) 始動機能——ストップ位置にあるコントロールレバーを動かせば始動空気がエンジンに投入され、自動的に着火回転数まで増速させる。
- (2) 逆転機能——コントロールレバーを前進側から後進側へ動かせば前後進切換用電磁弁が励磁され、カム軸を切換えプロペラを逆転させる。
- (3) 回転数制御機能——コントロールレバーの信号とガバナコントロール用電磁弁にあるトランスジューサの電圧信号を比較し、その差分を検出し、ガバナハンドルをコントロールレバーの設定位置へ制定させる。またエンジン



DATA DISPLAY

NO.	DATA	ALM	UNIT
101 J C F W NO.1 T/C O T	075	110	°C
102 F O ENG INLET T	080	120	°C
103 NO.1 T/C OUTLET T	080	120	°C
110 P C F W ENG IN T NO.1	061	090	°C

図 10. CRT ディスプレーによる温度監視画面

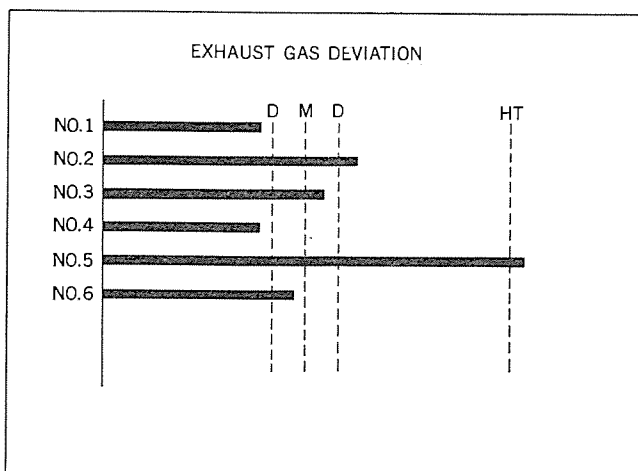


図 11. CRT ディスプレーによる排ガス温度画面

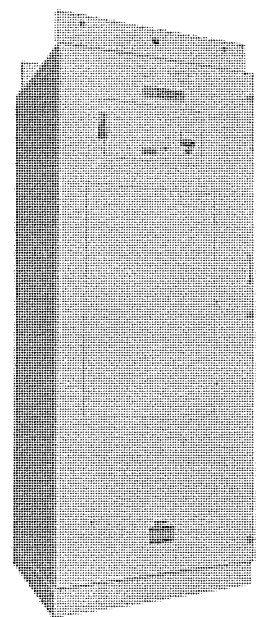


図 12. 従来のディーゼルエンジンリモコン用リレーパネル

の追従特性上急激に設定値を変化させた場合、定まった回転数変化率に従って時間制御を行う。

(4) テレグラフローガー——コントロールレバーの位置(設定値)を時刻とともに記録する。

これらの機能を満足するマイクロプロセッサによるプログラム制御システムを図 13. に示す。

プログラム制御によりシステムの状態を CRT ディスプレーにより常時監視でき、種々の設定値もテンキースイッチにより自由に変えることができる。またプログラムを書きかえるだけでハードウェアを変えることな

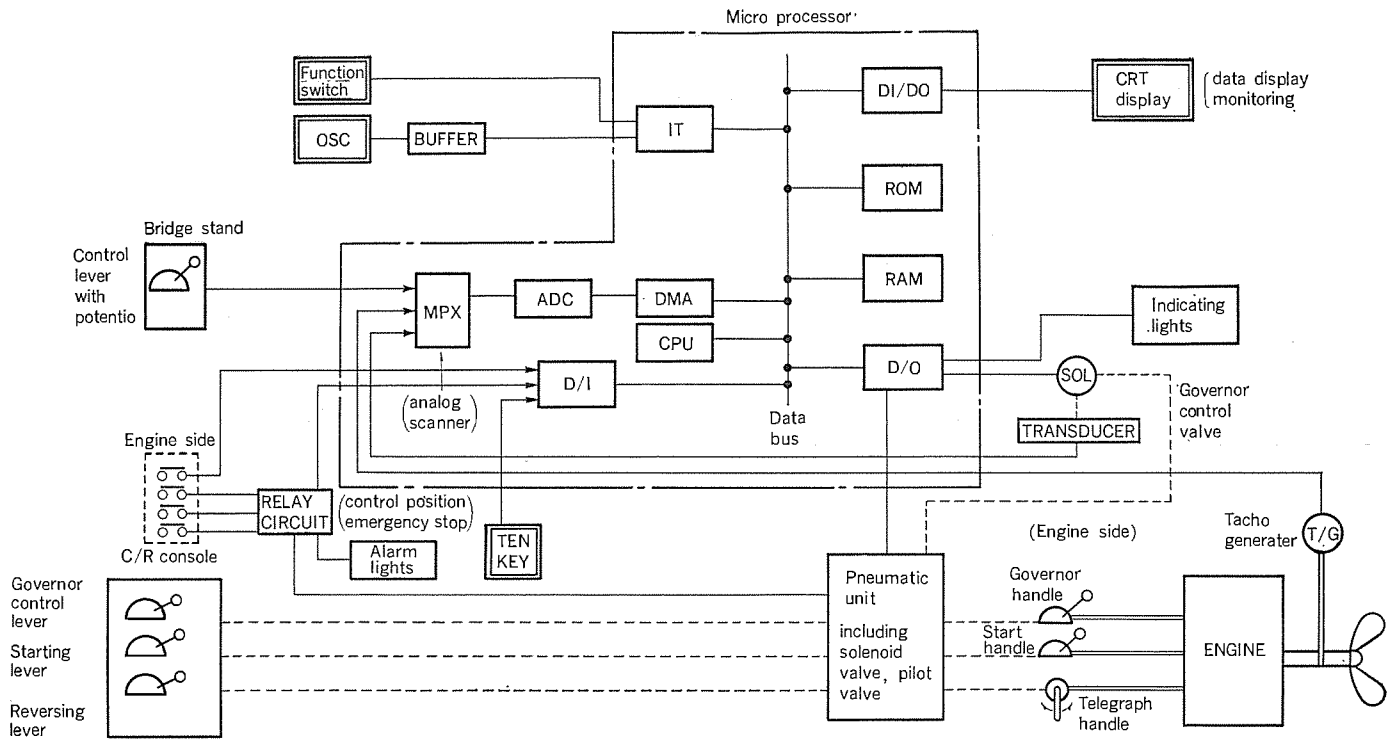


図 13. ディーゼルエンジン リモコン 装置の ブロック 図

く仕様を変更できる。

5. む す び

従来のシステムではタービンリモコン装置、ディーゼルリモコン装置、発電機コントロール装置など、その制御対象が異なればそれに応じて増幅器の種類、数、ロジック、配線などをその都度設計製作する必要があった。これに対しマイクロプロセッサ応用システムではハードウェアはその制御対象によらず同一のものを使用できる。マイクロプロセッサの採用により船舶の自動化機器はその姿を変えようとしている。自動化機器の応用範囲が広がり、システムが複雑になってもハードウェアは簡素化され、メンテナンス、システム変更及びサービスの面で大きな革命を起こすものと思われる。

主たる特長を列記すると

- (1) 大きさは従来装置の1/3以下となり、コントローラはすべてコンソール内に収納可能となるとともに用途に応じた自由な組合せを最も経済的に実現することができる。
- (2) 構成している部品点数は従来方式の1/2以下となり、配線数の減少とあいまって信頼性は倍増しコストの大幅な低減も期待され

る。

(3) アナログ量の演算はすべてデジタル処理されるため温度ドリフトなどは皆無となり、複雑な演算も高精度に行える。

(4) マイクロプロセッサは一つの大きなパーツとして扱うことができ、不良の診断、定期的チェックなども専門的な知識を必要とすることなく機械的に行える。

(5) システムごとに独立することが可能で一つのシステムトラブルが他に影響を及ぼすことを防止できる。

マイクロプロセッサの応用は幅広いものが考えられる。タービンリモコン装置、ディーゼルリモコン装置、ボイラコントロール装置、カーゴバルブコントロール装置その他コンピュータを使用した超自動化船で既にソフトウェアの実績を持つ個々の優れたシステムをピックアップして採用することも可能である。

マイクロプロセッサは今後複雑化する船舶の自動化に対し信頼性とメンテナンス面で十分役立つことが期待される。

終わりに、船用積付計算機及びディーゼルエンジンリモートコントロール装置の開発に当たって、ご助力をいただいた三菱重工業(株)の関係各位に深く謝意を表する。

1. ま え が き

配電盤は船舶の安全な運航のための船内動力の中枢部であるが、最近電源の信頼性確保と経済性に対する要求が一段と高まってきた。このような要求のもとで船内電源システムとして適切な回路系統と電源容量の選定が必要である。そして配電盤としては、これら電源システムが効果的に働くように、信頼性の向上、最適な制御と保護システム、及び設置条件にマッチした保守点検の容易な構造が望まれる。

当社では長年の船用電機品に関する経験と新しい技術を駆使して、これらの要求を満足する配電盤を多数製作している。特に今回、高信頼閉鎖形配電盤と発電装置自動化用カセットコントローラのシリーズ化を行った。

以下、配電盤について、最近の回路系統や選択しゃ断方式も含め概要を紹介する。

2. 電 路 系 統

一般の主回路系統は、給電の連続性及び発電機の装備台数と種類を基本として構成され、これらは船級規格や船主の要求、更に船舶形式による特殊性や経済性などにより決定される。

特に電気推進船や特殊作業船の場合は、主負荷の種類、電圧、制御方式などからの必要性に応じて、発電機設備まで含めて特殊な回路系統が多い。以下代表的例について述べる。

(1) 図 1. は発電機設備 2D (D は ディーゼル 発電機を示す)、又は 2T (T は タービン 発電機を示す) の例である。

船舶においては、従来からこのような単一母線方式が多く、また非常発電機を組合せて、主母線と非常母線を区分した区分母線方式も多い。

最近、高信頼形として重要補機 2 台装備のものは、1 号機、2 号機をそれぞれ左右の母線系統から給電し、片側母線の事故でも他方の母線からの給電ができるように、母線を左右に分割するいわゆる分割母線方式 (Split Bus) が多かった。主母線の分割方法としては、リンクバーによる方法、断路器による方法、しゃ断器による方法がある。信頼性・経済性を考慮し、リンクバーと盤間仕切り板の併用による方法を使用することが多い。図 1. の※印はリンクバーをそう (挿) 入した例である。

主母線を左右に分割して配置する方式は、SOLAS 1960 の改訂で総発電機容量 3,000 kVA 以上に対して規定された内容が、NK 規格 (昭和 51 年改訂版)、GL 規格に反映されている。

(2) 図 2. は発電機設備 3D+1E、又は 1T 2D+1E の例であり、主母線と非常母線の 2 母線間に自動転換スイッチ (ATS) を設けている。主発電機と非常発電機は並列運転しない。

通常、ATS は主母線側に接となっており、非常用母線は主発電機側から給電される。特殊な例として、図 2. の点線で示すように Feed Back Switch を設け非常発電機から主母線へ逆給電を行う場

合がある。

(3) 図 3. は高速コンテナ船の例であり、“A”母線と“B”母線が分割されており、分割母線方式と 2 重母線方式の中間の方式といえる。

重要補機は“A”又は“B”いずれの母線からも給電できるように切換しゃ断器又はコンタクトを介して接続される。プスタイブレーカ 52B の投入により、“A”又は“B”母線側のいずれの発電機からも全系統に給電できる。

(4) 図 4. は石油掘削船の例であり、主母線は Drilling Rig 負荷より決まる電圧とし、船内サービス母線は変圧器を介して給電している。なお、Drilling Rig 負荷は、サイリスタレオナード方式で速度制御を行った例である。

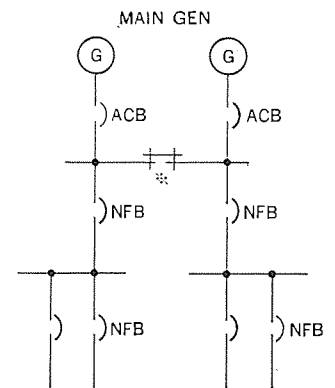


図 1. 回路系統 (2D, 2T の例)

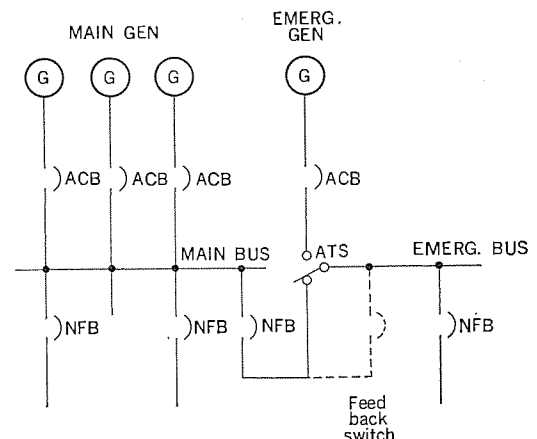


図 2. 回路系統 (3D+1E, 1T 2D+1E の例)

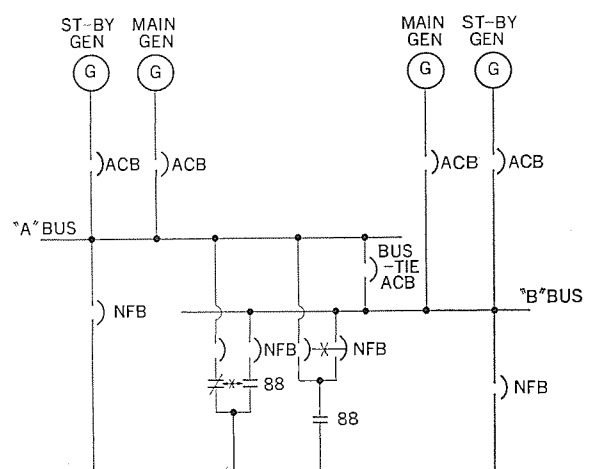


図 3. 回路系統 (高速コンテナ船の例)

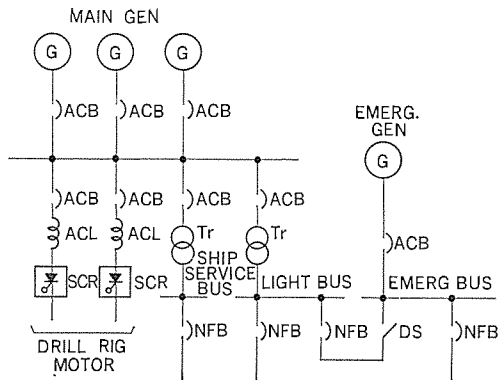


図 4. 電路系統 (石油掘削船の例)

3. 配電盤の形式と構造

3.1 種類と形式

配電盤の種類には SB-1 シリーズと SB-2 シリーズとがあり、SB-1 は主として大容量の発電機制御用に、SB-2 は中小容量発電機の制御用に適用する。SB-1 と SB-2 の大きな違いは、SB-1 は発電機ブレーカとして DB 形気中しゃ断器を使用し、SB-2 は AB 形気中しゃ断器を使用している点である。

配電盤は、発電機盤、同期盤、給電盤、エンジン始動盤などから構成される。図 5. に SB-1 形配電盤の外観を示す。配電盤は収納する気中しゃ断器の区分により、形式を表 1. のように定めている。

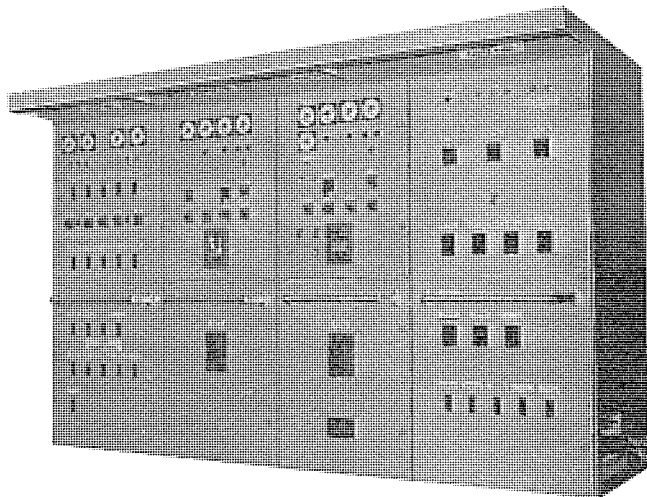


図 5. SB-1 形配電盤

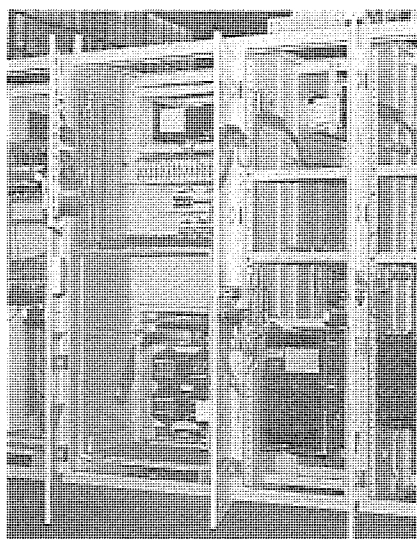


図 6. 配電盤の内部構造

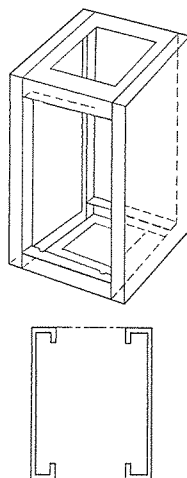


図 7. 閉鎖配電盤の基本構造

また発電機容量との適合及び発電機盤サイズを表 2. に示す。

3.2 構造

従来はデッドフロント形の構造であったが、今回一歩進んで閉鎖形配電盤の構造形式を採用した。最近の船級規格においては、NV 規格が発電機盤ごとに仕切り板を要求しており、更に NK 規格 (昭和 51 年改訂版) と GL 規格でも総発電機容量 3,000 kVA 以上の場合に要求される。閉鎖形配電盤は、これら規格の要求に十分満足できるものである。そして、各面ごとに閉鎖構造としているため、事故による盤内の焼損を他面へ波及しない点が大きな特長である。閉鎖形配電盤の内部構造を図 6. に示す。

閉鎖形配電盤各面の基本構造は、図 7. のように鋼板を箱形に曲げ断面係数を大きくした側わく (枠) と、同様に曲げられた上・下枠を溶接にて 6 面体構成している。そして側枠には鋼板製チャンネルを縦横に溶接し強度を大とした。

発電機盤は、前面上部に制御回路を集約して設置し、下部に収納している気中しゃ断器室と、後部の主回路母線との間は仕切って配置しているため、保守点検が容易で安全に行うことができる。

表 1. 配電盤形名

SB

—

1

2

三菱船用配電盤 (Switch board)

しゃ断器形式

1 ————— DB形

2 ————— AB形

しゃ断器形名

DB形

2 ————— 25 (900A)

5 ————— 50 (1,800A)

7 ————— 75 (3,500A)

10 ————— 100 (4,300A)

15 ————— 150 (5,600A)

AB形

2 ————— 200 (200A)

4 ————— 400 (400A)

6 ————— 600 (600A)

8 ————— 800 (800A)

表 2. 発電機盤と発電機容量の適合表

発電機盤形名	ACB 形名 (フレーム電流)	発電機適用容量 (kVA) AC 450 V	盤サイズ 標準 (mm)		
			高さ	幅	奥行
SB-1 シリーズ	SB-12 DB-25 (900 A)	700	2,100	800	1,000
	SB-15 DB-50 (1,800 A)	1,400	2,300	800	1,100
	SB-17 DB-75 (3,500 A)	2,700	2,300	1,000	1,300
	SB-10 DB-100 (4,300 A)	3,300	2,400	1,100	1,600
	SB-11 DB-150 (5,600 A)	4,300	2,400	1,300	1,900
SB-2 シリーズ	SB-22 AB-200 (200 A)	150	1,900	600 (900)※	800
	SB-24 AB-400 (400 A)	300	1,900	600 (900)※	800
	SB-26 AB-600 (600 A)	4,500	2,100	700 (1,000)※	800
	SB-28 AB-800 (800 A)	600	2,100	700	800

注：※印は 1 面にしゃ断器を 2 台組み込みの場合を示す。

給電盤は、給電用ノーヒューズブレーカを前面に配列し、後部側面に給電回路用制御部品を配置して、保守点検のスペースを広くとり安全性を高めた。

発電機盤、給電盤とも外部ケーブルの引込みは、上引込み、下引込み、背面上部引込み、いずれも可能である。

船舶用としての設置条件において、盤強度が特に問題となるため、振動試験を実施し、耐振構造として効果的な補強を施し、十分な強度の高信頼性閉鎖形配電盤とした。

配電盤の絶縁材料として、絶縁性能が優れているポリエステルプレミックス成形品を大幅に使用している。これは、母線支えにも使用し、母線短絡時のストレスには、十分耐える構造にしている。母線については、特殊仕様として、母線室 (Bus Chamber) 付の配電盤、又は母線絶縁式の配電盤も製作可能である。

4. 選択しゃ断方式と電路の保護

近年船内電源設備の容量増大、複雑化にともない自動化、省力化が推進され、船内電源の供給信頼度に対する要求が強まっている。船内電源設備用機器の信頼度向上もさることながら電路系統構成も最大限の連続給電の機能を持たせることが重視され、選択しゃ断方式が多く採用されるようになった。

各船級協会でも ABS や GL は既に明文化し、発電機しゃ断器と給電回路しゃ断器、バスタイしゃ断器間及び重要回路の給電回路しゃ断器と分岐回路しゃ断器間は選択しゃ断を行うことを義務づけており、他の規格もいずれこのようになるとと思われる。

当社では選択しゃ断にカスケードしゃ断なみの経済性を追求し、次に述べるように 150 kA まで選択しゃ断可能とした。

4.1 選択しゃ断方式

選択しゃ断方式とは、給電の持続を計るため系統に過負荷又は短絡電流が流れたとき、故障回路に直接関係のある回路を系統から切り離すために故障点に最も近い保護装置 (しゃ断器) だけが動作し、故障以外の回路への給電が停止されないように保護装置相互間で協調のとれた保護方式のことをいう。

選択しゃ断を行うためには、しゃ断器は次の事項を検討し、必要な性能を有していなければならない。

- (1) 短絡定格：しゃ断器は設置点において必要とされる短絡定格 (定格しゃ断容量、定格投入電流) を有していること。
- (2) 時間協調：カスケードに接続された 2 台以上のしゃ断器が互いに動作時間の協調がとれていること。
- (3) 短時間電流定格：しゃ断器は選択しゃ断に必要な時間の間通過電流に耐え得ること。
- (4) 回路構成機器の短時間電流：回路を構成する機器 (母線、断路器、変流器、端子、電線等) も、しゃ断時に通過する短絡電流に耐え得ること。

これらの条件を考慮すると、一般に選択しゃ断が可能な保護装置の組合せは表 3. のとおりとなる。

ACB による選択しゃ断は従来より採用されているが、これまで給電用主しゃ断器として適当でないと考えられてきた配線用しゃ断器 (NFB) も最近進歩が著しく、これを使用した選択しゃ断方式も可能となっているので、以下これについて述べる。

4.2 短限時付 NFB を用いた場合 (STD 付 NFB の場合)

NFB に機械式の短限時装置 (Short time delay) を付加して、20～60 ms の復帰可能時間が得られるようになった。この方式は上位しゃ断器として STD 付 NFB、下位しゃ断器として INST 付 NFB を使用する。選択しゃ断の条件は次のとおりである。

- (1) 上位 NFB の STD の設定電流

> 下位 NFB の INST の設定電流

- (2) 上位 NFB の復帰可能時間

> 下位 NFB の全しゃ断時間

- (3) 上位及び下位 NFB の設置点での推定短絡電流は、それぞれの NFB の定格しゃ断容量を越えないこと。

この方式での選択しゃ断の可能範囲は図 8. に示すように、上位又は下位 NFB の定格しゃ断電流のいずれか小さい電流値までとなる。

一般に、STD 付 NFB の短時間電流定格には限度があり、同一フレームの INST 付 NFB に比較して約 1/2 程度に低下するため、大きな短絡電流の流れる母線に接続される主しゃ断器としては、しゃ断容量不足の場合もある。

4.3 三元特性付 NFB を用いる場合 (NFB (TD 付き) の場合)

この方式は、上位しゃ断器として STD 付 NFB の定格しゃ断容量不足による適用の制限を緩和するため、STD 付 NFB に更に INST を付加した、いわゆる三元特性付 NFB、下位しゃ断器として INST 付 NFB を使用する。この場合 NFB (TD 付き) のしゃ断容量は INST 付 NFB の定格しゃ断容量まで上昇する。

表 3. 選択しゃ断可能なブレーカの組合せ表

分岐しゃ断器設定点における選択可能なしゃ断容量

AC500V 対称値 (kA)

上位 ブレーカ のしゃ断 容量 (単位) 下位 ブレーカ		限流選択ブレーカ		三元ブレーカ	短限時付ブレーカ (INST なし)			
		NFU600 (TD) 225-400A	NFU600 (TD) 500-600A NFU800 (TD)	NF1600 (TD) NF2000 (TD)	NF400H (STD)	NF600H (STD) NF800H (STD)	NF1000H (STD) NF1200H (STD)	NF1600 (STD) NF2000 (STD)
		150	150	75	10	20	23	42
NF30-S	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
NF50-A	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5
NF60-SA	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5
NF60-CA	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
NF100-E	15	50	15	15	10	15	15	15
NF100-H	25	150	25	25	10	20	23	25
NF100-R	30	150	150	30	10	20	23	30
NF100-RA	50	150	150	50	10	20	23	42
NF100U	150	150	150	75	10	20	23	42
NF100-CA	5	5	5	5	5	5	5	5
NF225-G	NK23 L.R., AN23	150	150	25	10	20	23	25
NF225-H	35	150	150	35	10	20	23	35
NF225-R	42	150	150	42	10	20	23	42
NF225-RA	65	150	150	65	10	20	23	42
NFU225-B	150	150	150	75	10	20	23	42
NF225-C	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5
NF400-B	30	150	150	30	—	20	23	30
NF400-H	42	150	150	35	10	20	23	42
NF400-R	65	150	150	42	—	20	23	42
NF400-RA	100	150	150	42	—	20	23	42
NFU400	150	150	150	75	—	20	23	42
NF400-C	15	150	150	15	—	15	15	15
NF600-B	30	—	150	25	—	—	23	30
NF600-H	42	—	150	25	—	—	23	42
NF600-R	65	—	150	25	—	—	23	42
NF600-RA	100	—	150	25	—	—	23	42
NFU600	150	—	150	35	—	—	23	42
NF600-C	20	—	150	20	—	20	20	20
NF800-B	30	—	150	25	—	—	23	30
NF800-H	42	—	150	25	—	—	23	42
NF800-R	65	—	150	25	—	—	23	42
NF800-RA	100	—	150	25	—	—	23	42
NFU800	150	—	150	25	—	—	23	42

この方式での選択しゃ断の可能範囲は、一般には NFB (TD つき) の INST の設定電流、又は下位 NFB の定格しゃ断電流のいずれか小さい電流値までとなる。これらの関係を図 9. に示す。しかし、NFB (TD つき) の INST 設定電流は対称値 (正弦波電流) によって調整されているため短絡時に流れる過渡的な電流の影響を考慮する必要がある。例えば、力率 0.2 での短絡の場合、通過電流最

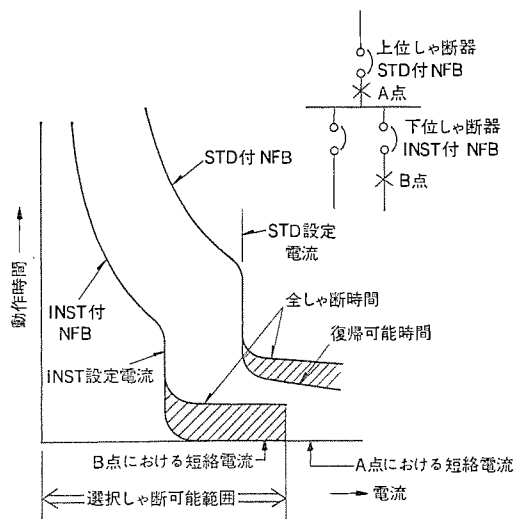


図 8. 選択しゃ断協調カーブ (STD 付 NFB 使用)

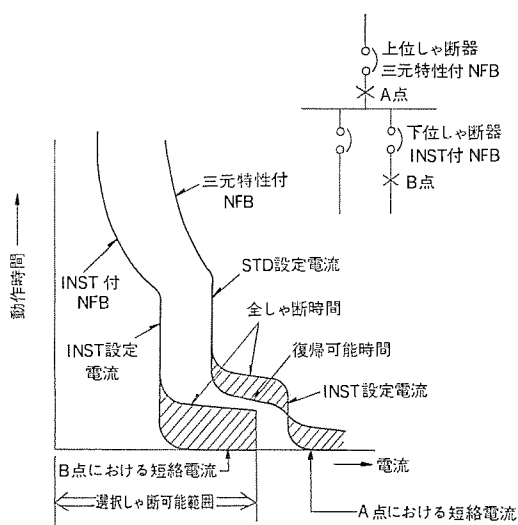


図 9. 選択しゃ断協調カーブ (三元特性付 NFB 使用)

