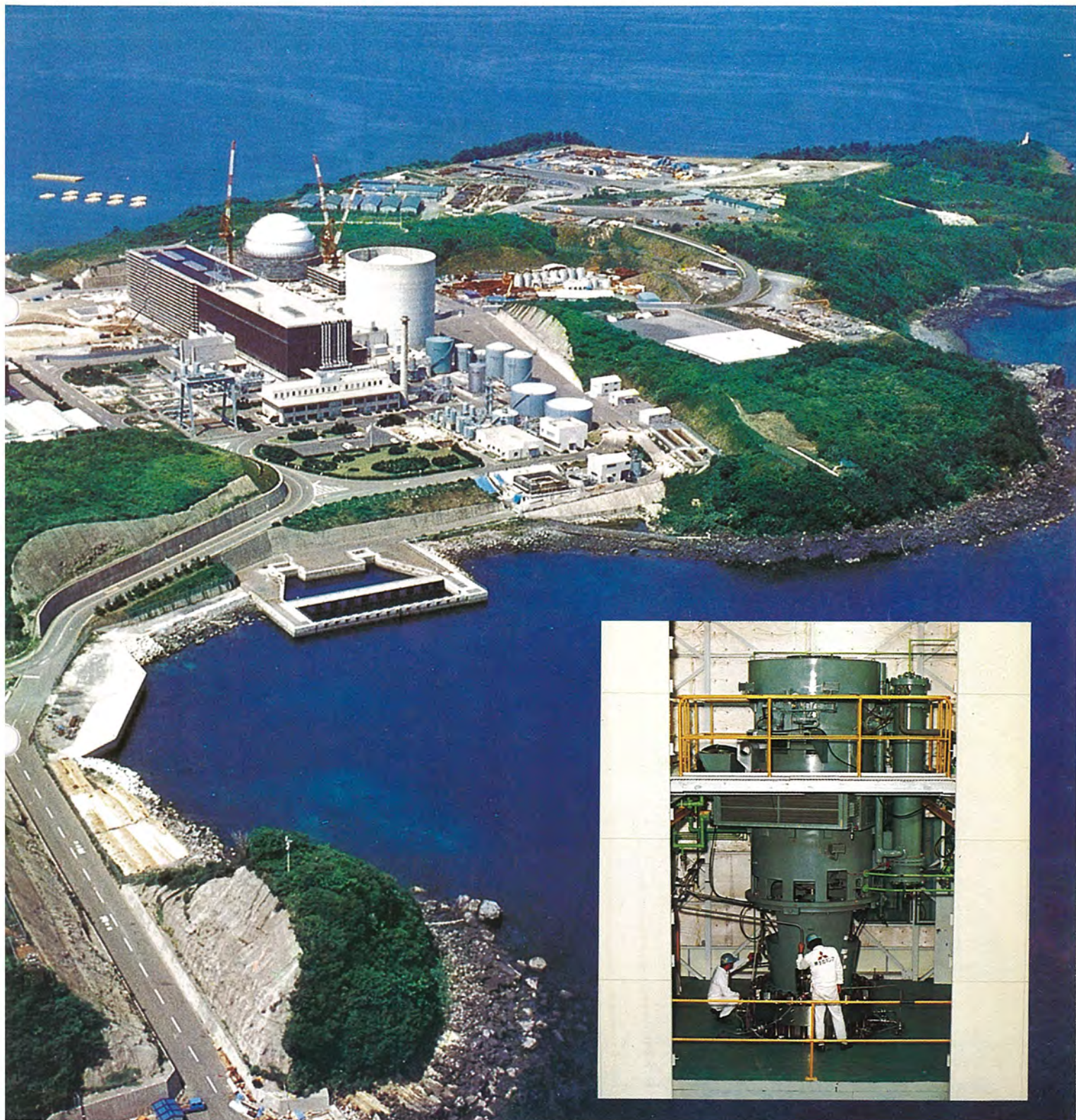


MITSUBISHI DENKI GIHO

三菱電機技報



Vol.53 No.8

交流電動機特集

三菱電機技報

Vol. 53 No. 8 AUGUST 1979

交流電動機特集

目次

特集論文

交流電動機特集によせて	新良由幸	549
同期電動機の最近の動向	福本紀久男・加藤之敏・松野博・小西和成	550
新系列大形3相誘導電動機“F2ライン”	東覚里志・宇都宮弓輝・松村喬二・吉村多喜男	555
新系列小形誘導電動機	堀内勝彦・柴田隆夫	560
交流高圧電動機用絶縁の最近の動向	伊藤昭八郎・越場宏・川上剛・足立覚・林修	565
1次冷却材ポンプ用モータ	小吉隆・吉野恂・藤田洋・阿野忠美・吉田浩	570
PAM方式極数変換電動機と省エネルギーへの応用	池田雅博・東和彦・栗田浩二	575
多相形サイリスタモータ	赤松昌彦・宇高正晴・永石勝之・二村紘	580

普通論文

高調波対策リレーシリーズ《MULTIFLEX》F	鈴木健治・畑田稔・辻倉洋右・鈴木愿・吉田敬史	587
新形550kVガス絶縁母線	松村晋・杉本修・富永正太郎・桑原宏・松田節之	593
可変速定位停止クラッチモートル《リミ・ストップ》V	小林孝生・加藤勝久・中村隆	598
新しい灯油気化式燃焼機—Air Jet Burner—	野間口有・松井安次・根岸宣匡	603
《MELCOM》80シリーズオフィスコンピュータシステム新モデル	小碓暉雄・荒井訓男・高橋真理・守川修平	608
三菱POSシステム	村山昇・橋本勉・大和真二	613
三菱モジュラーエスカレータ	鬼頭勝巳・松倉欣孝・後藤茂	618
特許と新案		585
高周波パルス直流アーク溶接装置・自動刻印装置・最大需要電力計		626
当社の登録実用新案一覧		623
スポットライト		623
SHF放送用高安定GaAs FET発振器・DD-6形コードレスドライバ・壁掛式の石油ガス化瞬間湯沸器・据付工事のいらない温風暖房KD-25, 32BT石油ガス化ファンヒーター(表紙-3)		

FEATURING AC-MOTORS

CONTENTS

FEATURED PAPERS

Recent Trends Concerning Synchronous Motors	Kikuo Fukumoto et al.	550
The New F2 Line of Large, Three-Phase Induction Motors	Satoshi Tokaku et al.	555
A New Series of Small Induction Motors	Katsuhiko Horiuchi & Takao Shibata	560
Recent Trends in Insulation Systems for High-Voltage AC Motors	Shohachiro Ito et al.	565
A Motor for a Reactor Coolant Pump	Takashi Koyoshi et al.	570
Pole Amplitude Modulation Pole-Change Motors and Their Application to Energy Saving	Masahiro Ikeda et al.	575
A Thyristor Motor with Polygonal Windings	Masahiko Akamatsu et al.	580

GENERAL PAPERS

The MULTIFLEX-F Series of Relays with Wave-Distortion Protection	Kenji Suzuki et al.	587
550kV Gas-Insulated Busbars	Susumu Matsumura et al.	593
The LIM-STOP V Variable-Speed Needle-Positioner Clutch Motor	Takanori Kobayashi et al.	598
The Air-Jet Burner for the Vaporized Combustion of Kerosene	Tamotsu Nomaguchi et al.	603
New Models in the MELCOM 80 Series of Office Computers	Teruo Koikari et al.	608
The MELPOS-3000 Point-of-Sales System	Noboru Murayama et al.	613
Modular Escalators	Katsumi Kito et al.	618

表紙

原子力発電所と一次冷却材ポンプモータ

表紙は九州電力株式会社玄海原子力発電所(加圧水形)の全景である。1号機559MWは昭和50年に営業運転を開始して以来、極めて順調なか(稼)動を続けており、世界でもトップクラスの連続運転記録を有している。

現在2号機を建設中であるが、これが完成すると1号機と合わせて1118MWの電力を供給することになる。

表紙写真は、第2号機用として製作した一次冷却材ポンプと、モータの組合せ試験の状況を示す。従来はすべて輸入されていたが、今回初の国産機として納入した。電動機は出力4480kW、電圧6600V、6極、立形誘導電動機である。

COVER

Nuclear Power Station and Reactor Coolant Pump-Motor

The cover shows Kyushu Electric Power's Genkai Nuclear Power Plant, which has a pressurized-water reactor. Since the No. 1 generator, rated at 559MW, went on line in 1975, the plant has given excellent performance, boasting one of the best continuous-operation records in the world.

Completion of the No. 2 unit, now under construction, will bring the capacity of the plant to 1118MW.

The inset shows coupled testing of the reactor coolant pump and motor for the No. 2 unit, the first pumpmotor of this type manufactured in Japan. The vertical induction motor used is a six-pole 6600V unit with an output of 4480kW.

アブストラクト

同期電動機の最近の動向

福本紀久男・加藤之敏・松野 博・小西和成

三菱電機技報 Vol.53・No.8・P 550～554

生産性の向上，合理化のために，工場設備が大規模化し，これに伴って設備駆動用電動機の大容量化も進んでいる．このような電動機として，しばしば同期電動機が使用されるが，これは，力率改善が可能であること，効率が高いことによる．一方，最近の省エネルギー化傾向の中で，運転維持費節減のために，上記特長をもつ同期電動機が中容量まで幅広く使われる方向にある．本稿では，大容量化，省エネルギー化に対する当社の取組み方について紹介する．

1次冷却材ポンプ用モータ

小吉 隆・吉野 恂・藤田 洋・阿野忠美・吉田 浩

三菱電機技報 Vol.53・No.8・P 570～574

1次冷却材ポンプ及びモータは，加圧水形原子力発電所の主要機器の1つであり，従来輸入品が使用されてきた．当社では，これを国産化すべく三菱重工業(株)と共同で試作機を製作し，種々の試験により十分な性能を有することを確認した．更に信頼性を高めるために改良と試験を重ね，国産第1号機として，九州電力(株)玄海原子力発電所第2号機用を製作したので，ここにその概要を紹介する．

新系列大形3相誘導電動機“F2ライン”

東覚里志・宇都宮弓輝・松村喬二・吉村多喜男

三菱電機技報 Vol.53・No.8・P 555～559

従来，大形誘導電動機の標準系列として“Fライン”を製作してきたが，高圧電動機用F種絶縁の規格化，及び仕様の多様化，短納期化などの顧客要求に対処するために，当社では新しい系列として“F2ライン”を開発し，標準化を完了した．この標準系列の適用は，横形機，立形機とも枠番450～1120までの広範囲にわたっている．また電圧階級は3kV，6kV，及び11kV．絶縁階級はF種を採用している．

PAM方式極数変換電動機と省エネルギーへの応用

池田雅博・東 和彦・栗田浩二

三菱電機技報 Vol.53・No.8・P 575～579

ブロワ，ポンプ等の省エネルギー対策としての回転数制御の方式にはいろいろなものがあるが，極数変換電動機を用いる方式はその制御方法の簡便さが買われて最近見直されてきている．中でもPAM方式の極変電動機は，単一卷線で2段速度に切換えられるため高効率・小形軽量化が図れるなど，従来方式にはないかずかずの利点を有している．

当社は長年の研究によりPAM方式極数変換シリーズを完成したので，ここにその概要と省エネルギーへの応用について述べる．

新系列小形誘導電動機

堀内勝彦・柴田隆夫

三菱電機技報 Vol.53・No.8・P 560～564

小形誘導電動機は民生機器を中心に広い用途に利用されている．これら電動機用途の多様化の傾向に加え，機能的にも安全性，信頼性の向上，諸特性の向上の要求が強くなってきている．このニーズに合わせるため，構成部品の徹底した標準化と部品の組合せによる多機種化を考慮するとともに，諸特性の向上を図った新系列小形誘導電動機を開発したので，その特長と温度上昇，軸強度の検討結果を紹介する．

多相形サイリスタモータ

赤松昌彦・宇高正晴・永石勝之・二村 紘

三菱電機技報 Vol.53・No.8・P 580～584

保守の軽減，ほか総合的経済性の観点から交流可変速モータが使用され，一方ではブラシが差し支えない用途も多く，特に単機駆動用には直流機が広く使用されている．そこで，過負荷耐量や定出力特性などの性能は直流機並みにし，高圧低電流化が可能な効率の良い多相形サイリスタモータ（無整流子電動機）を開発したので，その原理と特性について述べる．これにより，製鉄・船舶など広範囲な用途への適用が期待される．

交流高圧電動機用絶縁の最近の動向

伊藤昭一郎・越場 宏・川上 剛・足立 寛・林 修

三菱電機技報 Vol.53・No.8・P 565～569

交流高圧電動機に対し，使用環境の多様化，高信頼性の要求などその傾向はますます高まっている．これらの電動機に使用する絶縁は，耐熱性，耐環境性及び高温時の電氣的，機械的特性などの向上が要求される．当社では，これらの要求に適合し，かつその性能を十分に発揮するいくつかの絶縁方式を開発し，改良をたえず進めてきた．ここに各絶縁方式の絶縁構成を含めた製造プロセスと，それぞれの特長及び絶縁特性などについて概説する．

高調波対策リレーシリーズ《MULTIFLEX》F

鈴木健治・畑田 稔・辻倉洋右・鈴木 愿・吉田敬史

三菱電機技報 Vol.53・No.8・P 587～592

電力系統において，系統事故時高調波現象が発生することは既に報告済みであるが，その後この高調波に対する保護リレーの研究開発を進め，昨年度中に高調波対策リレーシリーズの製品化を完了し，各電力会社の基幹系統に納入したので，その高調波対策リレーの内容とシリーズ製品化の概要について紹介する．

Abstracts

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 53, No. 8, pp. 570~74 (1979)

A Motor for a Reactor Coolant Pump

by Takashi Koyoshi, Makoto Yoshino, Hiroshi Fujita, Tadami Ano & Hiroshi Yoshida

The reactor coolant pump and its motor are among the most important items of equipment in a nuclear power plant having a pressurized water reactor. Japan has been importing this equipment, but now Mitsubishi Electric, in cooperation with Mitsubishi Heavy Industries, has manufactured a prototype which, tests show, offers equivalent performance. To further upgrade reliability, successive improvements and tests were carried out, culminating in the manufacture of the first domestically produced pump-motor set, which was delivered for the No. 2 unit of Kyushu Electric Power's Genkai Nuclear Power Plant.

The article gives a general description of the equipment.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 53, No. 8, pp. 550~54 (1979)

Recent Trends Concerning Synchronous Motors

by Kikuo Fukumoto, Kunitoshi Kato, Hiroshi Matsuno & Kazunari Konishi

To obtain higher productivity and automation, the scale of factory facilities is increasing, requiring bigger motors to drive them. These motors are frequently of the synchronous type, because power-factor improvement is possible, and their efficiency is high. Now, because of the recent trend toward energy-saving, synchronous motors are being more and more widely applied in medium-capacity applications in order to reduce running and maintenance costs.

The article discusses the ways in which Mitsubishi Electric is coping with the trend toward larger capacities and greater energy efficiency.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 53, No. 8, pp. 575~79 (1979)

Pole Amplitude Modulation Pole-Change Motors and Their Application to Energy Saving

by Masahiro Ikeda, Kazuhiko Higashi & Koji Kurita

A number of methods of speed control have been advanced as measures to save energy in the operation of pumps, blowers, etc., and those employing pole-change motors have recently been undergoing re-evaluation because of the simplicity of the control system. Among them, the pole amplitude modulation (PAM) method has numerous advantages in the higher efficiency and compact lightweight construction that result from 2-speed control obtained from a single winding.

The article gives a general description of a series of PAM motors developed by Mitsubishi Electric on the basis of its extensive experience and research, and suggests some ways in which they can be used to save energy.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 53, No. 8, pp. 555~59 (1979)

The New F2 Line of Large, Three-Phase Induction Motors

by Satoshi Tokaku, Yumiteru Utsunomiya, Kyoji Matsumura & Takio Yoshimura

Mitsubishi Electric has developed the F2 Line of large induction motors to replace the older F Line. The new standard line responds to customers' desires for motors of higher voltage that meet Class F insulation standards, for a wider diversification of specifications, and for shorter delivery times. The new standard motors comprises both horizontal and vertical machines and frame sizes of 450~1120. Voltage classes are 3, 6 and 11kV. Class F insulation is used.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 53, No. 8, pp. 580~84 (1979)

A Thyristor Motor with Polygonal Windings

by Masahiko Akamatsu, Masaharu Uda, Katsuyuki Nagaishi & Hiroshi Nimura

Because of their easier maintenance and overall economy, variable-speed AC motor drives are in wide use, but there are many applications in which brushes are not a disadvantage, and in such cases, particularly in single-motor drives, DC motors are common. For this reason, Mitsubishi Electric has developed a thyristor (commutator-less) motor having polygonal windings which offers overload and constant-power characteristics equivalent to those of DC motors, enables high-voltage low-current operation, and increases efficiency.

The article presents the principles involved and discusses the features of the motors, which promise to find wide application in the iron-and-steel, shipping, and other fields.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 53, No. 8, pp. 560~64 (1979)

A New Series of Small Induction Motors

by Katsuhiko Horiuchi & Takao Shibata

Small induction motors have an increasingly wider range of applications, and with this trend has come demands for functional improvement in terms of safety and reliability, and an upgrading of performance. To meet this need, Mitsubishi Electric has developed a new series of small induction motors based on the concepts of full standardization of parts and diversification through various combinations of components, plus the upgrading of performance characteristics.

The article discusses the features of the motors, along with the results of studies of temperature rise and shaft strength.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 53, No. 8, pp. 587~92 (1979)

The MULTIFLEX-F Series of Relays with Wave-Distortion Protection

by Kenji Suzuki, Minoru Hatata, Yosuke Tsujikura, Sunao Suzuki & Takashi Yoshida

The phenomenon of wave distortion during transient faults in electric power systems has already been reported. Subsequent work on the development of a relay to provide protection against wave distortion has culminated in the production of a series of such relays which have been installed in the EHV networks of major power utilities.

The article describes the relays, and gives details of the available series.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 53, No. 8, pp. 565~69 (1979)

Recent Trends in Insulation Systems for High-Voltage AC Motors

by Shohachiro Ito, Hiroshi Koshiba, Takeshi Kawakami, Satoru Adachi & Osamu Hayashi

High-voltage AC motors are faced with increasingly severe demands in terms of diverse operating environments and reliability, so that the insulation used must offer improved thermal resistance, environmental resistance, and electrical and mechanical characteristics. Mitsubishi Electric has therefore developed a number of insulation systems that get the most out of motor performance, and continues to make improvements in them.

The article describes the manufacturing processes, including insulation characteristics, of the various systems, as well as the features and insulating characteristics of each.

アブストラクト

新形550kVガス絶縁母線

松村 晋・杉本 修・富永正太郎・桑原 宏・松田節之

三菱電機技報 Vol.53・No.8・P 593～597

既に、550kV全ガス絶縁開閉装置は多数順調に稼動しているが、全ガス絶縁による変電設備の更に大きな縮小・大容量化を目指し、新しいガス絶縁母線を関西電力㈱と三菱電機㈱が共同で開発し、実系統試験を含む各種試験を実施して良好な結果を得た。新母線は、ガス中の不純物を捕そくする装置を持ち、容器の現地接続を溶接継手にするなどの新技術により、小形・軽量化されたにもかかわらず、高信頼性と長寿命とを実現した。その構造・特長・試験結果などについて述べる。

《MELCOM》80シリーズオフィスコンピュータシステム新モデル 小碓暉雄・荒井訓男・高橋真理・守川修平

三菱電機技報 Vol.53・No.8・P 608～612

オフィスコンピュータの分野で圧倒的な好評を得て、1万台を越える納入実績をもつ《MELCOM》80シリーズの新機種として新モデル38と新モデル28を開発し出荷を開始した。特に新モデルのマルチワークシステムは《MELCOM》88以来の経験と新技術をもとに開発したもので、小規模から大規模まで極めて使いやすいマルチワークシステムを構成できる。本文では新モデルのハードウェア及びソフトウェアの全般について概説している。

可変速定位置停止クラッチモートル《リミ・ストップ》V

小林孝生・加藤勝久・中村 隆

三菱電機技報 Vol.53・No.8・P598～602

工業用ミシンの針を上位置又は下位置に停止させる定位置停止と可変速運転機能を持つ定位置停止クラッチモートル《リミ・ストップ》Vを開発したので構造、制御及び特性について概要を紹介する。これはモートルに内蔵した電磁クラッチ・ブレーキを電気制御することにより安定にかつ応答よく、広範囲な無段変速と定位置停止を行うもので工業用ミシンの駆動装置のほか一般機械の省力化駆動装置としても優れた性能を発揮する。

三菱POSシステム

村山 昇・橋本 勉・大和真二

三菱電機技報 Vol.53・No.8・P 613～617

POSシステムは、小売経営のシステム化の有効な手段として急速に普及が始まっているが、当社の《MELPOS》3000システムは、最近デザインを一新し、機能の向上を図った新機種を開発、発表した。

本文では、新機種の改良された機能を中心に三菱POSシステムを構成する各機器について、その外観・構成・仕様などにつき紹介する。

新しい灯油気化式燃烧機—Air Jet Burner—

野間口 有・松井安次・根岸宣匡

三菱電機技報 Vol.53・No.8・P 603～607

従来の気化・予混合燃焼方式に、簡便な入力の調節、瞬時点消火を可能にするという技術革新を付加した新しい灯油バーナ（Air Jet Burner以下A J Bと称す）を開発した。A J Bは、灯油バーナをガスバーナ並みの使いやすさに近づけたものであり、今まで灯油では不可能とされた分野にまで、その適用を可能にした。A J Bの構成上重要な、燃料の微粒化、空気と燃料量の自動調節機能などを説明し、更にこれまでに商品化された製品（石油テーブル、ファンヒータ）について説明する。

三菱モジュラーエスカレータ

鬼頭勝巳・松倉欣孝・後藤 茂

三菱電機技報 Vol.53・No.8・P 618～622

駆動ユニットを標準長さの傾斜トラス部に収納し、階高に応じてこのトラスを順次継ぎ足す、新形三菱モジュラーエスカレータを開発した。開発に際し駆動ユニットの防振特性、ステップ歯形の滑らかなみ合い、ブレーキの制動特性などの研究を行った。このエスカレータの特長は、省エネルギー、省スペース、安全性の向上、斬新な意匠にあり、従来機に比べ、30%の省エネルギー、11%以上の省スペースを達成している。ここにその概要を紹介する。

Abstracts

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 53, No. 8, pp. 608~12 (1979)

New Models in the MELCOM 80 Series of Office Computers

by Teruo Koikari, Norio Arai, Shinri Takahashi & Shuhei Morikawa

With more than 10,000 systems installed, the MELCOM 80 Series has a commanding lead in Japan's office computer market. Deliveries have now commenced of two new models—the 28 and 38. The multiwork system of the new models has been developed on the basis of experience gained since the introduction of the MELCOM 88, plus added new technology, to provide an easy-to-use multiwork capability over a wide capacity range.

The article gives a general description of hardware and software for the new models.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 53, No. 8, pp. 593~97 (1979)

550kV Gas-Insulated Busbars

by Susumu Matsumura, Osamu Sugimoto, Shotaro Tominaga, Hiroshi Kuwahara & Setsuyuki Matsuda

Large numbers of fully gas-insulated switchgear installations are already on line. Now, in an effort to further reduce the size and increase the capacity of fully gas-insulated substations, Kansai Electric Power and Mitsubishi Electric have joined in developing a new gas-insulated bus which has successfully undergone a series of tests including connection to an actual system. The new busbar is equipped with a particle trap, and features on-site connection of the tank by welded joints. As a result of these technological breakthroughs, it has been possible to increase reliability and service life despite the reduced size and weight.