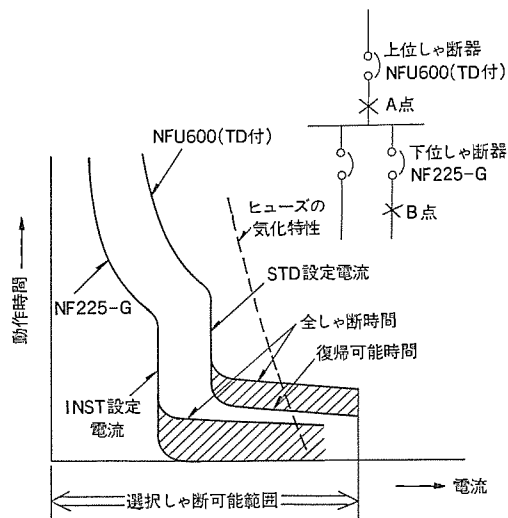


図 10. 選択しゃ断協調カーブ (TD 付 NFU 使用)

大波高値/定常電流波高値=1.56 であるから、下位 NFB 設置点での短絡電流対称実効値が 20 kA とすると、限流なしでのしゃ断を仮定すると $20 \times \sqrt{2} \times 1.56 = 44 \text{ kA}$ の通過電流最大波高値が流れる。このため NFB (TD つき) の INST 設定電流値は実効値 $44/\sqrt{2} \approx 31 \text{ kA}$ 以上であることが必要となる。ただし、実際のしゃ断においては限流が行われるため、製造者の保証する組合せによる必要がある。一般に下位 NFB として限流性の優れた NFB を使用すると選択しゃ断可能範囲が広がられる。選択しゃ断の条件は 5.1 節の条件と同じである。

4.4 短限時付限流 NFB を使用する 場合 (NFU (TD つき) の場合)

この方式は、上位しゃ断器として自己復旧性限流ヒューズ (永久ヒューズ) 付しゃ断器に STD を付加した NFU (TD つき) と、下位しゃ断器として INST 付 NFB を使用する。NFU (TD つき) は、短絡電流が流れた場合、内蔵の永久ヒューズにより限流を行い、その後ひき続いて限流状態を維持して、ある時間遅れの後、しゃ断を完了するものである。したがって分岐回路に短絡事故が発生した場合、下位 NFB が上位 NFU (TD つき) により限流された電流を瞬時にしゃ断するので、上位及び下位 NFB の間の選択性が得られると同時に、永久ヒューズの限流によって下位 NFB が後備保護 (カスケードバックアップ) される。このため、これまで不可能であった選択性と後備保護を同時に満足する大容量システムを構成できるようになった。

図 10. は、上位 NFB として NFU 600 形 (TD つき)、下位 NFB として NF 225-G 形を使用することにより、系統の選択しゃ断方式と後備保護方式を両立させ、最大限の給電の連続性を得た例である。下位 NFB NF 225-G 形の単体の定格しゃ断電流は、23 kA (AC 500 V) であるが、NFU 600 形 (TD つき) の限流によって後備保護され、150 kA の短絡電流をしゃ断することができる。しかも NFU 600 形 (TD つき) は STD を装備しているので、NF 225-G 形の全しゃ断時間を越える復帰可能時間を有しているため、しゃ断完了後、永久ヒューズが旧状に復旧して給電が可能となり、選択性が得られる。

NFU 600 形 (TD つき) 及び NFU 800 形 (TD つき) と選択性を有する NFB は 600 A フレーム以下の全フレームであり、後備保護される NFB は表 3. のとおりである。選択しゃ断の条件は次のとおりである。

- (1) 上位 NFU (TD つき) の STD の設定電流
 $>$ 下位 NFB の INST の設定電流
- (2) 上位 NFU (TD つき) の復帰可能時間
 $>$ 下位 NFB の全しゃ断時間
- (3) 上位 NFU (TD つき) の設置点での推定短絡電流は、その定格しゃ断容量を越えないこと。ただし下位 NFB の設置点での推定短絡電流はこの限りではない。

機種の選定に当たっては製造者の保証する組合せで使用する必要がある。

4.5 カスケードしゃ断方式

選択しゃ断方式は前述のように給電の連続性を確保するために信頼度の高い保護方式であるが、カスケードしゃ断方式は被バックアップしゃ断器が開極を始めた直後、バックアップしゃ断器はこれに追従するようにアークを発生し、大短絡電流を大幅に限流するとともに、しゃ断すべきアークエネルギーを双方のしゃ断器が分担して 2 点しゃ断の形でしゃ断するため、被バックアップしゃ断器のしゃ断能力を越える短絡電

表 4. カスケードしゃ断容量表

AC 500V 対称値(kA)

分岐 しゃ断器	後備 しゃ断 単体 ブレーカ のしゃ断 容量	NF100-E	NF100-H	NF100-R	NF100-RA	NFU100	NF225-G	NF225-H	NF225-R	NF225-RA	NFU225-B	NF400-B	NF400-H	NF400-R	NF400-RA	NFU400	NF600-B	NF600-H	NF600-R	NF600-RA	NFU600	NF800-R	NF800-RA	NFU800				
		15	25	30	50	100	25	35	42	65	150	33	43	65	100	150	30	43	65	100	150	65	100	150				
NF50-A	7.5	10	10	10	10	100	10	10			50	10	10															
NF60-SA	7.5	11	11	11	11	100	11	11	11	11	11																	
NF60-CA	2.5	5	5	5	5	100	5	5	5	5	7.5																	
NF100-CA	5	7.5	7.5	10	10	100	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5																	
NF100-E	15			30	42	100	20	20	35	35	100	20	20	20	20	100	20	20	20									
NF100-R	30					100					100				65	100					100			100				
NF100-RA	50					100					100				65	100					100			100				
NF225-C	10						14	14				14	14	20	20	100	14	14	14	14	20	14	14	14				
NF225-G	NK23 LR,AB25										100	30	30	65	65	100	30	30	42	42	100	42	42	100				
NF225-R	42																											
NF225-RA	65										100					100					100			100				
NF400-C	22											30	30	65	65		30	30	42	42	100	42	42	100				
NF400-B	33													65	65	100			65	65	100	65	65	100				

流をしゃ断する能力を持つ保護システムである。このため被バックアップしゃ断器として小形、低価格品を使用できるので船内配電設備を経済的かつコンパクトに構成できる特徴を持っている。

したがって給電の連続性を求める選択しゃ断方式と、経済性を求めるカスケードしゃ断方式をうまく組合せることにより、信頼度の高い、経済性に優れた電路システムを構成できる。

表 4. はカスケードしゃ断のための NFB の組合せを示す。

4. 6 発電機の保護

船用配電盤の最も重要な機器は発電機しゃ断器である。当社では船用として長い実績のある DB 形及び AB 形低圧気中しゃ断器を使用し、静止形保護装置と組合せることにより発電機の過負荷、短絡保護のための瞬時、短限時及び長限時の精度の高い引外し特性を容易に与えることができ完全な保護を行うことができる。

(1) 長限時過電流保護装置

発電機を過負荷による異常過熱から保護するもので、その整定に当たっては発電機の熱特性、優先しゃ断用リレー、大容量モータの始動特性と十分協調のとれたものとしなければならない。

当社では静止形の保護リレーを使用し、協調のとりやすいものとした。整定目盛は発電機定格電流の 80, 100, 115, 135, 155 % の 5 タップを標準とし、標準設定値は 115 %, 時限特性はタップ値の 120~130 % の電流で 20~60 秒としている。

(2) 短限時過電流引外し装置

短絡事故発生時に下位の給電しゃ断器と協調のとれた限時しゃ断を行うもので、発電機の持続短絡電流によってしゃ断器を引外す。

したがって短限時引外し目盛は、

発電機 持続短絡電流の 80 %

引外し時限は目盛値の 200 % にて 0.5 秒以下を標準としている。

(3) 瞬時過電流引外し装置

発電機と ACB 間で短絡事故が発生した場合、ACB には並列運転している他の発電機と運転中のモータからの短絡電流が流れる。このような短絡電流が ACB のしゃ断容量以上になる場合や、瞬時に

ACB を引外す必要がある場合に、瞬時過電流引外し装置を設ける。ABS 規格では発電機 3 台以上並列運転する場合に設けるよう要求されている。設定値は、発電機の突発三相短絡電流非対称最大値の 120 % 以上を標準としている。

(4) 逆電力保護装置

発電機並行運転時における原動機のモータリング保護及び大形荷役機械か(様)動時の荷物降下時のバックパワーによる原動機のオーバースピード保護を行う。引外し設定値は発電機原動機によって異なるが標準を次のとおりとしている。

	タービン	ディーゼル
整定タップ	3, 5, 7 %	10, 13, 15 %
設定値	5 % にて 10 秒	15 % にて 10 秒

最近の高過給機付ディーゼルエンジンは逆電力耐力が小さくなっており、設定値を 10 % に下げる場合が多くなっている。

4. 7 給電回路の保護

給電回路しゃ断器としては一般的に NFB を使用するが給電回路の保護を、信頼性が高く、経済性に優れたものとするため次のことを考慮して電路構成、NFB の選定をしなければならない。

(1) 選択しゃ断方式の場合、表 3. により選定するが、主回路しゃ断器として NFU (TD つき) を使用すれば選択しゃ断方式とカスケードしゃ断方式を両立させることができるので、下位しゃ断器として低価格品が使える経済的なシステムとすることができる。

(2) カスケードしゃ断方式の場合、バックアップしゃ断器と被バックアップしゃ断器の組合せは全体的にみて最も経済性に優れた組合せを選定しなければならない。

すなわち、被バックアップしゃ断器として低価格品をいかに多く使えるような電路構成にするかが経済的配電システムを作るかぎである。

5. 発電装置の自動化

主電源の安定的確保は船舶の安全運航上最も重要なことであり、停電事故 (Black Out) は機関部の重大事故の一つである。

表 5. カセットコントローラ仕様一覧

名 称	用 途	動 作 特 性	電源定格 入力条件	特 徴
自動同期投入装置	発電機の自動 せんでん(端) 速及び自動 同期投入	周波数差検出精度 ±15〜±0.05 Hz 許容投入周波数差調整範囲 0.05〜0.3 Hz 投入可能電圧差範囲 ±2〜±10%	AC 110 V 50/60 Hz 三相電力検出	①単相検出 ②デジタル方式 ③コンパクト
自動負荷分担装置	発電機間の 有効電力分 担と自動周 波数制御	①有効電力分担性能 最大発電機定格の10%以下 ②周波数制御性能 定格周波数の±1%以下 ③並列解除時の負荷移行性能 発電機定格の10%以下 ④定出力制御性能(オプション) 発電機定格の10%以下 ⑤過電力警報付	AC 110 V 50/60 Hz 三相電力検出	過電力警報付
電流リレー	発電機の過 負荷保護及 び優先しゃ 断用	①発電機過負荷保護(反限時特性) ビークアップ値: 80〜160% 時限特性: 設定値の130% で20〜60秒 ②優先しゃ断(反限時特性) ビークアップ値: 80〜120% 時限特性: 設定値の100% で0秒 設定値の110% で5〜20秒	AC 110 V 50/60 Hz 三相検出	①三相検出 ②3要素形
電圧リレー	過電圧及び 低電圧検出 用	①過電圧 ビークアップ値: AC 100〜132 V 50/60 Hz 時限特性: 0〜10 秒 ②低電圧 ビークアップ値: AC 60〜100 V 50/60 Hz 時限特性: 0〜10 秒	AC 110 V 50/60 Hz	①2要素形 ②タイマ内蔵
周波数リレー	原動機保護 用	①低周波数長限時特性(反限時) ビークアップ値: 59.4〜58.2 Hz 時限特性: 57 Hz にて 5 秒 ②低周波数短限時特性(定限時) ビークアップ値: 54〜57 Hz 時限特性: 54 Hz にて 0.5〜3 秒 ③低周波数瞬時特性 ビークアップ値: 52〜56 Hz ④過周波数短限時特性 ビークアップ値: 63〜66 Hz 時限特性: 63 Hz にて 5〜10 秒	AC 110 V 60 Hz	4要素形
逆電力/電力リレー	原動機保護 用	①逆電力リレー ビークアップ値: -2〜-15% 時限特性: ビークアップ値 の100%で2〜10秒 ②電力リレー ビークアップ値: 102〜115% 時限特性: ビークアップ値 の100%で2〜10秒	AC 110 V 50/60 Hz 単相検出	逆電力、電力リレー、いずれか一方として使用できる
チェックシクロナイザ	発電機同期投入用	①投入位相差調整性能 15°±5° ②投入可能周波数差調整範囲 ±0.3 Hz 以内	AC 110 V 50/60 Hz 単相検出	簡易同期投入装置
スビンドリレー	タービン保護用 ディーゼルエンジン保護用	ビークアップ値: DC 25〜110 V (低, 高速側共) 高速側: DC 25〜110 V 低速側: DC 5〜38 V	DC 18〜28 V	
エンジン始動装置	ディーゼルエンジン自動始動用	対象エンジン ①ダイハツ ②SH ③相製 ④ヤンマー IC による無接点式	電源 DC 18〜28 V	①IC による無接点式 ②どのタイプのエンジンにも適用可

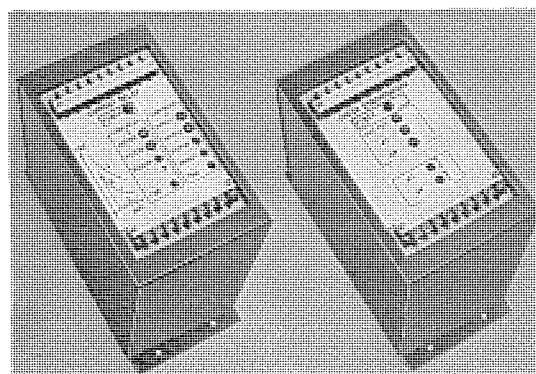


図 11. カセットコントローラ

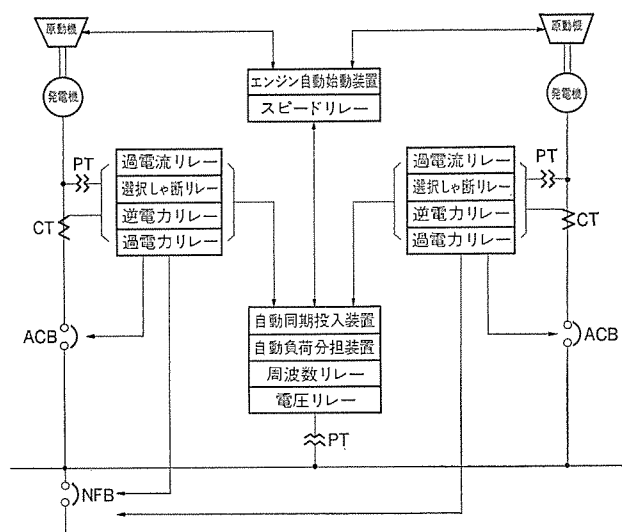


図 12. カセットコントローラの応用例

発電装置の自動化は停電事故の発生を可能な限り抑え、たとえ停電しても主電源の復旧を自動的かつ迅速に行うことである。

機関室無人化船 (MO 船) が登場して約5年を経過し、発電装置の自動化システムも運航実績を積み、更に信頼性の高い、経済性に優れたシステムが求められている。

当社では今までの良好な運航実績をもとに発電装置の自動化標準を設定し、更に自動化のための監視、制御装置及び発電機保護装置を最新のエレクトロニクス技術によりコンパクトで信頼性の高い“カセットコントローラ”シリーズとして完成し、発電プラントの自動化システムを容易に計画できるようにした。図 11. にカセットコントローラの外観を示す。表 5. はカセットコントローラの仕様を示し、図 12. はその応用例を示す。

6. む す び

以上、船用配電盤について、特長や構造及び最近の傾向特に選択しゃ断方式などについて述べ、今回シリーズ化した高信頼閉鎖形配電盤や、発電装置自動化のカセットコントローラを紹介した。

現在、船舶業界のきびしい状況の中で、船の重要機器である配電盤は、更に安全性と信頼性を高めると同時に、経済的で使いやすいものが望まれている。

当社もこれらの期待にこたえるよう、常に新技術の研究開発を行い、より良い配電盤を提供していきたい。

最近の船舶における電動力応用

前田文生*・元木知春*・中島義信*・御厨長十*・大久保龍二*

1. ま え が き

数年来のタンカーブームが終わって、最近の海運界では多目的輸送に適した各種貨物船や特殊船がクローズアップし、甲板機械の性能及び信頼性の向上に対する要求が一段と高まっている。

荷役機械及び特殊電動力応用機器は、当社創業以来の歴史をもつ船用電機品のなかでも特に不断の新技术開発と実用化に努めてきた分野であるが、今回サイリスタレオナード方式を加えてデッキクレーン及びカーゴウインチの標準化を行ったので、最近の地質調査船、ケーブル布設船などの特殊船向け電機品とあわせてその概要を紹介する。

2. デッキクレーン及びカーゴウインチ

2.1 サイリスタレオナード方式デッキクレーン

サイリスタレオナード装置は商用周波数の交流入力電圧を加えてサイリスタの点弧位相角を制御することにより、直流可変出力電圧を得て直流電動機のステップレス速度制御を行うもので、制御はプラス、マイナスいずれの負荷も制御可能であるためデッキクレーンにおける巻上、ふ(俯)仰、旋回はもちろん甲板機械のいかなる用途にも適用できる。その特長をあげると次のとおりである。

(1) 優れた荷役特性

巻上、旋回動作はサイリスタレオナードによるステップレスコントロールのためスムーズな加減が得られ、荷振れ、ジブの横振れが小さく、安全かつ迅速な荷役作業が可能である。

(2) ステップレスコントロールによる荷役能率の向上

巻上、旋回動作とも負荷に応じて自動的に速度を選択し、荷役サイクルが向上する。フックスピードが定格速度の2.5倍であり荷役が大幅に短縮できる。

(3) 高い信頼性

主要制御装置が無接点化、固体化しているため信頼性が高い。電氣的制動が微速域までかけられるのでディスクブレーキの摩耗が大幅に減少する。

(4) 保守点検が容易

制御盤中にメンテナンスユニットを装備しており、保守点検に容易な構造である。

表1.にサイリスタレオナード方式によるデッキクレーンの定格を示す。巻上、旋回は直流機、俯仰用は2段極数変換かご形モータを使用している。

特に、直流機関係はF種絶縁採用により小形軽量化を計るとともに低慣性電機子の採用によりひん繁な始動停止、正逆転の繰返しに対しても長寿命信頼性を得ている。界磁巻線は特殊樹脂により界磁鉄心に固着して機械的強度を増すとともに良好な放熱特性を与えている。また補極鉄心はラミネート構造とし負荷の急変に対して十分な整流特性としている。この外ブラシ及び整流子も特殊な考慮を払い点検が容易な構造となっている。

電源変換部はすべての相にサイリスタを用いた均一ブリッジ式とし、リップルを減少するとともに巻上用主回路は逆並列接続のサイリスタ変

表 1. サイリスタレオナード方式デッキクレーンの定格

容量 (t)	荷役半径 (m)		揚程 (m)	速 度			モータ出力 (kW)		
	最 大	最 小		巻 上 (m/min)	俯 仰 (s)	旋 回 (rpm)	巻 上 (DC)	俯 仰 (AC)	旋 回 (DC)
5	16	3.0	35	定格/ 最大 47/117	25/50	1.8	50	20	20
	18	3.0			28/56				
	20	3.5			31/62				
	22	3.5			34/68				
8	16	3.0	35	30/76	26/52	1.6	50	25	30
	18	3.0			29/58				
	20	3.5			32/64				
	22	3.5			35/70				
10	16	3.0	35	24/60	27/54	1.5	50	30	30
	18	3.0			30/60				
	20	3.5			33/66				
	22	3.5			36/72				
15	16	3.5	35	26/66	30/60	1.4	80	40	40
	18	3.5			35/70				
	20	4.0			39/78				
	22	4.0			43/86				
20	16	3.5	35	20/50	40/80	1.3	80	40	45
	18	3.5			44/88				
	20	4.0			49/98				
	22	4.0			53/106				
25	16	3.5	35	16/40	43/86	1.2	80	40	55
	18	3.5			48/96				
	20	4.0			54/108				
	22	4.0			58/116				

表 2. サイリスタデッキクレーンの特性

	速度-荷重特性	制御方式
巻上		DCモータ サイリスタレオナード制御 (デュアルコンバータ形)
旋回		DCモータ サイリスタレオナード制御 (シングルコンバータ形)
俯仰		ACモータ (かご形) ボールチェンジ(4/8P) クッションスタート、ストップ制御

換としているので加減速運転、可逆運転がスムーズである。このため、電動領域から制動領域への移行がひん繁な巻上用には最適となっている。

表2.にサイリスタデッキクレーンの特性を、図1.にそのブロック図を示す。

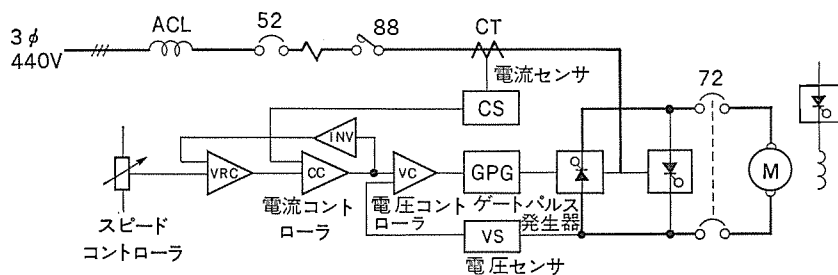


図 1. サイリスタレオナードブロック図

表 3. ポールチェンジ方式デッキクレーンの定格
三相 440 V 60 Hz F種絶縁
全閉形 ブレーキ付

用途	出力 (kW)	電 流 (A)	極 数	回 転 数 (rpm)	定 格 (% ED)	備 考
巻 上	32/32/14.3	53/65/57	4/8/16	1,720/830/370	40	ファン電動機付 横フランジ取付
	45/45/20	74/91/68		1,730/835/370		
ふ 仰	20/10	33/18	4/8	1,650/835	20	自冷 横フランジ取付
	25/12.5	40/23		1,670/845		
	30/15	49/27		1,630/830		
	35/17.5	56/31		1,650/835		
	40/20	65/37		1,630/830		
	50/25	80/45		1,640/835		
旋 回	15/7.5/3.4	26/16/11	4/8/16	1,640/830/370	20	自冷 立フランジ取付
	20/10/4.4	34/21/15		1,660/840/370		
	25/12.5/5.6	42/27/20		1,660/840/370		
	30/15/6.7	50/32/23		1,660/830/370		
	35/17.5/7.8	58/35/25		1,640/830/370		

表 4. カーゴウインチ用電動機の定格
三相 440 V 60 Hz F種絶縁
全閉防水形 ブレーキ付

出 力 (kW)	電 流 (A)	極 数	回 転 数 (rpm)	定 格 (% ED)	備 考
19/19/8.4	33/40/33	4/8/16	1,710/820/360	25	ファン電動機付 横フランジ取付
22/22/10	38/47/40		1,730/835/380		
30/30/13.4	50/61/50		1,720/830/370		
40/40/17.8	65/80/59		1,730/835/370		
45/45/20	74/91/68		1,730/835/370		
80/80/37	125/150/115		1,720/830/370		

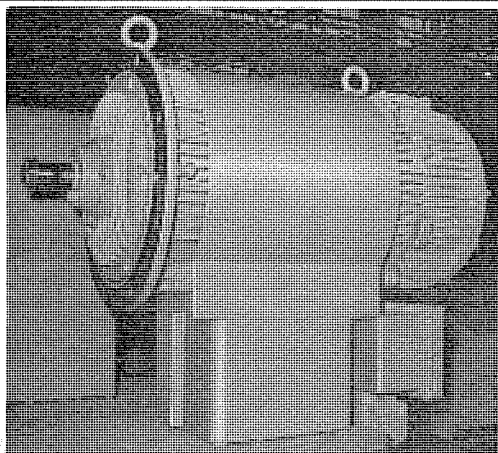


図 2. 5t×30m HSC形カーゴウインチ電動機

2.2 ポールチェンジ方式デッキクレーン

当社のポールチェンジデッキクレーンは、カーゴウインチの豊富な製作経験をもとに種々の改良を加え、信頼性の高い機器を製作しているが、その特長をあげると次のとおりである。

(1) かご形モータ回転子にシングルロータを採用
巻上、旋回モータのように3段速度のポールチェンジの場合でも4/8極と16(24)極が同一鉄心に組み込まれているので軸方向の長さが短く、全体的にコンパクトにまとまっている。

(2) 始動、制動時の熱発生損失が小さい
各モータとも小径長駆動形にして GD^2 が小さくなるよう設計しているため始動時、制動時の発生損失が小さくなりか(荷)酷な荷役にも安全な運転ができる。

(3) シールドボールベアリングの採用
軸受の保守、点検をメンテナンスフリーとするとともに、構造を単純化して分解、取替えを容易にしている。

(4) F種絶縁の採用と巻線保護装置の付設
耐熱特性の優れたF種絶縁を採用し、熱的裕度を高め更に巻線を効果的に保護するためにコイルエンド温度検出素子を埋込むとともに電流リレーの併用によりモータ拘束時の保護も行っている。

(5) 巻上モータの冷却効果の増大
巻上モータは他力ファンモータを設置して強制空冷を行っているが、この冷却ファンモータは両軸にして巻上モータの内外部にファンを設け、風を効果的に循環させ熱交換効率を向上させている。

(6) ブレーキ部取扱いの容易化
従来外部に設けていた重量物のマグネットコアを内装式にかえ、ギャップの調整やライニング取替時の保守点検を容易にした。

(7) 旋回用モータに3段速度を採用
かご形ポールチェンジ方式のデッキクレーンでは旋回時の発停をスムーズに行うために当社では旋回を3段速度にして更にクッションスタート方式を採用し、旋回操作に好結果を得ている。

表 3. にポールチェンジ方式によるデッキクレーンの定格を示す。

2.3 カーゴウインチ

当社における交流カーゴウインチは、昭和27年にHWK形ウインチを製作して以来今日まで実に1,000台以上の実績を有する。カーゴウインチの製作経緯をたどると高ひん度の始動停止を繰り返す苛酷な使用条件下においていかにモータの温度上昇を抑えるか、制御系を含めて長寿命を確保できるかが中心課題であり幾度かの機械装置や制御方式の変遷も、すべてモータの改良開発にともなって変化してきた。当社の誇る新HSCウインチは、これらの技術と歴史を集大成した最新の荷役機械と言えよう。

今日、スポッティング性能の優れたデッキクレーンの台頭があるとはいえ、重量貨物積載の荷役にはヘビーカーゴウインチを使用するケースが多く従来の倍出力に相当する大容量カーゴウインチも出現している。

更に2極巻線を加えた4段速度のポールチェンジウインチが要求されるなど設備機械の大形化、多様化に関連して、電機品も特殊仕様が增加していく情勢にある。

表 4. に標準のカーゴウインチ用モータ定格を、図 2. に5t×30m HSC形ウインチのモータを示す。

3. 地質調査船「白嶺丸」納め観測ウインチ

昭和49年3月完成した「白嶺丸」は、世界でも最新鋭の地質調査専用船であり、工業技術院地質調査所をはじめ、民間の調査研究機関により、「深海底鉱物資源探査に関する基礎的研究」及び「日本周辺大陸棚(棚)海底地質総合研究」のために運航されている。

本船には種々の最新鋭調査機器がとう(搭)載されているが、海底カメラ、深海テレビ及び試料採取機器用として装備された深海観測用 No. 1, No. 2 ウインチの電機品について紹介する。

3.1 装置の概要

図3.に機器構成を、表5.に電機品の要目を示す。この巻上機、巻取機の駆動装置に要求される性能は下記のとおりである。

(1) 全域にわたり高能率で運転され作業時間を短縮すること。
ロープが10,000 mもの長大になるため、装置の荷重のうち、ロープ重量の占める割合が繰り出し長さによって増大し、最大繰り出し長さでは、総重量7.42トンに対しロープ重量5.92トンにも達する。このため、ロープ繰り出し長を制御信号として巻上機用直流電動機の界磁制御を行い、全域にわたって高能率で運転できるように制御している。

(2) 巻取機は常に巻上機-巻取機間のロープ張力を最適に発生していること。

巻上機はロープとドラムの摩擦によりロープ荷重を支えているので、巻上機のロープバックテンションを最適に制御することが非常に重要となる。

巻取機ドラム上の巻取り径は、ロープ繰り出し長さによって約1,500 mmから600 mmの間で変化する。したがって、ロープ繰り出し長さにより最適バックテンションは自動的に変化しなければならない。また、観測機器の海中投入、収納作業の前後には、巻上機に荷重がなくなったり、ひん繁な始動、停止運転が行われるが、その際もワイヤロープの過張力、不足張力によるトラブルを防止しなければならない。

(3) 信頼性が高いこと。

万一、運転不能の事態となれば、ワイヤロープ及び観測機器が回収不能となり、ばく大な損害となる。信頼性の向上には特に検討を加えて設計、製作及び調整を行った。

図4.に巻取機とその電動機を、図5.に操作盤を示す。

3.2 特性

巻上機と巻取機の連動運転特性を図6.に示す。更にこれらについて用語を説明し、若干の考察を加える。

- (a) 巻上機荷重: W_A (kg) ……観測機器重量+ワイヤロープである。
- (b) 巻上機ロープ定格速度: V (m/min) ……深度10,000~1,250 mまでは、巻上機駆動DCMの界磁制御による定出力制御、1,250~0 mまでは界磁一定制御である。
- (c) 巻取機ドラム径: D_B (mm) ……巻取機ドラム上のワイヤロープ巻取り径を示す。
- (d) 巻取機ドラム定格回転数: N_B (rpm) ……巻上機ロープ定格速度及び巻取機ドラム径により必然的に決まる。
- (e) バックテンション: W_B (kg) ……巻上機-巻取機間ワイヤロープの張力であり、下記となる。

$$W_B = W_A / e^{\mu\theta} \quad \dots\dots\dots (1)$$

μ : ロープと巻上機ドラム間の摩擦係数

θ : ロープの巻上機ドラム巻付角 (rad)