The article discusses the construction and features of the busbars, and the results of the tests.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 53, No. 8, pp. 613~17 (1979)

The MELPOS 3000 Point-of-Sales System

by Noboru Murayama, Tsutomu Hashimoto & Shin'ichi Yamato

There has been a rapid proliferation of point-of-sales systems due to their high utility in retail management, and Mitsubishi Electric has recently redesigned its MELPOS 3000 system, introducing models featuring upgraded function.

The article describes the appearance, construction and specifications of the various equipment making up the new MELPOS 3000 systems, with emphasis on the upgraded functions of the new models.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 53, No. 8, pp. 598~02 (1979)

The LIM-STOP V Variable-Speed Needle-Positioner Clutch Motor

by Takanori Kobayashi, Masahisa Kato & Takashi Nakamura

Mitsubishi Electric has developed the LIM-STOP V clutch motor for industrial sewing machines, combining a variable-speed drive function with the capability to stop the needle in either the up or down position.

The article provides a general description of the construction, control functions and characteristics of the motor. Electrical control of the electromagnetic clutch and brake built in to the motor provide fixed-position stopping and wide-range, stepless speed-control that is stable and more responsive.

The outstanding performance of these motors will be of great advantage not only in industrial sewing machines, but also as energy-efficient drives for other machinery.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 53, No. 8, pp. 618~622 (1979)

Modular Escalators

by Katsumi Kito, Yoshitaka Matsukura & Shigeru Goto

Mitsubishi Electric has developed a new modular escalator featuring inclined truss segments of standard length having a built-in drive unit, which can be fitted together in accordance with the rise to be covered. Development involved research in such areas as the vibration-resistant characteristics of the drive unit, smooth engagement of the teeth of the steps, and braking characteristics. The primary features of the new escalator are savings of 30% in energy 23% in load-bearing requirement, and 11% in space, as well as increased safety, and elegant design.

The article gives a general description of the escalator.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 53, No. 8, pp. 603~07 (1979)

The Air-Jet Burner for the Vaporized Combustion of Kerosene

by Tamotsu Nomaguchi, Yasuji Matsui & Nobumasa Negishi

The development of the Air-Jet Burner has improved the present system for the combustion of vaporized, premixed kerosene through technological breakthroughs enabling fine control of input and instantaneous ignition and quenching. The result is a kerosene-fired unit that is nearly as easy to use as a gas-fired one, and can be used in applications where kerosene has been impracticable.

The article describes the functions most crucial to operation of the AJB, including atomization of the fuel and automatic regulation of air and fuel flow, and describes such existing vaporized kerosene appliances as a table-top cooking unit and fan heater.

交流電動機特集によせて

新 良 由 幸*

交流電動機は工業分野のあらゆる用途に大量に使用され、全国発電電力の相当な部分がこれによって消費されている。そのため要求される仕様が極めて多岐にわたり、かつ省エネルギーに対する要請が年ごとに高まりつつある。

エネルギー開発は、その必要性は理解されながらも環境問題にからみ立地選定はおくれ気味で電力の予備率低下が顕在化しつつある。この趨勢は必然的に発電プラントに対し高い信頼性と長寿命の確保を要求することとなる。発電プラント内には多数の電動機が使用される故プラントの信頼性には大きな責任を有する。また原子力発電の場合、プラントの信頼感が立地確保の重大な要因となることを思えば電動機の信頼性が大きな役割をもつことが理解される。

このように電動機に対する社会的要請はエネルギー事情を敏感に反映しつつあり、ここに省エネルギーと信頼性の面から考えてみたい。

省エネルギー

電動機分野における省エネルギー法には、例えば次のような考え方がある：

(1) 電動機の効率向上

電動機自体の効率向上の研究は現在までのところ、主として小容量機の分野で進んでいる。それは全体としては比較的小容量機による電力消費が大容量機より大きいこと、及び小容量機のほうが効率改善余地が大きいと考えられることによる。

しかし大容量機の分野においても、海外では価格に効率を加味して評価する傾向が強くなっており、そのような考え方は国内でも広まる可能性がある。そのための設計技術及び材料開発が更に進むものと期待される。すでに材料面では磁気くさび(楔)が実用化され、また本質的に効率の高い電動機として同期電動機が見直される傾向がうかがわれる。

(2) 不用な電動機の停止、又は低速運転

不用な電動機を停止させるという発想は、不用な電灯を消すと同様にと自然な発想である。火力発電所のDSS(Daily Start Stop)、集じん(塵)ファンなど公害防止機器の1時間10回にも及ぶ高ひん度起動等がその例である。

しかし交流電動機は起動ひん度と信頼性とが密接に関連する特性があり高ひん度起動はさほど容易ではない。特に既設の電動機への安易な適用は危険である。固定子コイルエンドの支持法、ロータバーの固定法、起動時温度上昇の低減法等々幾多の問題があり、それらを十分考慮した設計、工作を実施しなければ所望の信頼性確保は困難である。後述の全含浸絶縁技術とロータバーのスエッジ法の実用化等はこの問題解決に画期的な貢献を果たしている。

また適当な低速運転への切換えにより、停止させる場合と同等に近い省エネルギー効果を挙げ、しかも高速切換時の温度上昇を低減することをねらう極数切換法についても近年種々の発展(例えばPAM方式)があることも忘れてはならない。

(3) 最適な回転数での運転

最適な回転数で運転する技術は、サイリスタ応用技術の発展とともに余分な損失を発生することなく自由に速度制御のできる交流電動機として著しく発展してきた。インバータによる周波数制御、セルビウス方式、サイリスタモータ等枚挙にいとまがない。

トンネル換気ファン、各種ファン及びポンプ等を必要最低限の流量で効率高く運転する方式として広く実用されつつある。また直流機では運転の困難な過酷な環境での応用では独自の発展を遂げつつあり、しかも従来直流機の分野と考えられてきた用途にも徐々に浸透しつつあることは注目に値する。

信頼性

電動機の信頼性、寿命を支配する最大の要因の1つに絶縁がある。一般に電動機は大容量発電機などとは比較にならぬ程過酷な条件での運転を要求される。すなわち

- (1) 起動電流による熱的、機械的ショック
- (2) スイッチングサージ等の電氣的ショック
- (3) 設置環境条件の多様性

等の大きいストレスを考慮に入れ、発電機の場合とは異なった観点からの評価が必要であり、電動機用として独特な発展を遂げてきた。

耐熱階級もエポキシの実用化とともに今やF種絶縁が標準となりつつある。当社は業界に先駆けて全含浸方式の絶縁を採用し飛躍的に信頼性を高めた実績を有する。しかしこの分野は日進月歩、新しい材料の開発とともに更に進歩する期待が大きい。また近年信頼性あるいは寿命の評価技術に対する要請は極めて高く、着々と研究が進みつつある。

信頼性の面で今一つ典型的な発展を遂げたものに原子炉1次冷却水循環ポンプ用電動機がある。これは原子力発電所の信頼性を支配する重要な機種であるが、当社はその国産化に初めて成功し輸入品をしのぐ信頼性を高く評価されている。前述のように信頼性が立地確保の要因であるため開発に当たり極めて広い範囲にわたる徹底的な検証を必要としたことは論をまたない。これは我が国のエネルギー事情に大きく貢献するものであり今後とも更に信頼性向上の努力を継続する所存である。

一方、海外市場及び一部の分野においては中進国の追上げが厳しい現状である。「産業の米」とさえ言われる電動機の分野での国際競争力の確保は、他のあらゆる分野に対する影響の大きい基本的課題である。筆者は高度な技術開発による電動機の新しい可能性の開発と、生産性向上により顧客にご満足いただける電動機を常に準備することがメカとしての責務であると考えている。

以上のような視点から電動機という古い機種に関する新しい動きの一端を特集することは意義深いものがあると信ずる。諸賢のご批判とごべんたつをお願いする次第である。

同期電動機の最近の動向

福本紀久男*・加藤之敏*・松野 博*・小西和成*

1. ま え が き

我が国だけでなく、世界各国において生産性の向上、合理化のため工場設備が大規模化し、これに伴って設備駆動用の電動機の大容量化も進み、単機容量が2万kW程度のものも使用される傾向にある。

特にこのような大容量電動機としては同期電動機が採用されることが多い。この理由は、同期電動機が誘導電動機に比べて力率の改善ができること、効率が高いことなど、運転特性が良好なためである。

一方、欧米諸国では、最近の省エネルギー化の傾向のなかで運転維持費の節減のために、中容量設備においても広く同期電動機を採用しているが、今後、我が国においても同様の方向に進んでいくことが予想される。同期電動機の特長を図1.に示す。

本稿では、同期電動機の大容量化に対する当社の信頼性向上対策、省エネルギー時代に幅広く対応できる電動機としての考え方など、最近の動向について紹介し、各位のご参考に供する。

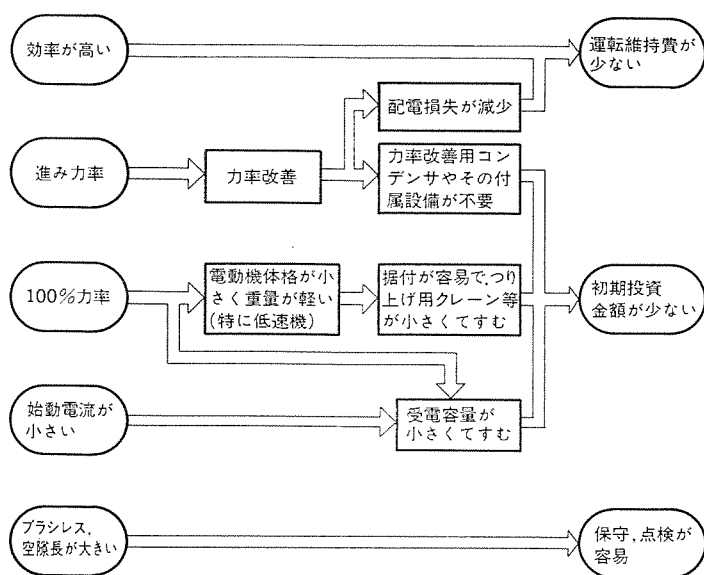


図1. 同期電動機の特長

2. 新系列高中速同期電動機の構造

同期電動機の大容量化の傾向のなかでは、電氣的・機械的に数多くの問題を解決し、その結果を十分反映させて信頼性の高いものとする必要がある。

一方、省エネルギー時代に適合した電動機として、大容量から1,000kW程度の中容量まで幅広く同期電動機を採用する場合には、次のような条件を満足する必要があると考える。

(1) 保護、冷却方式など、多様化するニーズにこたえられる。

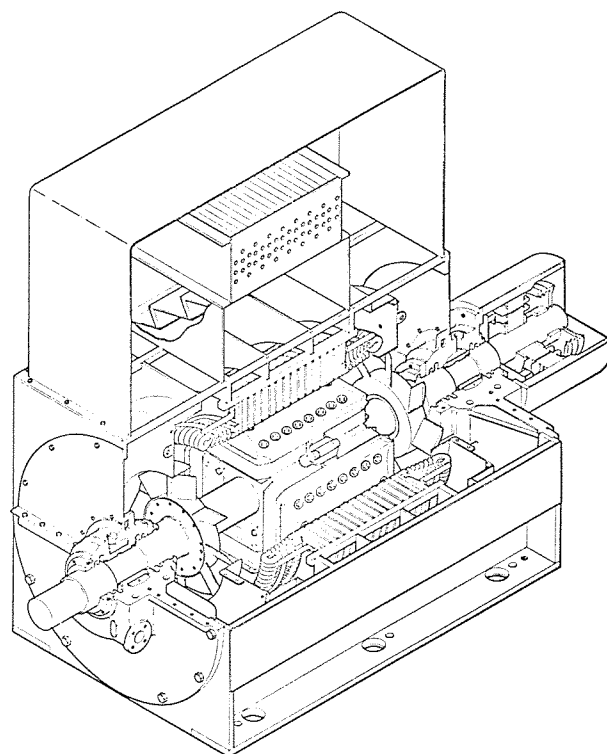


図2. 横形同期電動機構造断面図(全閉内冷形、クーラトップマウント方式、ブラシレス励磁)

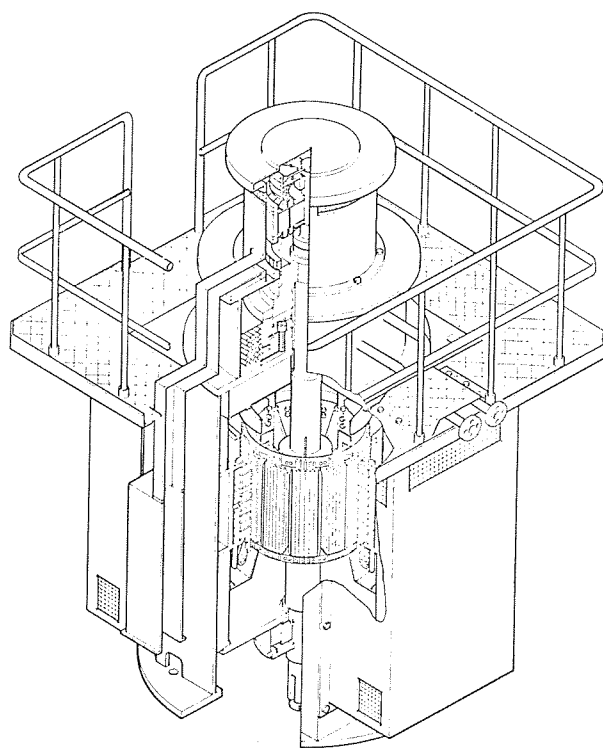


図3. 立形同期電動機構造断面図(開放防滴形、ブラシレス励磁方式)

- (2) 納期が短い。
- (3) 小形軽量である。
- (4) 保守が容易である。
- (5) 信頼性が高い。
- (6) 低価格である。

当社では、特に高中速機のフレーム、回転子構造、軸受方式、絶縁方式、励磁方式の統一を行い、かつ誘導電動機との共通部品の整理統合を行うことにより、上に述べた点を可能にした。

以下、主な点について紹介する。

2.1 誘導電動機との共通部品の統合

同期電動機と誘導電動機とは、同じ交流電動機として同様の環境下に置かれる場合が多く、したがって、保護・冷却のための構造、軸受構造については両者で共用が可能である。

別稿「新系列大形3相誘導電動機“F2ライン”」に述べているように、同期電動機に関しても同一の思想で系列化を行い、客先のニーズにかかわらずの面で容易にこたえることができるようにした。

2.2 ブラケット方式の適用拡大

軸受部分をブラケット形とすることにより小形コンパクト化すべし(据)付けの簡便化、低騒音化をねらった。また、中速機はもちろん、高速のブラシス同期電動機においても2軸受方式とし、交流励磁機をブラケットよりオーバーハングする構造を標準として、軸方向長が長くなることを避けている。

この方式は、4極機の場合には2万kW級まで適用可能である。

2.3 F種絶縁方式の全面的採用

我が国の同期電動機の規格である JEC 114 (1964) においては、F種絶縁であっても5,000kW以上の大容量機などの場合にはB種絶縁の温度上昇限度までしか認められていなかったが、最近の JEC 114 の改訂により、諸外国の規格と同様にF種絶縁の温度上昇限度まで認められるようになった。

これに伴い、当社の同期電動機にはF種絶縁を全面的に採用することとしたため小形軽量化が可能となった。また絶縁処理設備の大形化により大半の電動機には電機子鉄心と、電機子コイルを一体としてワックスを真空含浸する全含浸ダイアエポキシ絶縁方式を採用している。この方式はコイル単体含浸方式であるダイラシックエポキシ絶縁と並んで、当社が誇る信頼性の高いF種絶縁方式である。これら絶縁方式についての詳細については別稿「交流高圧電動機用絶縁の最近の動向」を参照願いたい。

2.4 塊状磁極方式の適用拡大

高中速機においては、特殊な始動トルク特性を要求される場合を除いて、塊状磁極方式を標準とした。

図4.に回転子を示すが、軸に焼ばめしたスパイダに界磁コイルをはめ、その外周部より磁極片をボルトでスパイダに締付けたもので、簡単な構造となっている。

塊状磁極方式は熱容量が大きいため、始動時に回転子に発生する熱に対して強く、信頼性が高い。

始動巻線付同期電動機に比べて任意の始動トルク特性が得難いという面もあるが、通常の用途に対しては十分である。

また始動時に発生する2sf(Hz)の脈動トルク(3.1節参照)が問題になるような負荷を駆動する場合には、磁極両端にエンドリングを取付けることによってこの脈動トルクの減少を図っており、更に同期運転時の電機子鉄心みぞ(溝)高調波による塊状磁極表面損が大きくなる場合には、磁極表面に溝を切るか電機子鉄心溝に磁性くさび

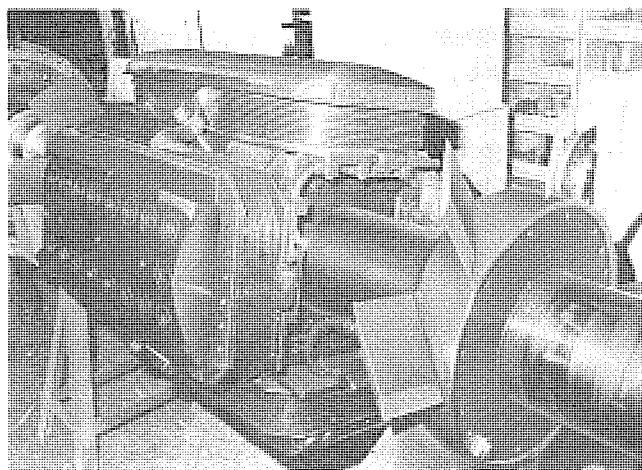
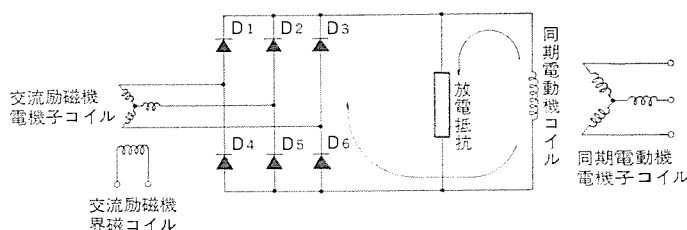
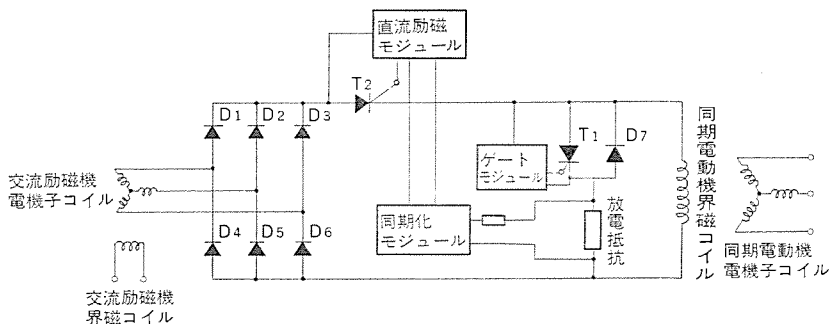


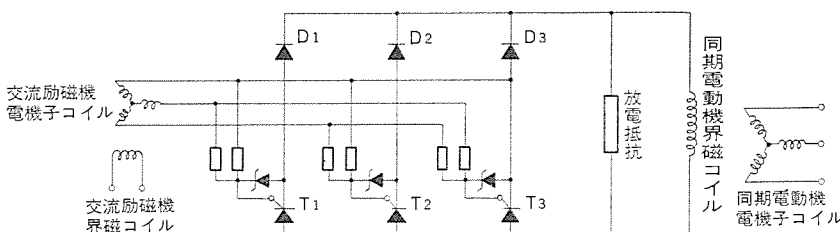
図 4. 塊状磁極形回転子



(a) 従来の回路



(b) パルスシフト方式



(c) サイリスタ方式

図 5. ブラシレス回路

(楔)を使用するなどの方法により、損失の発生を少なくして電動機効率の低下を抑えている。

2.5 ブラシレス励磁方式

ブラシがないためかご形誘導電動機とそんなに変わらない保守点検が可能で、また励磁用の電源容量が小さくて済むことより、ブラシレス励磁方式が多く使われてきている。当社はこの方式を標準として採用している。

ブラシレス励磁方式は、同期電動機の軸上に交流励磁機及びその出力を直流に変換するための回転整流器をとう(搭)載したものであるが、回転整流器の回路(ブラシレス回路)方式によっては電動機が異常なトルクを発生する。また高速機では、回路構成部品に大きな遠心力が加わる。したがって、ブラシレス回路の構成には十分な注意を払う必要がある。

図5.(a), (b), (c)にそれぞれ従来のブラシレス回路及び当社の標準回路であるパルスシン方式、サイリスタ方式のブラシレス回路を示すが、以下にこれらの特長、問題点について述べる。

2.5.1 従来のブラシレス回路(図5.(a))

この回路は最も簡単な構造のため、従来より多く用いられてきた。始動時に界磁コイル端子に発生する交流の高電圧を吸収するとともに、加速トルクを増加させるために適当な放電抵抗を通じて界磁コイル端子を短絡する。しかしながらこの界磁コイルに誘導される交流電流の半サイクルは、ダイオードにより短絡されるが、後の半サイクルはダイオードにより阻止されるため、放電抵抗を通して流れる。この結果、界磁コイルには直流電流に交流電流が重畳した形の非対称交流電流が流れる。この直流電流により、電機子コイルに発電作用が起こり、加速トルクを減少させる制動トルクが発生する。この制動トルクの値は始動初期において特に大きく、始動が困難になる場合がある。

またこの直流電流の存在により、通常、同期電動機が発生する $2sf$ (Hz)の脈動トルク以外に、 sf (Hz)の脈動トルクが発生するが、この sf (Hz)の脈動トルクは $2sf$ (Hz)の脈動トルクに比べて大きな値を示すことが多く、ねじり振動現象に対する軸系の設計において好ましくない(3.1節参照)。

2.5.2 パルスシン方式ブラシレス回路(図5.(b))

パルスシン方式は、同期投入を最適速度、最適位相で行えるようにしたもので、ゲートモジュール、同期化モジュール、直流励磁モジュールの3要素からなる制御装置“パルスシン”を有している。

始動時サイリスタ T_2 は不導通の状態にあるため、界磁回路に誘導される sf (Hz)の交流電流の半サイクルは、放電抵抗とダイオード D_T を通して流れる。他の半サイクルはゲートモジュールからサイリスタ T_1 にゲートパルスが流れて T_1 が導通し、電流は T_1 と放電抵抗を通して流れる。

したがって2.5.2項で述べたような制動トルク及び sf (Hz)の脈動トルクは発生せず、良好な始動特性を得ることができる。

また一方、放電抵抗から信号を得ている同期化モジュールは、界磁誘起電圧の大きさと周波数から最適速度と最適位相を検出し、これが両立した時点でパルスをサイリスタ T_2 のゲートへ流し、 T_2 を導通させる。このとき交流励磁機の出力側に電圧を発生させておけば、電動機界磁コイルに直流電流が流れ込み、同期投入がスムーズに行われる。直流励磁モジュールは、同期化モジュールからサイリスタ T_2 にゲート信号が与えられない状態、つまり、同期電動機がリラクタンストルクにより同期化してしまったような場合に、サイリスタ T_2 にゲートパルスを与える役割を行うものである。

この回路は主に中低速機に用いている。

2.5.3 サイリスタ方式ブラシレス回路(図5.(c))