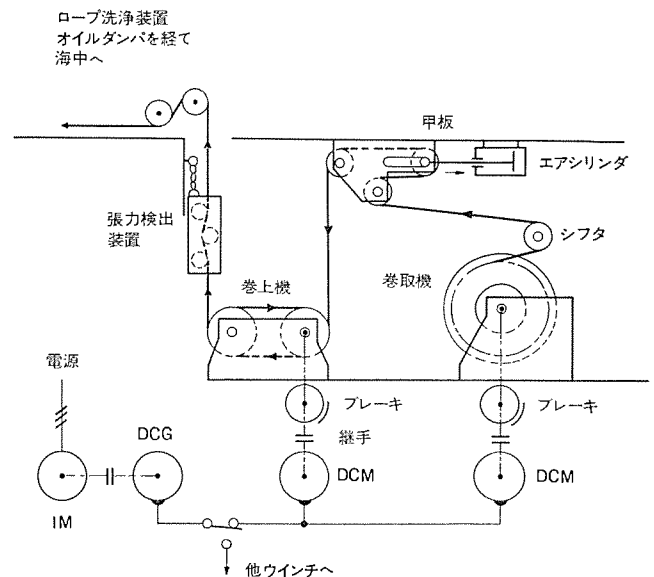


図3. 深海観測ウインチの機器構成

表5. 深海観測ウインチの電機品要目

	M-G セット		巻上機用	巻取機用
	駆動 IM	DCG	DCM	DCM
台数	1	1	各1 (計2)	各1 (計2)
出力 (kW)	130	115	80	20
電圧 (V)	440 V 60 Hz	DC 440	DC 440	DC 440
回転数 (rpm)	1,750		400/1,350	600/1,050
形式	防滴保護		防滴他力通風	防滴他力通風
定格	連続		連続	連続
付属品			電磁ブレーキ タコゼネ	電磁ブレーキ

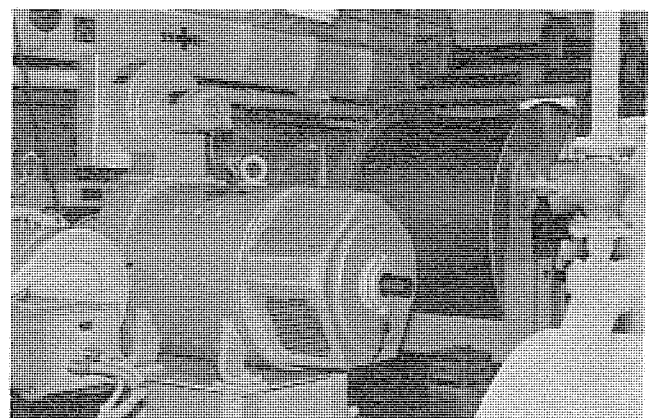


図4. 巻取機及び駆動電動機

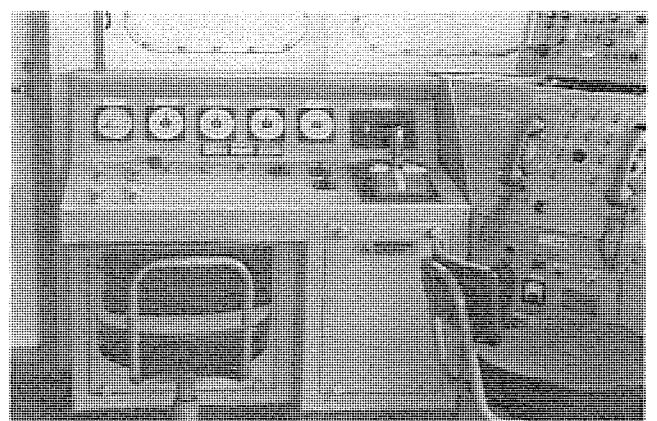


図5. ウインチ制御所操作盤

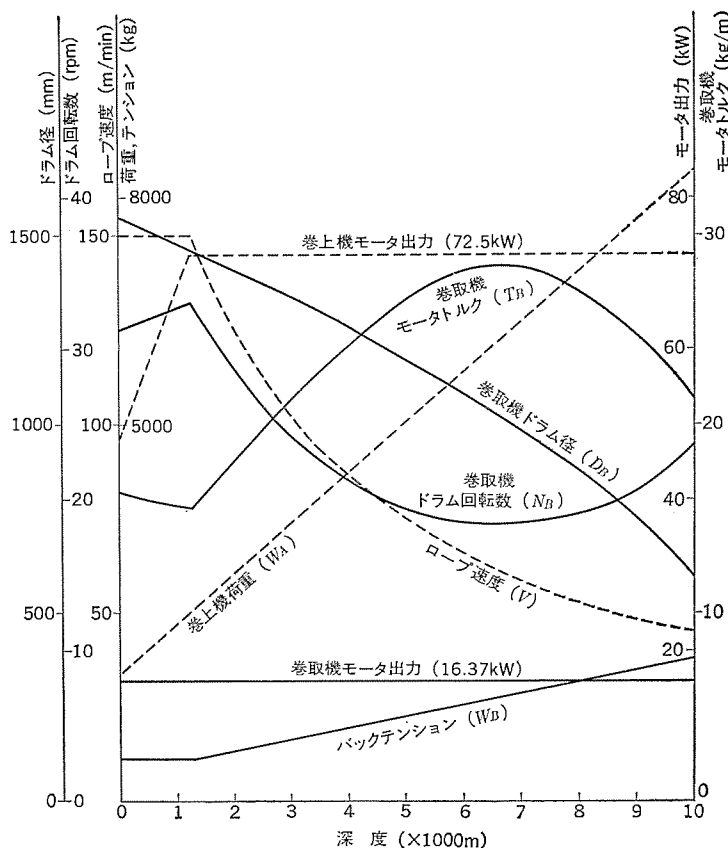


図 6. 深海観測ウインチの計画特性

ただし、深度 1,250 ~ 0 m は張力一定の制御としている。

(f) 巻取機電動機トルク: $T_B(\text{kg} \cdot \text{m})$ ……巻取機ドラム径及びバックテンションにより必然的に決まる。

ここで、巻取機 DCM の所要出力について考えてみる。深度 10,000 ~ 1,250 m 間は、

$$P_A = W_A V / 6120 \eta_{mA} \quad (2)$$

$$P_B = W_B V / 6120 \eta_{mB} \quad (3)$$

式(1)より

$$P_B = P_A \cdot \eta_{mA} / e^{\mu \theta} \eta_{mB} \quad (4)$$

P_A : 巻上機 DCM 出力 (kW)

P_B : 巻取機 DCM 出力 (kW)

η_{mA} , η_{mB} : ウインチ 総合効率

巻上機 DCM 所要出力は、前述のようにこの間は定出力であり、したがって式(4)からも分かるように、巻取機 DCM も定出力となる。深度 1,250 ~ 0 m は、 W_B 及び V 一定の制御を行う。したがって P_B も一定となる。つまり、図 6. 中の巻上機諸特性を得るには、深度全域にわたって巻上機 DCM の定出力制御を行えばよい。

上記は定格電圧について述べたが、定格電圧以下に制御されているときはそれに比例してロープ速度、巻取機ドラム回転数が制御され、ロープ張力、バックテンションは不変とならなければならない、このためには巻取 DCM は定電流制御を行えばよい。

3.3 制御方式

各ウインチ用 DCM は M-G セットによりワードレオナード方式で制御される。No. 1 と No. 2 ウインチは同時に使用する必要性がないため、1 セットの M-G セットを、回路切換えにより No. 1 又は No. 2 ウインチ電源用として使用するが制御装置は 2 系統装備しており、万一の制御不調の場合も他の系統を使用することによりバックアップできる。また、ウインチ電動機用電磁ブレーキは、継手よりウインチ側に取付け

であり、ロープ先端に荷重をかけたままの試験運転及び最悪の場合は電動機取換えも可能である。

(1) M-G セット制御

ウインチ制御所又は機側の制御盤のコントロールレバーにより DCG 用サイリスタ励磁装置を制御する。ウインチ始動時は残留磁気補償回路が作動し、巻上機荷重が大きくても繰り出し方向に引きずり込まれることなく繰り出し、巻上げの微速運転が可能である。また、巻上中ロープの過張力が検出された場合、急速減速により DCG 電圧を下げ、過張力を防止する保護回路を有する。

(2) 巻上機 DCM 制御

巻上機ドラム軸取付けの深度検出器によりサイリスタ励磁装置を制御する。

(3) 巻取機 DCM 制御

ウインチ制御所又は機側の操作盤取付バックテンション設定器信号により、サイリスタ励磁装置を制御し、負荷電流の制御を行う。

(4) 電磁ブレーキ制御

巻上機及び巻取機の電磁ブレーキは、駆動 DCM のトルクをチェックし、釈放、制動が順序制御される。したがってひん繁なインテュ操作に対しても常に設定されたバックテンションを保つことができる。

このウインチ引渡し後の海上テストでは計画通りの性能を発揮し、好成績をおさめることができた。また就航後 1 年以上になるが一部の再調整を行っただけでひん繁な使用にもよく耐え本船の活躍に大きく貢献している。今後マンガン団塊をはじめとする海底資源の調査などに多くの期待がよせられている。

4. ケーブル布設船用電機品

当社は、既に表 6. に示すように、3 隻のケーブルエンジン用電機品を製作納入したが、更にこれらの実績及び最新の技術により、昭和 50 年 3 月に完成した日本電信電話公社の最新鋭布設船「黒潮丸」のケーブルエンジン用電機品を納入し、好調に活動している。以下、このシステムについて紹介する。

4.1 システムの概要

ケーブルエンジンはキャプスタンとしてのドラム(直径 3.8 m, 幅 1.3 m)とテンショナーとしての DO/HB (Draw off/Holdback gear) から構成されている。これらは油圧により駆動され、ジャネーポンプの傾転角を变えることにより速度制御を行っている。また、布設運転に欠くことができない対地船速検出装置としてトートワイヤを有している。

以上の機械系に対し制御系としては、コンソール、リレーパネル、集合始動器盤、トートワイヤ制御盤などより構成されている。

4.2 ドラム速度制御

ケーブルエンジンの速度制御では、布設精度を確保するため、長時間の

表 6. ケーブル布設船用ケーブルエンジン

船名	力 (トン×ノット)	制 御 方 式
K. D. D. K D D 丸	引揚 30×0.5 布設 8×6	電動式 スラック制御 張力制御
N. T. T. 津 越 丸	引揚 20×0.485 布設 1.935×5	油圧駆動 サーボモータ制御
防 衛 庁 つ が る	引揚 36×0.416 布設 8×5.5	油圧駆動 サーボモータ制御
N. T. T. 黒 潮 丸	引揚 30×0.48 布設 8×7.3	油圧駆動 サーボバルブ制御 スラック制御

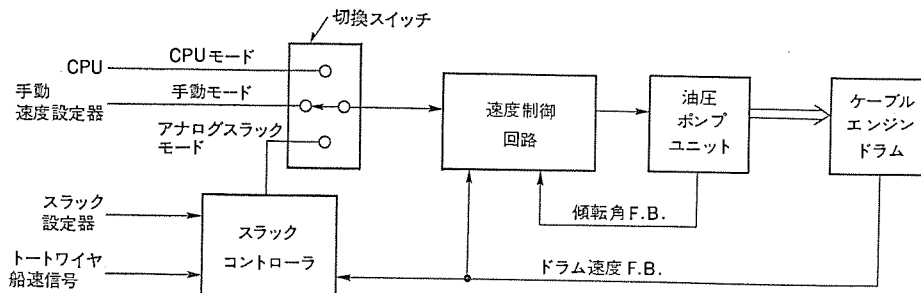


図 7. ケーブルエンジン ブロック図

安定した制御特性が要求され、一方では波浪によるケーブル張力変化などの負荷変動、及びスラック運転時の船速信号のふらつきなどの影響を考慮した動的制御特性が要求される。

ここでは、電気・油圧サーボバルブを用い、ジャネーポンプの傾転角を変えることにより制御を行っている。速度フィードバックには超精密級タコメータを用い、マイナーループとして傾転角偏位をフィードバックして安定化を図っている。なお、動特性に対しては、設計時点でシミュレーションを行い、補償回路には特に留意して設計を行った。

4.3 DO/HB 制御

DO/HB は、ドラムに巻かれたケーブルにテンションを与え、ドラムとケーブルとのスリップを防ぎ、ドラムのトルクをケーブルに与えるものである。

制御としては、DO/HB に垂下特性を持たせ、ドラム速度に一定の差をつけた指令信号を与えて運転することにより、ドラムと DO/HB 間のケーブルにテンションを生じさせる。このテンションの設定は、DO/HB の油圧を比例電磁弁により制御し、任意の値に変えることができる。

4.4 スラック制御（自動布設制御）

スラック制御は、自動布設運転モードの一つで、海底の状況などで決定されるスラック率（布設余裕度）を設定することにより、自動的に布設運転するものである。このスラック率とは、次の式(5)で定義される。

$$V_C = V_S + V_S \cdot \varepsilon \quad \text{..... (5)}$$

V_C : ケーブル速度, V_S : 対地船速, ε : スラック率

したがって、スラック制御とは、任意に設定されるスラック率と対地船速とを入力とし、ケーブル速度指令値を演算制御するもので、実際の演算制御は式(6)により行う。

$$V_C = \underbrace{V_S + V_S \cdot \varepsilon}_{\text{基本演算系}} + \underbrace{K \cdot V_S \cdot \left(\varepsilon - \frac{V_{CF} - V_S}{V_S} \right)}_{\text{補正系}} \quad \text{..... (6)}$$

V_C : ドラム速度指令値, V_S : 対地船速

ε : 設定スラック率 (−10% ~ +30%)

V_{CF} : ドラム速度フィードバック, K : 補正率

なお、この演算回路はアナログ乗除算 IC を使用したが、乗除算器の前後はレベルダウンさせなければならないので、演算回路のトータルエラーを考慮して設計段階より、各 IC のオフセット回路には特に留意した。

図 7. にケーブルエンジンの制御ブロック図を示す。

4.5 対地船速検出（トートワイヤギヤ制御）

ケーブル布設を行う際、特に 4.4 節で述べたスラック制御を行う場合

は、正確な対地船速を知る必要がある。一般には船速を知る方法はいくつかあるが、それらは必ずしも正確な対地船速とさえいえない場合が多い。このトートワイヤギヤは、一端を海底に固定したダミーワイヤを投棄し、その繰り出し速さにより対地船速を測るものであるが、ワイヤが波浪による速度変動を防ぐため、適当な張力制御を行う必要があり、ここではパウダブレーキを使用している。なお、船速の第 1

センサとしての信頼性を確保するため、トートワイヤギヤ弱点であるワイヤ破断状態を検出する機能を持っている。

5. 作業船

作業船としては、まず、しゅんせつ船、次いで石油掘削リグ、クレーン船が代表的なものであるが、最近はパイプレイバーなどの特殊船も増えつつある。

ここでは、しゅんせつ船の動向と当社電機品について概説する。大形のカタ式ポンプしゅんせつ船は、ターボエレクトリック、ディーゼルエレクトリック式から、主ポンプのみタービン又はディーゼル機関直結へと移行する傾向にある。また、スイング、ラダー、スパッド、クリスマスツリーウインチなどは、M-G 式ワードレオナード巻線形誘導電動機の 2 次抵抗制御から、サイリスタレオナード方式、サイリスタモータへとより高性能、高信頼性のものが採用されている。

当社でも、スイングウインチ駆動用としてサイリスタモータを合計 3 船分納入し、好成績を収めている。また、現在ブースタポンプ用にサイリスタレオナード方式を採用したもの 2 船分を製作中である。今後は、上述の外にカタモータなどにサイリスタモータ、サイリスタレオナード方式が採用されるケースが増大するものと考えられる。

自動化については、当社は従来までに吸入負圧の自動制御、主ポンプの定出力、又は定トルク制御、スイング、ラダーウインチのプログラム制御、掘削深度の自動制御などを実用化してきたが、今後はトータルシステムとしての最適制御が要求されるであろう。

ドラッグクションしゅんせつ船としては輸出船 3 船分を納入し、順調にか動しているが、更に現在、輸出船向け 1 船分を製作中である。いずれも推進機はディーゼル機関直結 CPP、主ポンプもディーゼル機関直結である。また、ドラグアーム用ウインチ駆動用としてはポールチェンジ方式のかご形モータが採用されている。

なお、石油掘削リグについては「三菱電機技報」49 巻 12 号を参照ねがいたい。

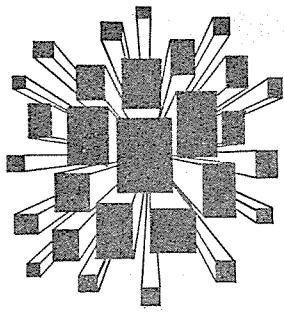
6. むすび

船用電機品の中で大きなウエートを占める荷役機械、及び特殊作業船分野における電動力応用について述べたが、この分野では今後更により使いやすく、またより信頼度の高い機器が要望される。

当社では、直流電動機を用いたサイリスタレオナード制御、及び交流電動機を用いたサイリスタ制御をステップレスコントロール方式の 2 軸とし、これにがんじょうで経済性の高いかご形ポールチェンジ方式を加えて、種々のニーズに対応した信頼される製品を提供していきたい。

当社の特許

登録番号	名 称	発 明 者	登録番号	名 称	発 明 者
750006	半導体の表面処理方法	伝田隆治・工藤尚武	752700	半導体装置の製法	貞森将昭
750007	位相判別装置	鈴木健治	752701	ドップラレーダ装置	白幡 潔
750008	し(弛)張発振回路	喜多興一	752702	デジタル差判別装置	林 敏 弘
750009	空中線装置	{ 桂川 弘・吉武邦俊 土屋権寿	752703	半導体装置	中田仗祐・工藤尚武
750010	絶縁電線の製法	伊藤公男・寺谷 宏	752704	半導体装置の製造方法	{ 柴田 浩・加藤忠雄 小中博美
750011	限流装置	宮本紀男・伊藤利朗	752705	圧力調整弁	破魔武司
750012	信号発生器	淡野光章	752706	パネ操作装置	稲村 彰一
750013	磁気記憶装置	織田博靖・岸 洋	752707	金属蒸気放電灯の製造方法	{ 竹田俊幸・田中紀彦 伊藤 弘
750014	マイクロ波電力増幅方式	中司浩生・松田英昭	752708	テープレコーダーの終端検知装置	杉原正一
750015	内燃機関の排気ガス浄化装置	三木隆雄	752709	電界緩和塗料	草川英昭・高橋健造
750016	機関点火時期調整装置	日野利之	752710	折線形関数発生器	岡田康則
750017	内燃機関点火装置用信号変換器	伊藤 勝	752711	多極回路シャ断器	山本清美・戸田晴久
750018	ポリイミド重合体の製造法	{ 西崎俊一郎・広田 潔 不可三 晃	752712	ガラス封じ半導体装置の製造方法	中村邦宏・藤川恭一郎
750019	ポリイミド共重合体の製造法	{ 西崎俊一郎・広田 潔 不可三 晃	752713	半導体気相成長用基板	西岡 直・大倉五佐雄
750020	内燃機関点火装置	三木隆雄	752714	電池	前田満雄・松岡宏昌
750021	内燃機関点火装置	三木隆雄	752715	磁気テープの使用回数確認方式	{ 山崎英蔵・西 健一 志賀正明
750022	光パラメトリック発振装置	岡田和夫・伊東 尚	752716	電着用塗料の製造法	{ 西崎俊一郎・不可三 晃 江藤昌平・広田 潔
750023	気泡発生装置用送風機	増田三郎・川合輝一	752717	電着用塗料の製造法	{ 西崎俊一郎・不可三 晃 江藤昌平・広田 潔
752260	残り需要電力表示装置	{ 佐藤安俊・余村信雄 三好明好	752718	同心球形静型荷電粒子エネルギー分析器	西嶋光昭・小宮啓義
752261	読取計数器	山中彪生	752719	ポリ(イミド・アミド酸エステル)の製造法	西崎俊一郎・森脇紀元
752262	真空劣化検出装置付真空スイッチ	青木伸一	755818	直流電力制御装置	赤松昌彦
752263	金属ハロゲン化物入り水銀ランプ	{ 竹田俊幸・若林正雄 土橋理博	755819	真空開閉器	松山 清・山下進一
752264	トランジスタ保護回路	{ 牧田秀之助・木村健治 丹羽喜一	755820	電力合成装置	三宅 隆
752265	半導体装置	釜原紘一	755821	タイマー回路	竹垣 弘
752266	無効電力計	渡辺京治	755822	鞍型超電導コイル	{ 岩本雅民・長田大三郎 佐藤 隆・島 幸弘
752267	チューナ	秋山光種	755823	自動焦点調整装置	吉山裕二・稻荷隆彦
752268	真空溶解炉材料連続投入装置	久保寺理夫	755824	磁性薄膜メモリプレーンの製造法	上坂達生・奥村正富
752686	電着塗装法	{ 大西洋一郎・広木 勉 末武 隆	755825	半導体装置	{ 草野祐次・亘 善彦 井上 功
752687	自動同調受信機	奥村 修	755826	半導体アナログ・デジタル変換回路	梶原康也・河津 哲
752688	半導体装置	香崎銀博・伊吹順章	755827	水平出力回路	八塚晋治
752689	料金調定装置	岡上公彦	755828	コアメモリプレーン	{ 蘓原 智・田中睦務 沢 永 寧
752690	料金調定装置	芝滝寿宏・岡上公彦	755829	限流ヒューズ	{ 西楽隆司・森貞次郎 和田勇一・岩崎行夫
752691	マグネトロン電源回路装置	高橋広光・高瀬明生	755830	信号変換装置	山内信治・大坪彬郎
752692	エンジン過回転警報制御装置	才田敏和	755831	光放出装置	上田文夫
752693	空気調和装置	上妻親司	755832	ホーカス電圧供給装置	山本達夫・高尾孝志
752694	料金調定装置	岡上公彦	755833	ホーカス電圧供給装置	高尾孝志・山本達夫
752695	料金調定装置	岡上公彦	755834	中性子検出器	小田 稔
752696	双方向性スイッチング回路	大島征一			
752697	多層半導体素子	蒲生 浩・宮嶋辰夫			
752698	半導体負性抵抗装置	三井 茂			
752699	テープ張力制御装置	橋本公佑			



特許と新案

放電加工装置 (特許第 653055 号)

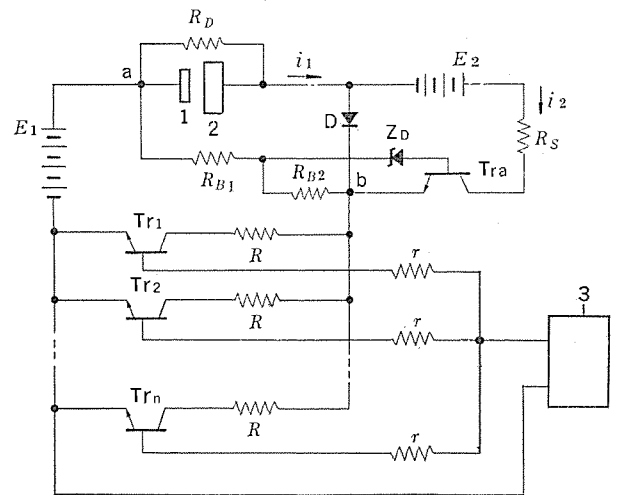
発明者 斎藤長男・久慈陽一・小林和彦・丹羽進

この発明は放電加工装置の電源回路の改良に関するものである。従来放電加工装置の放電加工回路にトランジスタを使用しているが、周知のごとくトランジスタの許容電圧が低いため、放電加工間引き(隙)を小さくし、これが原因で極間短絡を生じた。

この発明では図に示すように放電回路に対し直列にダイオードDを挿入する。そしてこのダイオードDに電圧重畳用の直流電源 E_2 、付加抵抗 R_S 、トランジスタ Tr_a の直列体を並列接続する。 Z_D はゼナーダイオードである。 R_{B1} 、 R_{B2} は電極(1)と被加工物(2)をダイオードDとの直列接続点a、bに並列接続する分割抵抗で、この両抵抗が相互に接続している中間点とトランジスタ Tr_a のベースとはゼナーダイオード Z_D を介して接続されている。(3)は制御回路、 $Tr_1 \sim Tr_n$ はスイッチングトランジスタ、 E_1 は直流電源である。

上記回路で、トランジスタ $Tr_1 \sim Tr_n$ がONになると同時に側路のトランジスタ Tr_a がONになり、電極と被加工物との極間に直流電源 E_1 の電圧よりも高い電圧 $E_1 + E_2$ が印加され、その電圧によって放電が開始されると、トランジスタ Tr_a はOFFになって、放電電流は側路回路のない回路で決定される電流と同一値で流れる。

以上のように、この発明は従来のトランジスタを使用しながらも、電極と被加工物との極間に印加する電圧を従来より高くとれ、極間距離を大きくし、安定な放電加工を行うように構成している。



異方性磁石の製造方法 (特許第 686308 号)

発明者 榎山公男・下田光信・田嶋尚志・伊藤喜代之

この発明はゴムまたは熱可塑性合成樹脂を結合剤とする異方性磁石の製造方法に関するものである。

従来ゴムあるいは熱可塑性合成樹脂と磁気異方性を有する磁石粉、例えばバリウムフェライト、ストロンチウムフェライト、あるいは鉄・コバルト粉などからなる異方性磁石の製造法としては、粉状または粒状あるいは塊状のゴムまたは熱可塑性合成樹脂と、必要によりこれに加硫剤、軟化剤あるいは老化防止剤などを加えて磁石粉と混合した後、これを加熱して混入した磁石粉が動き得る程度にゴムまたは合成樹脂を液状または糊状可塑状態にし、これに整列用磁界を作用させて磁石粉を磁界の方向と同じ方向に整列させたのち凝固させて異方性磁石を作っていた。

この発明では、異方性磁石の磁気的特性が磁石粉の粒度、量によって影響を受けることから、磁石粉とゴムまたは合成樹脂を混合する前にあらかじめ磁石粉の粒子をステアリン酸でコーティングして活性化し、粒子を滑りやすく、かつ分散しやすくしておくようにしたものである。

のである。

この発明の方法によると従来の方法に比べて圧延加工でできた磁石粉の異方性整列が磁界の作用により、さらに高度に整列しやすくなり、この種の異方性磁石としては驚異的な磁気特性を有するものを製造することができる。

[実施例]

磁石粉 87wt %混入した場合

(1) この発明による方法 (磁界による異方性化処理後の特性)

	Br (G)	Hc (Oe)	[BH] _{max} (G·Oe)
シート面に直角な方向	2,030	1,970	1.05×10^6
シート面に平行な方向	630	540	0.08×10^6

(2) 従来の方法

	Br (G)	Hc (Oe)	[BH] _{max} (G·Oe)
シート面に直角な方向	1,740	1,655	0.76×10^6
シート面に平行な方向	950	840	0.20×10^6

消磁装置 (実用新案第 969803 号)

考案者 吉田 太郎・首藤 佑吉・宮 幸助

この考案は電磁チャックなどの消磁装置に関するものである。一般に工作機械で加工物を吸着支持する電磁チャックにおいて、その励磁コイルへの電流の供給をしゃ断しても、チャックには若干の磁気が残留し、この残留磁気のために加工物の取りはずしは極めて困難となる。この考案はこの残留磁気を消去する消磁装置を提供するものである。

図に示す実施例について説明すると、図 1. において、L は電磁チャック、A は交流入力電圧制御回路、F は点弧移相回路、B は制御信号回路、C は切換接点回路、D は帰還回路である。そしてこの装置では制御信号回路 B の出力電圧が高くなるにつれて点弧移相回路 F の出力電圧位相が遅れ、これにしたがって交流入力電圧制御回路 A の導通角が小さくなるようになっていて、制御信号回路 B においてスイッチ SW₃ を投入した後再び開路すると、コンデンサ C₂ に充電された電荷は抵抗 R₂、VR₁ を通して徐々に放電する。この結果点 2 には抵抗 R₃ を通してコンデンサ C₂ 負電位がかかることになるが、この電位はコンデンサ C₂ の放電にしたがって減衰する。これにより点弧移相回路 F の入力信号電流はいったん減少し、

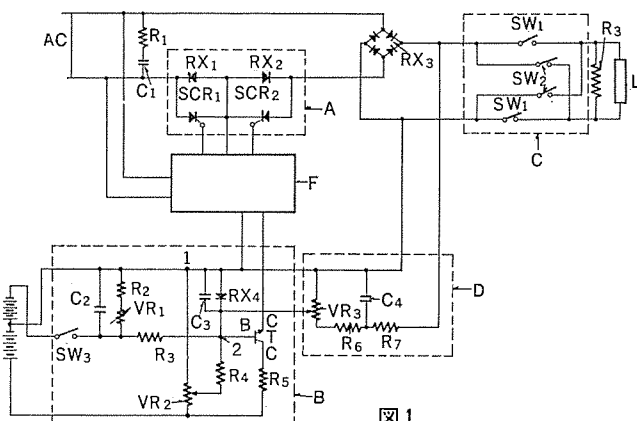


図 1

この後コンデンサ C₂ の放電電圧の減衰にしたがってしだいに増加するので、交流入力電圧制御回路 A の導通角はいったん大きくなってこの後コンデンサ C₂ の放電電圧の減衰にしたがってしだいに小さくなり、ついには零となる。また一方点 2 には帰還回路 D を通して電磁チャック L の端子電圧帰還量がコンデンサ C₂ の負電位を打ち消すように正電位で加わっているため、最終的にはチャック L の端子電圧の絶対値が直線的に減少するように交流入力電圧制御回路 A の導通角が非直線的に小さくなる。そしてこの動作と並行して切換接点回路 C をつりか回路などで定期的に切換えればチャックの磁化曲線は図 2. に示すようにうず巻形となり残留磁気はしだいに小さくなってついには零となる。