サイリスタ方式は、ダイオードだけでなく、サイリスタを用いた混合ブリッジを整流回路としたものである。

始動時にはサイリスタ $T_1 \sim T_3$ が不導通のため、界磁回路に誘導された電流は常時放電抵抗を流れることになり、制動トルク、及び sf (Hz)の脈動トルクが発生せず、良好な始動特性が得られる。

同期速度に十分近づいたときに交流励磁機の界磁コイルに直流励磁を与え、発生した交流出力によってサイリスタ $T_1 \sim T_3$ を点弧して通常の整流ブリッジとして動作させる。

この回路の構成は簡単のため、遠心力に対する強度が大きく、主として高中速機に適用している。(特許出願中)。

3. 信頼性向上のための解析技術

大形電子計算機を駆使した最近の解析技術の進歩に伴い、信頼度の高い同期電動機の製作が可能となった。

高速回転体の挙動の解析、非同期始動、低周波同期始動の解析、異常運転時の過渡現象の解析などがその主なものであり、これらについては機会があるたびに紹介してきているが^{(1)~(7)}、3章ではその一部を説明する。

3.1 非同期始動時のねじり振動現象⁽¹⁾⁽⁷⁾

4極以上の同期電動機には、全電圧あるいは減電圧による非同期始動方式(自己始動方式)が採用されることが多いが、この場合に、同期電動機は $2sf$ (Hz)(s :すべり、 f :電源周波数(Hz))の周波数をもった脈動トルクを発生する。この脈動周波数はすべりの関数であるため、電源周波数が50Hzの場合には $100 \sim 0$ (Hz)、60Hzの場合には $120 \sim 0$ (Hz)まで変化する。

一方、同期電動機が駆動する軸系において、同期電動機及び負荷はそれ自身が慣性体のため、両者が別の動きをした場合には、この間の軸がねじれることになるが、両者の慣性の大きさ及び軸の剛性により決まるねじり固有周波数が前述の $2sf$ の脈動トルク周波数の範囲内に必ず存在する。

したがって、同期電動機が発生する脈動トルクの周波数が軸系の持つねじり固有周波数と一致する回転数において共振現象が起こり、大きな脈動共振軸トルクが発生して軸の破損に至ることがある。

特にターボコンプレッサやプロフのように、比較的 GD^2 の大きな負荷の場合に問題になることが多い。

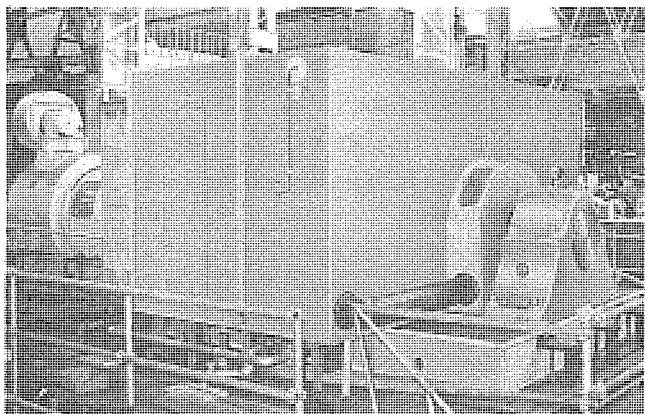


図6. ターボコンプレッサ駆動用18,000kW同期電動機

当社は、ねじり振動の解析を古くから手掛けてきており、かずかずの記録的な大容量同期電動機を納入してきている。

最近、(株)神戸製鋼所経由でブラジル CSN 製鉄所向けにターボコンプレッサ駆動用 18,000 kW 同期電動機 (13.2 kV、力率 0.9、20,500 kVA、1,200 rpm) を納入し、現在無事稼働中であるが、本機についても今までの豊富な経験をもとにねじり共振時の応力解析を行った。

脈動トルクの減少方法として、突極構造となっている回転子の直軸 (磁極を中心として考えた回路) と横軸 (磁極と磁極の間の空間を中心として考えた回路) のインピーダンスを近づけることが行われる。具体的には、磁極端にエンドリングを取付ける、界磁放電抵抗値を大きくする、磁極幅を広げる、空け (隙) を広げるなどの方法が用いられるが、それぞれが脈動トルク減少に与える効果には周波数特性 (すべりに対応) があり、軸系のねじり振動の固有周波数と合わせて考慮することも必要である。ただし、いずれの方法も同期運転時の特性の低下をまねかない程度で適用することが必要である。

一方、共振域通過時の脈動軸トルクの低減には、そのときの電動機端子電圧が関係している。端子電圧が大きいときは平均加速トルクが大きいため、共振域通過時間は早い、電動機が発生する脈動トルクも大きい。逆に、端子電圧を低くすれば、共振域通過時間は長い、脈動トルクの値は小さい。したがって、脈動軸トルクを最も小さく抑えられる最適な端子電圧を選択することが必要である。ただし、通常の場合は端子電圧を低くしたほうが共振域通過時の脈動軸

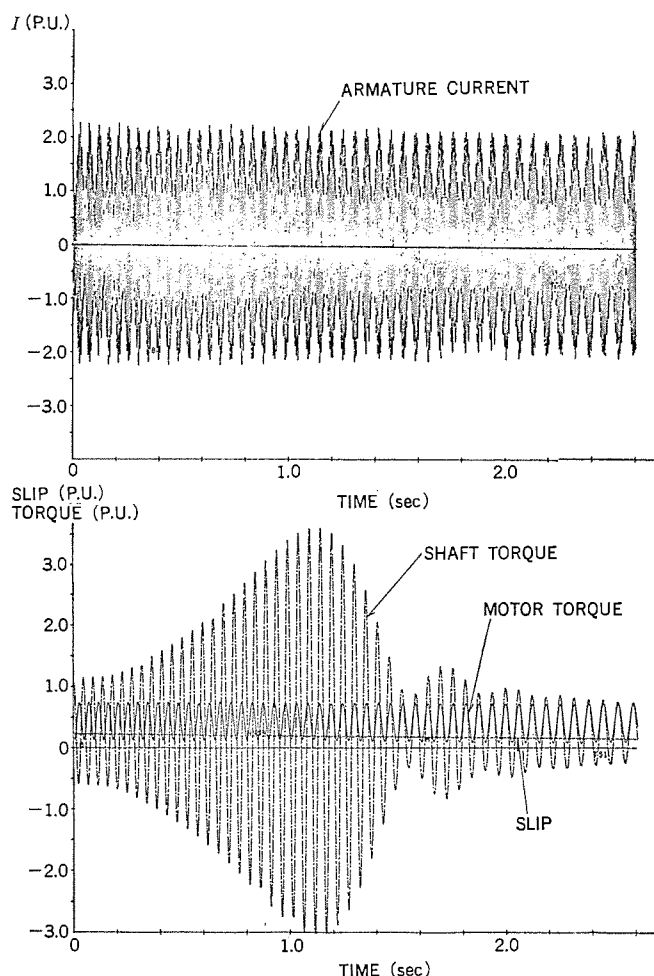


図 7. ねじり振動現象解析例

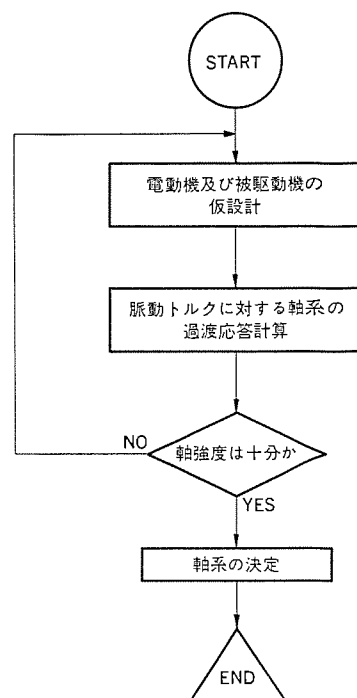


図 8. ねじり振動検討のフローチャート

トルクが小さくなるため、減電圧始動方式を推奨することが多い。

このほか、弾性カップリング、粘性ダンパなどを使用して、軸系のダンピング効果を大きくして、脈動軸トルクを下げることもある。

図 7. は、共振域通過時の脈動軸トルクの解析例である。図 8. に、ねじり振動検討の概略のフローチャートを示す。

強度検討は、同期電動機とその負荷を含めた軸系全体で考える必要があり、したがって、電機メカと機械メカが協調して行っていくことが必要である。

3.2 電機子コイルエンドの振動解析

コイルエンドには電流の 2 乗に比例した大きさの電磁力が作用し、この電磁力は電流周波数の 2 倍の周波数で変動する。コイルエンドの固有振動数がこの電磁力周波数と一致すると共振現象によりコイルエンドには大きな振動が発生し、特に始動時あるいは短絡時には大電流が流れる。このため、共振現象が発生すると、コイルの絶縁破壊やつなぎ線の断線といった事故につながる可能性がある。

当社ではコイルエンドの電磁力計算及び、振動特性計算プログラムを開発しこの現象の解析を行っている⁽³⁾。

電磁力計算プログラムは、コイルエンド上の任意の点における半径方向

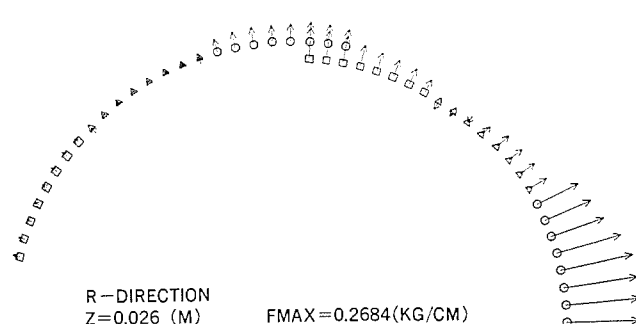


図 9. 電機子コイルエンドの電磁力分布

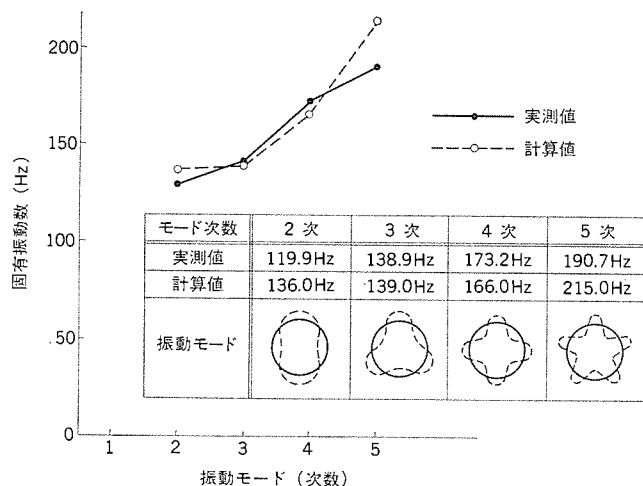


図 10. 電機子 コイルエンドの固有振動数及び固有モード

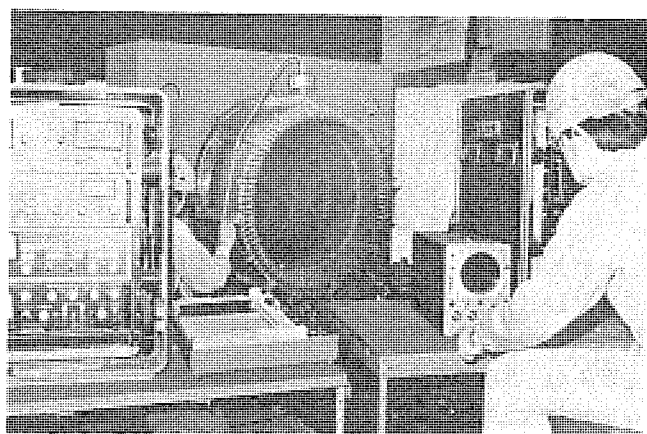


図 11. 電機子 コイルエンド 加振試験

及び接線方向電磁力を計算でき、更に過渡応答計算プログラム⁽¹⁾と組み合わせることにより過渡現象発生時の電磁力の時間変化をも計算することができる。図 9. は計算結果の 1 例で、電機子鉄心溝出口部近傍における電磁力の半径方向成分の大きさ、方向を示したものであ

る。

振動特性計算プログラムは、コイルエンド部の固有振動数及び適当な減衰定数を与えることにより加振時の振動応答を計算できる。図 10. はコイルエンドの固有振動数の計算値と実測値とを比較したものでこの両者はよく一致している。以上のように、これら計算プログラムによりコイルエンドの電磁力と固有振動数とを精度よく求めることができ、電動機の信頼性向上に役立っている。

4. む す び

同期電動機の大容量化だけでなく、省エネの傾向に対する当社の取組み方、その技術的裏付けについて紹介した。

極数では 2 極から数 10 極、容量では数万 kW までの数多くの同期電動機を納入してきているが、これらには世界に先駆けた記録品及び技術が多く、当社が使用者側の要求にこたえられるよう、常に積極的に取り組んできた結果と考えている。

今後、本稿に述べてきたことに対しても更に前進させるべく、一層努力する所存である。

参 考 文 献

- (1) 東覚, 福本, 加藤: 同期電動機駆動軸系の過渡現象のデジタルシミュレーションによる解析, 三菱電機技報, 53, No. 3 (昭 54)
- (2) 福本, 加藤: 最近の同期電動機にみる瞬時電圧低下・瞬時停電対策, オーム, 昭 53 年 10 月号
- (3) 木藤良, 小西, 河面, 東覚: 大形回転機のコイルエンドの電磁界及び振動応答, 昭和 54 年度電気学会連合大会
- (4) 高原, 九里, 福本: 新日本製鉄(株) 大分製鉄所納め 60,000 kW 同期電動機の低周波起動, 三菱電機技報, 46, No. 7 (昭 47)
- (5) 藤井, 神田: 高炉送風機駆動用同期電動機のサイリスタ始動方式, 三菱電機技報, 50, No. 4 (昭 51)
- (6) 川畑, 矢野, 加藤ほか: 多重電圧形インバータによる 9,000 kW 同期電動機の駆動, 昭和 54 年度電気学会連合大会
- (7) 吉田, 野村: 塊状磁極形同期電動機の始動特性, 三菱電機技報, 48, No. 2 (昭 49)

新系列大形3相誘導電動機“F2ライン”

東 覚 里 志*・宇都宮弓輝*・松 村 喬 二*・吉村多喜男*

1. ま え が き

誘導電動機は、あらゆる産業分野に使用されているが、最近の傾向として高信頼性、短納期化、仕様の多様化、省エネルギー化、低価格等の要求がますます強くなってきている。当社では、従来からFライン⁽¹⁾を納入してきたが、更にこれらの要求に対応すべく、今回モデルチェンジを行い、“F2ライン”として開発系列化したのでここにその概要を紹介する。

この新系列では、F種絶縁を標準としてわく(枠)番 450～1120 の範囲を対象にしており、従来の標準系列よりも適用範囲を拡大し、出力において最大 10,000 kW まで製作できる。

特 長

- (1) 絶縁の高信頼性……エポキシ 全含浸方式の適用範囲拡大と、F 種絶縁の標準採用、重合反応処理プロセスの改良等により耐熱寿命、耐湿、耐塩、耐薬品性、電気的特性、機械的特性に優れた絶縁システムを完成し、信頼性を向上した。
- (2) 短納期化……固定子及び回転子の鉄心と巻線部などの中核部分とフレームや軸などの構造部分を並行生産する PPS 方式 (Parallel Production System) の採用、及びフルフィット方式の全面適用により、製作期間を 30% 短縮することができた。
- (3) 仕様の多様化への対応……長年の製作実績に基づき、顧客の仕様を系統的にまとめこれをメカ標準に盛り込み、多様な仕様に対応できる標準化を行った。
- (4) 低騒音……通風音、電磁音を低減する音源対策と吸音、しゃ音などの防音対策に新技術を盛り込み、低騒音化設計を確立した。

2. 適 用 範 囲

横形機、立形機とも、次の適用範囲について制作する。

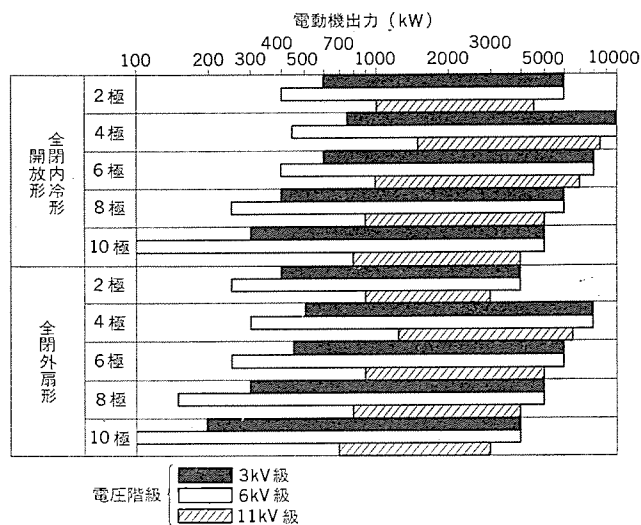


図 1. F2ラインの出力適用範囲F種絶縁、かご形回転子

(1) 枠番……450～1120 フレーム

(2) 出力……100～10,000 kW

図 1. に F 種絶縁のかご形電動機における概略の出力適用範囲を示す。

(3) 電圧階級……3 kV, 6 kV 及び 11 kV 級。

(4) 絶縁階級……F 種を標準とする。

(5) 外被保護形式……耐圧防爆形を除くすべての形式に適用する。

(6) 回転子形式……かご形及び巻線形。

(7) 極数……すべての極数。

3. 絶 縁

全含浸方式として、ダイエポキシ絶縁⁽²⁾⁽³⁾⁽⁴⁾は既に 15 年の実績を有し、この絶縁方式が極めて優れていることが実証されてきた。この間、絶縁材料、含浸及び重合反応プロセスの改良と機能評価試験により、絶縁特性及び信頼性向上に努めるとともに、省資源及び製品の小型軽量化のため耐熱性の高い F 種絶縁の適用を行ってきた。

F2ラインでは、全含浸方式を図 2. のように鉄心及び巻線からなる中核部分だけに行い、1120 フレームまでのすべてに適用した。絶縁階級としては F 種を標準とした。

ダイエポキシ絶縁は、コイルとスロット、コイルの接続部、口出線との接続部等を一体に含浸するので絶縁に継目がなく、弱点部をもたない。

コイルの絶縁は、図 3. に示すスロット内における断面写真のように極めて緻密な絶縁組織となっている。またコイルエンド部においても、コイル相互間及び支持物とを強固に一体化しており、始動時、母線切換時等の大電流による電磁振動に対しても高い信頼性を得



図 2. 含浸タンクに搬入中の固定子

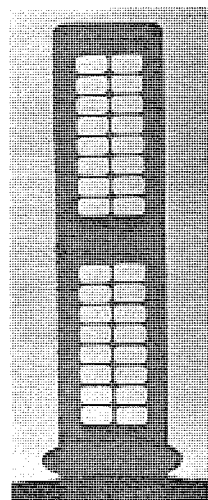


図 3. エポキシレジン全含浸後の固定子コイル断面

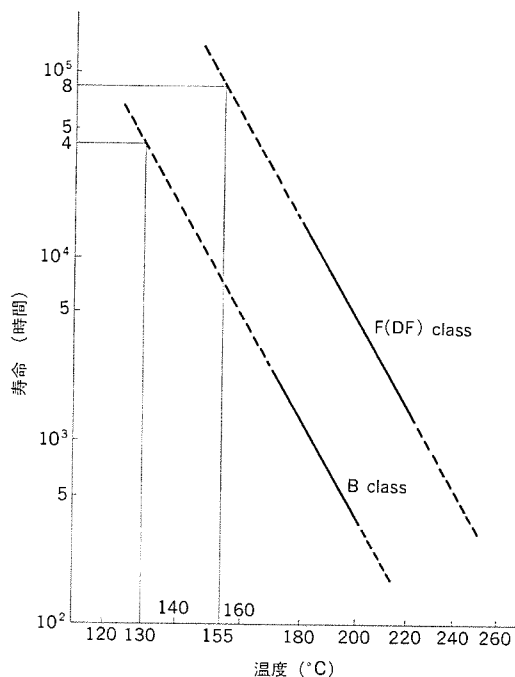


図 4. 絶縁の耐熱寿命特性

る。

F 種化を進めるにあたっては主絶縁はもちろん、素線絶縁などの耐熱特性を検討し、実機モデルコイルにより機能総合評価試験を行った。図 4. に耐熱寿命特性を示す。この図から B 種絶縁の最高温度 (130°C) における寿命と F 種絶縁の最高温度 (155°C) における F (DF) - F 種ダイエポキシ絶縁 - の寿命を比較すると、F (DF) のほうが約 2 倍となっている。すなわち、F 種ダイエポキシ絶縁を採用することにより、長い寿命と高い信頼性を期待できる。なお、ダイエポキシ絶縁の詳細については、本誌「交流高圧電動機用絶縁の最近の動向」⁽⁵⁾を参照されたい。

4. 仕様の多様化への対応と短納期化

電動機は、あらゆる用途に使われるため相手機械や設置環境、あるいは顧客の特別仕様など、製作仕様は極めて多岐にわたる。この多様な仕様を満足する電動機を、しかも短期間に製作するために F 2 ラインでは次のような方式を導入した。この結果、従来に比較して製作期間を 30% 短縮することができた。

図 5. は、設置環境に応じて外被保護方式を自在に変化させて電動機を製作するフルフィット方式の説明図である。これは、電動機本体の基本形に各種保護機能をもつ通風箱をとう(搭載)することによって完成するもので、従来に比較して更に適用範囲を拡大し、耐圧防爆形を除くすべての保護通風方式に適用した。

図 6. は、工期を短縮するために電動機の構成部品を分割並行生産する PPS 方式である。すなわち、従来のフレーム完成後、鉄心を積み巻線を行う直列製造方式に代えて、固定子は鉄心、巻線とフレーム、回転子では軸と巻線部をおのおの別々に並行生産し、最終工程で組合せ完成させる方式を採用した。