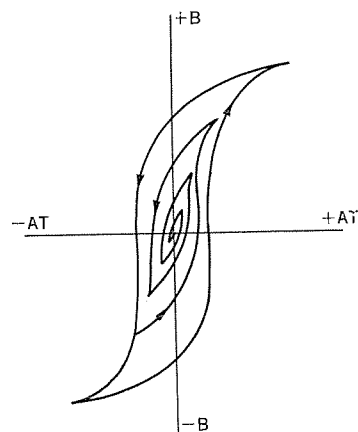


図 2

異方性磁石の製造方法 (特許第 681029 号)

発明者 福 家 章

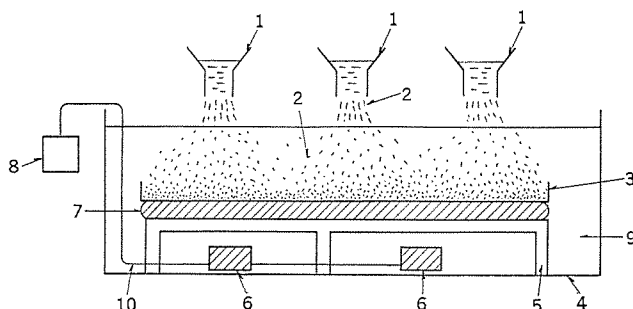
この発明はゴムあるいは合成樹脂類と磁気異方性を有する磁石粉例えばバリウムフェライト粉あるいは Fe-CO 粉などからなる異方性磁石の製法に関するものである。

この発明に使用する装置について説明すると、(1)は磁石粉のホッパ、(2)は磁石粉、(3)はステンレスの製品受台、(4)は容器、(5)は製品支持台、(6)は発振子、(7)は磁界発生装置、(8)は発振器、(9)はゴム溶液、(10)は発振子(6)と発振器(8)を結ぶ線である。この装置において、発振器(8)により超音波を発振させ、ゴム溶液(9)の濃度を一定にしつつホッパ(1)から振りまかれる磁石粉(2)を溶液(9)中でブラウン運動するようにする。その中にステンレスの製品受台(3)に近づいた磁石粉はゴム溶液(9)のゴム分を磁石の回りに付着させながら磁界発生装置(7)によりステンレス製品受台(3)の底部に整列固定される。

この方法で固定した異方性磁石粉とゴム分の混合物を整列をみださないように磁界発生装置(7)といっしょに引上げてゴムの溶液を

完全に除去する。このようにしてできた異方性磁石粉とゴムの混合物を常温に放置すれば硬化する。その段階で磁界発生装置(7)をはずして、次に磁石粉の整列方向に従って着磁して異方性ゴム磁石を製造する。

以上で述べたこの発明の方法によれば、ゴムあるいは合成樹脂類液の濃度調節により常に一定の異方性磁石を作ることができる。



誘電正接による実働変圧器絶縁油管理

石井敏次*・福山宣房**・牧野芳弘**

1. ま え が き

実働変圧器絶縁油の劣化程度を調べるには、全酸価（中和価）、界面張力及び誘電正接（力率）が、多くの研究者によって推奨されているが^{(1)~(6)}、これらの項目のうちの誘電正接に関して特異な現象を経験した。

運転開始後数年くらいの変圧器について絶縁油の力率を変圧器設置場所で測定したところ、異常に大きな値が得られたので、試料油をポリエチレン容器に採取し、誘電正接をはじめ各種の試験を行ったが、いずれの項目も新油と変わらないくらいの良い値が得られた。したがって、現地での測定で力率が非常に大きかったのは、測定器、測定電極あるいは採油方法などに問題があるのではなかろうかと考え、種々の検討を行ったが、全く問題はなかった。

その後、この現象がどのような原因によるものであるかを明らかにするため、数多くの変圧器について油の力率を測定したところ、たまたま当社の工場内で使用している変圧器の油の誘電正接が、上に述べたと同じ挙動を示すことがわかった。

この論文では、この変圧器から採取した絶縁油の誘電正接の特異な挙動を紹介し、誘電正接に影響を及ぼす因子を明らかにするとともに再現実験を行い、誘電正接による絶縁油管理の問題点についても述べている。

2. 測定方法

誘電正接（ $\tan \delta$ ）及び体積抵抗率（ ρ ）の測定には、絶縁油測定電極（横河電機 OE-21 形）を用いた。電極表面にはニッケルめっきが施されている。幾何学的静電容量は約 100 pF であり、高低圧間のギャップは 1 mm である。1 回の測定に約 80 ml の試料油を必要とする。

測定に先だって電極をアセトンで十分に洗浄したあと、105°C で 1 時間以上乾燥し、これを室温まで冷却してから試料油を注入した。試料油注入後に測定を行うまでの時間によって $\tan \delta$ 及び ρ の値は異なるので⁽⁷⁾、測定に際しては、試料油注入 10 分後の値を測定した。

$\tan \delta$ の測定には、シェーリングブリッジ（横河電機 BVI-10 C 形）を用いた。このシェーリングブリッジは、 $\tan \delta$ を 10^{-5} まで測定できる。 ρ の測定には電子管式電流計（横河 ヒューレットパッカード 425 形）を用いた。 ρ は直流 500 V で測定し、 $\tan \delta$ は交流 60 Hz の 500 V で測定した。 $\tan \delta$ 及び ρ の測定はすべて室温で行った。

3. 測定結果

3.1 採油後の放置時間と誘電正接

試験の対象とした変圧器の絶縁油の特性は、表 1. に示すとおりである。油中水分、全酸価及び油中溶解ガス量に関しては、いずれの変圧器の油も良好な値を示している。 $\tan \delta$ 及び ρ に関しては、採油直後に測定した値と、ポリエチレン容器に採取して 30~35°C の室内

表 1. 実働変圧器絶縁油の特性

変 圧 器 番 号		No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	
油 劣 化 防 止 方 法		窒素自動補給式	窒素自動補給式	アトモシール コンサベータ	窒素自動補給式	
製 造 年 月		1966	1962	1961	1961	
容 量 (kVA)		20,000	20,000	12,000	12,000	
油 量 (l)		17,000	—	7,900	8,000	
絶縁油の特性	水 分 量 (ppm)		31	29	24	21
	全 酸 化 (mgkOH/g)		0.010	0.011	0.007	0.010
	油 中 ガス量 (20°C, 1 atm)	窒 素 (ml/100 ml)	8.08	8.88	2.42	10.4
		酸 素 (ml/100 ml)	0.128	0.253	0.309	0.174
		可燃性ガス (ml/100 ml)	0.0033	0.0037	0.0098	0.0065
	採油直後 (34°C)	誘 電 正 接 (%)	0.0813	0.0996	0.0394	0.652
		体積抵抗率 (Ω-cm)	1.53×10 ¹⁴	9.17×10 ¹³	7.88×10 ¹³	7.51×10 ¹³
	24時間後 (36°C)	誘 電 正 接 (%)	0.172	0.175	0.0472	0.241
体積抵抗率 (Ω-cm)		5.66×10 ¹³	5.47×10 ¹³	5.23×10 ¹³	4.12×10 ¹³	

に 24 時間放置した後に測定した値とが示されている。 ρ に関しては、No. 1~No. 4 のいずれの変圧器の油も、採油直後に測定した値と比べて 24 時間後に測定した値のほうが若干低くなっているが、これは、放置中に試料油へ水分が混入したためと推定される。 $\tan \delta$ に関しては、採油直後の値は No. 4 変圧器だけが著しく大きな値を示しているが、24 時間後の値をみると、No. 1~No. 3 変圧器では採油直後の値より大きくなっており、No. 4 変圧器では逆に小さくなっている。No. 4 変圧器の油については参考のために界面張力も測定したが、38 dyne/cm で良好な値であった。

3.2 採油容器の影響

No. 4 変圧器の油の $\tan \delta$ に関してみられた現象が、どのような原因によるものであるかを明らかにするため、まず、 $\tan \delta$ と採油後より測定するまでの時間との関係が、採油方法及び採油容器によってどのように異なるかを No. 4 変圧器の油について調べた。

採油容器に関しては、図 1. に示した 3 種類について検討した。採油方法に関しては、試料油を空気に触れさせた場合（空気暴露油）



図 1. 採油容器の種類

と、空気にできるだけ触れさせないようにした場合(空気しゃ断油)とについて検討した。

ポリエチレン容器及び かつ(褐)色試薬びんの場合、試料油が空気に触れないようにするには、変圧器の採油バルブに接続したビニルチューブの先端にガラス管をつなぎ、これを採油容器の底までそう(挿)入し、油を徐々に流し込んで容器の体積とほぼ同体積の油を容器の口からあふれさせたあとガラス管をぬきとりせん(栓)をした。透明ガラス容器の場合には容器の両端に接続したビニルチューブの一方を変圧器の採油バルブに接続し、変圧器に接続した側を下にして容器を垂直に近い状態に保ち、油を徐々に流し込む。容器の体積とほぼ同体積の油を上側のビニルチューブからあふれさせたあと、両端のビニルチューブをピンチコックで密封した。

図 2. は空気しゃ断油、図 3. は空気暴露油に関する $\tan \delta$ 及び ρ と、採油より測定するまでの時間との関係を示している。いずれの場合も、試料容器は 11~25°C の室内に放置した。空気しゃ断油の

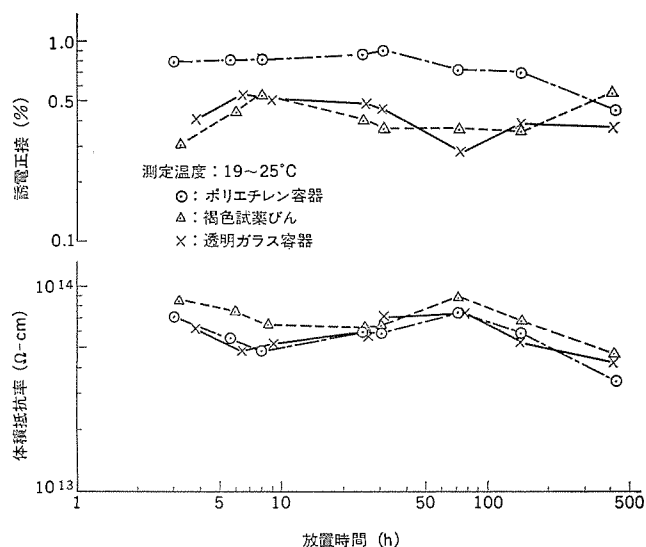


図 2. 空気しゃ断油の誘電正接、体積抵抗率と放置時間との関係に及ぼす採油容器の影響

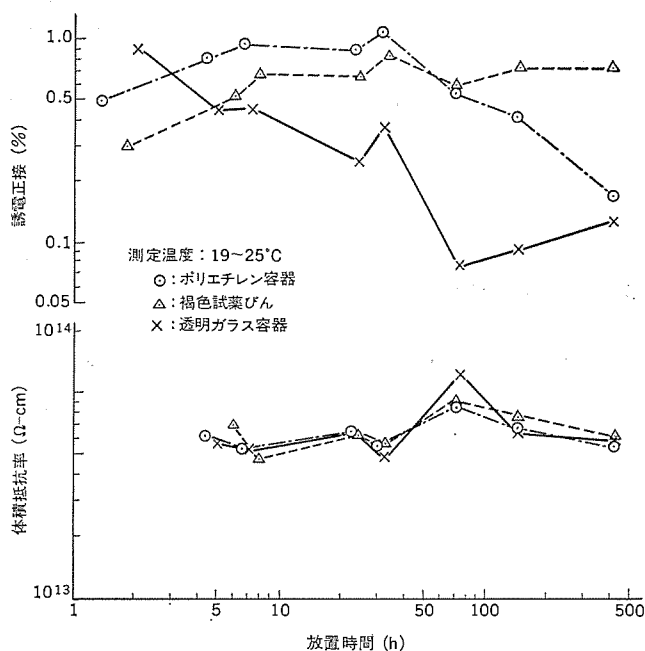


図 3. 空気暴露油の誘電正接、体積抵抗率と放置時間との関係に及ぼす採油容器の影響

ρ 及び $\tan \delta$ は、採油容器の種類には関係なく、採油後 400 時間経過してもほぼ一定値を示している。空気暴露油に関しては、ポリエチレン容器及び透明ガラス容器に採取した油の $\tan \delta$ だけが、顕著な変化を示している。

ところで、表 1., 図 2., 3. の結果から $\tan \delta$ に影響する因子としてどのようなものが考えられるであろうか。

第 1 に、ポリエチレン容器及び透明ガラス容器に採取した空気暴露油の $\tan \delta$ は、放置時間とともに変化しているが空気しゃ断油の $\tan \delta$ は変化していないことから、空気の影響している可能性が高い。

第 2 に、空気暴露油の場合、ポリエチレン容器や透明ガラス容器のように、光を透過しやすい容器では、 $\tan \delta$ が放置時間とともに変化しているが、褐色試薬びんの場合には変化していないことから、光の影響している可能性が高い。

第 3 に、ポリエチレン容器に採取した空気暴露油の $\tan \delta$ は、採油後約 300 時間で 0.24% まで減少しているが、表 1. の結果では、24 時間ですでに 0.24% まで低下している。この点に関しては、表 1. の実験を行ったのは夏であり、図 3. の実験を行ったのは冬であることを考えると、 $\tan \delta$ が放置時間とともに変化する現象は、試料油を放置する室の温度によっても影響されるようである。

第 4 に、図 3. において、ポリエチレン容器及び透明ガラス容器に採取した油の $\tan \delta$ は、放置時間とともに変化しているが、 ρ はほとんど一定値を示していることから、 $\tan \delta$ が変化する現象に対しては、主として極性分子が影響しており、 $\tan \delta$ の変化は、油中の不安定な極性分子の数が増加することに起因するものと推定される。

3. 3 誘電正接に及ぼす空気、温度及び光の影響

No. 4 変圧器から採取した油の $\tan \delta$ の変化は、空気、温度及び光などによって容易に変化する、非常に不安定な極性分子に起因するのではないかと考えたのであるが、ここではこの点をもう少し詳細に調べた結果について述べる。

なお、この実験に用いた油も No. 4 変圧器の油であるが、3. 1, 3. 2 節で述べた実験を行ったあと、変圧器の油面が下がりがすぎたので、600 l の新油を追加注入し、約 6 か月間経過後に採油を行った。また、この実験に用いた油は、いずれも図 1. の透明ガラス容器にアルミはく(箔)を巻きつけて光を完全にしゃ断するとともに、特別の場合以外には空気もしゃ断した状態で採油した。

図 4. は、空気しゃ断油及び空気暴露油について $\tan \delta$ 及び ρ と、放置時間との関係を調べた結果を示している。ここで放置時間というのは、空気しゃ断油、及び採油時に空気に触れさせた油の場合には、採油してから $\tan \delta$ 及び ρ を測定するまでの時間のことであり、室温まで冷却してから空気に触れさせた油の場合には、空気に触れさせてから $\tan \delta$ 及び ρ を測定するまでの時間のことである。

ρ に関しては、いずれの場合も測定のすべての範囲でほとんど変化していない。 $\tan \delta$ に関しては、空気しゃ断油の場合には、採油後 120 時間経過してもほとんど変化しないが、採油時に空気に触れさせた油の場合には、採油後数時間で $\tan \delta$ は、採油時の値と比べて約 3 倍ほど大きくなっている。一方、室温まで冷却してから空気に触れさせた油の場合には、空気に触れさせてからの時間とともに $\tan \delta$ は若干増大しているが、採油時に空気に触れさせた油の場合ほど顕著ではない。このことから、空気は $\tan \delta$ に著しく影響するが、影響の度合は、油が空気に触れるときの油温によって相当異なることがわかる。採油時の油温は 60°C であり、実験室で試料油を空気に触れさせたときの油温は 29°C であった。

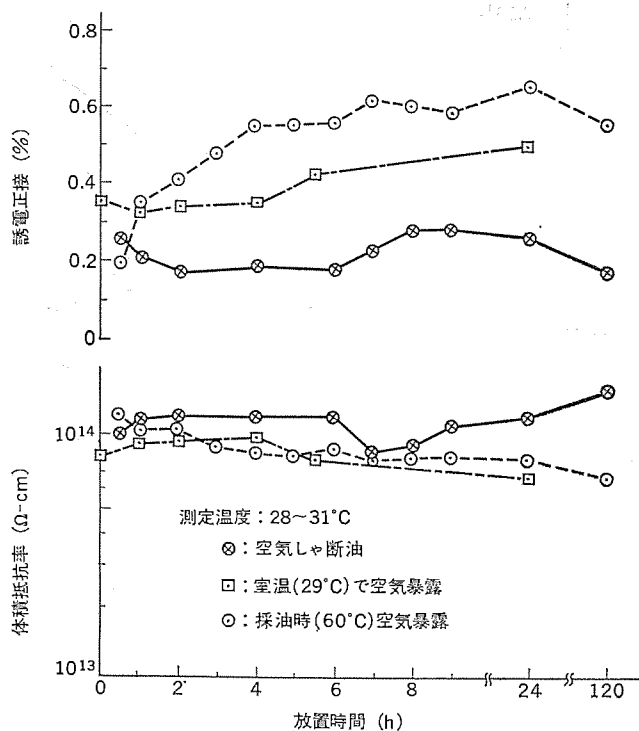


図 4. 空気しゃ断油及び空気暴露油の誘電正接及び体積抵抗率の室温放置による変化

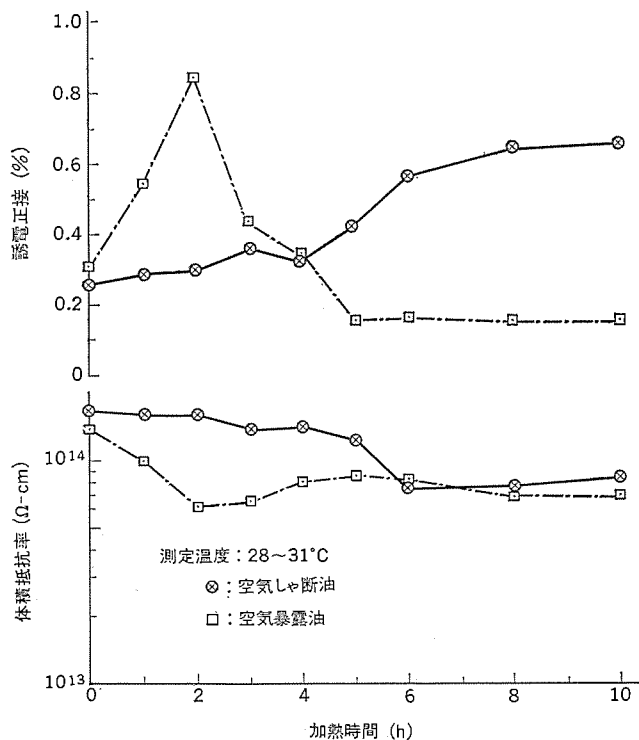


図 5. 空気しゃ断油及び空気暴露油の誘電正接及び体積抵抗率の加熱 (80°C) による変化

図 5. は、採油後 24 時間経過した油について 80°C で加熱したときの加熱時間と $\tan \delta$ 及び ρ との関係を示している。空気暴露油の場合には、空気しゃ断状態で採取した油を加熱の直前に開封し、採油容器中の油の 1/2 を捨て、残りの油に空気を十分に溶解させた後に採油容器の一方を解放して油面上の空気が大気と流通する状態で加熱を行った。空気しゃ断油の場合には、採油時と同じ状態で採油容器ごと加熱した。一定時間加熱後に容器を 1 個ずつ取り出し、室温まで冷却してから $\tan \delta$ 及び ρ を測定した。

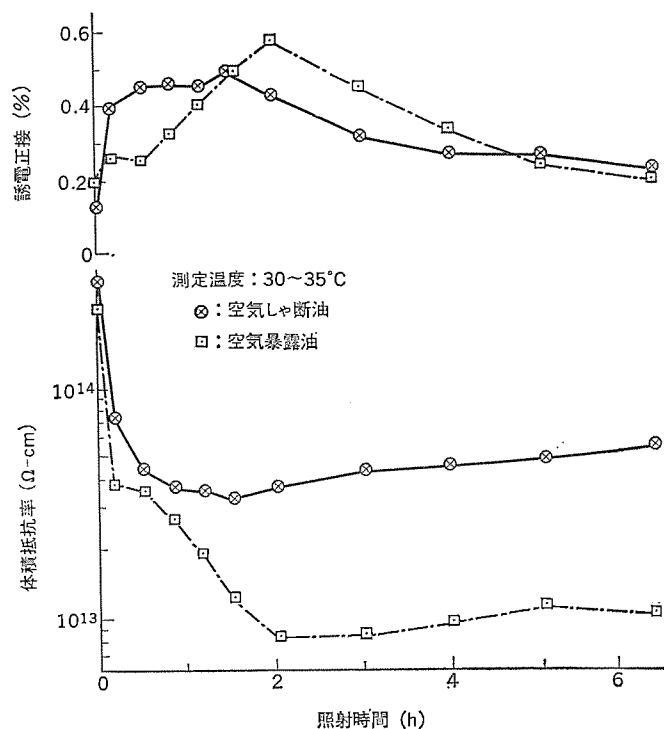


図 6. 空気しゃ断油及び空気暴露油の誘電正接及び体積抵抗率の直射日光による変化

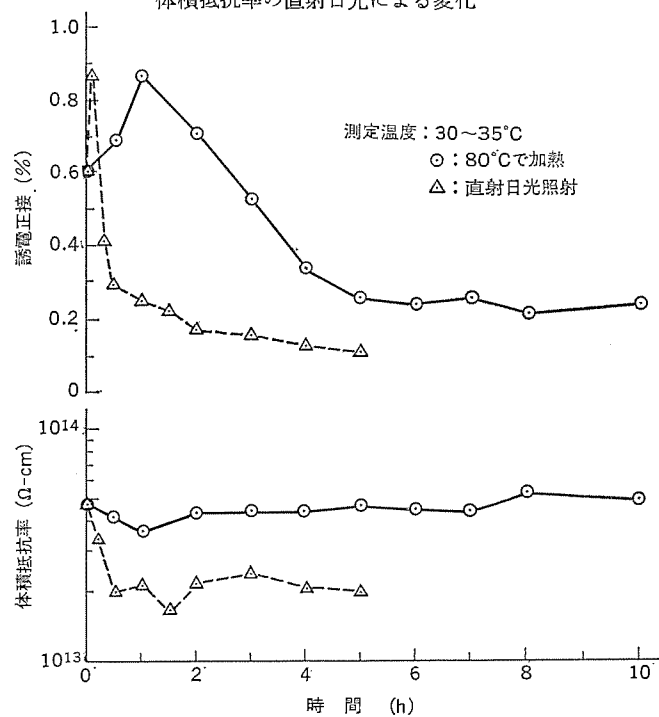


図 7. 空気暴露によって誘電正接の増大した油の誘電正接及び体積抵抗率に及ぼす加熱及び直射日光の影響

空気しゃ断油、空気暴露油のいずれの場合も、 ρ は加熱時間とともにわずかに低下している。空気暴露油の $\tan \delta$ は、加熱の初期段階で急激なピークを示し、加熱を始めて約 5 時間後には初期値の 1/3 に減少している。空気しゃ断油の $\tan \delta$ は、加熱時間とともに徐々に増大する傾向を示している。このことから、 $\tan \delta$ が採油後の時間とともに変化する現象に対しては温度が著しく影響し、しかも、空気が存在する場合には特にその影響の大きいことがわかる。

図 6. は、 $\tan \delta$ 及び ρ に及ぼす直射日光の影響を調べた結果である。直射日光の照射に際しては、図 5. の場合と同様にして作製した空気暴露油及び空気しゃ断油のおののについて、採油容器に巻き

つけたアルミ箔を除去し、採油容器中の試料油に直射日光を照射した。

空気しゃ断油、空気暴露油のいずれの場合も、 $\tan \delta$ は直射日光の照射によって一時的に増大し、更に照射を続けると数時間後には初期値まで低下している。特に空気しゃ断油の場合には、10分間程度の照射であっても $\tan \delta$ は急激に増大している点が注目される。 ρ に関しては、空気しゃ断油、空気暴露油のいずれの場合も照射の初期段階では急激に低下するが、照射時間が2～6時間の範囲ではほとんど一定値を示している。空気しゃ断油と空気暴露油との ρ を比べると、 ρ の低下割合は空気暴露油のほうが大きい。

図7. は、No. 4 変圧器から採取した油を空気に暴露し、 $\tan \delta$ が約0.6%まで増大した油について直射日光及び加熱の影響を調べた結果を示している。実験に際しては、試料油に空気を十分に溶解させた後にこれをビーカーに移し、試料油が空気に触れる状態で直射日光の照射及び加熱を行った。

直射日光を照射した場合には、照射を始めて約5分後に $\tan \delta$ は最大値を示し、更に照射を続けると、照射時間とともに急激に低下する。80°Cで加熱した場合にも $\tan \delta$ は加熱の初期段階でピークを形成し、約4時間後には初期値と比べて著しく低い値を示しているが、ピークの形は直射日光を照射した場合ほど急しゅん(峻)ではない。 ρ に関しては、直射日光を照射した場合には照射の初期段階で急激に低下し、それ以後はほぼ一定値を示しているが、80°Cで加熱した場合には加熱を始めて10時間以内では顕著な変化を示していない。

4. 考 察

4.1 強制劣化油による現象の再現

運転中の変圧器の絶縁油のなかには、全酸価、界面張力及び ρ などは良好であるにもかかわらず、 $\tan \delta$ だけが異常に悪い値を示し、しかも、この油の $\tan \delta$ は採油後より測定するまでの条件によって著しく変化するもののあることが明らかになったが、ここでは $\tan \delta$ のこの特異な挙動を再現できるかどうかを調べた結果について述べる。

油入変圧器においては、変圧器の種類及び容量などによって量的な差はあるが、絶縁油中に銅及び酸素が存在し、運転中であれば変圧器の油温は相当高くなっている。運転中の変圧器絶縁油の劣化が銅、酸素及び温度だけによって支配されるかどうかは別として、これらの三つが最も支配的な要因であることは間違いないであろう。絶縁油に銅触媒と酸素を加えて100°C近い温度で加熱劣化させた際の $\tan \delta$ の挙動に関しては、Balsbaugh^{(8)~(12)} の制限酸化劣化の研究、Doble⁽¹³⁾ 及び Melchior⁽¹⁴⁾ の連続酸化劣化に関する研究があり、いずれの場合にも $\tan \delta$ あるいは力率は、劣化の初期段階で異常に大きな値を示している点が注目される。

劣化の初期段階で $\tan \delta$ が異常に大きな値を示すことと、No. 4 変圧器の油で観察された $\tan \delta$ の特異な挙動との間には何らかの関係があるものと考え、連続酸化劣化及び制限酸化劣化によって得られた絶縁油について、 $\tan \delta$ 及び ρ に及ぼす光、空気及び温度の影響を調べた。

図8. は、変圧器絶縁油 WEMCO-C に銅触媒を加え、酸素ガスを2.0～2.5 l/minの流速で吹き込みながら95±1°Cで加熱劣化させた際の加熱時間と $\tan \delta$, ρ , 全酸価及び界面張力との関係を示している。銅触媒としては、サンドペーパーで研磨した電気用硬銅板をスプリング

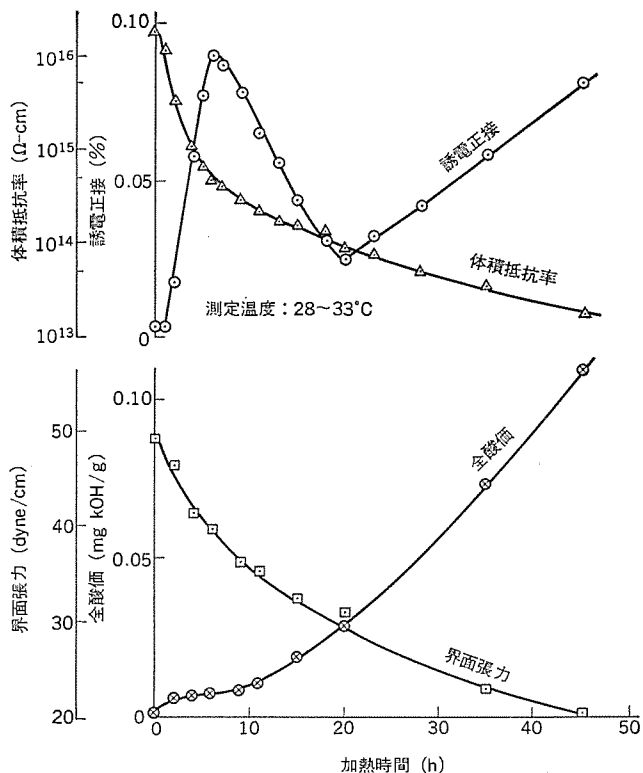


図18. 絶縁油の連続酸化劣化特性

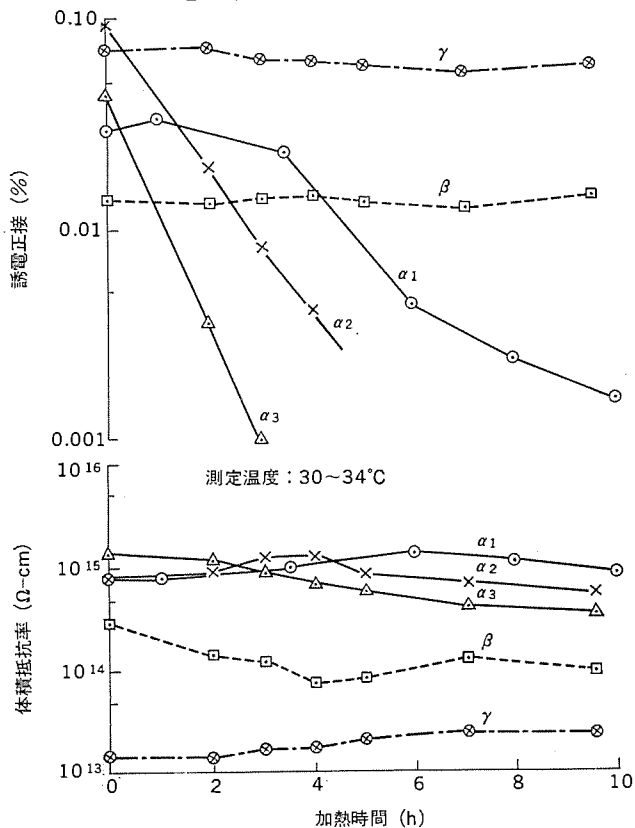


図9. 連続酸化劣化油の誘電正接、体積抵抗率に及ぼす80°C加熱の影響

状に巻き、アセトンとトルエンで十分に洗浄した後に風乾したものを油1 ml に対して銅の表面積が0.04 cm²になるような割合で加えた。 $\tan \delta$ は、Doble, Melchior⁽¹⁴⁾ らによって報告されているように、劣化の初期段階でピークを形成し、極小値を経て再び増大しているが、 $\tan \delta$ がピークを形成している領域における油の ρ , 全酸価及び界面張力は、 $\tan \delta$ の値からは考えられないほどに良い値を示している点

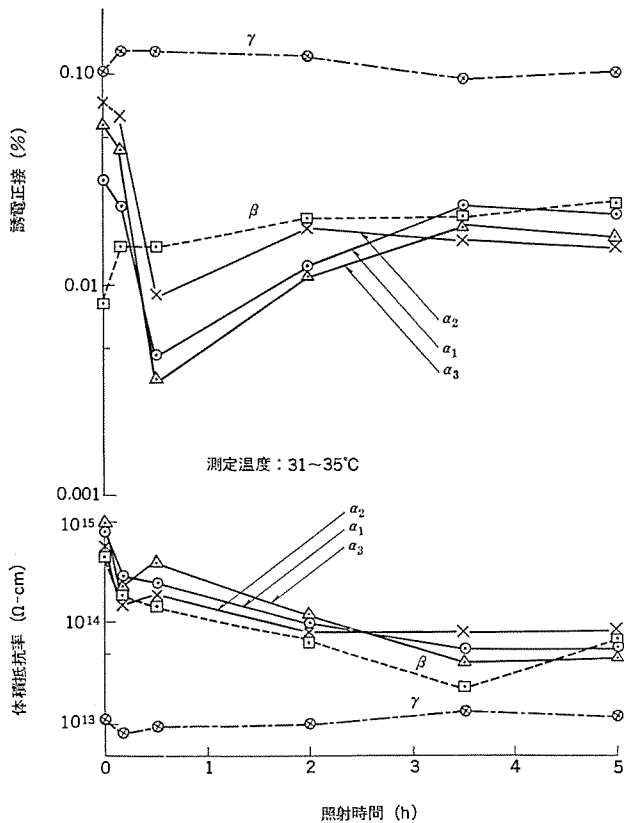


図 10. 連続酸化劣化油の誘電正接、体積抵抗率に及ぼす直射日光の影響

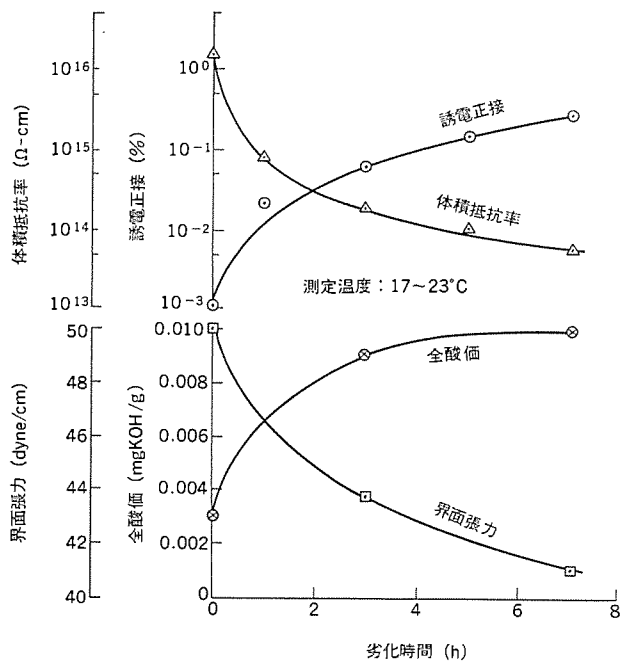


図 11. 絶縁油の制限酸化劣化特性

が注目される。

図 9. は、図 8. において劣化段階が α_1 , α_2 , α_3 , β 及び γ の油について $\tan \delta$ 及び ρ に及ぼす 80°C での加熱の影響を調べた結果を示している。 α_1 , α_2 及び α_3 の $\tan \delta$ は加熱時間とともに小さくなり、しかも、劣化時間の長いものほど短時間で減少する傾向を示している。 β 及び γ の $\tan \delta$ は加熱時間が 10 時間以内ではほとんど一定値を示している。 ρ に関しては、 α_1 , α_2 , α_3 , β 及び γ のいずれの油についても顕著な変化はみられない。

図 10. は、直射日光を照射した際の $\tan \delta$ 及び ρ の変化を示して

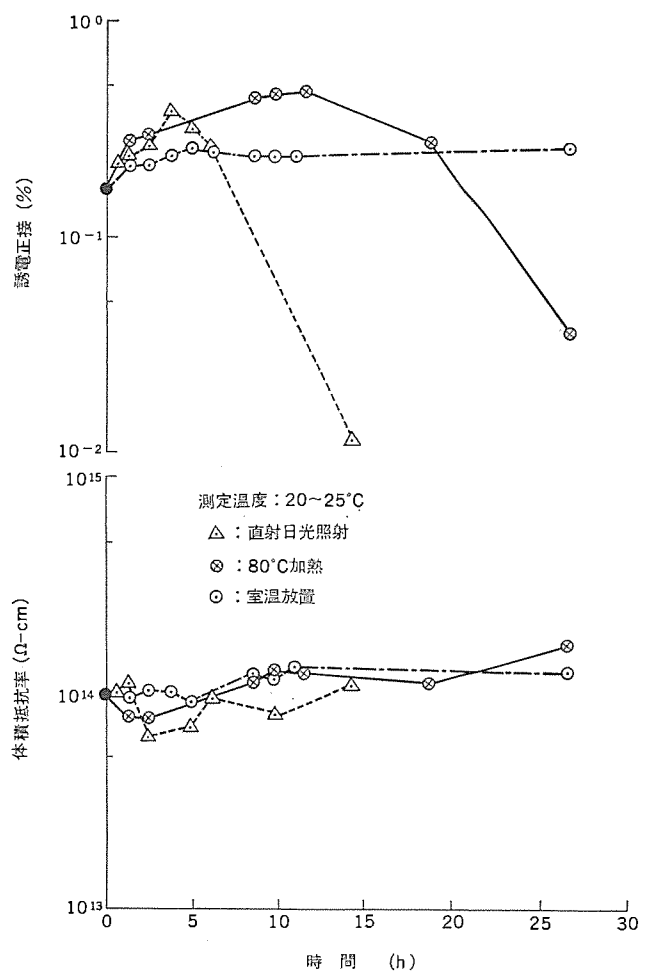


図 12. 制限酸化油の誘電正接、体積抵抗率に及ぼす直射日光、 80°C 加熱の影響

いる。 α_1 , α_2 及び α_3 の $\tan \delta$ は照射の初期段階で急激に減少した後、極小値を経て時間とともに徐々に増大している。 β の $\tan \delta$ は照射の初期段階で急激に増大し、それ以後は照射時間とともに徐々に増大する傾向を示している。 γ の $\tan \delta$ は照射時間には関係なくほとんど一定値を示している。 ρ に関しては、 α_1 , α_2 , α_3 及び β の場合には照射の初期段階で急激に減少した後、照射時間とともに徐々に低下しているが、 γ の場合には測定全範囲でほとんど一定値を示している。

図 11. は、WEMCO-C に一定量の銅触媒と酸素を加え、密閉状態で加熱した際の加熱時間と $\tan \delta$, ρ , 全酸価及び界面張力との関係を示している。銅触媒としては、図 8. の場合と同じ処理を行った電気用硬銅線を油 1 ml に対して表面積 1.45 cm^2 の割合で加え、酸素は油 1 ml に対して 0.1 ml (at 20°C , 1 atm) の割合で加えた。加熱温度は $95 \pm 1^\circ\text{C}$ とした。 $\tan \delta$, ρ , 全酸価及び界面張力のいずれの項目も、加熱の初期段階で急激に変化し、それ以後は加熱時間とともに徐々に変化している。 $\tan \delta$ と、その他の特性とを比べてみると、例えば 7 時間加熱後の値では、図 8. の場合と同様、 $\tan \delta$ は相当大きな値を示しているにもかかわらず ρ , 全酸価及び界面張力は非常に良い値を示している。

図 12. は、図 11. の 7 時間加熱した後の油を室温まで冷却し、これに空気を飽和させたものを試料油として $\tan \delta$ 及び ρ に及ぼす直射日光及び加熱の影響を調べた結果を示している。室温で放置した場合には、放置の初期段階で $\tan \delta$ は増大しているが、5~25 時間の範囲ではほとんど一定値を示している。直射日光を照射した場

合、及び 80°C で加熱した場合には、それぞれ約 4 時間後及び約 12 時間後に $\tan \delta$ は極大値を示し、それ以後は照射時間あるいは加熱時間とともに急激に減少している。 ρ に関しては、室温放置、直射日光照射及び 80°C 加熱のいずれの場合も測定的全範囲でほぼ一定値を示している。

以上の結果を、No. 4 変圧器絶縁油について観察された結果と比べてみると、No. 4 変圧器の絶縁油は、図 8. の連続酸化劣化油で言えば α 領域の油に、また、図 11. の制限酸化劣化油で言えば $\tan \delta$ が異常上昇している領域の油に相当するものと考えられ、実働変圧器絶縁油の劣化に対しても銅、酸素及び温度が最も支配的な要因になっているものと考えられる。

4. 2 誘電正接による絶縁油管理の問題点

$\tan \delta$ を測定することによって絶縁油の劣化程度を知り得るためには、絶縁油の劣化程度と $\tan \delta$ との間に相関性があり、また、データの再現性が良くなければならない。ここでは、 $\tan \delta$ を測定することによって実働変圧器絶縁油の劣化程度を正しく評価できるかどうかを考えてみよう。

まず、 $\tan \delta$ と、絶縁油の劣化程度との間の相関性についてはどうであろうか。絶縁油の劣化といった場合には、化学的な劣化（変質）と、変圧器に使用されている材料による汚染という二つの意味がある。化学的な劣化による絶縁油の寿命は、スラッジの発生という観点から決められるべきであり、スラッジの発生と全酸価及び界面張力との間には密接な関係があるので⁽³⁾⁽⁴⁾⁽⁶⁾、No. 4 変圧器の油のように、 $\tan \delta$ が相当大きな値を示していても、全酸価、界面張力が良好な値を示していれば、その油は使用可能と考えるべきであろう。使用材料による油の汚染といった点については、筆者らのこれまでの経験では、 $\tan \delta$ が悪くなる場合には、全酸価、界面張力及び ρ も悪くなるのが普通であり、No. 4 変圧器の場合には、使用材料によって油が汚染されたとも考えにくい。

また、窒素封入変圧器、開放形変圧器のいずれの場合も、最終的には図 8. に示した経路を経て寿命に達するものとすれば、絶縁油が真の寿命に達するまでに $\tan \delta$ は、3 回同じ値を示すであろう。最初の 2 回は劣化の初期段階で、 $\tan \delta$ がピークを形成している領域においてであり、他の 1 回は、 $\tan \delta$ が極小値を過ぎて加熱時間とともに増大している領域においてである。この場合、絶縁油の寿命と関係があるのは最後の場合だけであり、絶縁油の劣化と $\tan \delta$ との間には必ずしも相関性はないようである。

次に、データの再現性についてはどうであろうか。一般に、運転中の変圧器の絶縁油の $\tan \delta$ あるいは力率を測定するには、二つの方法がある。第 1 の方法は、変圧器の掘付場所で採油後直ちに測定する方法であり、第 2 の方法は、変圧器から採取した油を実験室へ持ち帰って測定する方法である。第 1 の方法では、試料油を採取してから測定するまでの時間は比較的短いものと考えられるが、一般に行われている方法では、光及び空気の影響を完全に除くことはできないので、ある特定の変圧器の油に関してはその日の天候、気温などによって異なった値が得られるであろう。第 2 の方法では、採油方法、採油容器、試料油の保管場所、及び採油してから測定するまでの時間などによって空気、温度及び光の影響は異なり、また、室温よりも高い温度で測定する場合には、このときの加熱によっても $\tan \delta$ 及び力率は異なった値を示すであろう。したがって、第 1 あるいは第 2 のいずれの方法によっても、ある特定の変圧器については、

特別の注意を払わない限り再現性のあるデータを得ることはむずかしい。

しかし、絶縁油の劣化過程における $\tan \delta$ の特異な挙動を十分に理解したうえで試料採取を行い、 $\tan \delta$ 以外に ρ 、全酸価及び界面張力なども測定して、総合的な判断を行えば、絶縁油の劣化に関してより詳細な情報を得ることもできる。

5. む す び

(1) 実働変圧器絶縁油のなかには、体積抵抗率、全酸価及び界面張力などは良好であるにもかかわらず、誘電正接だけは異常に大きな値を示す油がある。この油の誘電正接は、光、空気及び温度の影響を受けやすいので、採油方法、採油容器及び採油してから測定するまでの条件などによって著しく異なった値を示す。

(2) 連続酸化劣化の初期段階で誘電正接がピークを形成している領域の油、制限酸化劣化によって誘電正接が異常に大きくなった油の体積抵抗率、全酸価及び界面張力は、誘電正接の値からは考えられないほどの良い値を示す。この油の誘電正接も、空気、直射日光及び加熱によって容易に変化する。

(3) 実働変圧器の絶縁油は、絶縁油に銅触媒、酸素を加えて強制劣化させた場合とほぼ同じ経路を経て劣化し、No. 4 変圧器の絶縁油は、強制劣化させた場合で言えば、劣化の初期段階で誘電正接が異常に大きな値を示している油に相当するものと考えられる。

(4) 誘電正接は、実働変圧器絶縁油の管理項目として必ずしも適当ではないが、体積抵抗率、全酸価及び界面張力も同時に測定し、総合的な判断を行えば、絶縁油の劣化状態に関してより詳細な情報を得ることもできる。

参 考 文 献

- (1) R. G. Call : ASTM Special Technical Publication, No. 95 (1949)
- (2) F. M. Clark : ASTM Special Technical Publication, No. 135 (1951)
- (3) T. A. McConnell : ASTM Special Technical Publication, No. 218 (1957)
- (4) G. Pleek : CIGRE Paper, No. 121 (1954)
- (5) T. H. Chisholm : CIGRE Paper, No. 104 (1954)
- (6) R. Wilput : CIGRE Paper, No. 125 (1966)
- (7) J. H. Mason, M. A. Simmons : CIGRE Paper, No. 128 (1966)
- (8) J. C. Balsbaugh, A. H. Howell and A. G. Assaf : Ind. Eng. Chem., 32, 11, 1,497 (1940)
- (9) J. C. Balsbaugh, A. G. Assaf and W. W. Pendleton : Ind. Eng. Chem., 33, 10, 1,321 (1941)
- (10) J. C. Balsbaugh, A. G. Assaf and J. L. Oncley : Ind. Eng. Chem., 34, 1, 92 (1942)
- (11) A. G. Assaf and J. C. Balsbaugh : Ind. Eng. Chem., 35, 8, 909 (1943)
- (12) J. C. Balsbaugh, A. G. Assaf : AIEE Trans., 62, 331 (1943)
- (13) F. C. Doble : AIEE Conference Paper CP-62-349
- (14) J. J. Melchior, I. W. Mills : J. Electrochem., 112, 4, 390 (1965)

ストレートシーマ(二つ折り装置付き自動縫製機)

藤田 次朗*・大庭 耕一*

1. ま え が き

一般に縫製加工工業では、ミシン運転のか(稼)動効率が悪く、したがって生産性も低いので、縫製能率の向上を目差して、ミシンの高速運転化が行われ、最も多用途はん(汎)用機である1本針本縫いミシンでは、既に、毎分6,000針の超高速ミシンも開発した。しかし、ミシンの高速化よりもむしろ縫製の前後工程の自動化が、より効果的であり、縫製後に自動的に縫い糸の切断ができる自動糸切り装置付きミシンを開発し、更には、縫製の縫い始め部、あるいは縫い終わり部で自動的に止め縫いも行い、布押えも自動上昇し、自動糸切りも行えるように電子制御装置付きの自動化ミシンDB-179-AD形を当社でも開発し、能率向上と製品の品質向上に寄与してきた。

昨今の縫製加工工業界は、上記のような汎用省力化ミシンよりも一歩進んで、加工品台に縫い布をセットすると、縫製前に二つ折りを自動的に均一化された寸法で折曲げた後、自動縫製を行い、縫製後は自動的に積重ねができるまでの装置の需要要望もあり、当社も需要に応じ、最も基本形であるストレートシーマを開発したのでその概要について述べる。

2. 開発のねらい

縫製加工中のミシン工程を大別すると、組立工程と部品工程に大略2分されるが、当社においては縫製加工品のサイズ、形状、仕様等を集約化できる部品工程の自動縫製化を対象とし、装置の仕様も将来、工程、方法に変更が生じた場合でも他に対応できる幅広さを持っている事。縫製工程よりも、二つ折りなど縫製前の前加工工程の多い部品に対応できる事。更には、未経験者でも簡単に操作ができ、しかも十分な品質と能率向上が得られる事をねらいとして、二つ折り装置付きストレートシーマを開発することとした。なお、仕様の決定などについては、有力シャツメーカーの理解と協力を得て行った。

3. 用途と特長

ストレートシーマは、作業者が単に縫製加工品を装置中の加工品台にそろえて置くだけで、自動的に布端の二つ折りを行った後、ミシン部分へ送り込み、縫製後は自動糸切りをし、加工品の収納(積重ね)が自動的に、かつ連続的に行われる二つ折り装置付き自動縫製機である。

用途としては極めて幅広い性格を持っているが、具体例としては図1. 5. 6. に示すカッターシャツのカフス心止めなどがあり、これらの作業の省力化・自動化に大幅に貢献するものである。上記したカフスの心止め作業を例にとってみると、現在大半のカッターシャツメーカーにおいては、図1. に示すように心地にのりを塗ってから表地を乗せて張りつけ、表地を手で二つ折りしてアイロンで心地と表地を接合し、別の工程部門で、二つ折り部をミシンで縫製(心止め)する手作業方法を行っているが、工程が数カ所となり非能率的であった。この作業は、比較的自動化・省力化が進んでいるカッターシャツの製造

工程名称とステップ	作業模形図	
1 心張り:表地aと心地bとの接合 二つ折り:aの端部のb側への二つ折り		1~3の工程を三菱ストレートシーマで一挙に行う
3 心止め:折曲げ部の縫合		
4 裏地Cを表地aに重ねて折曲げてから地縫		
5 返し,口折り:袋状のものを裏返しにしてから裏地cの下端を内側へ折曲げ		
6 整形プレス:縫合線をそろえ丸味部分をプレス		
7 飾縫い:点線のように縫合		
8 穴かがり(両端) 9 ボタン付け		

図 1. カフス加工工程の名称と作業模形図

	① 衿地縫 NCミシン: ガーバー, ジューキ ならいミシン: ネッキ, トルペナイズド社
	② ポケット付け ポケットセッタ: バフ, アドラー, シンガー
	③ カフス心止め ストレートシーマ: 三菱, バフ, アドラー
	④ ボタン穴かがり ジューキ, プラザー
	⑤ カフス地縫 バフ, ミニスター
	⑥ ヨーク付け バフ, アドラー
	⑦ ボタン付け機 ユニオンスベシャル

図 2. カッターシャツに使われている自動機

工程の中でもネックとなっている箇所である。なお参考に図2. に現在大手のカッターシャツメーカーに使われている自動機とその縫製箇所を示した。

ストレートシーマは、このように数工程を要している部分を1台の装置で行える特長があり、具体的な特長を列記すると下記である。

- (1) 二つ折りと縫製を1台の装置で行えるので、能率は極めて向上し、作業場の占有面積を小形化でき、レイアウトの変更も簡単に行える。(従来は、二つ折り作業、のり付け、アイロン掛け作業等に数名と、縫製作業に数名を必要としていた)
- (2) 作業者は、加工品台に布を乗せる単純な作業だけなので、熟練を必要としない。また、多量生産が行え、個々の製品にばらつきがなく、均一な品質の製品が得られる。
- (3) 二つ折りは布を加工品台にのせたままの状態で行うので、二つ折り部にしわなどの発生がなく、仕上がりの良い製品が得られる。
- (4) 縫製品の送り案内装置によって、被縫製物が縫目線に対して、まっすぐに縫製ができ、縫目もパッキングもなく仕上がりの良い製品が得られる。
- (5) 縫製物は自動的に収納箱へ収納され、積重ねられるので人手

による後処理が不要である。

4. 仕様・構成・動作

ストレートシーマの作業工程順序、作動順序、及び仕様の大略は表 1. に示すごとくであり、装置の外観は図 3. であり、概略の構造は図 4. に示すごとくである。

この装置の構成・動作を例えば、カッターシャツのカフスの心止めの作業工程に適用した場合について述べる。図 5. はカフスの心地に表地を重ねた最初の状態図。図 6. はこの装置によって二つ折りして

縫製が完了した状態を示すものであり、図 5. から図 6. に至る作業工程をこの装置の動作順序で述べる。

まず作業者が全体の構造を示す図 4. 中の布そろえゲージの上に心地と表地をそろえて加工品台の上のせると CdS 検出装置が布により光をシャ断され最初に設定した時間後に自動的に働いて図 7.

表 1. ストレートシーマの仕様

布セット検出装置	CdS 素子 (セットタイムは調節可能) 外光シャ断方式
布セット装置	プラスチック板による押圧式 (駆動源: エアシリンダ)
二つ折り装置	機械的 2 次折曲げ方式 (駆動源: エアシリンダ)
送り込み装置	自動送り込み方式 (駆動源: エアシリンダ)
縫製指令装置	縫い始め、縫い終わり共に授受光方式光电スイッチ
ミシン	DB 179 形自動糸切りミシン (1) 回転数 3,000 rpm (2) 送り量 1.6 mm
ミシン駆動モータ	CB-252 BG 形電磁クラッチ操作式リミストップモータ
縫製物クランプ装置	上下挟み方式 (駆動源: エアシリンダ)
縫製物送り案内装置	ミシンと同期作動 (1) 駆動源: ステップモータ (2) 同期間欠動作: ヒステリシス電磁クラッチ ZHA-1.2 A 形
縫製物収納装置	収納箱へ自動反転方式により積重ね (駆動源: ロータリソレノイド)
制御方式	IC 制御
使用電源	100 V, 200 V
使用空気圧	3~4 kg/cm ²
据付面積	80×150 cm
縫製サイクル (カフス心止めの場合)	7~8 s/枚 約 4,000 枚/8 h

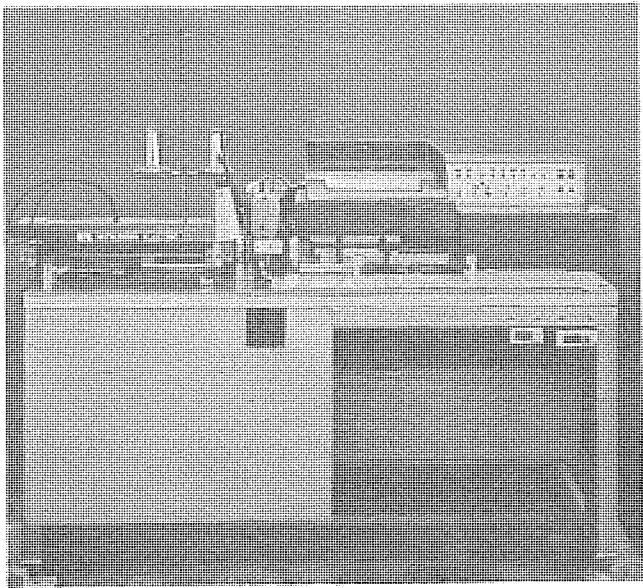


図 3. 装置の外観

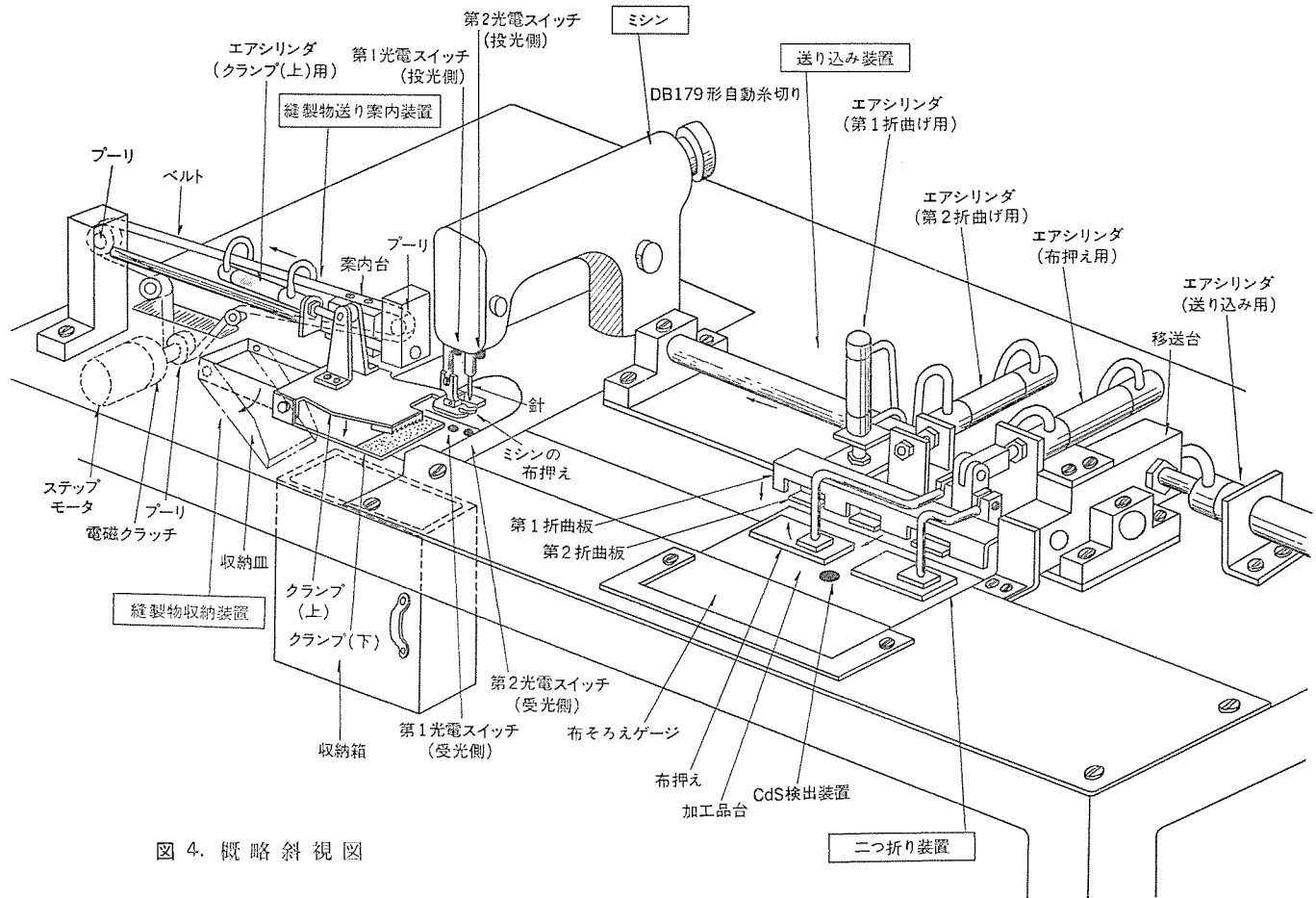


図 4. 概略斜視図

に示す順序で二つ折り装置が動作する。この二つ折り装置について詳述すると、まず二つ折り装置の布押えが降下して表地及び心地を動かないように押圧してから、第1折曲板が降下して表地の端部を直角状に折曲げる。