標準化にあたっては、長年の製作納入実績から仕様の分類と系統的整理を行い、従来特殊仕様として納期に影響を与えていたものを、できるだけメカ標準に採り入れた。

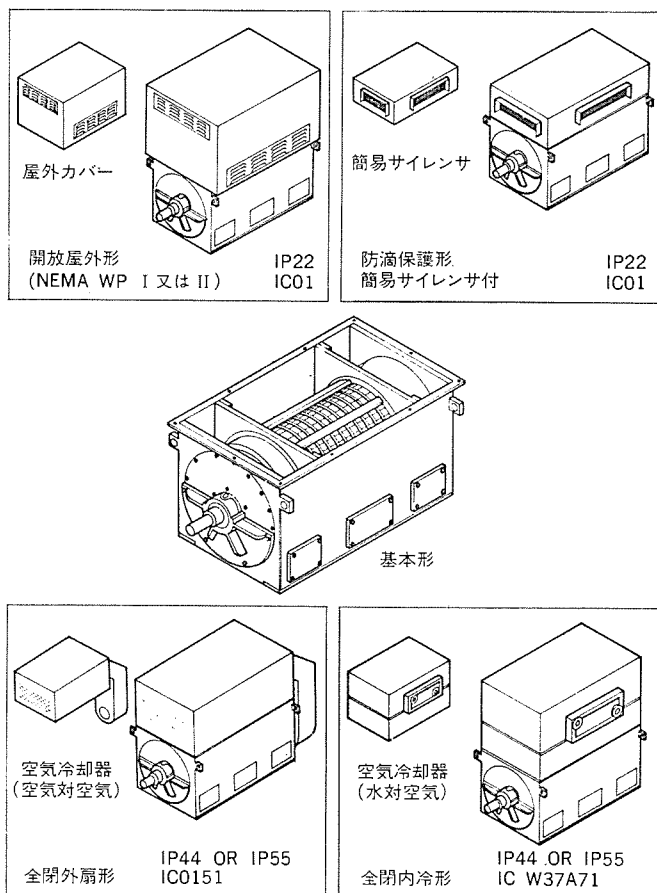


図 5. 横形電動機のフルフィット方式

5. 構造

5.1 通風冷却

(1) 各保護方式の通風構造

通風方式としては固定子の両側から冷却風を吸い込み、中央部に排出する複流ラジアル通風を採用している。

図 7. に代表的な横形電動機の保護方式の通風を示す。立形機についても基本的には同一である。(a)は防滴保護形でサイレンサを搭載した例を示す。(b)は開放屋外形である。この電動機は屋外に設置され、風雨にさらされるので雨や雪が電動機内部に浸入するのを防止するため、通風路に風の曲がり、低風速部、吹き抜け等を設けた屋外カバーを搭載する。(c)は全閉外扇形を示す。空気冷却器は、冷却能力に応じて冷却管の本数を選定できるユニット方式にしている。低騒音化のために吸気側及び排気側にサイレンサを付属することもできる。(d)は全閉内冷形である。全閉外扇形と同様、外気の影響を受けにくいので信頼性が高い。騒音源を密閉するので低騒音機として最適である。冷却能力に応じた空気冷却器(水-空気)を 1 個搭載することを標準とし、結露や万が一の冷却管の破損による水滴が電動機の巻線部にかからないよう、水受けと排出装置を設けている。

(2) 通風冷却技術の向上

電動機を安価に提供するためには、通風冷却技術の向上による小形軽量化が重要なテーマである。

図 8. は当社で開発した通風と温度を一貫して計算できるプログラムによる計算値と実測値との比較例である。この図でわかるように、プログラムによる計算値の精度を高くすることができたので、これを

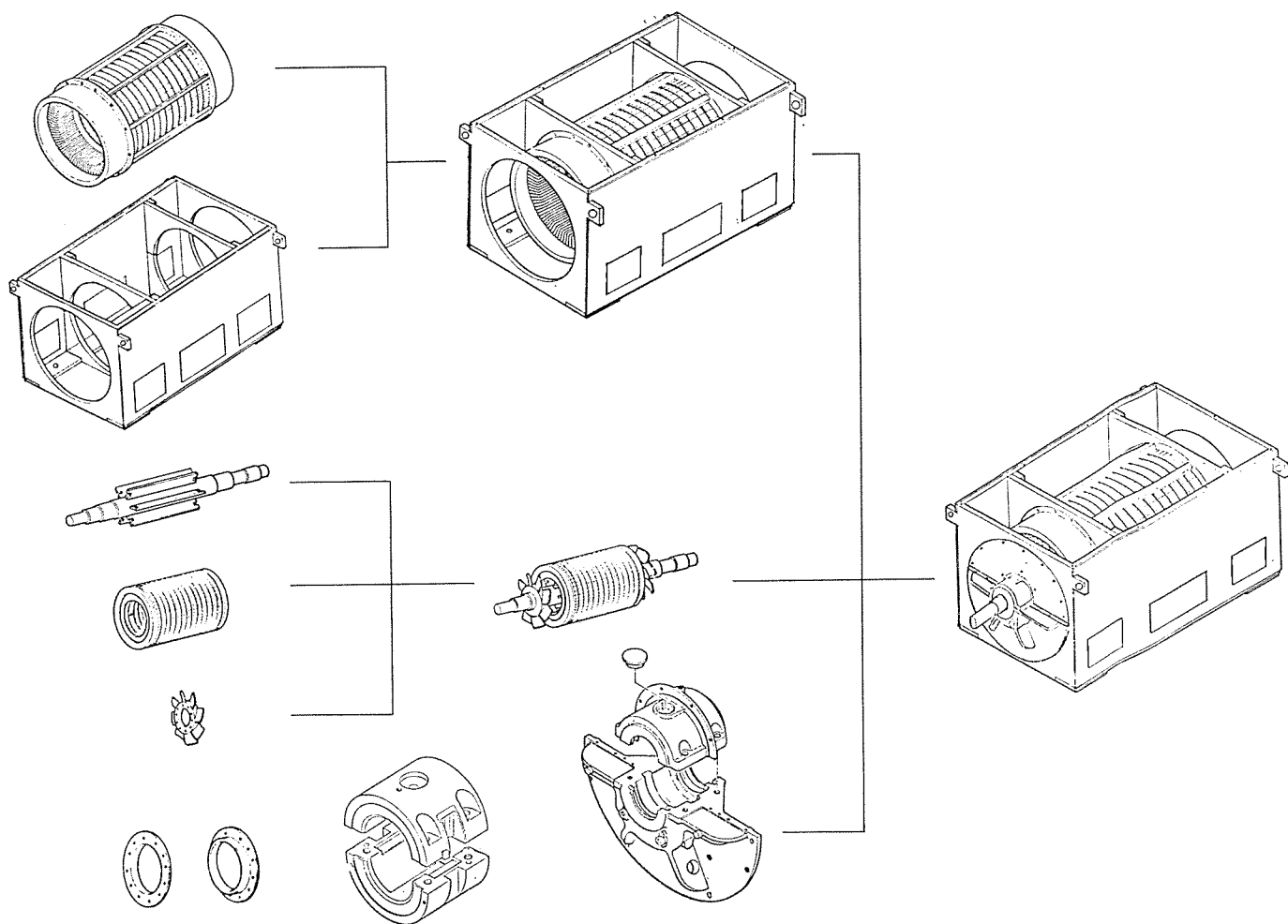


図 6. 横形電動機の PPS 方式

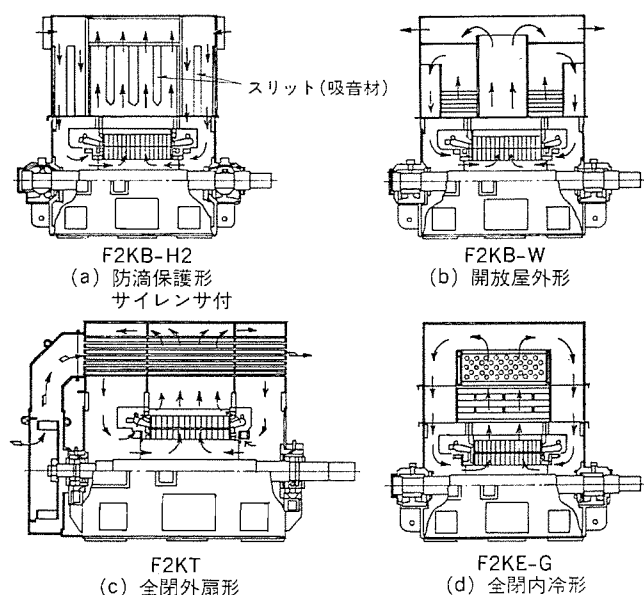


図 7. 横形電動機の通風構造

ミシュレータとして活用し通風構造の改善を行い、その結果、温度分布を均一化し温度上昇を下げることができた。

冷却ファンについては、高速機は翼形はねを用いたプロペラファン、低速機には傾斜はねのラジアルファンを使用する。

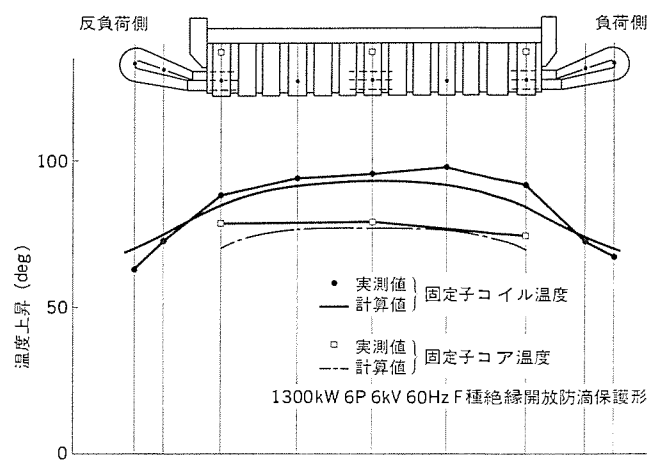


図 8. 固定子鉄心、コイルの温度分布

ファンガイドには FRP (強化プラスチック) を使い、通風抵抗の小さい流線形にした。FRP はまた電磁界の影響がなく、漂遊負荷損を低減し電動機効率を向上できる。

空気冷却器については、冷却管の材質、配列、本数、サイズを性能比較試験により決定し最適なユニットを選定している。特に水-空気の空気冷却器にはだ(楕)円管と角フィンを用いることにより、従来の丸管、丸フィンに比べてコンパクトにすることができた。

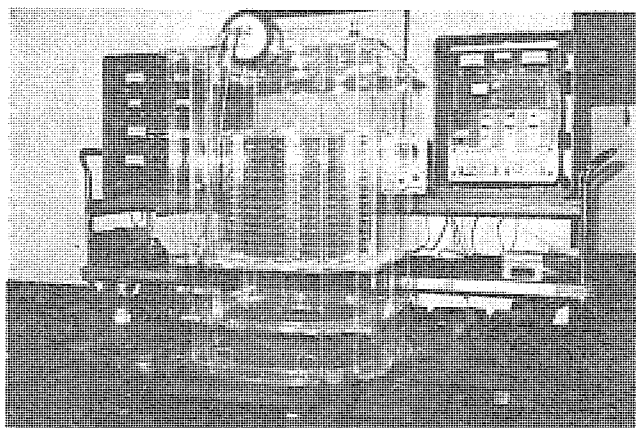


図 9. プラスチックモデルによる剛性試験（立形電動機の固定子）

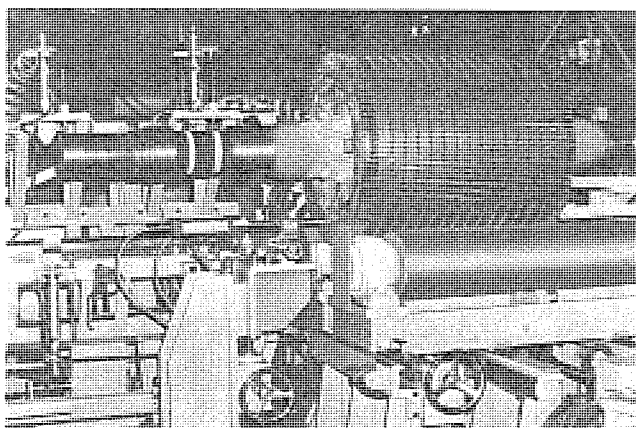
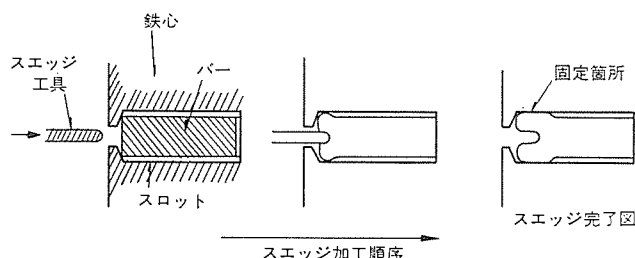


図 10. スエッジ加工

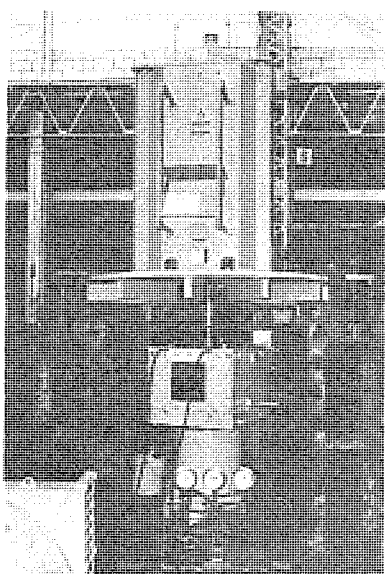


図 11. スラスト軸受試験装置

5.2 固定子

固定子は鋼板製のフレームに全含浸を施した鉄心巻線部をそう(挿)入したもので、電動機の機能を支配する最も重要な部品の1つである。機械的には十分な剛性を持つとともに、全重量の50~60%を占めているので、できるだけ構造を簡単にし軽量化を図る必要がある。

図9.は、立形電動機固定子のプラスチックモデルを使って、剛性試験を行っている例を示している。立形機の場合は特にポンプ架台の上部に設置されるため、ポンプも含めた系全体の固有振動数が回転周波数と一致しないよう十分に検討しなければならない。そのため有限要素法を用いた解析や実機の加振試験を行い、その結果、フレームとすえ(据)付フランジ部を一体化した構造を採用することにより、剛性の向上と30%の重量低減を行うことができた。

横形機についても立形機と同様、プラスチックモデルや実機による静剛性、動剛性の測定を行うとともに、実機において可変周波数電源による運転や、全電圧始動による実証試験を行い、標準構造を決めた。

5.3 回転子

回転子は、軸と鉄心巻線部及び冷却ファンで構成している。最近は省エネルギーのため電動機をひん繁に始動、停止する運転方法が増加する傾向にある。かご形回転子では始動時の大電流によるバー、エンドリングの温度上昇と熱応力、更にバーの電磁振動によるろう付部近傍の疲労破壊（バー切れ）を発生する可能性があるため、当社では以下に示す対策を実施している。

図10.は、かご形回転子のスエッジ加工を示している。スエッジ加工とは図のようにバーの上面をたがね状工具により打据えてバーをスロット内に固着することで、バーの振動を抑えることにより、バー切れを防止するとともにバーから鉄心への熱伝達をよくし、温度上昇を低く抑えることができる。スエッジ加工は当社独自で開発した専用機械により行っている。また、始動時の応力と変形は有限要素法を用いた計算プログラム⁽⁹⁾により解析し、バー、エンドリングの材質や構造を選定している。

5.4 軸受

軸受の標準として、横形機にはグリース潤滑のころがり軸受とオイルリング給油、又は強制給油方式のすべり軸受がある。立形のスラスト軸受には、グリース潤滑のアンギュラ玉軸受と油浴式のスラスト自動調心ころ軸受、及びキングスベリー軸受がある。

軸受は、電動機の信頼性を決定する重要な要素であり、各種試験装置により基礎試験、実証試験を行っている。図11.は立形電動機にスラスト荷重をかけて軸受性能を確認するスラスト試験装置である。スラスト軸受の適用範囲は、これらの試験装置により試験して決定しているが、従来に比較してころがり軸受の適用範囲を拡大することができた。また、ころがり軸受については軸受内のグリース挙動試験を実施し、その結果、給油側にグリースセクタを配置し、排油側にグリースランナを設け、老化グリースの排出性を向上することができた。

次にオイルリング給油のすべり軸受については、性能解析⁽⁷⁾⁽⁸⁾を行うとともに軸受試験装置により試験も行った。その結果、潤滑性能の向上により適用範囲を拡大することができた。これらは新しく考案されたテフロン製オイルリングガイドの油かきとり効果と、オイルリング回転数の増加によるものである。試験の結果、揚油量を20%増加し、軸受温度を5℃程度低下させることができた。

6. 低騒音化

低騒音電動機の需要はますます増加の傾向にある。当社ではいち早く“サイレントラインシリーズ”⁽⁹⁾を発表し、低騒音化技術の研究と製品化を推進してきた。F2ラインでは、高速大容量機で75ホン(A)、中・低速機では65ホン(A)までの低騒音機をシリーズ化している。図12. は75ホンシリーズの全閉内冷形、高速電動機の測定データである。しゃ音カバーの減音効果により騒音レベルを72ホン(A)まで下げることができた。図13. は無響室において騒音測定中の65ホンシリーズ全閉内冷形、中速電動機で、フレーム壁面にしゃ音カバーを設置している。このように超低騒音機では、防音対策の容易な通風音よりも透過音が問題となり、しゃ音カバーが有効な対策となっている。低騒音機の騒音を正確に分析し評価するには、周囲騒音や反射音の影響を受けない無響室での計測が必要である。当社では5,000 kW級の電動機まで測定できる無響室を備えている。低騒音化技術には、通風音や電磁音の発生を抑える音源対策と発生騒音に対する吸音、しゃ音などの防音対策があり、この両者を十分に検討する必要がある。

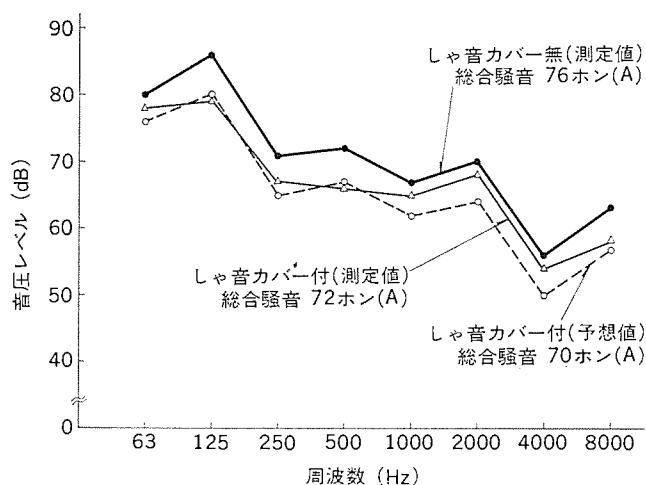


図12. しゃ音カバーのしゃ音効果 (全閉内冷形 1,000 kW, 2P, 3,300 V, 3,600 rpm)

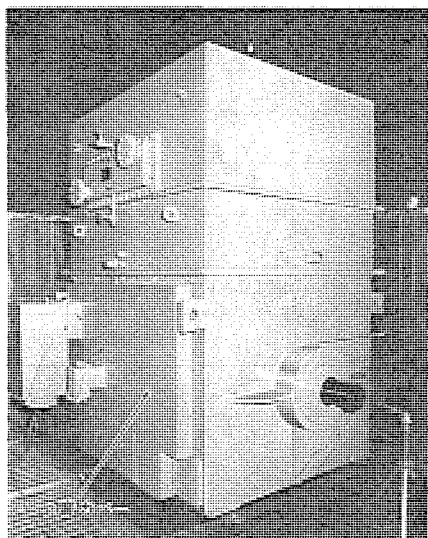


図13. 無響室における騒音試験 (全閉内冷形 2,400 kW, 8P, 6,600 V, 900 rpm)

る。以下にF2ラインで重点的に採用した項目について説明する。

(1) 音源対策

通風音には、回転子のダクトやパーエクステンション部で発生する高周波のサイレン音及び冷却ファン音がある。これらの低減方法としてダクトを互い違いに配列する、パーエクステンション部をシールドする、プロペラファンには翼形はねの採用などを実施している。

次に電磁音については、みぞ(溝)高調波を抑制するために電子計算機により解析して最適な溝数組合せ⁽¹⁰⁾⁽¹¹⁾を選定し、低速機では回転子のスキュー、磁性くさびの使用などにより音の発生源となる電磁加振力の低減をはかっている。

(2) 防音対策

図7.(a)は吸音法による当社独特のスプリット形サイレンサ付電動機の構造図である。このサイレンサは通風路を複数個のスリット(吸音板)で分割したもので、吸音効果が大きく通風抵抗は小さい。他の防音対策として、騒音源をしゃ音壁で囲うしゃ音法がある。

全閉内冷形は騒音源を密閉するためしゃ音効果が大きく、防滴保護形より低騒音となる。フレーム壁面からの透過音が問題となる場合は、しゃ音カバーをその壁面に取付け、2重壁としてしゃ音効果を上げる。今後、更に低騒音化していく場合、透過音対策が重要な課題になるものと考えられる。

7. むすび

以上、“F2ライン”の概要を紹介したが、特に信頼性向上、短納期化、仕様の多様化への対応、低騒音化に重点をおいて開発と標準化を進めた。今後とも、新しい技術の開発、設計技術、工作技術の向上に努め、より優れた製品を製作するよう努力したいと考えている。

参考文献

- (1) 古川：フルフィットライン 三相誘導電動機，三菱電機技報，42，No. 9 (昭43)
- (2) 柴田ほか：新しい誘導電動機の絶縁(ダイエポキシ絶縁)，三菱電機技報，40，No. 6 (昭41)
- (3) 平林ほか：最近の高圧電動機絶縁，三菱電機技報，48，No. 3 (昭49)
- (4) 美藤ほか：11 kV級回転機全含浸絶縁の開発，昭和51年電気学会全国大会 611
- (5) 越場ほか：交流高圧電動機用絶縁の最近の動向，三菱電機技報，53，No. 8 (昭54)
- (6) 田村ほか：高速かご形回転子の強度，三菱電機技報，51，No. 6 (昭52)
- (7) 菅波ほか：潤滑油の再循環を考慮したすべり軸受の性能解析，日本機械学会講演論文集，No. 760-6 (昭51)
- (8) 沖田ほか：ジャーナル軸受の温度上昇に及ぼす給油量の影響，日本機械学会講演論文集，No. 770-6 (昭52)
- (9) 神田ほか：低騒音誘導電動機「サイレントライン」シリーズ，三菱電機技報，48，No. 5 (昭49)
- (10) 衛藤ほか：誘導電動機の電磁騒音の解析，三菱電機技報，48，No. 10 (昭49)
- (11) 小泉ほか：誘導電動機の電磁騒音低減法，三菱電機技報，51，No. 8 (昭52)

新系列小形誘導電動機

堀内勝彦*・柴田隆夫*

1. ま え が き

小形誘導電動機の適用規格は、3相電動機は昭和39年にIEC寸法規格に準拠したJEM-1180、E種電動機特性規格JIS-C 4210が、単相電動機は昭和46年に同様にIEC寸法規格に準拠したJEM-1249、特性規格JIS-C 4203が制定され、国内では既に定着している。このIEC寸法は、電動機寸法の統一を図る国際電気標準会議が定めたものであり、国際的にもこの寸法系列に統一されつつある。またF種絶縁化については、大容量の高圧3相電動機で昭和53年11月にJEM-1380(寸法)1381(特性)が規格制定されているが、低圧電動機、単相電動機ではまだ制定されていない。

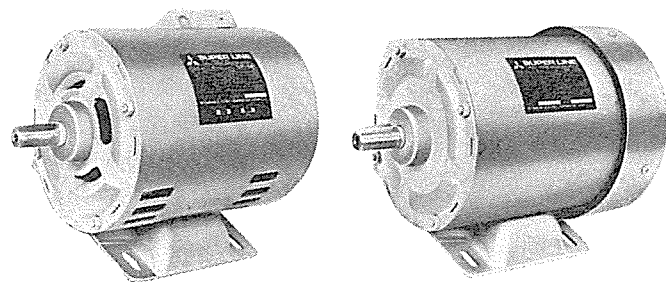


図 1. 開放保護形単相誘導電動機 図 2. 全閉外扇形 3 相誘導電動機

しかし最近、小形誘導電動機は民生機器を中心としますます利用分野が拡大されており、この用途の多様化傾向によって、安全性・信頼性の向上、騒音・振動の低減、外形寸法の小形化、特性の向上等の要求が強くなってきている。今回それらのニーズに合わせるため従来の取付寸法、規格を適用して、開放保護形単相電動機(63~90 フレーム)と全閉外扇形 3 相電動機(63, 71 フレーム)を中心とした小形誘導電動機の新系列品を開発した。開発に当たって、特性向上などのニーズだけでなく用途の多様化に対処するため構成部品の徹底した標準化と、標準部品の組合せによる多機種化を図っている。以下新系列品の特長などを紹介し、開発過程における冷却方式、軸強度の検討について記述する。(図 1., 図 2., 表 1.)

2. 特 長

新系列品は、従来の IEC 寸法採用による取付寸法、E 種絶縁採用による特性規格など基本的な変更はないが、従来品と比較して次のような特長がある。

(1) 端子箱の採用

小形電動機の場合、機械内部へ収納される場合がありスペース的な面で小形化する必要がある。そこで電源リードと電動機リードの接続部の保護をするとともに、結線作業を簡素化するために、従来のリード線ばら出し方式をやめ端子箱構造とした。そしてできる限りコンパクトにするため絶縁距離の問題のない合成樹脂製とし安全性と信頼性の向上を図っている。(図 3.)

表 1. 対象機種

	相 数	単 相 誘 導 電 動 機									3 相 誘 導 電 動 機		
	始 動 方 式	分 相 始 動			コ ン デ ン サ 始 動			コ ン デ ン サ 始 動 コ ン デ ン サ 運 転					
	取 付 方 式	横 形	防 振 形	フ ラ ン ジ 形	横 形	防 振 形	フ ラ ン ジ 形	横 形	防 振 形	フ ラ ン ジ 形	横 形	防 振 形	フ ラ ン ジ 形
開 放 保 護 形	形名 枠番号	SP-NR	SP-NS	SP-NF	SC-NR	SC-NS	SC-NF	SCL-NR	SCL-NS	SCL-NF	'SB-ER	SB-ES	SB-ERF
	63	◎35, 65	○	△							△	△	△
	71	◎100, 150 200, 250	○	△	◎100, 200 250, 300	○	△				△	△	△
	80				◎400	○	△	◎400, 550	△	△			
	90							◎750					
全 閉 外 扇 形	形名 枠番号	SPF-NR	SPE-NS	SPF-NF	SCF-NR	SCE-NR	SCF-NF	SCLF-NR	SCLE-NS	SCLF-NF	SF-ER	SE-ES	SF-ERF
	63	△		△							◎100, 200	△	○
	71	△		△	△		△				◎300, 400	△	○
	80				△		△	△					
	90							△					

備考 1. ◎印は標準仕込品 ○は従来から標準又は準標準としていたもの △は今回の機種拡大による準標準品
2. 表内の数字は、出力(W)を表す。
3. 全閉外扇形の内防振形取付品はすべて全閉自冷形となる。
4. 3相誘導電動機 80, 90 フレームは、従来通り鋳物フレームであり、今回のシリーズ化からは除外している。

(2) 外形寸法の短縮

取付寸法が規格で定められているため径方向は従来とほとんど同一であるが、開放保護形単相電動機は、ブラケットの通風窓を検討し(3章を参考)、軸方向長さを5~10%短縮した。

なお規格寸法の定められていないコンデンサ始動、コンデンサ運転の550W 4極は90フレームから80フレームに小形化した。

(3) 始動トルク、停動トルクが大きい

コアのみぞ(溝)数組合せ、巻線の分布を改良し、高調波起磁力の減少を図りながらトルクを大きくしたため、加速トルクも向上している。

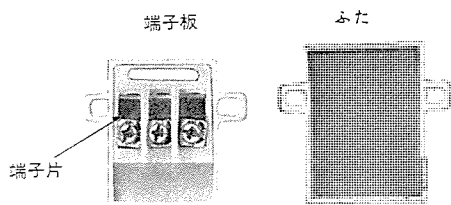
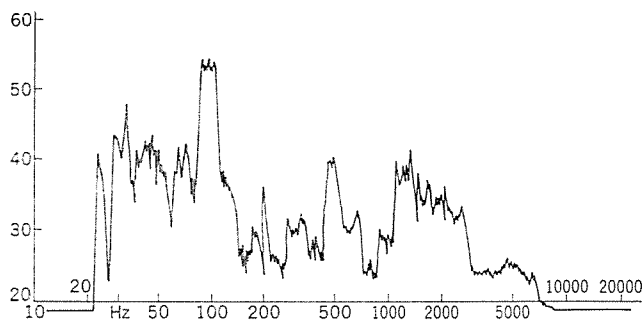
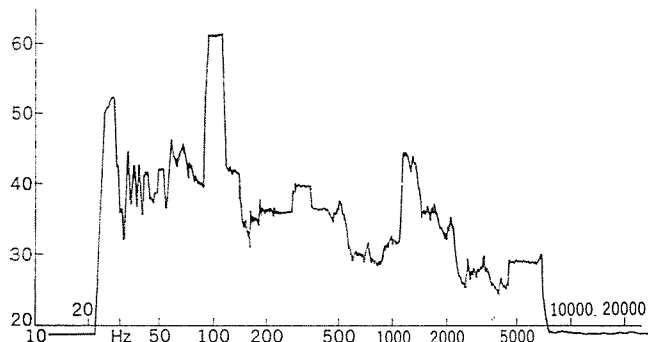


図3. 端子箱



(a) ロータ外径非切削品



(b) ロータ外径切削品

図4. 騒音分析比較(分相始動形単相誘導電動機 200W 4P 50Hz 100V)

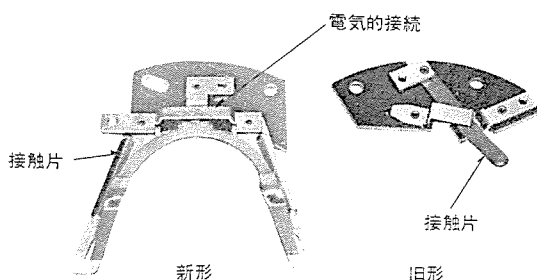


図5. 遠心力スイッチ固定側の新旧

またロータコア抜き板、コア積精度やシャフト加工精度の向上及びダイカスト方法の改良により、ロータ外径切削の廃止が可能になり、熱処理効果も向上し加速特性の改善に寄与している。

(4) 振動・騒音が小さい

(3)項のロータ外径切削廃止などにより単相電動機、3相電動機とも磁気音の低減を図っている。特に単相電動機では共振の原因となりやすい電源の2倍周波数の騒音・振動が小さくなっている。

(図4.)

(5) 新形遠心力スイッチの採用

接点は銀合金で溶着が起きにくいものに改良し、更に63, 71フレームの分相始動、コンデンサ始動形用の遠心力スイッチの固定側を変更し、図5.のように可動側との接触点を従来の1点から2点接触とした。そのため始動ひん度の高い用途にも十分耐えるようになり、信頼性が向上した。

(6) シャフト軸端部の強度向上(3相電動機)

従来品は軸端径を規格値としているが、必要以上にベルトを張るなど無理な使用方法ではしばしば軸端で折損することもある。

これを負荷側ベアリング内径を適正にすることにより、段落を小さくして応力集中を防ぎ、強度向上を図った。

(7) 機能が豊富である

表1.に示すように単相電動機、3相電動機の部品の共通化を拡大し、1個の部品を多機種の製品に使用するため、特殊対応品でもはん(汎)用品の部品を流用して簡単に生産できるようになり、機種が豊富になった。

3. 開放保護形のブラケット窓形状と温度上昇

電動機を小形化するうえで、機内に発生する損失を効率よく外部に放散して温度上昇を低く押さえることが最大の課題であるが、今回、実際の電動機について熱等価回路によって解析を行い、条件面で冷却効果が最大となるように設計した。

小形開放形電動機においては通風冷却構造として、負荷側、反負荷側のブラケットの風窓からアルミダイカストロータのエンドリングファンにより機内に冷却風を吸い込みコイルエンド表面、ステータコア、ロータコアの端面及びエンドリングからの熱を吸収して、フレームの風窓から外部へ放出するのが一般的である。このときの熱等価回路網を図6.に示す。

各部と内部通気間の熱伝達における熱コンダクタンスは下記のように与えられる。

(1) コイルエンド表面からの熱伝達における熱コンダクタンス

$$C = \max \left\{ 3.31 \alpha_1 \left(\frac{Q_1}{60 S_1 L} \right)^{0.5}, 4.85 \alpha_1 \left(\frac{Q_1}{60 S_1} \right)^{0.8} \cdot L^{-0.2} \right\} A_1 + 4.02 \left(\frac{Q_2}{60 S_2} \right)^{1.6} \cdot D_c^{-0.4} \cdot A_2 \quad (\text{kcal/h}^\circ\text{C})$$

ここに α_1 : 補正係数

L : コイルエンド代表長さ (m)

D_c : コイルエンド直線部等価直径 (m)

S_1 : 通風面積 (コイルエンド表面) (m^2)

S_2 : " (コイルエンド直線部) (m^2)

A_1 : 放熱面積 (コイルエンド表面) (m^2)

A_2 : " (コイルエンド直線部) (m^2)

Q_1 : 風量 (コイルエンド表面) (m^3/min) 全風量 Q の約 3/4

Q_2 : " (コイルエンド直線部) (m^3/min) " 約 1/4

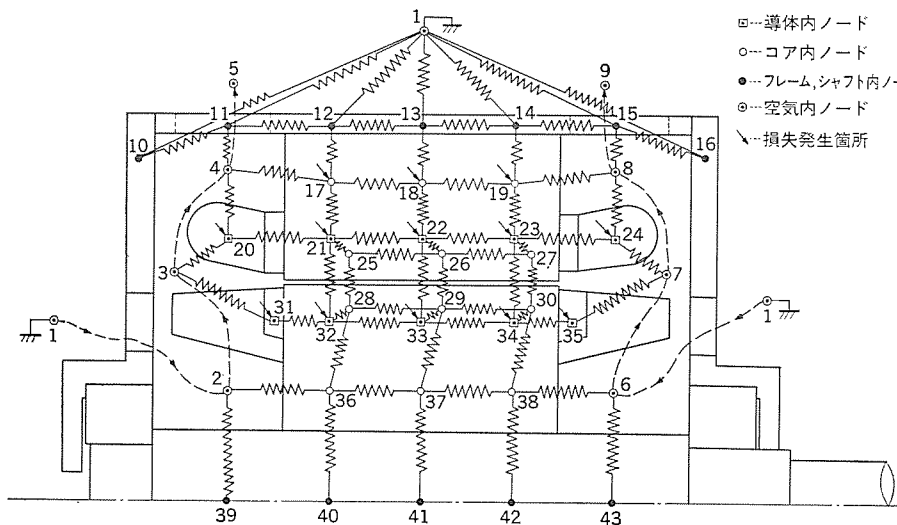


図 6. 輻流式鋼板製開放形電動機熱等価回路網

ここで ρ : 空気密度 ($\text{kg}\cdot\text{s}/\text{m}^3$)
 A_B : ブラケットの風窓面積 (m^2)
 A_F : フレームの風窓面積 (m^2)
 Q : 風量 (m^3/min)

以上のエンドリングファン性能曲線と圧力損失曲線は風量を横軸、静圧を縦軸にとると図 7. のようになり、交点が電動機の通風量であり、(3)のように圧力損失(静圧)を小さくすれば風量が大きくなる。風窓面積、特にブラケットの風窓を大きくすれば、圧力損失が小さくなり、風量が増加し(1), (2)の熱コンダクタンスが大きくなり冷却効果が良くなることがわかる。面積を変えて行った実機試験でも、ブラケット風窓面積を約 20% 増加することにより 3~4°C 温度上昇が低下した。

今回開発した新形単相電動機は、軸方

向長さを短縮するためファンガイドを廃止しているため、通風上ブラケット風窓はエンドリングファンより内径側にあることと、保護形としての具備条件(指などが機内の回転部分又は導電部分に触れないこと)を満足させるため、図 8. のように風窓を外径側を内側へ、内径側を外側へ切り曲げて、保護形の具備条件を満足させながら、風窓面

(2) 固定子鉄心端面からの熱伝達における熱コンダクタンス

$$C = 5.02 \left(\frac{Q_2}{60 S_3} \right) \cdot A_3 \quad (\text{kcal}/\text{h}^\circ\text{C})$$

ここに S_3 : 通風面積(ステータコア表面) (m^2)

A_3 : 放熱面積 (") (m^2)

(3) ロータコア端面からの熱伝達における熱コンダクタンス

$$C = 1.84 \left(\frac{V_R}{D_{Re}} \right)^{0.5} \quad (\text{kcal}/\text{h}^\circ\text{C})$$

ここに V_R : ロータの風速 (m/s)

D_{Re} : ロータ直径/2 (m)

(4) エンドリングファン表面からの熱伝達における熱コンダクタンス

$$C = 4.02 V_e^{0.6} \cdot D_e^{0.4} \quad (\text{kcal}/\text{h}^\circ\text{C})$$

ここに V_e : エンドリングファン表面の風速 (m/s)

D_e : エンドリングファン等価回路 (m)

以上のうち(3), (4)はそれぞれロータ、エンドリングファンの寸法とロータ速度により一義的に決まるが、(1), (2)はモートル内部の通風量によって変化する。温度上昇を低く抑えるには、これら熱コンダクタンスを大きくする必要があるが、それには上式で明かなように通風量を大きくする必要がある。この通風量は、エンドリングファンによる通風性能と、ブラケット、フレーム風窓などによる圧力損失によって決まる値である。

エンドリングファンによる通風性能は次式で与えられる。

$$\text{風量 } Q = K_1 \cdot N(\pi D)^2 \cdot b \quad (1)$$

$$\text{静圧 } P = K_2 \cdot \left(\frac{\pi D N}{60} \right)^2 \quad (2)$$

ここで N : 回転数 (rpm)

D : ファン外径 (m)

b : ファン幅 (m)

K_1, K_2 : 補正係数(風量、静圧、ファン寸法形状、コイルエンド形状などによって変化する値)

また圧力損失 P_L は ブラケット風窓からの吸気による圧力損失 P_{LB} と フレームからの排気による圧力損失 P_{LF} の和となる。

$$P_L = P_{LB} + P_{LF} = 0.825 \rho \left(\frac{Q}{60 A_B} \right)^2 + 0.625 \rho \left(\frac{Q}{60 A_F} \right)^2 \quad (3)$$

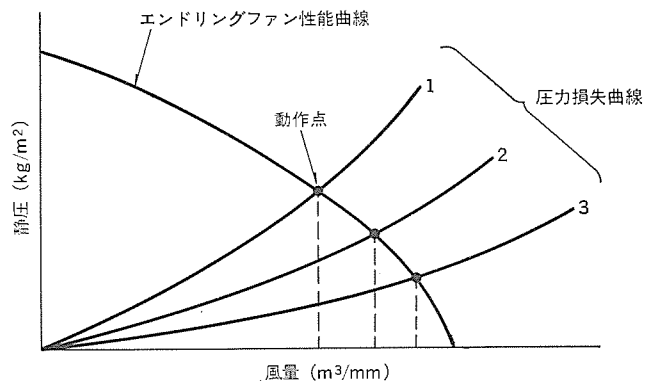


図 7. ファン動作特性

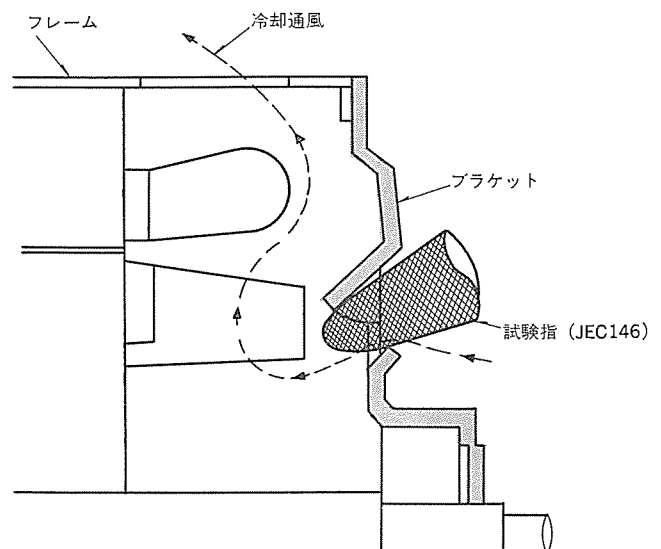


図 8. 通風窓形状

積を最大限に大きくして冷却効果を上げている。

4. 全閉外扇形のファン、カバー形状と温度上昇

全閉外扇形誘導電動機の通風冷却解析については、既に本誌 48 巻 10 号 (1974 年) で紹介したが、今回基本的な考え方はそのまま、冷却フィンのない、鋼板フレームとして解析及び実験により各係数を求めた。

冷却フィン付きの鋳物フレームと相違する点は

(1) 風速分布の違い

冷却フィンが無い場合、外扇ファンが遠心力ファンのため、冷却風が発散してしまい、出口から遠ざかるに従ってフレーム表面の風速が低下してしまう。

今回の新形 3 相電動機は、この風速が外扇カバー出口 (フレーム端) から遠い箇所でも風速ができるだけ低下しないように考慮して設計を行った。図 9. にその比較実験の結果を示す。

(2) フレーム外表面と外部通風空間の熱コンダクタンスの違い

冷却フィン無しの場合の熱コンダクタンス

$$C = h \cdot \pi D_f \cdot L_f \quad (\text{kcal/h}^\circ\text{C})$$

ここで h : フレーム表面の熱伝達率 ($\text{kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$)

D_f : フレーム外径 (m)

L_f : フレーム長さ (m)

(3) その他ブラケット表面と外部空気空間の熱コンダクタンスなどが違う。

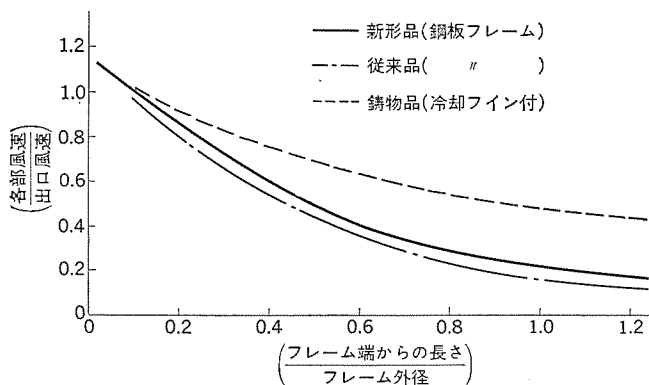
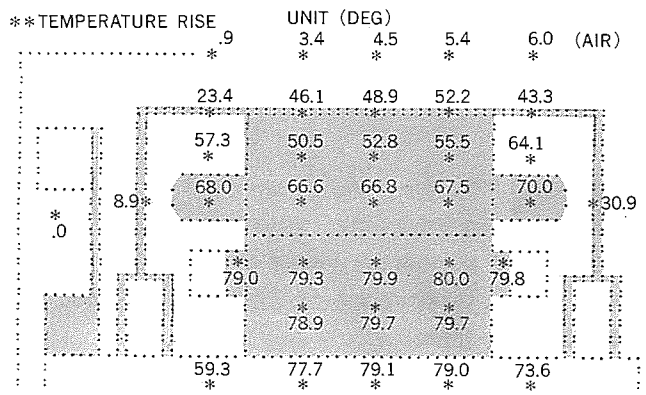


図 9. フレーム外周部の風速分布



STATOR COIL (AVERAGE)=67.8 (66.5) ROTOR COIL (AVERAGE)=79.6
STATOR CORE (CORE CENTER)=52.8 FRAME (CENTER)=48.9 (51)

図 10. 全閉外扇形温度上昇計算結果 () 内は実測値
SF-ER 0.4 kW 4P 200 V 50 Hz 71 フレーム

上部の結果を、電子計算機で計算した結果例を図 10. に示すが、ステータコイルの平均値、フレームの温度上昇など実測結果とほぼ同程度の値が出ている。

今回の新形 3 相電動機の外扇ファンは、生産性の向上、ファン GD^2 減少による正逆運転時のボス部のへたり防止のために、従来のアルミ製をやめ鋼板製としている。

5. シャフト段落形状と強度

一般に電動機のシャフトは、図 11. (a), (b) のように、段付形状になっており、無理な荷重がかかると回転曲げによる疲労破壊により折損することがある。

回転曲げによる応力は次式より求められる。

$$\sigma = \frac{P \times l}{\pi/32 \cdot d^3} \quad \dots\dots\dots (4)$$

ここに σ : 曲げ応力 (kg/mm^2)

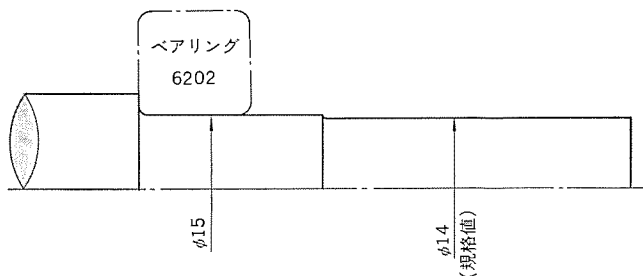
P : 曲げ荷重 (kg)

l : 破壊部から荷重点の距離 (mm)

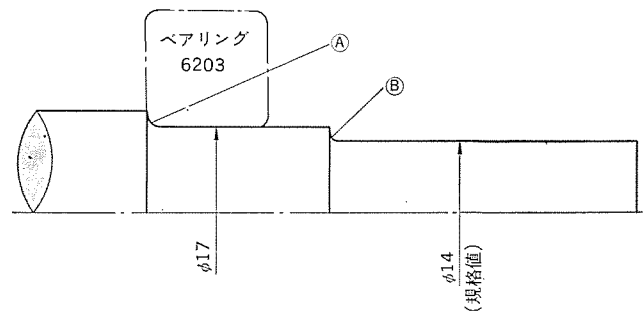
d : 軸径 (mm)

一方、軸の許容回転曲げ疲労強度は

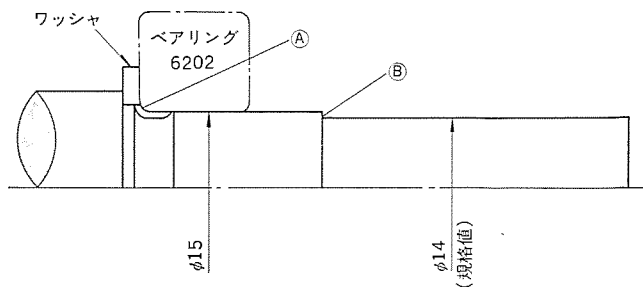
$$\sigma_w = \frac{\sigma_B}{\beta} \quad \dots\dots\dots (5)$$



(a) 単相電動機



(b) 3 相電動機 (従来品)



(c) 3 相電動機 (新形品)

図 11. 軸端形状 (71 フレームの例)

ここに σ_w : 許容回転曲げ応力 (kg/mm²)
 σ_B : 平滑材における破壊応力 (kg/mm²)
 β : 切欠係数
 となり安全率は $n = \sigma / \sigma_w$ となる。

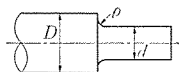
$$\beta = \frac{\omega \times P_r}{u \times v} \dots \dots \dots (6)$$

ここに P_r : 圧入効果
 u : 寸法効果
 v : 仕上効果
 ω : 切欠効果

段付軸の場合この ω が大きいことが問題となる。

$$\omega = 1 + (0.71 + 0.016 \sigma_p) (1 - e^{-0.1d}) (1 - e^{-0.07d/\rho})$$

$$\{1 - e^{-3.75(1-d/D)}\} \dots \dots \dots (7)$$



σ_p : 引張り強さ (kg/mm²)
 D, d, ρ いずれも (mm)

今回軸端の強度 (図 11. の㉔部) を向上するため $\phi 17$ を $\phi 15$ とした。式 (7) で示すように段落が小さければ切欠効果が小さくなり最終的に安全率が高くなる。しかしその場合、単相電動機図 11. (a) のようになり、出力が 300 W の単相電動機では強度的に問題はないが、3 相電動機で 400 W 4 P となるとベアリング 段付部 ㉕ で折損する危険性がある。そのため段落部分の強度を向上するため特殊環状溝付軸とした。