次に第2折曲板が水平方向へ作動し、表地の端部を180°に折曲げて図7の③に示すように二つ折りする。二つ折り工程が終了す

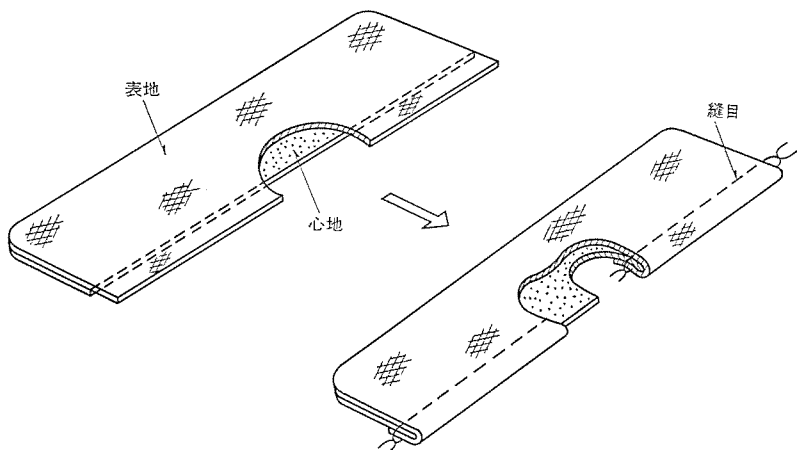


図5. カフス心止め前の状態図

図6. カフス心止め後の状態図

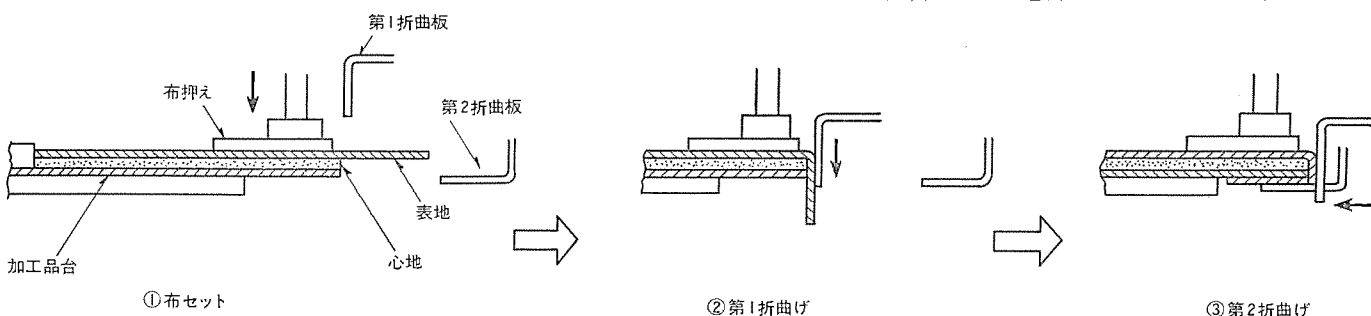


図7. 二つ折り動作

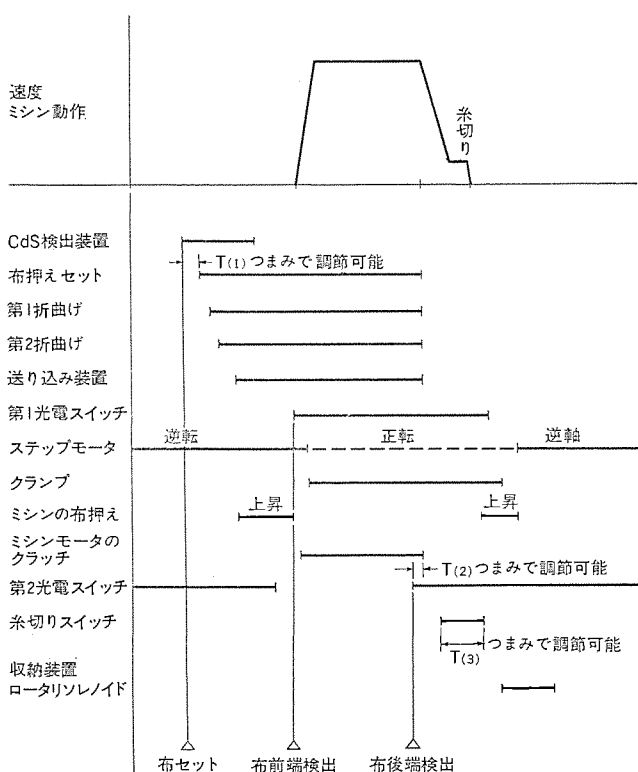


図8. タイミングチャート

ると、布押えで布を押さえたままで、加工品台が移動して被縫製物はミシンの針の下まで送り込まれる。このとき被縫製物の前端が第1光电スイッチにより検出されるので、送り込みとほぼ同時にミシンの布押えは自動降下して駆動モータのクラッチがONとなり、ミシンは運転され縫製が開始され、ミシンの布送り装置と縫製物の送り案内装置によって布の終端まで所定の縫目で縫製される。布の終端部を

第2光电スイッチが検出すると同時に駆動モータのクラッチはOFFとなりミシンの運転は停止される。なお二つ折り装置と一体の加工品台は、縫製の開始時期には元の位置へ復帰しており、次の作業が連続して行えるようになっている。一方縫製物の送り案内装置は、常時は図4に示すようにミシンに最も近い位置で待機し、クランプ(上)は上昇しておりミシンが縫製を開始して布前端がミシンの布押えを通過する時期にクランプ(上)は下降して縫製物を確実に保持した状態で、ステップモータによりレールに案内され縫い方向へ一直線にミシンの送り運動と同期して動作し、布をまっすぐに美しく縫えるように案内する役目を果たす。更に詳述すると、被縫製物をクランプ(上)と(下)で保持した状態でステップモータが回転しプーリに巻掛けされたベルトと一体に取付けら

れた案内台はレールに案内されて一直線上を移送される。この送り案内装置は一般に縫製する場合作業者が、やや布を引張り気味に案内し、縫いじわなどが発生しないように縫製しているのとはほぼ同じ状態で縫製できるようにしたもので、常に布押えより送り出される布を緊張して引張るが、ミシンの送り速度以上の速度で引張らないように駆動伝達系路に電磁クラッチを設け、電磁クラッチに設定値以上のトルクが負荷されると、電磁クラッチはOFFとなり、プーリを空転させて送り案内装置の作動を一時停止するような断続運転を繰り返して移動し、上記した効果が生ずるようにしてある。次に縫製が終了するとミシンは停止し、自動糸切り装置によって糸切りを行いミシンの布押えは自動上昇する。自動糸切りを行った後は縫製物案内装置によって加工品を所定の位置まで搬送し、所定位置でクランプを解放して、収納皿上に積込むと同時に、この収納皿は図4の点線で示す状態で作動して収納箱中へ落とし込み、この箱中に順次積重ねる。

なお、縫製加工品を収納皿へ落とし込んだ後は、ステップモータの逆転で縫製物案内装置は元の位置へ復帰して次の動作が行えるように待機する。

上記したサイクルのタイミングチャートを図8に示す。また制御回路の概略は図9であり、実際の制御装置は図10である。この制御装置は開発当初のものであり、今後はIC化回路として小形にまとめ得るようにしていることはもちろんである。

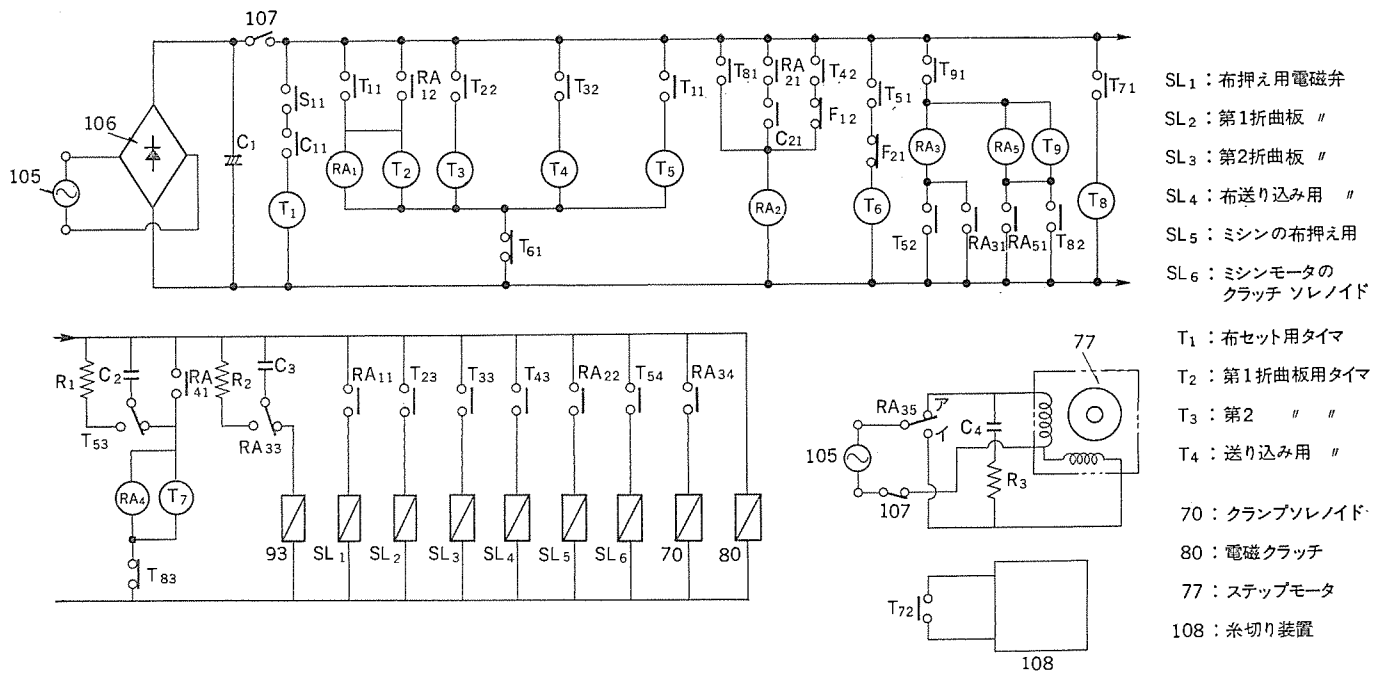


図 9. 制 御 回 路

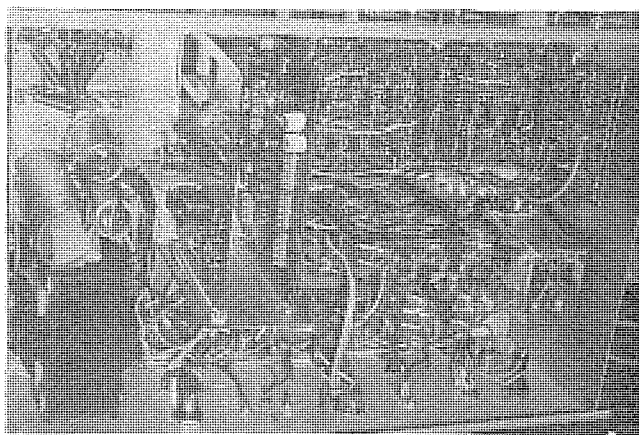


図 10. 制 御 箱 内 部

5. 操作面の特長

図 11. に制御盤の操作部を示す。

(1) 操作は全自動と手動が行えるようにしてあるが、作業者が本機を運転する初期の不慣れのために加工品台の上に布をセットする際のミス、あるいは装置の誤動作があるので、ある程度布の扱い動作を習熟するまではその都度手動スイッチを押して運転できるように配慮してある。

(2) 作業者が習熟し全自動にスイッチを切換えると 4 章で記述したように縫製物を加工品台にセットするごとに、発進信号を駆動系に出し一定のサイクルタイムで連続運転が行える。またセットミス、あるいは縫製中の糸切れ等が発生したときは緊急停止スイッチを操作して急停止し、正しく修正できることももちろん可能である。

(3) 作業者の習熟が更に進んだときには、各動作間の調節つまみを調節するだけで各動作を早めたり、又は遅らせたりして、作業者の能力に合わせて自由に加減できるようにしているので運転は一層便利である。

(4) 縫製物を加工品台にセットしてから収納皿が作動する一連の

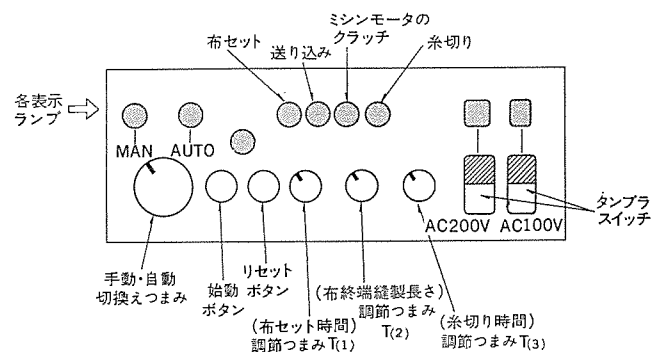


図 11. 制 御 盤 の 操 作 部

動作ごとに制御盤の表示ランプを点滅して表示するようにしてあるので故障箇所の発見が容易であり、問題点の解決を早くするようにも配慮してある。

6. む す び

ここ数年来、省力化・自動化されてきた各種の自動縫製機の中でも今回はその最も基本形となるストレートシマ（二つ折り装置付き自動縫製機）についてその概要を説明した。縫製業界では今後ますますこの種の自動縫製機の応用も広められるであろうが、縫製の品種は多種、多様であり、縫製企業別にも工程、仕様も変わりストレートシマの応用形も多くなることは十分予測されるので、市場と密着しながらソフトウェア面での情報、方向性などを早くキャッチし、市場で最適な自動機を開発するように努力する所存である。

参 考 文 献

- (1) 藤田、本田ほか：半導体制御による工業用ミシンの自動化、三菱電機技報、48, No. 8, 971 (昭 49)

新幹線列車無線地上系設備

杉岡 昇*・松島 利康*・原 三憲*・中川 幹雄**・花房 正昭**

1. ま え が き

待望の山陽新幹線、岡山－博多は昭和50年3月10日営業運転に入った。今般、この区間の列車無線設備につき、岡山及び小倉統制局管内の13基地局、統制局設備2式（交換機を除く）及び、トンネル対策設備の全設備（中継機数153台その他付帯設備多数）を納入したので、その概要を報告する。

もとよりこれらは既設方式、設備から受ける制約のため、大幅なシステム変更は不可能であるが、東京－岡山間の実績をふまえ、一段と進歩改良した設備となっている。以下にシステム、機器の主要な特色を示す。

(1) 全線約400kmの内、半分以上はトンネル区間であり、の中には全長18kmの関門トンネルをはじめ長大トンネルが多く、信頼度の点より、IF中継方式による中継機を使用し、LCXによるトンネル対策を行っている。

(2) 基地局設備は、20Wの送信機を含め全固体化されており、送受信機ともに予備機を有し、システム信頼度の向上を計っている。

(3) 基地局－統制局間のアプローチ回線は、マイクロ（迂）回構成を採用し、線路断などの障害時でも機能が維持される構成としている。

(4) 遠方監視制御により、基地局及びトンネル対策設備の動作状態が統制局で容易には（把）握でき、保守の便を計っている。

2. 地上設備の概要

岡山－博多間のシステム計画に当たり、現行システムとの関係上、前提とした事項は次の3点である。

(1) 回線数は現行回線と同様、運転指令2ch、業務公衆6chとし、無線、アプローチ回線は、将来の2ch増にそなえ、新大阪－岡山と同じく10ch容量とした。

(2) 無線回線、周波数、交換制御等現行システム・設備に関連するものはすべて従来と同じ方式とすることとした。

(3) 保守の省力化、ケーブル断等も含めた障害に対するシステム信頼度の向上を計る構成とし、性能的にも幾多の改良を加えた。

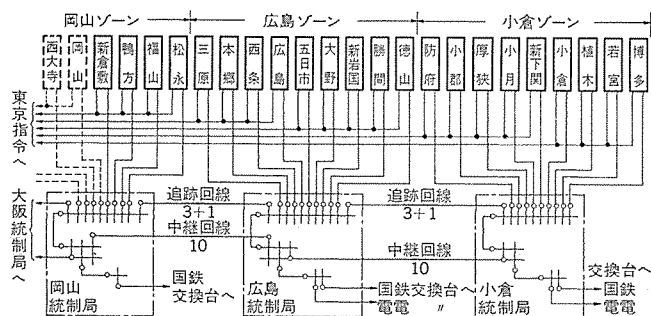


図1. 総合接続系統図

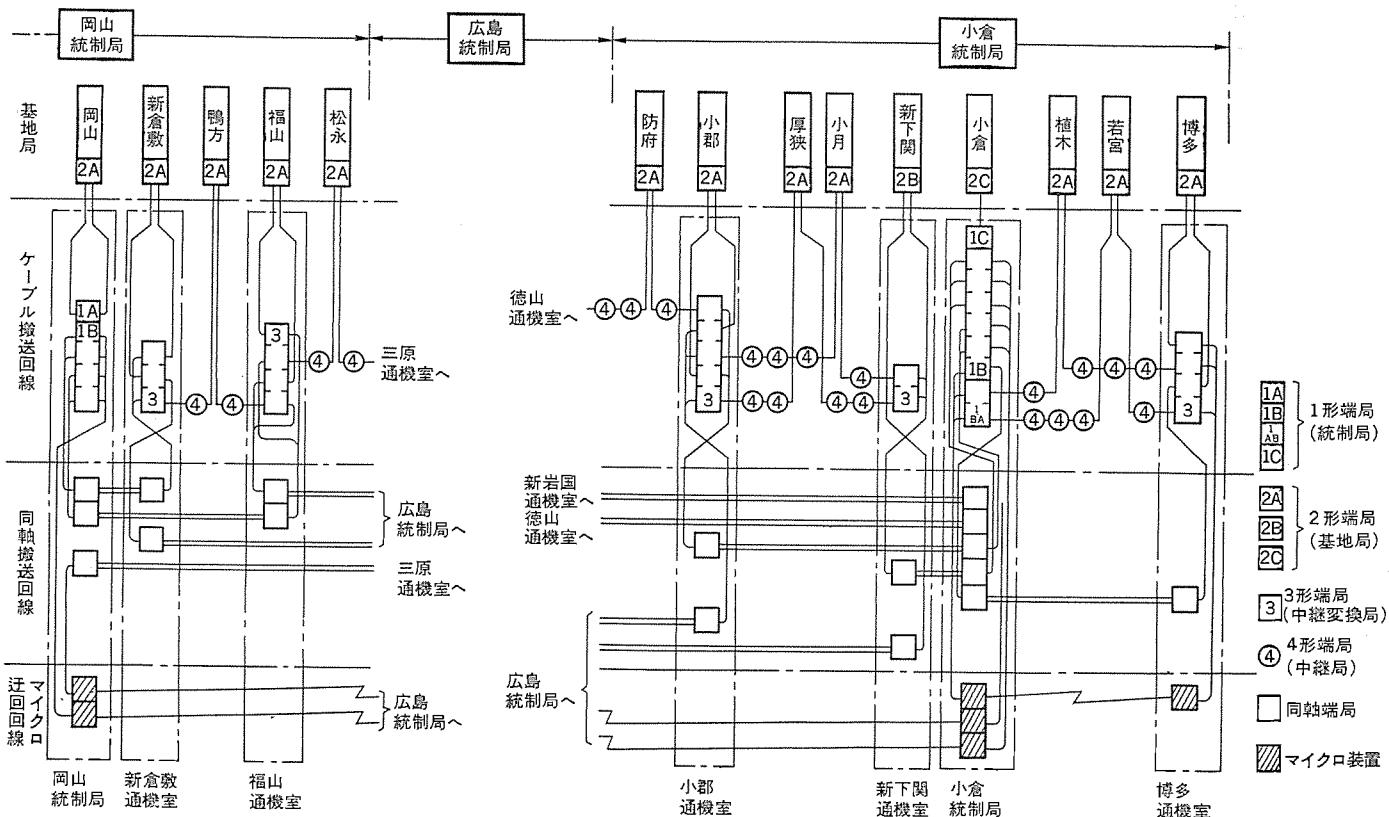


図2. 列車無線地上伝送系統図

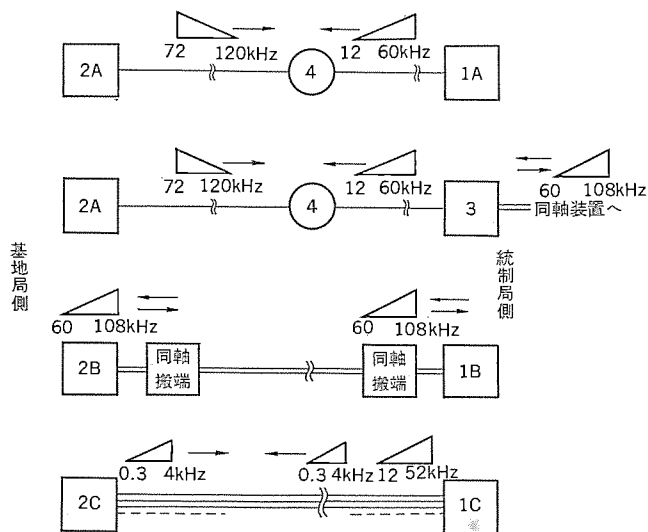


図 4. 標準伝送形式

- 2 形列車無線端局装置……基地局に設置される端局装置で、遠方監視関係とともに 1 架に実装される。
- 3 形 “ ……通信機器室に設置される端局装置で、ケーブル搬送と同軸搬送とを接続する周波数変換装置等で構成される。
- 4 形 “ ……ケーブル搬送区間で、伝送距離が長い場合の中継機。

更に 1, 2 形には伝送形態により、次の 3 種がある。

- (a) 2 線接続でケーブル搬送回線に接続する。(長距離の場合、4 形装置を使用)
- (b) 4 線接続で同軸搬送回線に接続する。(基地局-統制局間、又はその間の通信機器室間に同軸線路がある場合)
- (c) 4 線接続で実回線に接続する。(基地局が統制局に併設される場合)

3.1 1 形列車無線端局装置

群変換では伝送路と通変架の接続のための周波数変換及び、障害時の迂回切換制御を行う。切換は、受信側のみ行い、各ルートの 84.08 kHz のパイロット監視により障害時、自動切換を行う。送信側は HYB により 2 分配し、主ルート及び迂回ルートに伝送される。

通変架では、10 ch の通話路変換、前群変換を行う。ただし、C 形の場合には基地局受信架と直結されるので復調機能はない。また、指令系 ch 1, ch 2 は、それぞれ 4~5 基地局ごとに指令通話路結合部で結合され、中ゾーン単位で東京の運転指令に直送される。

3.2 2 形列車無線端局装置

送信側は各受信機からの出力を ch R₁ 及び ch R₂ とともに多重化し出力を 2 分して、A 形の場合には線路増幅部、B 形の場合には群中継部を経て主ルート及び迂回ルートに伝送する。

受信側は、A 形の場合には信号は線路接続部で分波され、35.92 kHz のパイロットにより、B 形の場合には信号は群中継部を経て、84.08 kHz のパイロットにより主ルート及び迂回ルートの監視切換が行えるようにしており、更に PEF を経て ch R₁, ch R₂ を除去し、ベースバンド信号として多重無線送信架に変調入力として与えられる。

3.3 3 形列車無線端局装置

方向濾波器により上り下り信号の分離を行い、群変換部で同軸伝送帯域に周波数変換し、群分岐部では帯域制限並びにレベル合わせを行い、同軸搬送装置に接続される。

3.4 4 形列車無線端局装置

上り下り別個に中継増幅を行う構成をとっており、1 架に 2 システムまで実装され、別々のルートの中継機として使用される。

4. 基地局無線設備

無線機系統図を図 5. に示す。構成は送信架、受信架の 2 架構成であり、電源はいずれも DC-24 V の供給を受け、電池及びエンジン発電機により、無瞬断の無停電対策が施されている。

4.1 送信架

移動局向けの 8 ch の SS-PM 多重送信架であり、両方向又は片方向のふく(輻)射方向別に送信出力 5 W, 20 W の 4 種がある。電力増幅部を輻射方向別とする構成により、電力増幅部の負荷を軽減して最終出力段まで半導体化を計っている。

このため、バックアップとしては変調通倍部は 100 % 予備であるが、電力増幅部は 2 方向輻射の場合、50 % 予備の構成としている。

変調通倍部では位相変調された信号を 16 通倍し、最終送信周波数にして出力し、スイッチで現用予備いずれかの出力を選択し、分配器を通して各電力増幅部に入力进行供給する。電力増幅部は、0±3 dBm の入力信号を最大 25 W まで増幅するストレートアンプ構成である。

なお、この送信架では予備機はすべてホットスタンバイとし、予備機とも常時監視を行っている。このため変調通倍部のシールド及びスイッチのアイソレーションについては特に考慮を払い、ビート障害など問題ないようにした。

4.2 受信架

移動局よりの単一通話路 8 波を受信し、信号器部動作により、基地局指定信号があれば出力を 2 形端局装置に渡す。

構成は、図 5. のように奇数群、偶数群それぞれ 4 台の受信機に対し、1 台の共通予備受信機を有し、統制局よりの遠方制御により、受信架の試験用発振器を駆動し、各受信機の良否の判定及び、不良

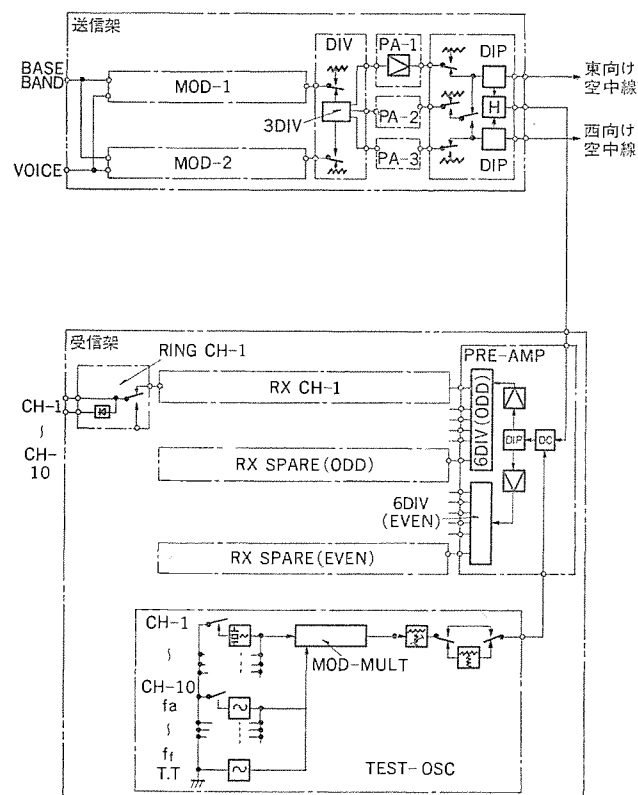


図 5. 基地局無線装置系統図

受信機を予備機に切換えることができる。

以下に、送信架・受信架の主要性能を示す。

(1) 送信架

送信周波数	451.65 (F _A), 451.95 (F _B), 452.25 MHz (F _C) のいずれか 1 波
送信出力	20 W×(2 又は 1) 又は 5 W×(2 又は 1)
変調度	0.56 rad peak/ch
通倍数	16 通倍
変調入力レベル	-25 dBm/ch (75 Ω 不平衡)
変調周波数	0.3~3 kHz 及び 12~44 kHz
電 源	DC -24 V 入力 20 W 2 方向及び受信架共 で消費電力約 500 W

(2) 受信架

受信周波数	412 MHz 帯及び 414 MHz 帯の各 4 波計 8 波
受信方式	単一 スーパーヘテロダイン 方式
受信帯域幅	6 dB 低下で 20 kHz 以上
選択度	70 dB 低下で 60 kHz 以内
相互変調感度	50 kHz, 100 kHz 離調で 65 dBμV 以上
スプリアス 感度	70 dB 以上
標準出力	1 kHz 2.5 rad 変調に対し +4 dBm
受信感度	8 dBμV 以下
信号器動作 マージン	6 dB

5. トンネル対策設備

5.1 中継方式

(1) 直接増幅中継方式

図 6.(a) に示すように、基地局に対向する トンネル 入口に中継機を設置し、これよりトンネル内に LCX を展張し、基地局からの電波を空中線で、また移動局からの電波を LCX で受信し、それぞれ中継機の 400 MHz のアンテナで直接増幅して、LCX 又は空中線に出力を供給し移動局又は基地局へと電波の中継を行う。LCX 1 区間は最大 1.5 km で、これより長い トンネル の場合は LCX 伝送損失補償の中継機を設置する。

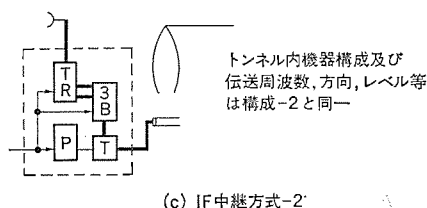
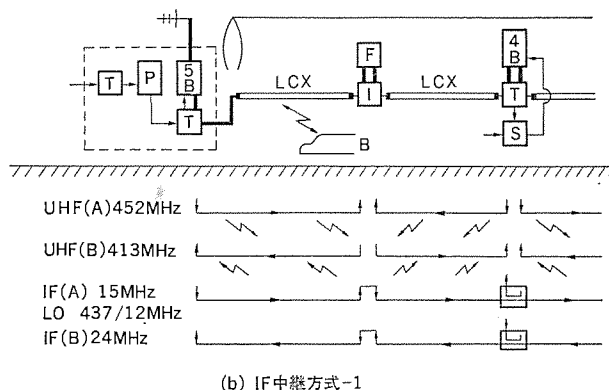
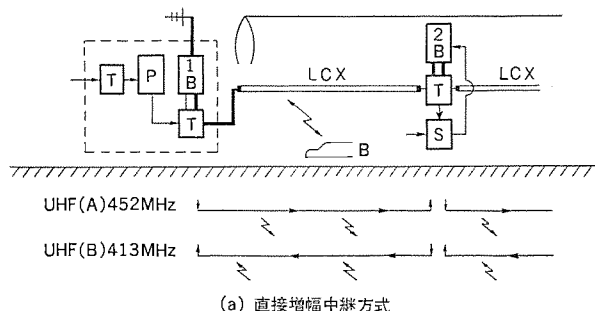
(2) IF 中継方式