環状溝付軸の場合の切欠効果 ω は次式で表される。

$$\omega = 1 + (1.1 + 0.022 \sigma_p) (1 - e^{-0.07d}) (1 - e^{-0.093d/\rho})$$

$$\{1 - e^{-12(1-d/D)}\} \{1 - e^{-1.7(\pi-\theta)}\} \dots \dots \dots (8)$$

表 2. 回転曲げ疲労強度試験結果

試 験 片	破 壊 箇 所	※ 疲労限度 σ_w (kg/mm ²)	切 欠 係 数 β	
			実 測 値	計 算 値
新形品 図 11. (c)	㉕	19.0	1.42	1.34
	㉔	17.0	1.59	1.52
従来品 図 11. (b)	㉔	16.0	1.69	1.69

※ 詳細は、図 12. によること。

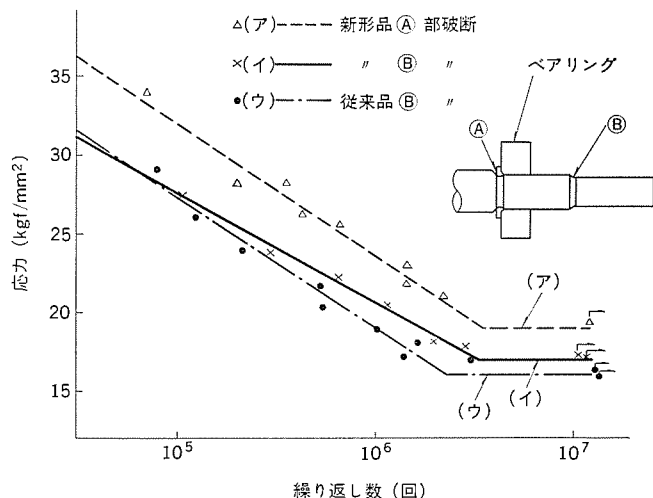
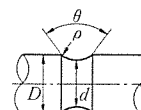


図 12. 片持式疲労試験結果

今回上記の検討と、既に参考文献 (2) で発表している実験結果とを考慮して採用したが、その確認試験の結果と計算値との比較を表 2. 及び図 12. に示す。



6 応用品シリーズ

新シリーズ品は、使用部品の徹底した標準化を行い、標準部品の組合せにより多機種の生産が可能になっている。

主要部品がほとんど汎用品の部品が流用できるものとして

- (1) 全閉外扇形単相電動機
- (2) 開放保護形 3 相電動機
- (3) 防振形電動機
- (4) フランジ形電動機
- (5) オートカット付電動機、などがある。

特にフランジ形電動機について述べると、図 13. に示すように、標準横形の鋼板ブラケットにプレス加工したフランジを、信頼性の高い抵抗溶接をしてフランジブラケットとして使用し、フレームの取付足を省略することにより対処ができる。その他の機種については、従来も同様の考え方で行っていたが、今回品については、前章で述べたように単相電動機と 3 相電動機のベアリングサイズが同一になったことにより互換性ができ、全閉外扇形単相電動機や開放保護形 3 相電動機など標準部品の流用率が向上している。

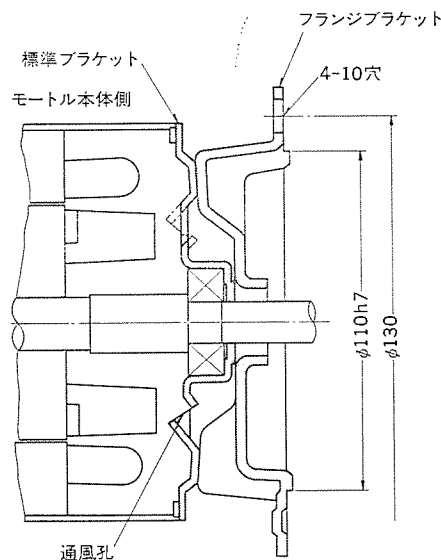


図 13. フランジブラケット

7. む す び

今回の新系列小形電動機は、需要家における使いやすさ、品質の向上、信頼性の向上など改善を加え、当社が自信をもってお薦めできる製品であるが、技術の進歩は日進月歩であり、これに満足せず更に研究を重ね、より一層需要家各位のご指導、ごべんたつによりご期待に添うよう努力を続けたい。

参 考 文 献

- (1) 三富ほか：全閉外扇形誘導電動機の通風冷却解析，三菱電機技報，48，No. 10 (昭 49)
- (2) 実用新案，昭 48-18901

交流高圧電動機用絶縁の最近の動向

伊藤昭八郎*・越 場 宏*・川 上 剛*・足 立 寛*・林 修**

1. ま え が き

交流電動機において、近年、小形軽量化、使用環境の多様化及び高信頼性の要求など、その傾向はますます高まっている。これらの電動機に使用される絶縁は、耐熱性、耐環境性及び高温時の電氣的並びに機械的特性などの向上が常に要求される。

当社では、これらの要求に適合し、更にその性能を十分に発揮する絶縁方式を開発するとともに、研究改良をたえず進めてきた。交流高圧電動機の巻線には、次のような絶縁方式を適用している。

昭和31年、無溶剤レジン（不飽和ポリエステル）による真空加压含浸方式を採用したダイラスチック絶縁を開発し製品化に成功した⁽¹⁾。その後、幾多の改良が加えられ含浸レジンとしてF種の耐熱性をもち、かつ電氣的、機械的特性の優れたエポキシレジンの開発に成功し、これをもとに昭和51年、ダイラスチック（エポキシ）絶縁の実用化をはかった⁽²⁾。

また、昭和40年、それまでの絶縁方式とは異なる、いわゆる、エポキシレジンによる全含浸方式を採用したダイエポキシ絶縁を、業界に先がけ開発し、その製品化に成功した⁽³⁾。昭和49年には、高温特性が優れ、かつ耐熱性の良好な新エポキシレジンを開発し、これを適用するとともに、スロット部のコロナ防止処理についても改良を進めてきた⁽⁴⁾。一方、特に高温特性の優れたエポキシ樹脂の特性を生かしたF種、H種レジンリッチ絶縁の実用化もはかってきた⁽⁵⁾。これらの絶縁方式は、それぞれに特長があり、機種、用途及び機器の大きさなどによって最も適した方式を適用しており、いずれも長年の使用実績をもち、その信頼性は高く評価されている。

ここに、各絶縁方式の絶縁構成を含めた製造プロセス、及びそれぞれの絶縁特性について概要を述べ参考に供したい。

2. 固定子巻線の絶縁

交流高圧電動機の固定子巻線に適用される絶縁方式には、前章で述べたように、大別して、ダイラスチック（エポキシ）絶縁、ダイエポキシ絶縁及びレジンリッチ絶縁がある。これらいずれの絶縁方式とも、主絶縁層として、耐熱性薄葉材で裏打ちされたはがしマイカ及び集成マイカテープ又はシートの巻回し層に、耐熱性エポキシ樹脂を含浸し、ボイドレスの緻密な絶縁層を形成したものであり、これらの絶縁方式は巻線の絶縁処理プロセスの違いによるものである。それぞれの絶縁方式の絶縁処理プロセスと適用区分の概要を表1.にまとめた。

2.1 ダイラスチック（エポキシ）絶縁

2.1.1 製造プロセス

コイル素線は、使用電圧、ターン間電圧に応じた必要な耐力をもった2重ガラス巻平角線、耐熱エナメル2重ガラス巻平角線及びマイカテープ巻平角線を使用している。きつ（亀）甲状に成形されたコイルには、主絶縁層として、マイカテープ又はシートを巻回しする。マイカテープは、テーピングマシンによるテーピング作業にも十分に耐える機械的強度をもち、導体によく密着した均一な巻回し層が得られるようなしなやかさをもつ、耐熱性薄葉材で裏打ちされたはがしマイカ及び集成マイカを使用する。また、張り合わせボンドには、含浸レジンと反応し一体の3次元網目構造の共重合体を作る適合性、含浸性のよい、かつ十分なポットライフをもつものを使用している。

これらのマイカテープ又はシートを巻回したコイルは、F種の耐熱性と高温における優れた電氣的、機械的特性をもったダイレジン（エポキシ）を真空加压含浸したのち、所定の寸法に加熱成形される。機器電圧に応じ、鉄心みぞ（溝）部及び鉄心端部において電界緩和のため、コイル表面にコロナ防止処理を施す。

2.1.2 絶縁特性

この絶縁方式は、低粘度で含浸性に優れ、高温において十分柔軟さと接着強度をもち、ヒートサイクルなどによる変位に容易に追随しうる特性をもつ無溶剤エポキシ樹脂を用いたもので、高電圧大容量発電機絶縁方式⁽²⁾と同一である。図1.は11kV定格コイルのtanδ特性の1例を示したものである。エポキシレジンコイルのtanδ温度特性は、不飽和ポリエステルコイルよりも高い値を示すのが一般的な傾向であるが、特殊な触媒の開発により、優れた温度特性を示し、しかも含浸性がよく、高度の真空含浸技術とあいまって良好な電圧特性を示している。熱劣化特性も、180℃、5,000時間の強制加熱劣化試験を行い、

表 1. 交流高圧電動機固定子絶縁方式

絶 縁 方 式	耐熱区分	絶縁処理プロセス	適 用
ダイラスチック （エポキシ）絶縁	B F	コイル単体における 真空加压含浸、加熱 成形重合	13.8 kV 以下の大容量 又は中容量低速電動機
ダイエポキシ絶縁	B F	鉄心を含めた巻線一 体真空加压含浸（全 含浸）	13.8 kV 以下の大容量 高速又は中容量電動機
レジンリッチ絶縁	(B) F H	エポキシプリブレグ マイカテープを巻回 し、加熱成形	13.8 kV 以下の大容量 又は中容量低速 6 kV 以下の中、小容 量電動機

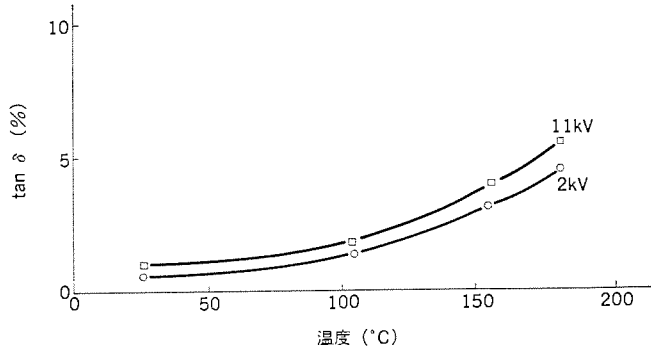


図 1. Tan δ - 温度特性

* 長崎製作所 ** 生産技術研究所

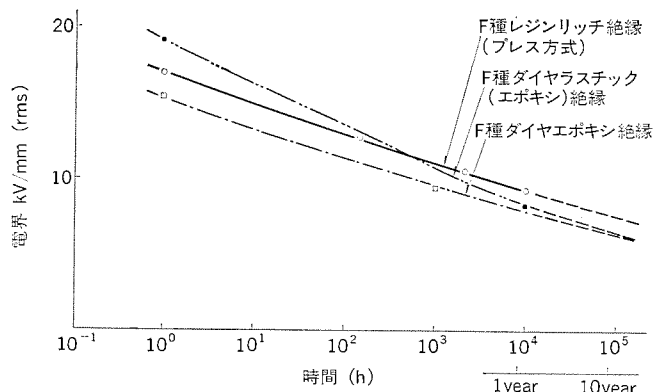


図 2. テストバー による課電寿命特性

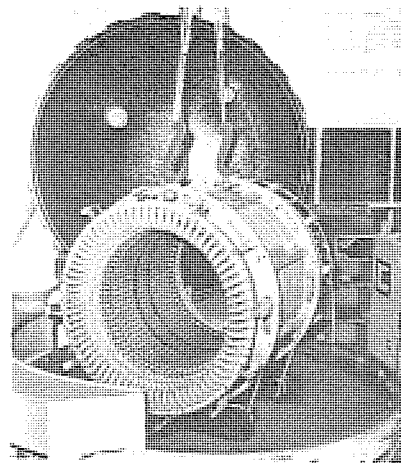


図 3. 固定子巻線の含浸

破壊電圧の低下度合を評価したが、破壊電圧の低下度は 10 % 以下であり、熱的に非常に安定な特性であることが確かめられている⁽²⁾。図 2. に長期課電寿命特性を示すが放電劣化に対して良好な特性を示し、常規運転電界では十分な寿命をもっていることがわかる。誘導電動機は、その使用目的から始動停止がひんばんであり、絶縁の機械的特性をは(把)握することが重要である。この目的のため、構成材料の引張り強さ、弾性率、伸び、せん断強さ、横弾性率、へき開強さ、並びに疲れ強さなどの機械的性質についての把握はもちろんのこと、回転機コイルの機械的強度を定量的に評価するため、コイル絶縁の力の伝達機構の解明⁽⁶⁾や、ヒートサイクルによる熱変形、熱応力の発生機構の解明⁽⁷⁾など、総合的な検討を行っており、非常に信頼性の高い絶縁方式であることが確かめられている。また各要因単独の特性だけでなく、各種劣化要因を同時に与え、実機モデルで実運転を模擬した総合機能試験による結果も非常に良好な特性を示すことが確認されている⁽⁴⁾。この絶縁方式と同一絶縁方式による水車発電機機能試験⁽²⁾の結果や、コア長 9 m の超大形タービン発電機絶縁の総合機能試験⁽²⁾の結果からもこの絶縁方式の信頼性の高さが裏付けされている。

2.2 ダイアエポキシ絶縁

2.2.1 製造プロセス

コイル素線は、使用電圧、ターン間電圧に応じた必要な耐力をもった絶縁電線を使用している。亀甲状に成形されたコイルには、主絶縁として、耐熱性薄葉材で裏打ちされたはがしマイカ及び集成マイカのテープ又はシートを巻回しする。6 kV 以上のコイルについては、スロットに接する部分に耐熱性を有する半導電性シート又はテープを巻回し、鉄心ダクト部での放電防止を行う、更に 11 kV 以上の巻線ではコイル表面にコロナ防止塗料を所定の長さ塗布し、鉄心端部での電界緩和を行っている。これらの塗料は、含浸レジに侵されない耐熱性の高いバインダを使用している。

絶縁テープング及びコロナ防止処理が施されたコイルは、レジ処理を行わず、そのまま鉄心にそう(挿)入され、結線、コイルエンドでの機械的保持など、すべての巻線作業が完了したのち、鉄心とコイルを同時に含浸タンクの中に装てん(填)し、耐熱性の優れた低粘度のエポキシレジで真空加圧含浸する。この方式は、一般に全含浸方式と呼ばれている。これらは、巻線全体が同時に含浸するのでコイル間の接続部や口出線との接続部などに継ぎ目がなく全体が一体化しているので弱点が生じない、またコイルと鉄心のすき間にもレジが充填されるため強固で信頼性の高い絶縁組織が得られる。

2.2.2 絶縁特性

この絶縁方式は、コイルと鉄心全体を一体含浸するため、実機運転中のヒートサイクルによるコイルと鉄心間のストレスに対して十分追従できる絶縁特性でなくてはならない。このエポキシレジの代表的な特性を表 2. に示す。このレジは、優れた電気特性、熱安定性をもち、しかも高温時の弾性率、接着力を改良して、柔軟性と高い機械的強度をもつもので、上記機能を十分満足できるものである。

この絶縁方式の実機相当モデルコイルによる長期課電寿命特性を図 2. に示す。放電劣化に対しても良好な特性を有し、常規運転電界では十分な寿命をもっている。機械特性の 1 例として、片持ちばり方式による機械的疲労特性を図 8. に示す。破壊を 10 kV/mm の電圧で検出し、電氣的劣化の効果を軽減するため連続印加とせず、インターバル印加とした。この絶縁方式も、ダイヤラシック(エポキシ)絶縁と比較しても同等の特性を示しており、3.6 kg/mm² の応力に対しても 10⁷ 回以上の応力に耐える。

一方、電動機絶縁として対湿性、耐薬品性は非常に重要なことである。表 3. に各種薬品に 20°C で 30 日間浸し(漬)し重量変化を測定した結果を示す。この方式は有機溶剤はもちろん、酸、アルカリに対してもほとんど変化を示さず、強い耐薬品性をもっている。また、実機固定子を水道水中に浸漬して絶縁抵抗を測定したが、100 時間以上経過しても絶縁抵抗の変化は認められない。この絶縁方式は、

表 2. ダイアレジン (硬化後) の特性

項	目	特 性
比 重		1.18
抗 張 力 (kg/mm ²)	25°C	7.5
	100°C	2.5
	120°C	1.0
	150°C	0.5
伸 び (%)	25°C	3
	100°C	52
	120°C	45
	150°C	45
衝撃強度 (アイゾットノッチあり) (25°C) (kg・cm/cm ²)		6.0
吸 水 量 (常温水 30 日後) (%)		1.3
誘電正接 (常温 AC 200 V 60 Hz) (%)		0.15
誘電率 (常温 AC 200 V 60 Hz)		3.6
体積抵抗率 (常温 DC 100 V 1 分値) (Ω・cm)		3×10 ¹⁵
絶縁破壊の強さ (常温) (kV/mm)		42



図 4. 固定子巻線の水中浸漬試験

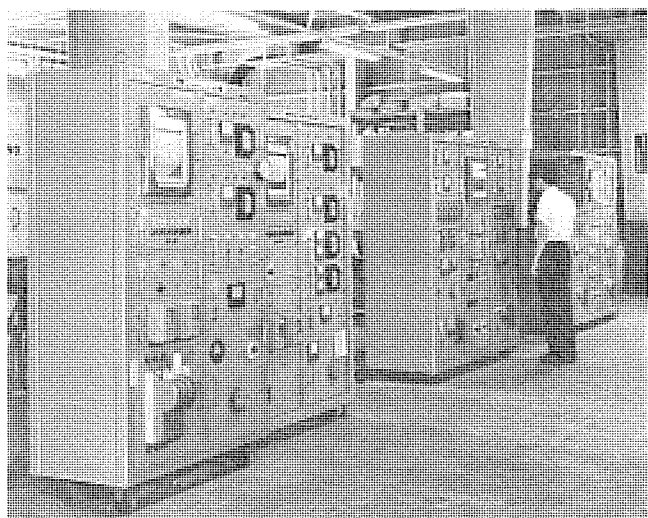


図 5. 電動機絶縁の総合機能評価試験装置

図 4. に示すように、生産工程内に固定子全体を水中浸漬して絶縁抵抗の測定、耐電圧試験を実施して品質管理と絶縁の保証をしているが、これらのことは耐薬品性、耐環境性を必要とする用途に対して高い信頼性を得ている。

実機では、各種劣化要因が加わるため、単独機能だけでなく、総合機能試験が重要である。当社では図 5. に示すような実機モデルで実運転を模擬した総合機能試験を実施しているが、過酷な試験にもかかわらず非常に良好な特性を示すことが確認されており⁽⁴⁾⁽⁸⁾、信頼性の高い絶縁方式といえる。

2.3 レジンリッチ絶縁

2.3.1 製造プロセス

レジンリッチ絶縁方式は、熱硬化性樹脂を多量に含ませた集成マイカテープを熱プレスで成形重合を行い絶縁加工する方式と、熱プレス成形をまったく必要としないで絶縁加工する方式（ノンプレス方式）がある。それぞれ真空含浸方式に比べ次のような特長がある。

- (1) 含浸工程が不要であり、しかもコイルを短期間に製造できる。
- (2) 絶縁層として必要な樹脂があらかじめ含浸されていることにより常に均質な絶縁層が得られ、その性能も真空含浸方式で十分プロセス管理されたものと同等のものが得られる。

ここに述べるレジンリッチ絶縁材料は、集成マイカ及び電氣的、熱的性

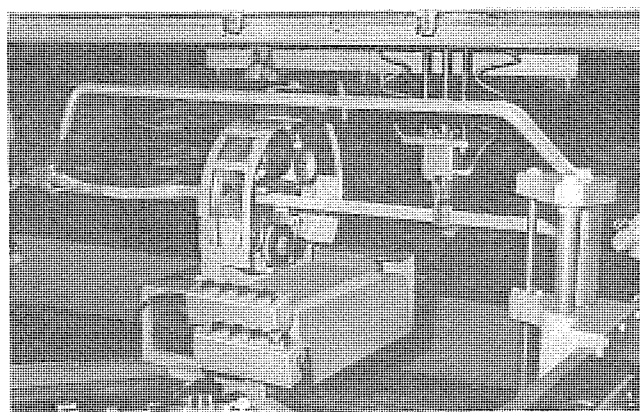


図 6. 固定子コイルのテーピング

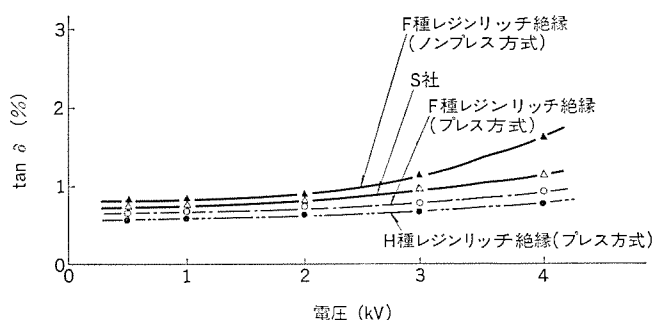


図 7. 3.3 kV 級コイルの $\tan \delta$ - 電圧特性

質の優れたエポキシ樹脂あるいはエポキシ複素環樹脂から成っており、樹脂は半硬化状態にとどめたものであり、重合硬化処理した絶縁組織は、F 種 (155°C) 及び H 種 (180°C) の耐熱性を有するものである。⁽⁹⁾ この絶縁方式は、上記レジンリッチテープを図 6. に示す自動テーピングマシンにより導体外周に半重ね法などの方法により巻回しする。プレス方式による絶縁加工は、電熱や熱媒体により加熱した熱板を備えたプレスにコイルをセットし、樹脂が溶融軟化したのち圧力を加え圧縮して成形する。ノンプレス方式による絶縁加工は、テーピング工程を助ける裏打材及び外層保護材に特殊な基材を使用しているため導体外周にレジンリッチ材料を巻回し後熱による重合のみで均質な絶縁層が得られる新しい絶縁加工方式である。

2.3.2 絶縁特性

電気機器を小形軽量化し、信頼性を一層向上させるための必要条件として、電気絶縁材料に対しては特に耐熱性及び機械的強度の優れたものの開発が要求されている。この要求に対して当社ではより優れた絶縁材料を開発すべく研究を続け、高温熱安定性の高いレジンリッチ材料を開発し実用に供している。以下に主な特性について述べる。

レジンリッチ絶縁を施し、ガード電極をつけたコイルの $\tan \delta$ - 電圧特性を図 7. に示す。比較のため欧米において相当量販売され使用実績の多い S 社の製品の特性も併記した。3 種類のコイルは、いずれも定格電圧までほとんど平坦であり、電圧上昇に伴う $\tan \delta$ の増加は微少である。レジンリッチ絶縁層が緻密であり、絶縁層内のボイドが非常に少ないことを示している。

絶縁層のコロナ放電による長期劣化は、一定の電界を印加し、絶縁破壊が生じるまでの時間を、数種の電界についてプロットする。いわゆる、V-t 試験で評価されている。レジンリッチ絶縁によるコイルと