概要を図 6.(b) に示す。トンネル外の中継機では基地局よりの UHF 信号を直接増幅する一方、伝送損失の少ない IF に変換増幅し、これらを LCX に給電する。IF 信号は端末の トンネル 内中継機まで無中継で伝送する。途中の各内中継機では、この信号の一部を分岐して受け、再び元の UHF 周波数に変換増幅後、2 分配して中継機両側の LCX に給電し、漏えい(洩)波により列車へ送信を行う。列車からの UHF 信号についても同様に変換中継が行われる。ここで変換時の周波数ずれにより各中継機間中央付近で発生するビート障害対策のため、局発の原振(IF 帯)を外中継機より各内中継機に分配伝送し、各内中継機で 12 通倍して IF→U の変換の局発信号としている。また各中継機間の(洩)波器は、IF 信号を低損失で通過させるが、両側から到着する UHF 信号は分離終端する。この方式の主な特長を以下に示す。

(a) 中継距離の拡大

直接増幅方式に比べわずか 3 dB の UHF 出力差で中継距離が 2 倍になり、したがって中継機数が少なくて済み経済的であり、保守管理が容易になる。

(b) 並列系による信頼度の向上



P : 電源架	TR : 基地局送受信機
T : 絶縁トランス箱	1B : 1 形列車無線電話中継機
I : 絶縁箱	2B : 2 形 " "
F : 濾波器	3B : 3 形 " "
S : 電源切換箱	4B : 4 形 " "
一 : 同軸ケーブル	5B : 5 形 " "

図 6. トンネル 対策概要構成図

この方式では、端末まで IF 信号が無中継で伝送されるから、各内中継機が外中継機に IF 信号を介して並列に接続されるので、中継機の障害がその区間だけに限定され、系全体に及ぼす影響が少なく、また、特性変動の累積がない。

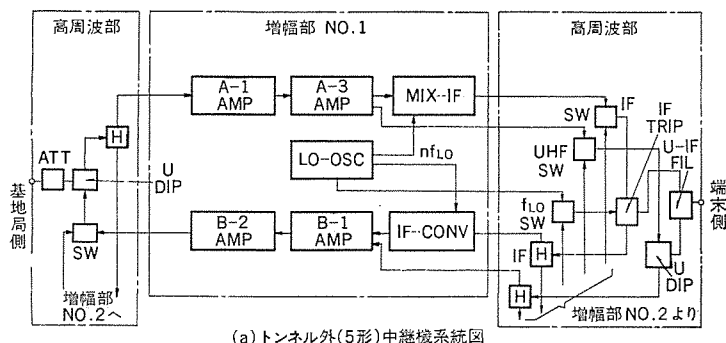
5.2 IF 中継機構成

以上述べたように、2 種の中継方式があるが、大部分が IF 中継であるので、この中継機構成を図 7. に示す。(a) はトンネル外に設置され、トンネルと基地局間の伝ば(播)損失の補償及び、LCX に接続のための増幅及び周波数変換を行う。(b) は、トンネル内設置用の設備で、外中継機からの IF 信号を受け、IF カップラで一部を取り出し再び元の UHF 信号に変換し、U-HYB により中継機両側に送出する。列車からの信号は IF に変換されて外中継機に至る。局発は外中継機よりの原振を受けこれを通倍して、U→IF 両方向の信号の周波数変換に使用している。

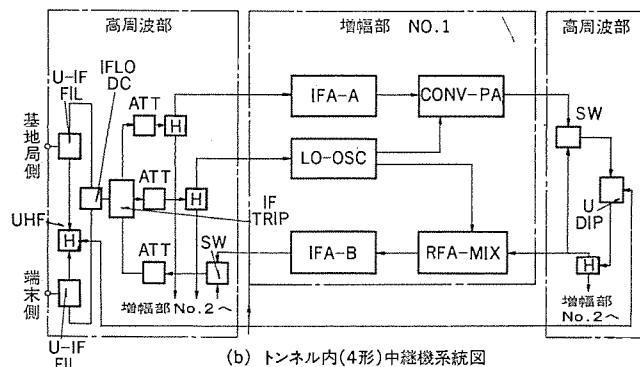
また、基地局とトンネル入口とが接近している場合、周波数変換機能だけを有する 3 形 B 中継機を基地局に併設する。図 6.(c) 参照。

5.3 トンネル対策機器構成

図 6. は中継機及び関連機器をも含めた構成を示している。LCX は UHF による列車と中継機間の結合のための一種の空中線として機能するほか、外内中継機接続のための信号伝送路及び各内中継機へ



(a) トンネル外(5形)中継機系統図



(b) トンネル内(4形)中継機系統図

図 7. IF 中継機系統図

の電源供給線としても使用され、絶縁トランスを各中継機に設置し、また濾波器には、絶縁箱を設置して架線からの誘導電圧に対する保護を行っている。電源系統は、電源架より AC 220 V を絶縁トランス箱内の PSF により信号と重畳して LCX に給電し、各内中継機のところでは同様に PSF により AC と信号の分離・重畳が行われ中継機へは、絶縁トランスの第3巻線により誘導電圧を完全にしゃ断して電源を供給する。この場合、電源系統に異常があっても照明用の局部電源に自動的に切換えて機能を維持すべく、電源切換箱が併設されている。

6. リモコン設備

6.1 基地局系遠方監視制御方式

系統図を図 8. に示す。各局とも項目数及び内容は同一で、局ごとにスキャンを行う方式で統制局から各基地局へは、制御時基地局コード、項目指定コード信号などを付した信号を分配伝送し、対応した基

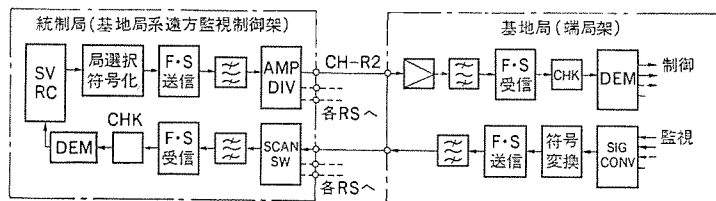


図 8. 基地局系遠方監視制御系統図

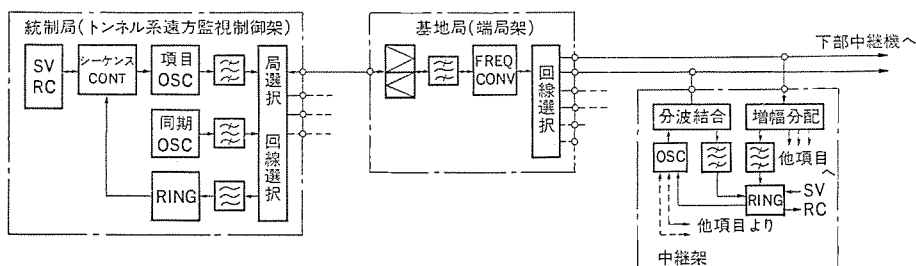


図 9. トンネル系遠方監視制御系統図

地局の指定制御を行い、監視は各基地局からの監視信号を統制局で局ごとに切換、走査して監視表示を行っている。

以下に主要事項を示す。

- (1) 符号方式 パルス位置変調による隣接位相反転符号で、統制局基地間、常時送出 サイクリック方式
- (2) 変調方式 FS 変調で伝送速度 50 bps
- (3) 検定方式 a. 2 回目反転伝送による 2 回伝送照号チェック
b. 総数チェック
c. 定マークチェック
- (4) FS 周波数 $3,400 \pm 35$ Hz
- (5) 項目数 監視 24 項目容量、制御 40 項目容量

6.2 トンネル系遠方監視制御方式

系統図を図 9. に示す。基地局両側に点在する多数の中継機の監視制御の方式として、各中継機の監視項目に異なる周波数に対応させ、統制局より時分割でこれらの信号を送出し、各中継機では、監視項目に対応した周波数の信号器を持ち、この動作に対応した時期に監視情報の返送を一定周波数で行い、この信号の有無を統制局で判定することにより状態監視を行う方式である。制御の場合には、制御用の信号 1 波を監視用信号に組合せて基地局へ伝送し、基地局から AC 50 V 60 Hz の電圧を信号ラインに重畳して伝送し、各中継機ではこれを検知して、所定の制御が中継機ごとに行えるように構成されている。

なお、1 監視制御ブロックは、中継機数最大 6 台で、これより多い基地局では上り 1、上り 2、下り 1、下り 2 等に分割され、別線で基地局中継機間の信号伝送が行われる。また搬送回線による同期ずれを防ぐためケーブル伝送周波数をサブキャリアにより反転伝送する方式をとっている。

以下に主要事項を示す。

- (1) 信号周波数 図 8. に示すとおり
- (2) 1 項目走査時間 0.5 秒
- (3) 中継機当たり項目数 監視 5 項目 (通常)
7 項目 (電源架又は整流器併設時)
制御 3 項目
- (4) 親装置 1 架当たり
接続可能中継機数 最大 36 中継機

7. むすび

以上、岡山-博多間列車無線地上設備につき、そのあらましを述べた。これらの外に、RCS システム、小倉統制局所属の本州分の 5 基地局及びトンネル対策設備の監視制御を広島統制局で行うための方式等の設備があるが、紙面の都合で割愛した。

実施に当たり日本国有鉄道をはじめ、内外多くの関係者に絶大な協力、ご援助を賜った。ここに厚く感謝の意を表します。

参考文献

- (1) 中村ほか：三菱電機技報 38, No. 3 (昭 39)
- (2) 石原：新幹線の電子通信システム (昭 48) 通信学会

電子線照射装置《ダイatron》DP-1000

寺崎和憲*・藤田彪太**・上田和宏**・町田賢二**・大江雅男**

1. ま え が き

電子線の照射は、放射線加工の手段として最も一般化しており、ポリエチレンや塩化ビニル被覆電線の耐熱化、ウッドプラスチックの製造、塗膜の硬化など広く工業分野に使用されている。特に被覆電線の耐熱化は、耐熱電線の需要の着実な伸びとともに、電子線照射による製造方法の企業化が進められている。

このたび、大日本電線(株)熊谷工場において、当社製《ダイatron》DP-1000形電子線照射装置を導入いただき、我が国最大のポリエチレン電線などの電子線照射架橋設備として、耐熱電線が製造されている⁽¹⁾。《ダイatron》DP-1000は、電子線エネルギー1,000 keV、電子線電流50 mA、電子線出力50 kWの連続定格を有するコッククロフト・ワルトン形電子線加速装置で、世界最大級の大容量電子線照射装置である。

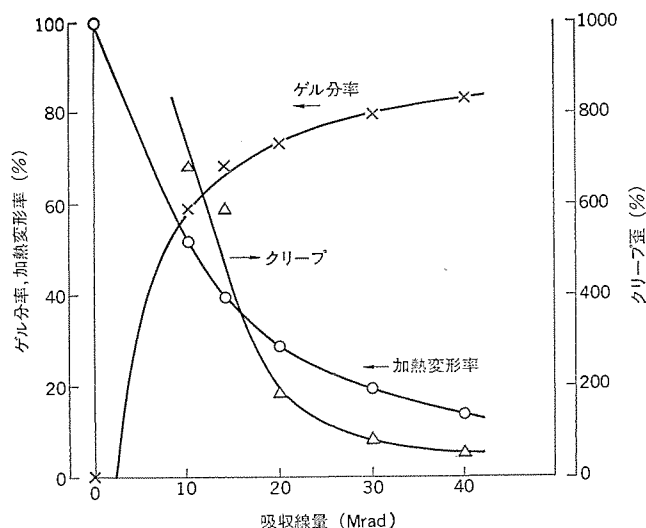
ここでは、電線の電子線架橋についての基本的事項の紹介と、電子線照射架橋設備の主設備である《ダイatron》DP-1000の構成、性能の概要、出力電子線の特性について述べる。なお関連設備として、放射線しゃへい(遮蔽)、オゾン処理(除害)があり、これらについても簡単に記述する。

2. 電線の電子線照射架橋

放射線を高分子材料に照射することにより、特性を改良する研究は、古くは、1952年 A. Charlesby⁽²⁾による、ポリエチレンが放射線で架橋するという発見に端を発して、種々の高分子材料について行われてきた。電子線照射装置の出現による照射処理能力の大幅な増大によって、近年研究開発に拍車がかかれ、既にいくつかは工業化に成功し、製品が市場に提供されている。中でも照射架橋ポリエチレンと照射架橋ポリ塩化ビニルを電線絶縁材料として使用する分野は、量的にも質的にも、最も企業化の進んだ例である。以下に電線絶縁材料を電子線照射架橋することにより、特性がどのように変化していくかを説明する。

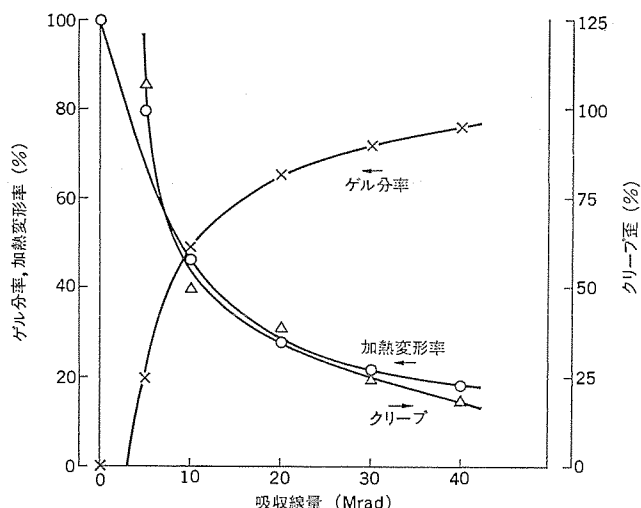
2.1 耐熱性の向上

高分子材料に放射線を照射したときに起こる化学的变化には種々あるが、最終的に特に重要な変化は、分子間の架橋と分子の切断とに大別される。ポリエチレンは代表的な架橋タイプのポリマであり、またポリ塩化ビニルも同様で、特に多官能性モノマの存在下でその傾向は顕著である。すなわち照射線量の増大とともに、分子間の架橋が増え、ついには三次元網状構造の高分子となる。これは熱可塑性高分子と異なり、融点以上の高温でゴム状弾性を有し、加圧下で加熱した場合の変形が非常に小さく、また有機溶媒には不溶のゲルとなり化学的安定性が増大する。図1はポリエチレン、図2はポリ塩化ビニルについて、電子線を照射したときの加熱変形率、高温クリープひずみ(歪)及びゲル分率の変化を示したものである。いずれも吸収線量の増加とともに、ゲル分率が増大して不溶化し、更に加熱変形率と高温クリープ歪は大幅に改良される。このように、照射架橋品は、



- 注) 1. 加熱変形…JIS K6723に準ず、ただし温度120°C、荷重3kg
2. クリープ…温度120°C、荷重30g/mm²
3. ゲル分率…90°Cキシレン中にて24h抽出後、完全乾燥して測定

図1. ポリエチレンの架橋度と熱的特性の変化



- 注) 1. 加熱変形…JIS K6723に準ず、ただし温度180°C、荷重6kg
2. クリープ…温度120°C、荷重30g/mm²
3. ゲル分率…Boiling テトラハイドロフラン中にて24h抽出後、完全乾燥して測定

図2. ポリ塩化ビニルの架橋度と熱的特性の変化

未照射品に比べて、より高温での使用が可能となり、更にまた、耐薬品性を大幅に向上することができる。

一つの例として電子機器配線用電線を例にとれば、耐はんだ性のような高温短時間の特性が要求されるが、250°Cのはんだ浴(槽)中に電線を約1分間浸し(漬)する試験で、未照射品は溶融変形するが、照射架橋品はいずれも元の形状を保持する。このように電子機器の高温度でののはんだ作業というニーズに対して、電子線照射電線は、十分満足できる性能を有するものである。

ポリエチレン及びポリ塩化ビニルは、耐熱性向上以外に、引張り強さの増大、伸びの減少という機械特性の向上をもたらす。表1.にポ

表 1. 照射架橋前後の絶縁材料の特性

品 種	ポリエチレン	照射架橋 ポリエチレン	ポリ塩化 ビニル	照射架橋ポリ 塩化ビニル
体積固有抵抗($\Omega\cdot\text{cm}$)	10^{10} 以上	10^{10} 以上	10^{14}	10^{14}
誘電率	2.3	2.3	4.0	4.0
誘電正接 (%)	0.05	0.05	6.0	6.0
引張強さ (kg/mm^2)	1.0 以上	1.5 以上	1.5 以上	2.0 以上
伸び (%)	350 以上	350 以上	200 以上	200 以上
加熱変形率 (%)	100	40 以下	100	40 以下
耐ハンダ性	不合格	合格	不合格	合格
巻付加熱	不合格	合格	不合格	合格
ゲル分率 (%)	0	60 以上	0	40 以上

注) 加熱変形率……ポリエチレン: JIS K 6723 に準ず。ただし温度 120°C 、荷重 3 kg
 ポリ塩化ビニル: JIS K 6723 に準ず。ただし温度 180°C 、荷重 6 kg
 耐ハンダ性…… 250°C のハンダ浴槽中で 1 分間浸漬
 巻付加熱…… 200°C 30 分後の変化
 ゲル分率……ポリエチレン: キシレン溶媒使用
 ポリ塩化ビニル: テトラヒドロフラン溶媒使用

リエチレンとポリ塩化ビニルについて、未照射品と照射架橋品との特性比較を示す。これから分かるように、ポリエチレン、ポリ塩化ビニルの優れた電気特性は照射架橋後も全然変化していない。更に耐熱性が向上される結果、融点以上でも実用に供しうる特性を有している。以上のように、有機絶縁材料を照射架橋することにより、一般特性を損なうことなく、耐熱性、化学的安定性を大きく向上することが可能である。

2.2 照射架橋の経済性

ポリエチレンを架橋する方法として、従来から行われているものに、有機過酸化物を添加して、加熱して架橋する化学架橋がある。架橋ポリエチレン絶縁電線では、長い蒸気加硫管内に通して、連続的に加熱架橋する方式をとっている。しかしながら、成形加工時のスコーチや、設備上かなり電線に張力がかかることから、電子機器配線用電線のような細物電線の製造は不可能である。

また加熱媒体が水蒸気であるため、温度は高々 200°C であり、更にポリエチレンの熱伝導率が小さいことから製造技術上、高速化が困難である。これに比べて、電子線架橋方式は、架橋剤を必要としないためスコーチの問題はなく室温架橋が可能であり、瞬時に架橋でき大幅な製造能力の増大が可能となる。しかも、細物電線の架橋及び化学架橋では困難とされているポリ塩化ビニルの架橋も可能となるなど、多くの長所を有している。ここに、大日本電線では、耐熱電線需要の増大に合わせて、大容量の電子線照射架橋設備の建設と、以下に述べる電子線照射装置《ダイatron》DP-1000 の導入を決定し、耐熱電線を製造することとなった。

3. 《ダイatron》DP-1000 の構成

電子線照射架橋設備は、主設備として電子線照射装置《ダイatron》DP-1000 を有し関連してオゾン処理装置、放射線遮蔽設備を有している。ここでは《ダイatron》DP-1000 を主体に述べ、それ以外は若干触れるにとどめたい。

《ダイatron》DP-1000 は、先に開発した DP-600⁽³⁾ を大形化したもので、原理的には同じである。ただ、電圧が $1,000\text{ kV}$ と高いため、高電圧発生部と電子線加速部は高電圧ケーブルによる接続は行わず、両者を同一の圧力容器に組み込んだ一体形である点が異なっている。機能的に見ると《ダイatron》DP-1000 は、高電圧発生部、電子線加速部、照射電源盤、操作卓それに付帯設備で構成されている。表 2. に定格表を、図 3. にブロック図を、図 4. に主要部の外観写真、図 5. に操作卓の外観写真を示す。電子線照射装置は、生産設

表 2. 《ダイatron》DP-1000 定格

項 目	定 格
電子線加速電圧	500, 600, 700, 800, 900, $1,000\text{ kV}$ (自動設定)
同 安 定 度	$\pm 1.5\%$ 以内 ($1,000\text{ kV}$ のとき)
電子線加速電流	$0\sim 50\text{ mA}$ (連続可変・自動設定)
同 安 定 度	$\pm 2\%$ 以内 (50 mA のとき)
照射電子線平坦度	$\pm 5\%$ 以内 (電子線取出し窓下 23 cm)
時 間 定 格	24 時間連続運転
電子線走査幅	$1,200, 600\text{ mm}$ (2 段切換)
出 力 範 囲	電子線加速電圧と加速電流の組合せは任意に可能
所要設備	電 力
	440 V 三相 $50/60\text{ Hz}$ $\pm 10\%$ 80 kW 220 V 三相 $50/60\text{ Hz}$ $\pm 10\%$ 10 kW
	冷 却 水
	70 l/min (30°C 以下 $2\sim 3\text{ kg/cm}^2\text{G}$)

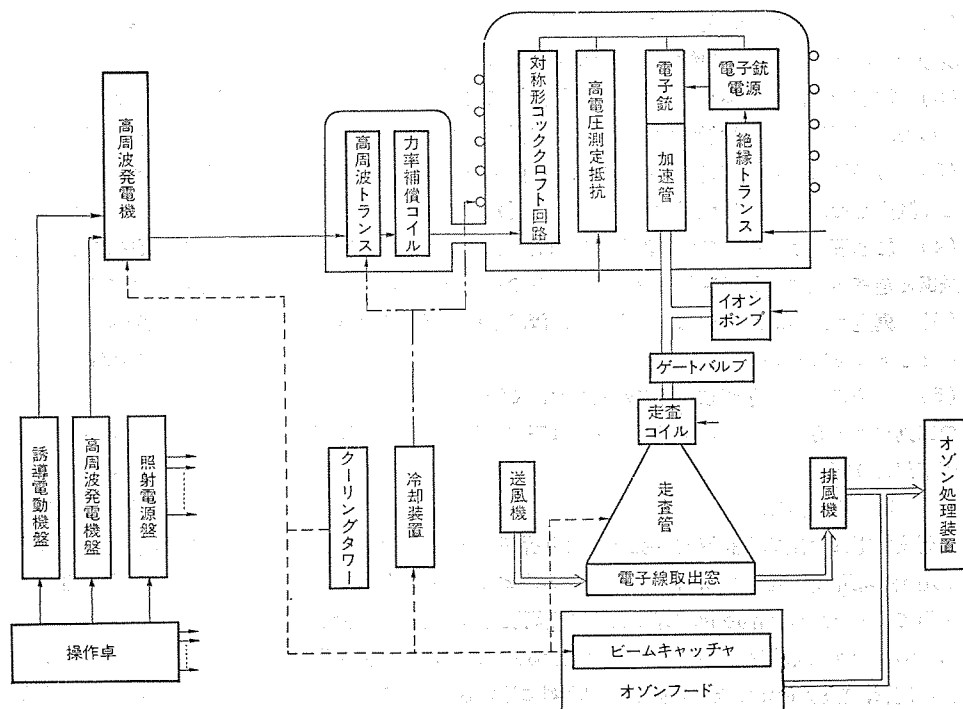


図 3. 《ダイatron》DP-1000 ブロック図

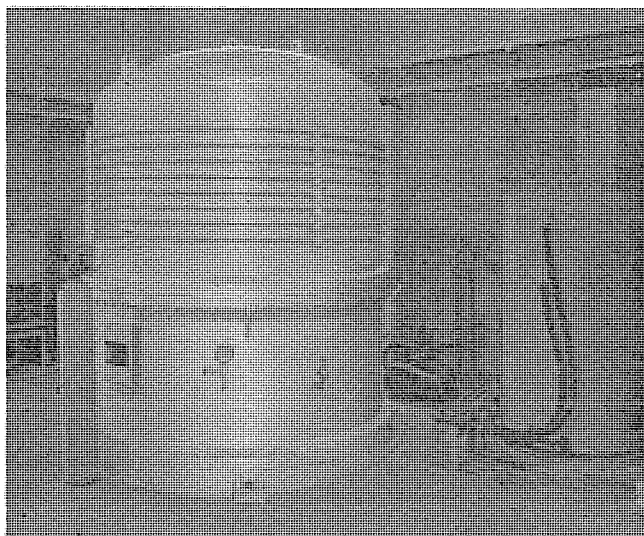


図 4. 《ダイatron》DP-1000 の外観

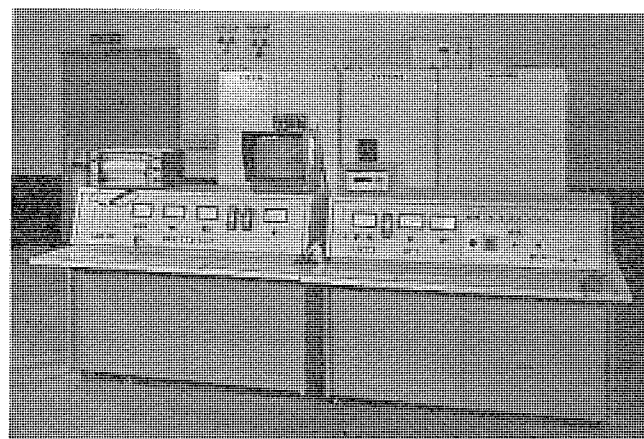


図 5. 操作卓

備の中核をなすもので、高い信頼性、安定性そして保守の容易さが要求される。DP-1000 では特に次の点に考慮が払われている。

- (1) 高電圧発生回路は、安定性が高くかつ蓄積エネルギーの小さい(したがって万一事故の場合他に与える損傷が小さい)高周波対称コッククロフト回路で、高周波電源は信頼性の高い高周波発電機である。
- (2) 加速管は、セラミックと金属電極を特殊加工法でろう付けしたもので、耐汚染性、耐放射線性に優れ極めて長寿命である。
- (3) 電子銃フィラメントは直流点火され、電子線電流のリップルを著しく減少させ、高速の被照射物に対しても照射むらがない。
- (4) 加速管とスキャンの間に緊急偏向コイルを設け、停電時冷却送風と走査が止まり電子線取出窓が焼損するのを防止する。
- (5) 真空ポンプにはイオンポンプを採用し、清浄な真空が常時得られるとともに保守不要である。
- (6) 電子銃及び電子線取出窓の寿命品は、交換容易なように専用の工具が用意されている。電子銃の交換は圧力容器を開放せず加速管下部より行える。

3.1 高電圧発生部

高周波発電機の出力を高周波トランスにより昇圧した後、対称形コッククロフト回路で整流昇圧し、直流高電圧 1,000 kV、出力電流 50 mA を得ている。図 3. フロント図に示すように高周波発電機、高周波トランス、コッククロフト回路はそれぞれ独立したユニットで、コッククロフト回路は加速管、絶縁トランスなどと同じ圧力容器に格納され、高周波トランス圧力容器と連結されている。

高周波発電機は据付面積の小さい立形で、出力周波数 9.9 kHz、電圧最大 800 V (rms) 出力容量 100 kVA である。この始動、運転、停止は操作卓より行われるが、誘導電動機盤と高周波発電機盤に組み込まれた開閉器、励磁電源、保護インタロック、指示メータ、警報回路で監視、制御される。直流高電圧の信号が励磁電源に帰還しこれを制御することで高安定度を得ている。

高周波トランスは、対称コッククロフトの入力とするため、同一形トランス 2 台と浮遊容量を補償する力率補償コイル(高周波トランスの 2 次側に接続される) 2 台で構成される。昇圧比は 75 倍、絶縁は SF₆ ガス、冷却は純水による水冷である。圧力容器の外形は 1,700 φ 2,000 H である。

高周波コッククロフト回路は、8 段対称形でコンデンサ、シリコン整流器は柱状にユニット化されている。1 段のコンデンサ容量 8,000 pF で蓄積エネルギーが小さく、コンパクトである点が利点である。絶縁は SF₆ ガス、冷却は不要である。高電圧測定抵抗、絶縁トランス、電子銃、加速管とともに格納する圧力容器は、2,320 φ 2,920 H で、SF₆ ガス圧は 4 kg/cm²G である。

3.2 電子線加速部

電子線加速部は、電子を発生する電子銃とその電源、電子銃用の電力を供給する絶縁トランス、電子を効率よく加速する加速管、加速電子を最適条件で走査、取り出す集束・走査コイル、走査管、及びイオンポンプで構成される。すべての部品は、DP-600 と同一規格のユニットで、加速段数 44 段、絶縁トランス段数 8 段である。

保守を容易にするために、電子銃は DP-600 同様、2 重構造式のもので本体部が加速管を通して交換できる。また電子線取出窓交換のためにゲートバルブが設けられている。走査は三角波電流による二軸走査、電子線取出窓の冷却は風冷、停電時などの緊急時に電子線取出窓を保護するため、蓄電池動作による緊急偏向コイルが設けられている。真空保持には 160 l/s のイオンポンプを使用している。

3.3 照射電源盤

照射電源盤には、電子線照射に必要なイオンポンプ電源、各種コイル電源、長軸及び短軸走査電源が組み込まれている。加速電圧切換時には、自動連動にてコイル電流、走査コイル電流が切換えられ運転時の調整は不要である。

3.4 操作卓

《ダイatron》DP-1000 の運転は、すべて操作卓より行える。操作は簡単でかつ誤動作のないようになっている。加速電圧、加速電流は設定後スイッチのオン/オフで自動的に昇圧昇流の制御ができる。図 5. の写真中右側は、電線の送り速度と、加速電流を同期連動できる副操作卓である。

3.5 付帯設備

(1) 冷却装置及びクーリングタワー

高周波トランスの冷却に純水が使用される。この循環供給を行う冷却装置と、この 1 次冷却と高周波発電機、走査管、ビームキャッチャーの冷却を行うクーリングタワーが冷却系として設置されている。