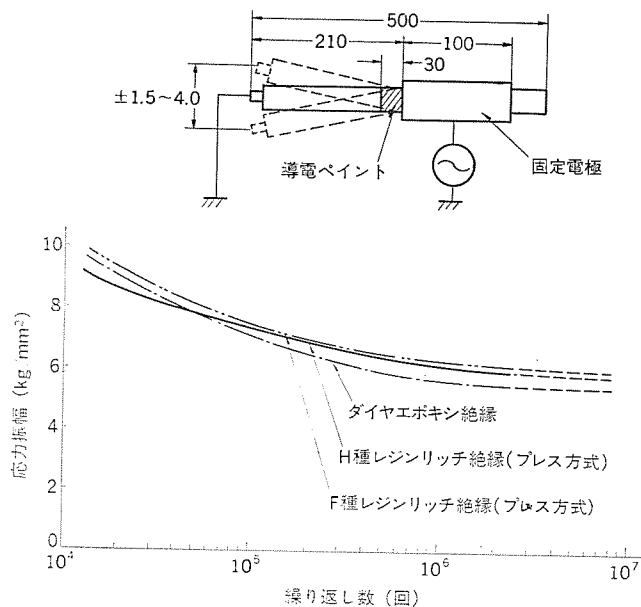


図 8. 曲げ疲労特性

表 3. 絶縁組織の耐薬品性

薬品名	重量増加率 (%)			
	F種レジンリッチ絶縁	H種レジンリッチ絶縁	S社	ダイアエポキシ絶縁
硫酸	0.21	0.17	0.15	0.20
塩酸 (5%)	0.17	0.10	0.10	0.18
硝酸 (5%)	0.10	0.10	0.17	0.14
アンモニア水 (5%)	0.23	0.24	0.24	0.26
水酸化ナトリウム (5%)	1.38	1.36	1.40	1.40
食塩水 (5%)	0.14	0.12	0.12	0.14
メチルエチルケトン	0.02	0.03	0.02	—
トルエン	0.05	0.06	0.05	0.10
トリクレン	0.05	0.05	0.05	0.10
エチルアルコール	0.06	0.05	0.05	0.07
ガソリン	0.02	0.03	0.02	0.06
トランス油	0.03	0.03	0.03	0.06

F 種ダイアラスチック (エポキシ) 絶縁及び F 種ダイアエポキシ絶縁により製作したコイルの $V-t$ 試験の結果を図 2. に示す。この結果、レジンリッチ絶縁がエポキシ全浸方式と比較して、全くそんな色のない絶縁組織であることがわかる。

始動停止などの振動や、加熱冷却時の膨張収縮などの繰り返し応力による信頼性を把握するためにモデルコイルにより繰り返し疲労試験を実施した。レジンリッチ絶縁と F 種ダイアエポキシ絶縁の試験結果と試験条件を図 8. に示す。

レジンリッチ絶縁層は、エポキシ全浸方式と比較しても同等の特性を有しており 3.6 kg/mm^2 の応力に対しても 10^7 回以上の応力に耐える優れた絶縁層であることが確認されている。

JIS K-6911 に準じ絶縁層を各種薬品に 20°C で 30 日間浸漬し重量変化を測定した結果を表 3. に示す。レジンリッチ絶縁層は有機溶剤はもちろん、酸、アルカリに対してもエポキシ全浸方式と同様にほと

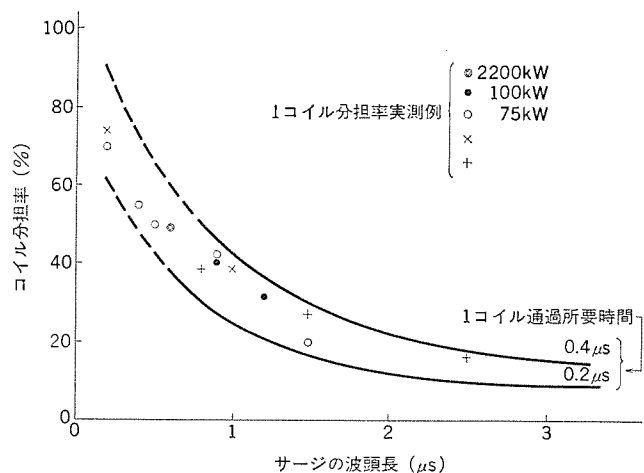


図 9. コイル分担率とサージの波頭長との関係

んど変化を示さず、強い耐薬品性を有していることがわかる。このことは、耐薬品性を必要とするところでの使用に際し、保守管理の面でも有利なことを示している。

2. 4 ターン絶縁

高圧電動機巻線のターン絶縁強度は運転上からますます高いレベルの強度の要求があり、一方、設計上から絶縁のスペースを改善するため薄いことも要求される。ストレスを十分把握しこれらに対する配慮が電動機巻線の信頼性を改善する。

2. 4. 1 侵入サージ

電動機巻線内に侵入する最も大きいストレスはサージであるが、スイッチを含む回路条件によって急しゅんなサージとしては $0.2 \mu\text{s}$ が観察されており、波高値は最大 ($2 \times$ 対地電圧) 程度の実測値が報告されている⁽¹⁰⁾⁽¹¹⁾。

また、巻線内に急しゅんなサージが侵入すると、巻線内に均一には分布せずライン側のコイルで大部分の電圧を分担する。サージの波頭長と最初の第 1 コイルの分担電圧との関係を図 9. に示す。 $0.2 \mu\text{s}$ の急しゅん波では、ライン側のコイルに侵入サージの約 80 % が分担され、コイル内では、ほぼ均一に分担することが実験的に確認されている⁽¹²⁾。

2. 4. 2 ターン絶縁の種類

侵入サージによってターン間には、AC ターン間電圧の数 10 倍に及ぶ高い値が加わることがある。これらのことからターン絶縁材料として従来用いられてきた 2 重ガラス巻銅線、耐熱エナメル 2 重ガラス巻銅線、耐熱フィルム巻 2 重ガラス巻銅線のほか、高電位を考慮して、マイカテープ巻電線などが用いられているが、いずれも熱劣化特性、ヒートサイクルテスト、繰り返しサージ特性などを実施し十分使用に耐えることを確認してある。

これらの電線を電動機の定格電圧、容量、用途などによって適用区分を設けており、例えば電圧が 4 kV 級以上にはエナメル 2 重ガラス巻銅線かマイカテープ巻電線を適用して信頼性を高めている。マイカテープ巻電線は加工性や耐コナ性が優れ信頼性が高いので今後適用が増加していくものと考えられる。

2. 4. 3 ターン絶縁の確認テスト

ターン絶縁には、前述のように高いストレスを受けるのに対し絶縁厚さは薄いことが要求され、また、長さは長く一様性も重要な要素である。信頼性確保のためには、材料単体での管理はもちろん加工中の損傷をなくすため十分な配慮を払っている。

ターン絶縁の健全性の確認は製作の各工程で実施しているが、最終的には、電動機の電圧階級に応じた侵入予想サージ電圧に対して余裕のある高いサージ電圧を定め、これをスロットに挿入後各コイルごとに印加して、全コイルの品質レベルを保証している。

3. 回転子巻線の絶縁

3.1 凸極界磁コイルの絶縁

回転子巻線は、運転中の遠心力や熱応力などに十分耐え、かつ、その構造上、耐環境性に対しても考慮をはらう必要がある。当社のおつ(凸)極界磁コイルの絶縁は、これら諸条件を十分に満足するように設計、製造されており、その構造を図10.に示す。すなわち、コイル導体として平角銅線を連続的に平打巻し、ターン絶縁として、エポキシ樹脂を含浸し半硬化状態にしたエポキシプリプレグアスベストシートを挿入したのち、高温、高压でプレス成形する。したがって、コイルターン間の接着強度、圧縮強度は運転中の遠心力や熱応力にも十分耐えるものである。対地絶縁は、ガラスクロスで裏打ちされたマイカシートを主体として、表面にはエポキシプリプレグガラスを張り合わせ、これらを同時に加圧成形し、導体と一体化させている。絶縁材料には、いずれもプリプレグを使用し、高压力のもとで成形されるので、絶縁層の内部には空げき(隙)がなく、導体と強固に接着される。

コイルの外周表面が有害物質によって汚損される環境で使用される場合には、コイル外周に耐熱性エポキシガラステープの緻密な絶縁層を施し、環境に対する信頼性の向上をはかっている。

3.2 誘導電動機回転子コイルの絶縁

高压誘導電動機の巻線形回転子コイルに適用する絶縁は、ダイヤラスタ

ック(エポキシ)絶縁をはじめ、ダイヤエポキシ絶縁などがある。いずれの方式のコイルも、機械的応力に十分耐えるよう平角銅線を使用し、波形コイルに成形されている。ダイヤエポキシ絶縁は、コイルにマイカテープ又はシートを巻回したのち、外層バインドテープを施し、そのまま回転子鉄心に挿入され、コイル間その他の結線及びコイルエンドの遠心力に対する拘束として、バインドを施すなど、すべての巻線作業が完了したのち、全含浸方式によって回転子全体が、エポキシレジンで真空加圧含浸される。したがって、回転子巻線全体が一体となった緻密な絶縁となり、機械的強度、耐湿性、耐熱性などが優れた絶縁が得られる。一方、ダイヤエポキシ絶縁に対し、コイル単独でエポキシレジンで真空加圧含浸し、加熱成形してボイドレスの絶縁組織を形成する方式のものもあり、ダイヤラスタック(エポキシ)絶縁と呼んでいる。

いずれの絶縁方式においても、きびしい使用条件、環境、信頼性などあらゆる要求に合致し、十分にその性能を発揮する絶縁方式である。

4. む す び

交流高压電動機の固定子、回転子巻線に適用する絶縁方式と、それらの製造プロセス、絶縁特性及び特長などを紹介した。

絶縁技術の進歩は、高分子を中心とした新材料の開発、これらを適切に処理する技術及び絶縁組織の評価技術の開発が相まって達成されるものである。今後、高強度耐熱性薄葉材料、集成マイカ材料及び耐熱性含浸樹脂などの研究をすすめ、電動機の使用環境の多様化、高い信頼性などユーザの要求性能に答えてゆく考えである。

参 考 文 献

- (1) 伊藤：三菱電機，32，No. 11，p. 1,521 (昭 33)
- (2) 柴山，平林，川上，松田，磯間，神野，伊藤：三菱電機技報，48，No. 3，p. 291 (昭 49)
- (3) 柴田，伊藤：三菱電機技報，40，No. 6，P. 969 (昭 41)
- (4) 平林，林，美藤，伊藤，中村：三菱電機技報，48，No. 3，p. 297 (昭 49)
- (5) 伊藤，中村，平林，農守，坂上，五島：三菱電機技報，48，No. 3，p. 303 (昭 49)
- (6) 二川，村上，山崎，川上：材料，24，No. 261 (昭 50)
- (7) 二川，山崎，川上：材料，25，No. 271 (昭 51)
- (8) 坂田，川上，美藤：三菱電機技報，42，No. 11，p. 1,455 (昭 43)
- (9) 浅見，平林ほか：三菱電機技報，52，No. 11，p. 784 (昭 53)
- (10) R. M. SEXTON：IEEE，32 C 79-23
- (11) D. F. SHANKLE，R. F. EDWARDS，G. L. MOSES：IEEE TRANS. IGA-4，No. 2，p. 171 (1968)
- (12) 岡田ほか：三菱電機技報，45，No. 12，p. 1,650 (昭 46)

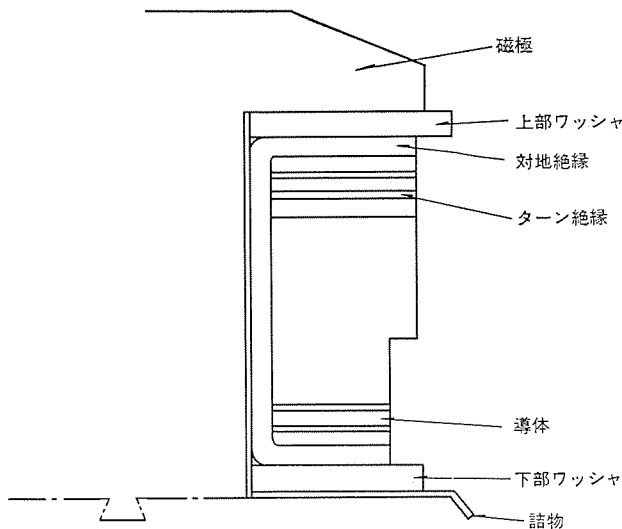


図 10. 凸極界磁コイルの構造

1次冷却材ポンプ用モータ

小 吉 隆*・吉 野 恂*・藤 田 洋*・阿 野 忠 美*・吉 田 浩*

1. ま え が き

加圧水形 (PWR 形) 原子力発電所において、1次冷却材ポンプ (Reactor Coolant Pump 略して RCP) は、原子炉・蒸気発生器とともに1次系の主循環ループを形成する最重要機器の1つである。

我が国の既設原子力発電所では、RCP 設備に関してはすべて輸入品を使用している。この RCP を駆動するモータに対して要求される個々の仕様、付属装置等は、従来の当社の技術や製作能力を超えるような新規性は特にないが、通常のモータよりも極めて高い信頼性を要求される。したがって国産化を進めるに先立って、まず実機を1台製作し、その信頼性の高さが確保されていることを確かめるために種々の試験を実施した。

この試作機の製作に当たって、ポンプを試作する三菱重工(株)と一貫した協調体制の下に計画、遂行したことは言うまでもない。また、試作方針としては次の項目を基本にして設計を進めた。

- (1) 既設 RCP の製作者である Westinghouse 社の標準形の仕様に合わせる。
- (2) 既設 RCP の原設計の採用を原則とするが、一部は我が国あるいは当社の実状に合わせて若干変更する。
- (3) 使用材料、部品は国産品を使用し、その性能は既設品と同等又はそれ以上のものとする。

試作機は単体試験後、ポンプと組合せて耐久試験を実施したが、予想通りの性能と信頼性を有するものであった。更に、その後も設計、工作、品質管理及び保守などに関する調査、検討を行い、か(稼)動中の輸入モータの保守経験を通して、改良と試験を重ね、より信頼性のあるモータとして国産第1号機を製作納入するに至った (なお試作機は1973年にポンプ直結状態で公開試験された)。

2. モータの概要

2.1 用途

PWR 形原子力プラントでは、原子炉で発生した熱エネルギーを、軽水の1次冷却材で蒸気発生器に運び、ここで2次系の蒸気を発生させ蒸気タービンにより発電するシステムとなっている。この1次冷却材を循環させるのが RCP である。

1次冷却系は上記のように原子炉に直結されており、格納容器内にすえ(掘)付けられているので運転中には点検のために人が近寄ることができない。したがって通常のモータに比し極めて高い信頼性と長期間のメンテナンスフリーを要求される。

また、運転中の周囲の放射線レベルは約 50 R/h と言われ、全使用期間を通じて多量の放射線照射を受ける環境にあるので、材料の選択に注意を払わなければならない。

2.2 主な要目

形式：防滴保護 かご形回転付立形 3相誘導電動機

出力：公称 4,480 kW

高温運転時 3,984 kW (2ループプラントの場合)

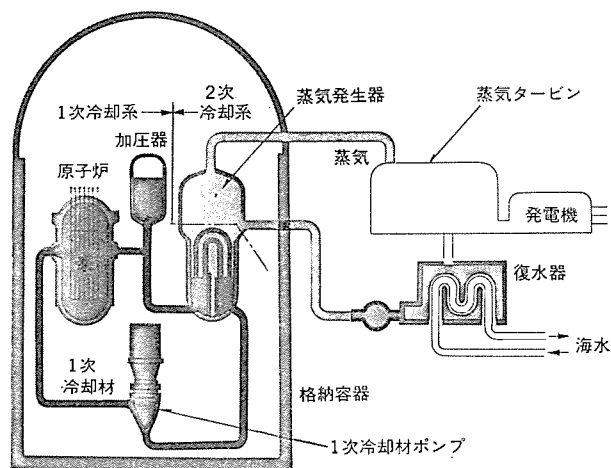


図 1. PWR 形原子力発電プラントの構成

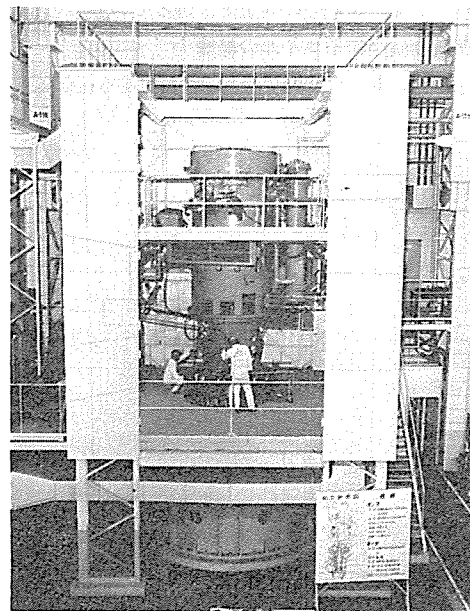


図 2. RCP モータ外観、ポンプと直結試験時

冷態運転時 5,337 kW (2ループプラントの場合)

供給電源：3相、6,600 V、60 Hz

極数：6極

ポンプ・モータの慣性モーメント：13,840 kg-m² (GD²)

ポンプスラスト：上向最大 95 t

下向最大 29 t

付属装置：使用条件などにより、通常の立形ポンプ用モータとは異なり、次のような付属装置を有している。

- フライホイール
- 逆転防止装置
- 上下方向スラスト支持 キングスベリースラスト軸受

- 排気 クーラ
- シエルアンドチューブ 形立置油 クーラ (軸受用)
- オイルリフト 装置 (始動時軸受強制潤滑用)

3. 構造概要

本機は、立形のかご形誘導電動機で、ポンプとはリジッドにカップリングされる。

ポンプにはスラスト軸受がないので、回転子自重による下向きスラスト及びポンプ側で発生する強大な上向きスラストを受けるべく、上下案内軸受のほかに、モータ上部にダブルキングスベリ 形スラスト軸受を備えている。

また、ポンプは1次冷却系の状態によっては、停止中でも大きな上向きスラストを受ける。この状態で始動をする場合に備えて、始動時に上向き及び下向きスラスト軸受のいずれにも送油可能なオイルリフト装置 (始動時の強制油膜形成用油圧装置) を設けている。

下部軸受の潤滑油は、軸受油そう (槽) 内部に設けた冷却管によって冷却されるが、上部軸受は発生熱が大きいので別置のシエルアンドチューブ 形オイルクーラ を付属し、上部ランナの回転を利用したセルフポンプにより油槽とクーラ 間に潤滑油を強制循環させて冷却する。

運転中に電源が喪失した場合、ポンプは原子炉の安全設備が作動するまでできる限り回転を持続させることを要求され、このため回転部の慣性 モーメント を大きくする必要があり、軸上部に大きなフライホイール を取付けている。

更に、モータ 停止時に冷却材の逆流により ポンプ が逆転することを防止する目的で、フライホイール の下部に ラチェット 機構を有する逆転防止装置を備えてある。

モータ の冷却空気は、回転子に取付けられた自己 ファン により室内より取り入れられ、モータ 内部を冷却した後 フレーム 外部に取付けられた排気 クーラ により冷却されて室内に排出される。

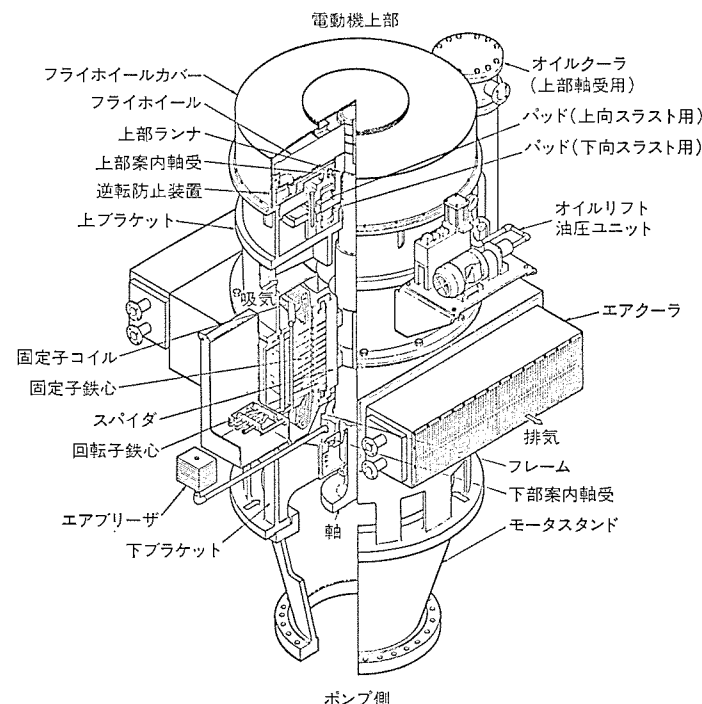


図 3. RCP モータ 構造図

4. 信頼性向上と確認

国産第1号機として製作するに際し、品質及び信頼性向上とその確認に重点をおいたことは言うまでもないが、具体的には図 4. の内容と手順で進めた。すなわち基本的考えとしては次のようなことが挙げられる。

- (1) 原則として既設機 (輸入品) と特性、構造を合わせた設計とし、加えて Westinghouse 社の最新設計図面を調査検討し、その中で品質向上を目的とする事項については、これを採用する。
- (2) 国内プラントで稼働中のモータの定検を実施してきた経験に基づき、改善点をピックアップし、信頼性を確認した上で採り入れる。
- (3) 購入材料、部品及び組立品などの品質確保のため、各部門に RCP モータ関係の担当者をおき、試験、検査項目の検討、実施、評価を行う。
- (4) 組立途中及び組立完了後、各種信頼性試験 (コイルエンド加振試験、過速度試験、軸受シール試験等) を実施して、設計内容と照合し仕様を十分満足していることを確認する。

以上に述べたような方針で製作した訳であるが、その中で信頼性を確保するために行った特筆すべき試験、解析及び改善内容の一部を次節以降に紹介する。

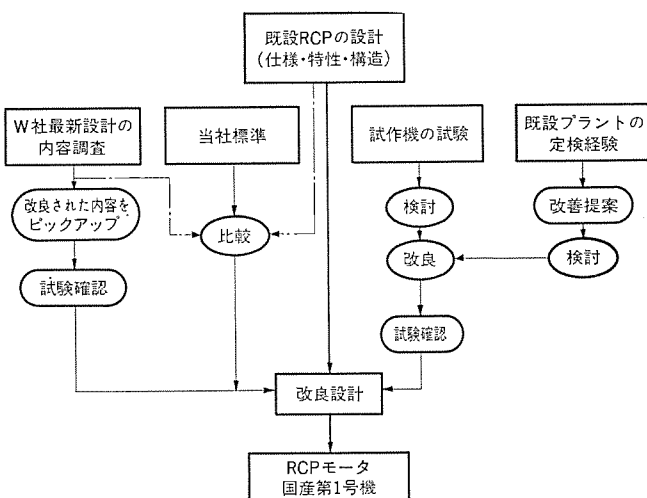


図 4. RCP モータ の設計手順

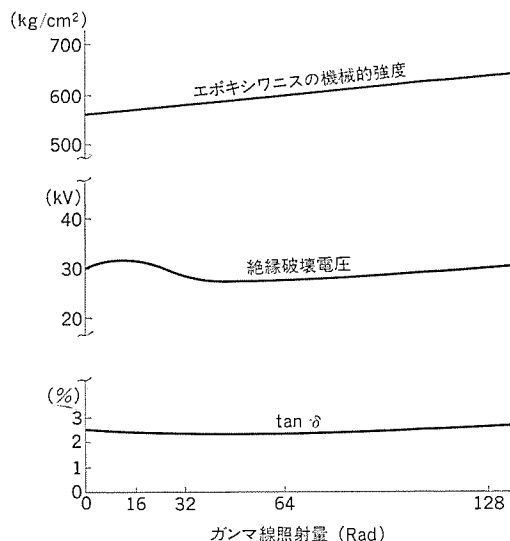


図 5. ダイアエポキシ 絶縁の耐放射線特性

4.1 固定子巻線

固定子巻線には、ダイエポキシ絶縁を採用しているが、RCP モータ用として耐湿、耐薬品性のほかに耐放射線性や始動時の電磁力に対しても十分な電氣的・機械的強度を要求される。