(2) 電子線取出窓冷却用送風機、排風機

電子線取出窓風冷のためフィルタ付送風機、窓周辺のオープン除去のため排風機が設置されている。排風機の出口はオープン処理装置へ導かれる。

(3) ビームキャッチャー、オープンフード

オープン発生量を極力低減しかつ電子線による発熱を除去するため電子線取出窓の下に水冷式ビームキャッチャーとオープンフードが設置されている。

る。オゾンフードはダクトでオゾン処理装置へ連結されている。

(4) オゾン処理装置

電子線が空気中を通過すると、空気中の酸素と反応し大量のオゾンが発生する。0.1 ppm 以上のオゾンは有害とされており、そのまま大気中に排出できない。このためオゾンフードでオゾンの拡散を防ぐとともに、屋外に専用のオゾン処理装置を設置してオゾンの除去を行っている。これは薬液洗浄方式で、薬液は亜硫酸ソーダを成分とする混合処理液である。着地濃度は 0.1 ppm 以下となる。

(5) 放射線遮蔽

電子線が物体に当たると制動ふく(輻)射により X 線が発生し、これを遮蔽する必要がある。電子線照射架橋設備ではコンクリート構造の遮蔽室が用意され、電子線は地下室で照射されている。

4. 《ダイヤトロン》DP-1000 の性能

4.1 出力と安定度

電子線照射装置の出力は、加速電圧と加速電流で表示される。《ダイヤトロン》DP-1000 のそれぞれの制御システムを図 6., 7. に示す。加速電圧と加速電流の絶対値は、それぞれ加速管と並列に接続された電圧測定抵抗とコッククロフト回路の接地側に接続された電流測定抵抗

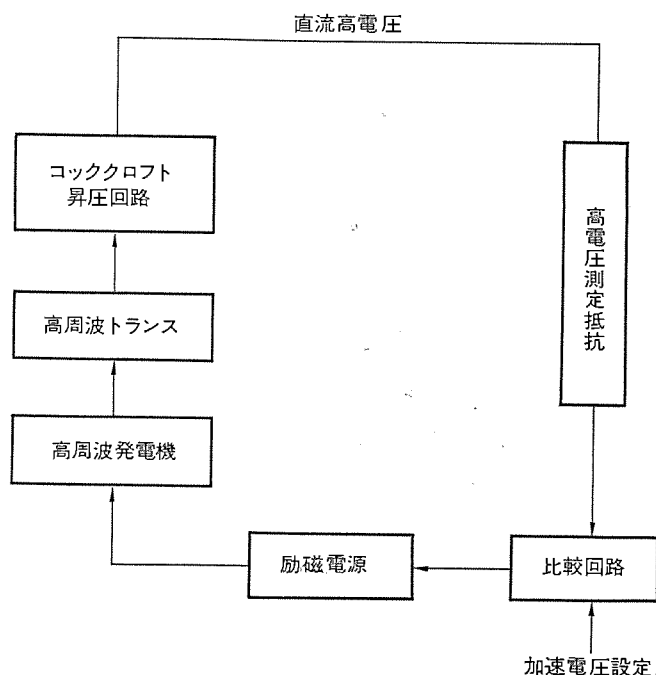


図 6. 加速電圧制御システム

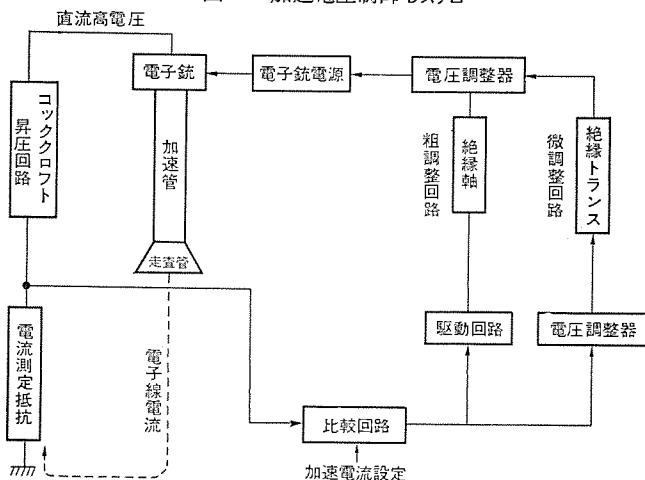


図 7. 加速電流制御システム

で測定される。絶対値の精度はあらかじめ工場にて校正電源を用いて確認し保証されている。定格出力：加速電圧 1,000 keV, 加速電流 50 mA は、高周波発電機の誘導電動機の入力が 80 kVA の時に得られている。またコッククロフト回路の特性は設計値とよく一致している。高周波発電機出力の無効電力指示はほとんど 0 kVar で、高周波電力の電子線出力への変換効率が良好であることを示している。

図 8., 9. に加速電圧と加速電流の安定度を示す。実測された安定度はつぎのようである。

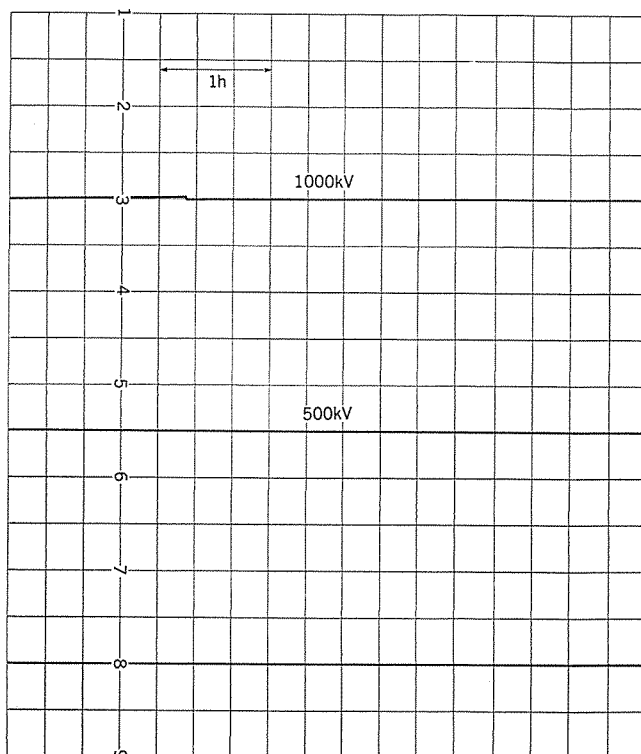


図 8. 加速電圧安定度

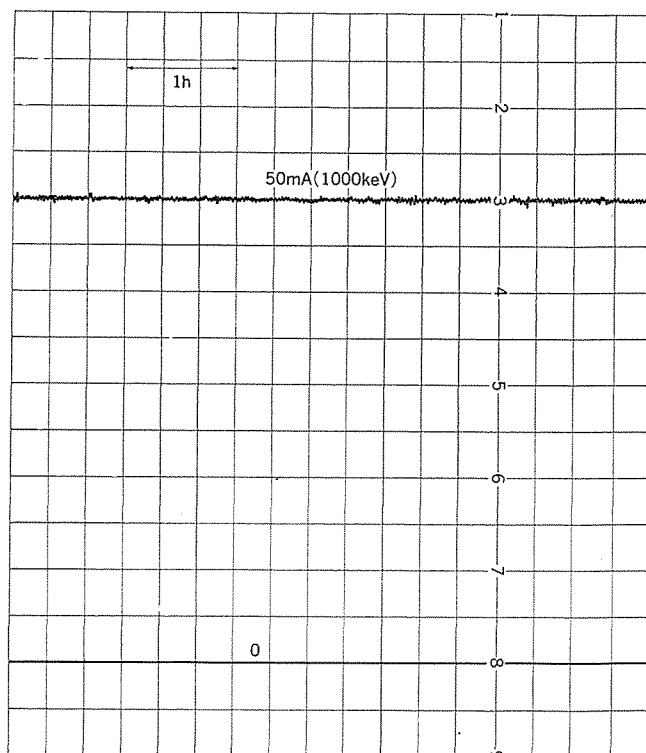


図 9. 加速電流安定度

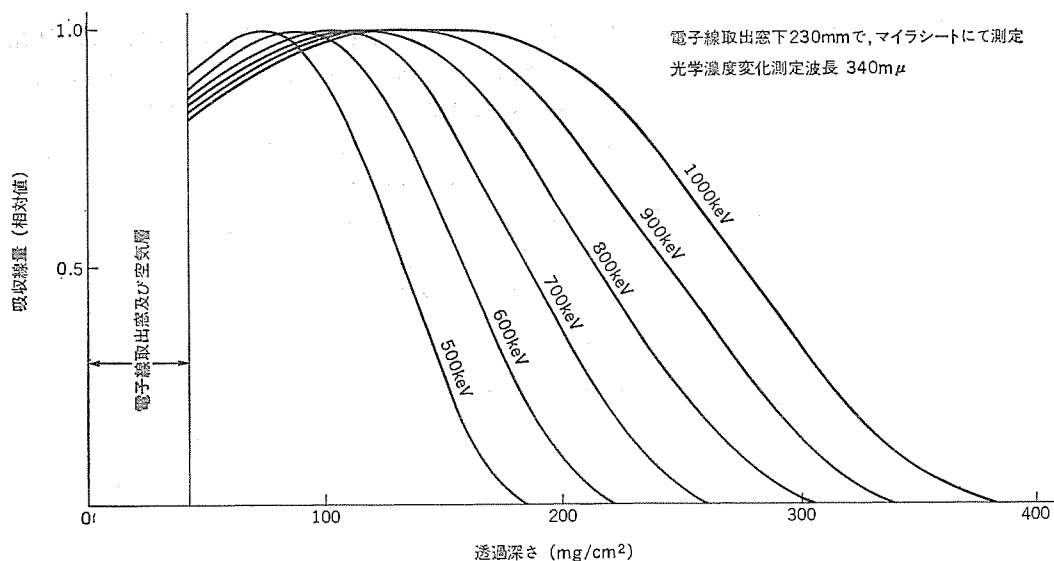


図 10. 深部吸収線量分布

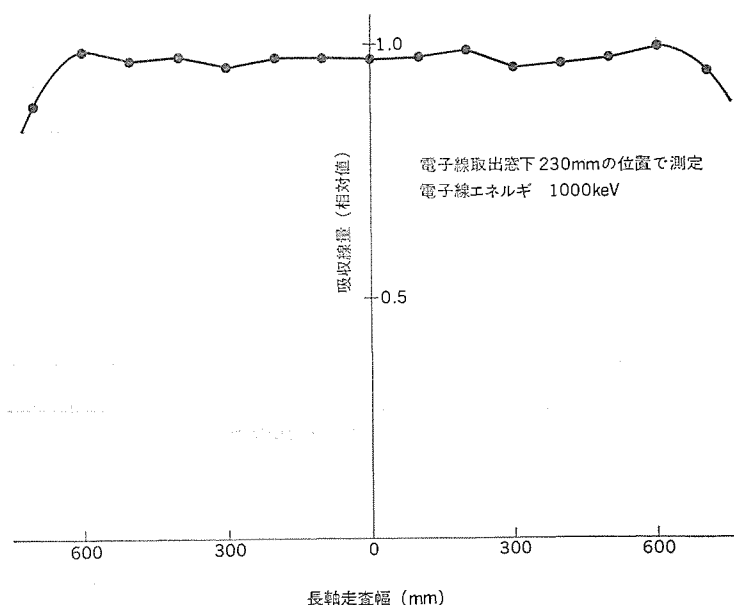


図 11. 平坦度

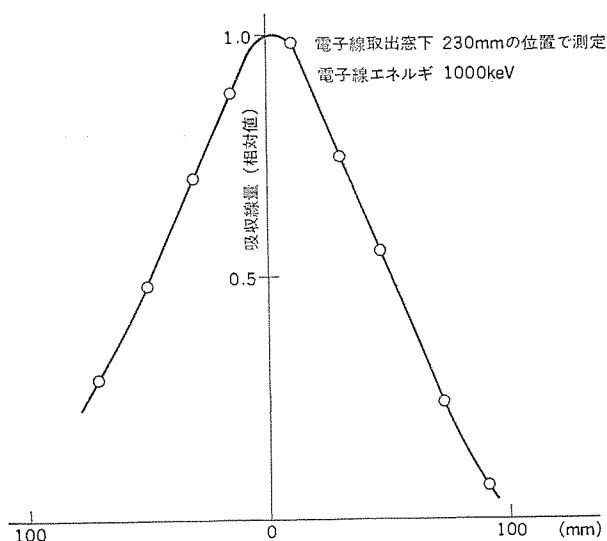


図 12. 電子線の広がり

加速電圧安定度

1,000 kV のとき：
±0.5 % 以下
500 kV のとき：
±0.5 % 以下

加速電流安定度

50 mA のとき：
±1 % 以下

加速管内の真空度は、50 mA 加速時でも初期のエージング時を除き 1×10^{-6} Torr 以下である。

4. 2 出力電子線特性

(1) 深部吸収線量分布
電子線取出窓を透過した電子線が、電線などの照射に

供されるが被照射物の照射深さは加速エネルギーに依存する。線量計としてマイラ（ポリエチレンテレフタレート）シートを用いて測定した結果を図 10. に示す。これは 100 μ 厚のマイラシートを積層し、電子線を約 10 Mrad 照射し、100°C で焼鈍したのち、紫外線波長 340 nm での光学濃度変化を測定したものである。実際の照射にあたっては、被照射物の厚さと比重から面積密度を求め、これから最適な加速電圧を求められる。

(2) 照射電子線平坦(坦)度

電子線取出窓から、走査幅最大 1,200 mm の電子線が取り出される。これが十分良い平坦度を有していることが、被照射物の側から当然要求される。平坦度の測定は、アルミ板の上に 10 cm 間隔に 1 枚ずつのマイラシートを置いて行った。結果の一例を図 11. に示す。平坦度の実測値 ±3 % で定格を十分満たしている。

(3) 照射電子線の広がり

照射電子線は、電子線取出窓及び空気層での散乱のために、窓下距離とともに電子線が広がってくる。この広がりには直接、線量率の低下に関係する。特に被照射物が走査管の短軸走査方向に搬送されることが多いので、短軸走査方向の広がりには照射条件の一つの要素となる。《ダイアトロ》DP-1000 では図 12. に例示する広がりがある。窓面での広がり角は 70 mm で、これから電子線の広がり角はほぼ 15° となっていることが推定できる。

5. む す び

以上電線の電子線照射架橋を紹介し、この主設備となった電子線照射装置《ダイアトロ》DP-1000 の構成及び性能の概要を述べた。この装置は、現在、実稼動 1 年以上を経過して順調に生産が続けられている。

最後に、この装置のために大日本電線(株)生産管理部、生産技術研究部、当社応用機器研究所をはじめ多くの方々のご協力、ご援助をいただいた。ここに深甚なる謝意を表する。

(昭和 50-5-23 受付)

参 考 文 献

- (1) 大日本電線時報 No. 57, 91 (昭 49)
- (2) A. Charlesby: Proc. Roy. Soc., 215 (1952)
- (3) 藤田ほか: 三菱電機技報 47, No. 7, 700 (昭 48)

登録番号	名 称	発 明 者	登録番号	名 称	発 明 者
755835	アークによる金属の接合方法	{山本利雄・島田 弥 大 峯 恩	757352	交流磁気軸受	{森川鉄也・岩本雅民 山田忠利
755836	ワイヤ断線検出装置	渡辺一弘	757353	歯形電磁連結装置	小林良治
755837	半導体発光装置	須崎 渉	755471	電気機器における割込溶接法	山本 彬・稲村 実
757006	通電加工による型の製造方法	斎藤長男・古池一成	759564	立体テレビジョン方式	洲崎晃司
757007	カラーテレビ受信機のAFPC回路	三橋康夫	759565	限流装置	{伊藤利朗・宮本紀男 和田勇一
757031	2周波帯RADA装置	小林信三	759566	真空開閉装置	杉尾憲一
757032	ケーブル故障検出装置	高田信治・管井英介	759567	半導体装置	{船川 繁・大社 昂 米田良忠
757033	回路しゃ断器	長谷川清博	759568	故障点標定装置	高田信治
757034	測距方式	遠藤義昭・稲宮健一	759569	タイマ	今井吉郎
757035	回転数検出装置	山下紀夫	759570	パルス周波数変調増幅器	山田 勉
757036	スケール変換チェック回路	井塚秀彌	759571	遠方監視制御装置	村川亮三
757037	地下加熱冷却装置	{萩原孝久・町原義太郎 近藤正司	759572	異方性酸化物磁石の製造方法	{友森正信・石井良衛 田辺 登
757038	光電子カートリッジ	{香崎銀博・奥 泰二 藤川恭一郎	759573	ライン形パルス発生装置	中司浩生
757039	混合金属蒸気放電灯の製造法	{竹田俊幸・土橋理博 伊藤 弘・田中紀彦	759574	故障点標定装置	古谷昭雄・高田信治
757040	混合蒸気放電灯の製造法	{竹田俊幸・伊藤 弘 田中紀彦	759575	自動故障検出装置付真空スイッチ	青木伸一
757041	金属ハロゲン化物入り水銀ランプ	{竹田俊幸・土橋理博 若林正雄	759576	計量装置	林 正之・三好明好
757042	全炭化水素濃度及び酸素濃度の同時測定装置	森川允弘・吾妻健国	759577	測距装置	長能宗彦
757043	放電灯用電極	竹田俊幸・土橋理博	759578	スケールファクタ計算装置	井塚秀彌
757044	金属蒸気放電灯	{竹田俊幸・土橋理博 三上龍夫	759579	サイリスタ	中田仗祐
757045	防虫型水銀灯照明装置	佐々木武敏	759580	偏波ダイバーシティ方式	大前隆雄
757046	圧延機の制御装置	久保田伸夫・川崎宗男	759581	故障点標定装置	高田信治
757047	機関点火時期調整装置	才田敏和	759582	電波的目标探知装置	横尾正孝
757048	非常用軸受	森川鉄也・松倉欣孝	759583	電波的目标探知装置	{渡辺 優・玉真哲男 横尾正孝・田中安敏
757049	内燃機関点火装置	高橋一智	759584	符号変換回路	村田 厚
757050	内燃機関の点火時期調整装置	浅山嘉明	759585	溶接ワイヤ送給装置	鵜飼 順・杉山尚男
757051	内燃機関点火装置	高橋一智	759586	電気ガバのロック装置	合田啓治
757343	蒸気アイロン	{野畑昭夫・荒木 勲 石井寛夫	759587	3極真空スイッチ	竹内伴治
757344	選択式母線地絡保護継電装置	辻倉洋祐	759588	自動切換信号発生回路	山際豊行
757345	絶縁具	{井上武男・白沢 宗 和田勇一	759589	電気化学的二極素子	松岡宏昌
757346	インバータ装置	赤松昌彦・熊野昌義	759590	交流積分器	岡田 将
757347	信号判別装置	{鳥居健太・金子弘美 豊田武人	759591	パルスを用いた制御装置	佐々木武夫
757348	電磁接触器の動作保持装置	長尾良章・渋谷弘一	759592	半導体装置	藤川恭一郎・高宮三郎
757349	ポリアミド酸の製造法	{西崎俊一郎・不可三晃 広田 潔	759593	電力用開閉機器	森岡昭二
757350	放電灯の起動装置	赤松昌彦	759594	三相交流通電加熱装置	中村謙三・新見明彦
757351	近接検出装置	寺園成宏	759595	半導体装置	川島道志・中田仗祐
			759596	電気スイッチ	{井上武男・渡辺睦夫 白沢 宗・石田秀樹
			759597	高周波加熱装置の電源回路	高瀬明生
			759598	レーザ装置	{佐々木孝友・小笠原信男 伊藤 尚・藪内賀義
			759599	高周波加熱装置の電源回路	高瀬明生・古屋芳明
			759600	リードスイッチの制御機構	林 正之・土肥利昭
			759601	リードスイッチの制御機構	林 正之・土肥利昭

登録番号	名 称	発 明 者	登録番号	名 称	発 明 者
759602	レコードのプログラム再生装置	中村 信弘	761685	カラーブラウン管	小 磯 寛
759603	遅延回路	竹 垣 弘	761686	カラー受像機の自動ホワイトバランス調整回路	西谷 芳久
759604	電鍍による導波管の製造方法	星野 昌弘・小林 功	761687	アンテナ給電方式	武市 吉博・真野 清司
759605	電子レンジの電源回路	高瀬 明生・古屋 芳明	761688	回路しゃ断器	小 野 誠
759606	自己復旧形電流制限装置	山本 啓一・原文 吾	761689	残留側帯波符号伝送方式	諏原日出夫
759607	カラー受像管作成用露光装置	藤村 健男	761690	エレベーター運転制御方式	太田 堯久
759608	磁動変換半導体装置	藤川 恭一郎・高宮 三郎	761691	半導体装置の製造方法	石 嶋 進
759609	レーザ加工装置	谷口 一郎・樋口 隆一	761692	無開閉境界磁系装置	行本 善則
759610	レーザ装置用ヘッド	伊 藤 尚			尾畑 喜行
759611	符号板読取装置	稲 荷 隆彦			
759612	巻線装置	谷口 良輔・柳堀 純一郎	761693	デジタルデータから音声信号と文字あるいは図形信号とを発生する装置	志賀 正明・西 健一
759613	半導体装置の製造方法	中田 仗祐・山本 武			
759614	自動操縦装置付電気自動車	梶野 幸男	761694	情報記録再生装置	橋本 公佑
759615	限流装置	土方 明躬・白沢 宗 井上 武男・吉岡 純夫	761695	誘導周波数変換機	藤山 辰之
760179	交流アーク溶接機	鶴 飼 順	761696	減圧アーク加工法	山本 利雄・島田 弥
760225	電気掃除機	武井 久夫	761697	誘導機形トランジスタモータ	藤 井 学
760226	電着用塗料	西崎 俊一郎・広田 潔 不可三 晃	761698	低温磁気軸受	森川 鉄也・岩本 雅民 山田 忠利
760227	中間冷却器	菊地 照弘	761699	弁コントロール装置	伊与田 寛忠
760648	フェライトコアの成形方法	行森 美南雄・加藤 清	761700	レーザ装置	伊 藤 尚・藪内 賀義 小笠原 信雄
760649	信号伝送方式	竹 垣 弘	761701	リニア・アクチュエータ	佐藤 正昭
760650	電場発光装置	上田 文夫・新井 宏壬 栗津 健三	761702	自己復旧形限流装置	井上 武男・中崎 正 白沢 宗・岡本 五郎
760651	衝撃検知器	古東 啓吾	763126	多重選択検出回路	古本 洋司・亀山 和男
761684	カラー受像管螢光面作成用露光機	藤村 健男			

訂正 2号131ページニュースフラッシュ本文
1行目に誤りがありましたのでお詫びいたします。

誤
…新日本製鉄(株)
八幡製鉄所向け……

正
…新日本製鉄(株)
大分製鉄所向け……

〈次号予定〉 三菱電機技報 Vol. 50 No. 4 クレーン電機品特集

特集論文

- 交流クレーン用制御方式とその適用
- 交流クレーンのサイリスタ制御方式
- 最近の直流大形クレーン用電機品
- 最近のクレーン自動化システムの動向
- クレーン自動化のためのシステムコンポーネント

普通論文

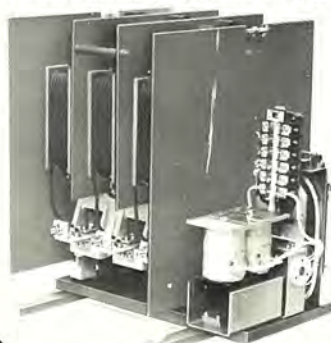
- 新日本製鉄(株)戸畑新1号高炉用52,000 kW高炉送風設備用電機品
- 高炉送風機駆動用同期電動機のサイリスタ始動方式
- 高炉送風機駆動用同期電動機の始動用サイリスタ装置
- フェライト感温スイッチ
- 加熱冷却によるガスダイナミックレーザの発振機構

三菱電機技報編集委員				三菱電機技報 50 巻 3 号		昭和 51 年 3 月 22 日 印刷 昭和 51 年 3 月 25 日 発行	
委員長	松岡 治	常任委員	吉山 裕二	定価 1 部 300 円 (送料別) 無断転載を禁ず			
副委員長	神崎 遼	委 員	飯田 春吉	編集兼発行人	松岡 治		
"	武藤 正	"	熊本 永	印刷者	高橋 武夫		
常任委員	阿部 修	"	久保博司	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		
"	宇佐見重夫	"	祖父江晴秋	発行所	東京都千代田区丸の内 2 丁目 1 番 2 号 (〒 100) 菱電エンジニアリング株式会社内		
"	北川 和人	"	竹田 俊幸	発売元	東京都千代田区神田錦町 3 丁目 1 番地 (〒 100) 株式会社 オーム社書店		
"	清田 浩	"	橋爪 基		Tel. (03) 291 局 0912, 振替口座 東京 20018		
"	日野 雅行	"	吉田 太郎				
"	堀家 章	"	渡辺 茂				
"	本間 吉夫	(以上50音順)					
"	迎 久雄	3 号特集担当 宮永隆弘					

N E W S F L A S H

6SH-W形 高圧電磁接触器 50MVA シリーズ完成

6SH形高圧電磁接触器は6kV級50MVAのしゃ断容量をもつ、200A、400A定格の電動機負荷、変圧器の一次側開閉用のコンパクトな電磁接触器シリーズで、電源容量2,500kVAまで電力ヒューズなどで適用できます。更に、この電磁接触器にCL・CLS形限流電力ヒューズ、台車、電氣的・機械的インターロック、自動連結機構を取付け、これらをマウントベース上にのせ、しゃ断容量500MVAを持った応用品として、電力ヒューズ付引出形を完成しました。



6SH-200WD-RF 形
高圧電磁接触器

〈特長〉

- (1) 小形で50MVAのしゃ断容量を持つ、センターアークホーン採用の、アーク駆動力の高い接点形状です。
- (2) 接触器として50MVAのしゃ断容量を持ち、電力ヒューズと組合せて選択しゃ断による保護協調が容易にとれます。
- (3) ラッチ式、可逆式、片側配置端子形、単体引出形、電力ヒューズ付引出形などの豊富な応用機種を持ち、広く適用できます。

定格と仕様

定格・仕様	形名	6SH-200WD-RF	6SH-400WD-RF
定格絶縁電圧 V		7200	
定格使用電圧 V		6600	
定格使用電流 A		200	400
定格通電電流 A		220	440
定格しゃ断容量 MVA		50(3φ, 6600V, 4400A, 力率0.3以下遅れ)	
定格短時間電流 A		4500(3φ, 6600V, 0.5秒)	
開閉ひんばり度		600回/時	300回/時
寿命	電氣的	25万回	10万回
	機械的	250万回	
準規規格		JEM-1167	
最大適用容量	電動機 kW	1500	3000
	変圧機 kVA	2000	4000

ED-A形 ユニブロックスタータ

ED-A形ユニブロックスタータはコンビネーションスタータを標準化、ユニット化し、また箱の横幅及び奥行寸法をモジュール化し積み重ねて多段集中制御を可能にしたものです。種類は電源開閉器としてノーヒューズしゃ断器またはモータブレーカを用い非可逆、可逆、スターデルタスタータから単相モータの運転まで形名選定により広範囲に適用できます。箱仕様の標準化により経済性を増した一般ビル工場用単体コンビネーションスタータばかりでなく、2〜3ユニットの集中制御用としても、箱仕様の標準化、70例の標準基本回路により計画が容易で短納期供給が可能です。



〈特長〉

- (1) 箱寸法は標準化したモジュール寸法で、容易に組合せて使用できます。
- (2) 箱及び仕様を標準化し、70例の標準基本回路により計画が容易で短納期供給が可能です。
- (3) 箱仕様標準化により経済的な集中制御が可能。また、簡易スタータとして、モータブレーカと接触器の組合せで安価になりました。
- (4) 客先配線スペースを十分とり箱仕様標準化及び操作部と指示部を集中させ取扱いが容易です。

〈標準仕様〉(非可逆式/ノーヒューズブレーカ使用)

形 名	モータ容量 (kW)		主回路構成器具			箱		端子適合電線サイズ (mm ²)		重量 (kg)
	200V	400V	ノーヒューズしゃ断器		電磁開閉器	形 名	外形寸法(mm) 縦×横×奥行	主回路	制御回路	
			形 名	しゃ断容量(kW) 200V 400V						
ED-A-11	2.2	3.7	NF 50-S	5 5	MSO-11	30T	300×500×225	2～3.5	1.25～2	15
ED-A-18	3.7	5.5	NF 50-S	5 5	MSO-18	30T	300×500×225	2～3.5	1.25～2	16
ED-A-25	7.5	7.5	NF 50-S	5 5	MSO-25	30T	300×500×225	2～8	1.25～2	17
ED-A-35	11	15	NF 100-CA	7.5 5	MSO-35	45T	450×500×225	2～14	1.25～2	25
ED-A-50	15	30	NF 100-E	20 15	MSO-50	45T	450×500×225	5.5～22	1.25～2	26
ED-A-80	22	37	NF 225-G	40 30	MSO-80	60T	600×500×225	5.5～38	1.25～2	38
ED-A-100	30	55	NF 225-G	40 30	MSO-100	60T	600×500×225	8～60	1.25～2	40
ED-A-150	45	90	NF 225-G	40 30	MSO-150	90T	900×500×225	14～100	1.25～2	56
ED-A-200	50	100	NF 400-B	50 35	MSO-200	90T	900×500×225	14～100	1.25～2	60
ED-A-300	90	150	NF 400-B	50 35	MSO-300	120T	1200×500×225	38～200	1.25～2	75

(注) 標準箱としては上記以外、300×250×225がある。