4.1.1 耐放射線性の確認

ダイエポキシ絶縁の耐環境性として耐湿、耐薬品性に優れていることは既に試験や過去の実績により証明されているが、格納容器内部に設置されるモータの絶縁として耐放射線特性の確認が必要である。

当社では、コイル導体上に絶縁を施したテストモデルを製作し、コバルト 60 装置により γ 線照射テストを実施した。照射量は 50 R/h として 30 年間で約 1.3×10^7 Rad となるが、試験は 12.8×10^7 Rad まで照射した。結果は、外観的には全く変化は見られず、非破壊試験や破壊試験においても問題となる点は見当たらなかった。すなわち RCP モータとしての使用に十分耐えられることを確認した。

更に他の各種絶縁材料についても現在耐放射線性の試験を継続中である。

4.1.2 始動時のコイルエンド部強度

固定子コイルエンドは、始動時及び通常運転時の電磁振動や外部振動に対して十分な強度を持っていなければならない。コイルエンドは、コイル支え、ブレスリング及びコイル間スペーサ等により堅固に固定され剛性を持たせてあるが、モータ始動時の大電流による電磁力や運転時のアンバランス振動などの外部加振により振動する。

本機では、電磁力の周波数（電源周波数の 2 倍）や回転周波数などとコイルエンドが共振を起こさないように、固有振動数を 150 Hz 以上に上げることを目標として設計しているが、実機の加振試験による検証では 185 Hz 以上になっており、全く共振の恐れはない。図 6. に加振試験における周波数-振動応答の関係を示す。

また、共振なくとも電磁力による振動が大きければ、コイルに大きなひずみ（歪）を発生し絶縁破壊や素線切断などの事故の可能性がある。この剛性の検証として実機始動試験で、コイルエンド部の振動やコイルの歪を測定した。図 7. は始動試験におけるコイルの歪波形である。

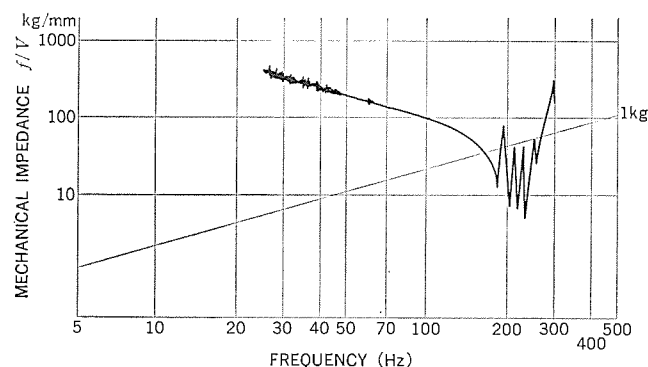


図 6. コイルエンド部の周波数応答

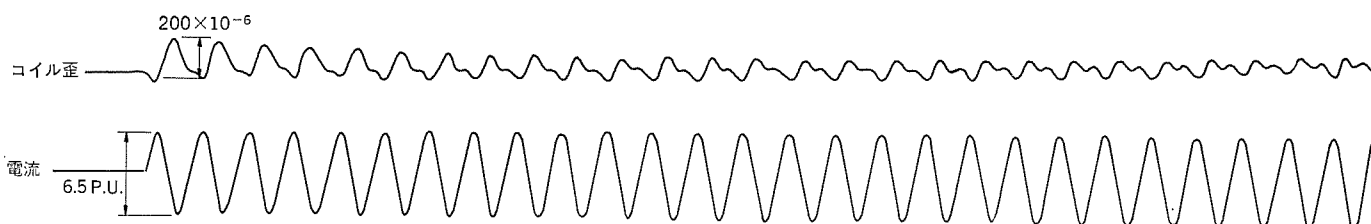


図 7. 始動試験時のコイルの歪波形

るが、始動直後には比較的大きな歪が発生し、その後徐々に小さくなっている。周波数は電源周波数及びその 2 倍である。

この振動挙動は、モータの始動・停止ごとに繰り返されるので、コイルの強度としては 10^5 回程度の低サイクル疲労について考慮しなければならない。

本機の実験結果では、始動時のコイルの歪は、最も大きいところで $150 \sim 200 \times 10^{-6}$ であり、一方、コイルの疲労強度は図 8. の $\epsilon-N$ 線図に示すように 10^5 回で $1,000 \times 10^{-6}$ 程度であるので、十分な安全率を持っていることが実証された。

母線切換時などでは、更に大きな電流が流れ、コイルにも大きな歪が発生するが、このような機会は比較的少ないので、疲労を考慮する必要はない。この時はコイルの耐力（極限歪）について検討すればよく、母線切換時の電流を解析した結果と、上記試験による始動時のコイル歪とから推定して約 $1,000 \times 10^{-6}$ 程度であり強度的には問題ない。

以上のように、固定子コイルエンドに対しては、共振をなくすこと及び非共振域でも始動時のコイルに発生する歪を小さく抑えるよう強固な構造としており、更にこれを実機で検証して高い信頼性を確認している。

4.2 軸受シール

RCP モータは高温の 1 次冷却材配管の上部に据付けられているため、軸受部からの潤滑油の漏れは火災発生をもたらす可能性がある。このモータは高速回転機であるため、軸受油面の波立ちや変動が激しいので、油ベーパー発生や油漏れに対して十分なシール対策を構ずる必要がある。

当社では、既設発電所の定期検査の経験と、多数のモータ製作実績を生かし、独自のエアパッキン軸受シール方式を採用すべく、試作機に追設してシール試験を実施した。エアパッキン軸受シール方式は図 9. (a) に示すように、軸受部の上下軸貫通部のシールに、モータ冷却用ファンの吐出圧を利用して空気を導入し、シール部の空気圧を常に油槽内空気圧より高く保持することである。各部の空気圧測定結果は図 9. (b) のようになり、軸貫通部からのベーパー漏出の防止策として国産機に適用した。

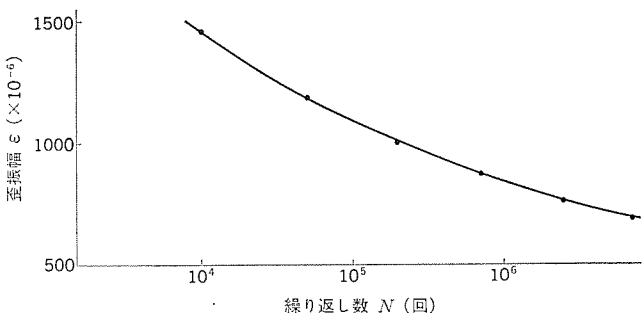


図 8. コイルの疲労強度

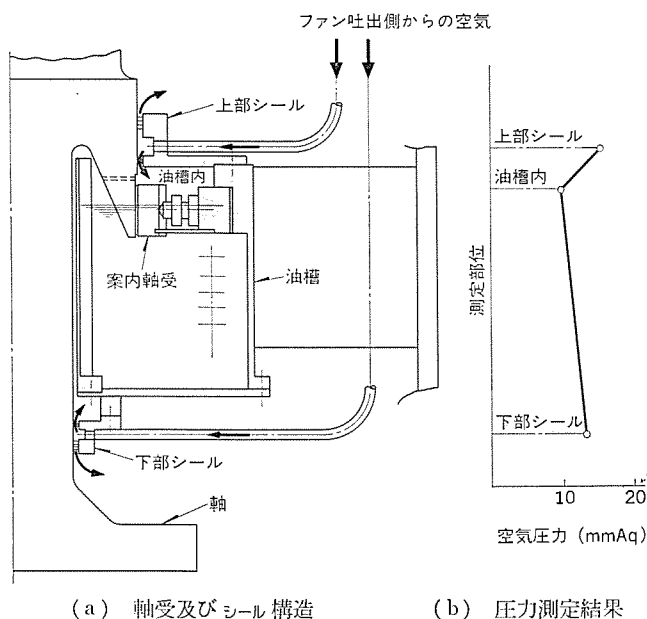


図 9. 軸受シール構造と特性

4.3 フライホイール

フライホイールは原子炉周辺機器の中で、最大の回転エネルギーを有するものである。したがって、材料は特に厳しい品質管理の下で製造されたものを使用し、製作過程においても各段階で非破壊検査、寸法検査等を実施した。また、冷却材喪失時のミサイル化の検討も含めて、フライホイール設計に際し、運転中の応力解析及び万一運転中冷却材喪失事故と同時に電源が喪失した場合の過速度に対し破壊解析を行って、その健全性を確認した。

更に、従来より高い安全率を確保するために、フライホイールと軸かん(嵌)合部のキーみぞ(溝)の形状を改善し、回転モデルを使用して応力緩和の効果を確認した。

4.3.1 延性破壊に対する設計

過速度時の破壊解析は、延性破壊とぜい性破壊の両方について行った。延性破壊についての安全性の検討は ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Section III の基準により設計限界回転数を計算した。この基準は、破壊を考慮した設計基準を決めたものであって、実際の破壊回転数に対して安全率を加味したものである。すなわち設計応力の制限値は、

$$P_m < 0.7 S_u \text{ 又は } 2.4 S_m \text{ のいずれか小さい方}$$

$$P_m + P_b < 1.05 S_u \text{ 又は } 3.6 S_m \text{ の } "$$

ここで P_m : 1次膜応力 P_b : 1次曲げ応力

S_u : 材料の最小引張り強さ

S_m : $1/3 S_u$ 又は $2/3 S_y$ (降伏強さ) のいずれか小さい方

使用材料は ASTM-A 533 グレード B, クラス 1 で、この材料の S_u , S_m 値及び回転による応力を求め、上記の P_m 及び $P_m + P_b$ の制限に対応する回転数の内、いずれか小さいほうが設計限界回転数となる。この延性解析結果と、次項のぜい性破壊解析結果とをまとめて図 10. に示す。

4.3.2 ぜい性破壊解析

ぜい性破壊の解析には、より精度の高い有限要素法を用いた。具体的には図 10. のような仮想クラックを設定してモデル化を行い三角形要素に分割した。クラック近傍は更に細分して応力拡大係数を求めた。

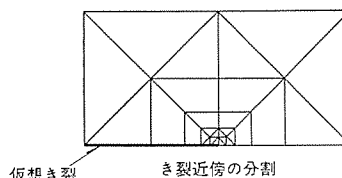
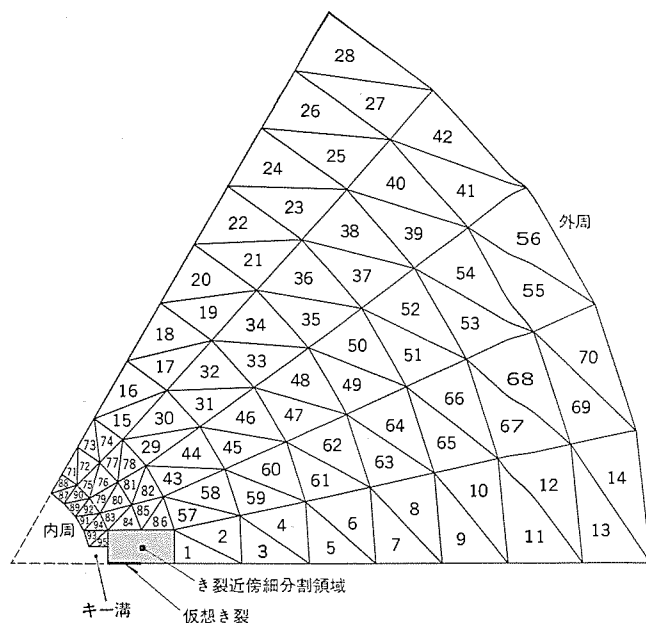


図 10. フライホイール 1/6 モデル 要素分割

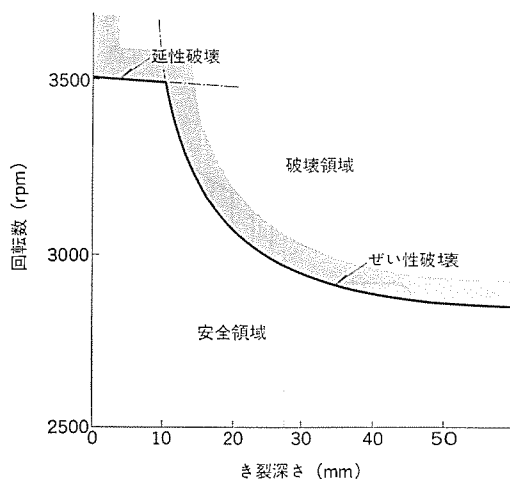


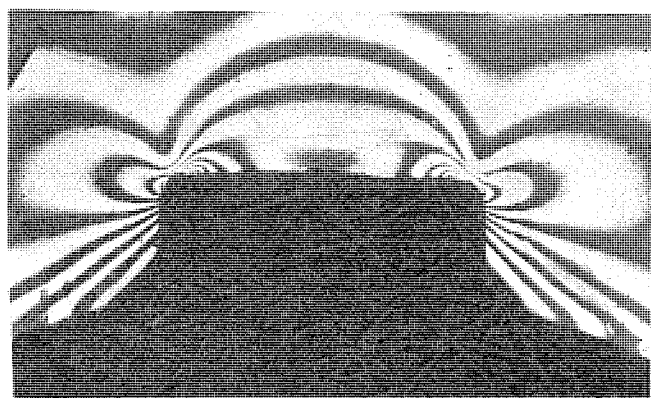
図 11. フライホイールの限界回転数

このようにして求めた応力拡大係数と、材料の持つ破壊じん性値とを比較して限界回転数を求めた訳であるが、破壊じん性値は AE C Heavy Section Steel Technology Program で研究されたものを使用している。破壊じん性値については、使用材料の一部を取り出して試験し、その妥当性を確認した。図 11. は延性破壊とぜい性破壊の解析結果をまとめたものである。

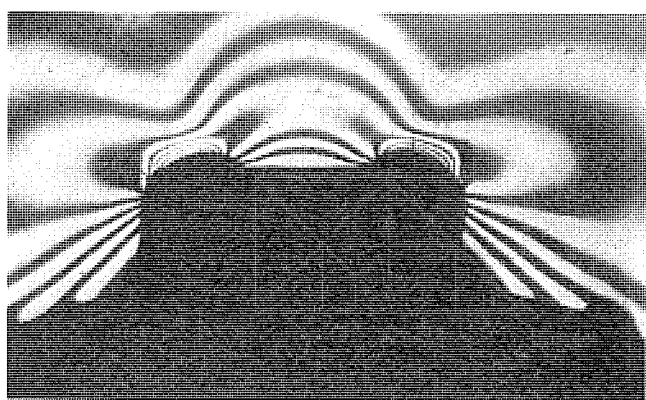
4.3.3 キー溝部応力集中の緩和

フライホイールは軸にはめ込まれ、内周に 3 個のキー溝を有している。回転円板の内周部は、回転体の中で最も応力が高い所であり、更にキー溝は切欠部であるため応力集中を起こす。既設 RCP モータ(輸入品)のキー溝に対し、国産機の場合は、キー溝形状を変更し、応力集中を緩和させたものを採用している。

このキー溝の効果は、回転円板の光弾性実験で確認した。これら

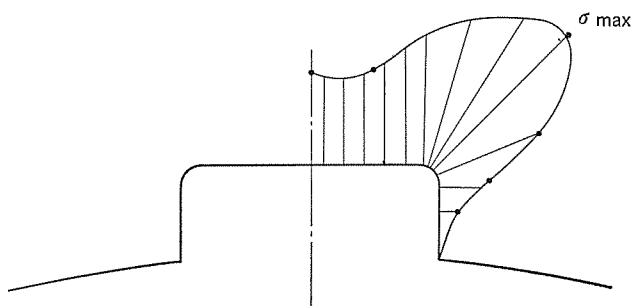


(a) 従来のキー溝部の光弾性写真

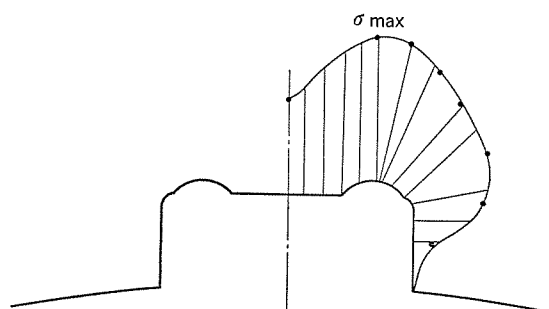


(b) 応力緩和形キー溝部の光弾性写真

図 12. キー溝部の光弾性等色写真



(a) 従来のキー溝周辺の応力分布



(b) 応力緩和形キー溝周辺の応力分布

図 13. キー溝の応力分布

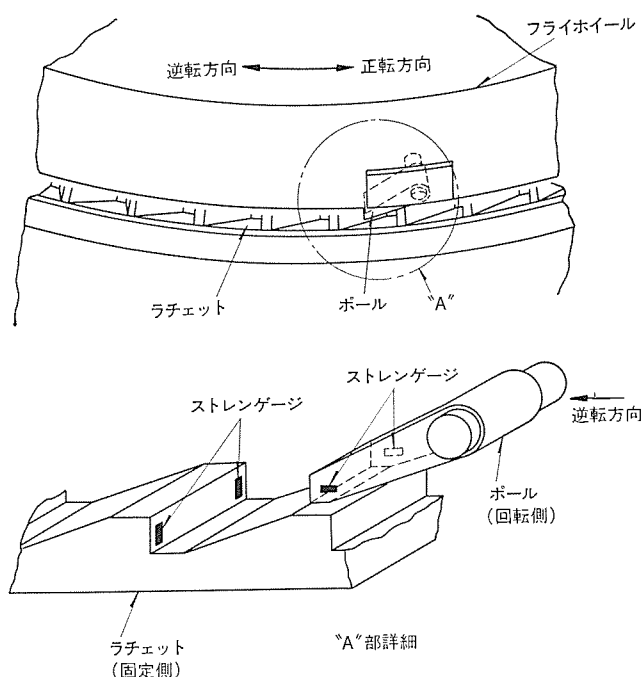


図 14. 逆転防止機構

の光弾性等色写真を図 12. (a), (b) に示し、おのこのキー溝周辺の応力分布を図 13. (a), (b) に示す。これによると応力集中緩和形のキー溝は、従来のキー溝に比べて約 20 % 低い応力となっている。

4. 4 逆転防止装置

回転子に働く逆方向回転トルクは、モータ停止時の 1 次冷却材の逆流によるものと、万一電源が逆相に印加された場合の逆方向モータトルクとがある。この両者を比較すると、逆流トルクはモータ定格トルクの 20 % 程度であるが、逆相のトルクはモータ定格トルク程度又はそれ以上であり、逆転防止機構の強度確認としては、後者に対して実施しなければならない。

試験方法は、回転側と固定側のラチェット機構部（啮合部分）にストレインゲージを張り付けて逆相電圧を印加し、応力を測定した。試験結果は、始動時のトルクに対する応力は、部品の形状から考えられる応力集中を加味しても、材料の降伏強さに対し 3 倍以上の安全率を有するものであり、強度的に十分であることが確認された。

4. 5 回転子の固有振動数

回転子は、ポンプ・モータ直結状態で、3 軸受支持の軸系として解析し、定格回転数 1,191 rpm に対して固有振動数 1,450 rpm を得た。また、ポンプ・モータ直結試験において振動特性も良好であることを確認している。

5. む す び

以上、1 次冷却材ポンプモータの国産化と、その概要について紹介したが、今後ますます機器に対する高品質、高信頼性の要求が厳しくなることは言を待たない。

当社としては、更に保守経験を深めるとともに、それを基に改善を重ねて要求にこたえるべく努力を惜しまぬ所存である。

PAM方式極数変換電動機と省エネルギーへの応用

池田 雅博*・東 和彦**・栗田 浩二**

1. ま え が き

石油ショック以来のエネルギーコストの異常な高騰に対処するため最近、各種の省エネルギー思索がなされている。産業界で広く使用されている送風機、ポンプ、コンプレッサ等においても効率よい容量制御による省エネルギー駆動化が大きな課題になっている。その手段としては回転数を制御するのが効果的であり、その目的で種々の回転数制御方式が用いられている。そのうち誘導電動機の極数変換方式は古くから使われている方式であるが、速度比が不連続であること、またその速度比が特定なものでないと電動機が複雑で大きくなり価格も高くなるなど、種々の制限があるため用途も限られていた。

最近、当社ではPAM方式と呼ばれる新しい極数変換を実用化した。この方式によると単一巻線方式で任意の速度比が得られるため省エネルギーの手段としての使用が容易になった。

ここでは、このPAM方式極数変換電動機について述べるとともに安価な方式として最近見直されてきている極数変換電動機による省エネルギーの応用例について紹介する。

2. 極数変換電動機の種類と特性

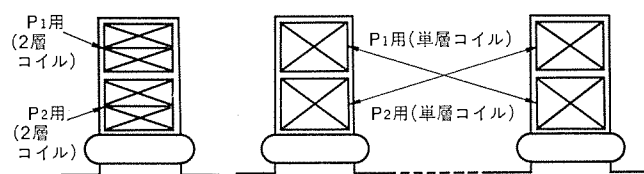
極数比 (P_1/P_2) も種々の組合せがあるが極数変換電動機の種類としては次の2つがある。

2.1 2重巻線方式

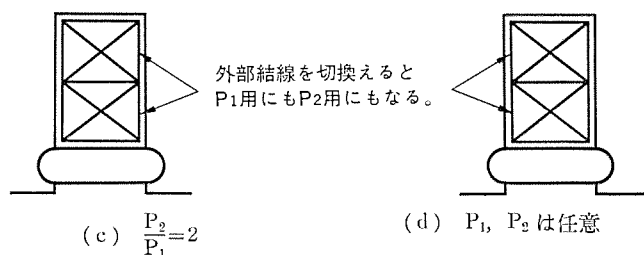
これはおのおのの極を形成する巻線を別々に備えるもので次のようなものがある。

(1) 4層巻方式

各極を2層巻コイルで形成するものでおのおののコイルが独立した極を形成する。



(a) P_1, P_2 は任意であるが 通常 $P_2 - P_1 \geq 4$ (b) 通常 $P_2 - P_1 = 2$



(c) $\frac{P_2}{P_1} = 2$ (d) P_1, P_2 は任意

図1. 極数変換電動機巻線方式 (固定子鉄心スロット内の巻線構成)

(2) 小倉巻 (2層巻式多重巻線方式) 方式 (当社特許)

各極を単層巻コイルで形成し上口と下口を交互に入れ替えたものでおのおののコイルが独立した極を形成する。

いずれの場合も単極の電動機に比べると2倍のスペースが必要であり、片方の極数で運転する時は他方の極数用の巻線は遊んでいるためむだが多くマシンサイズが大きくなり価格も高くなる欠点がある。

2.2 単一巻線方式

これは単一巻線のみを備え外部結線をコンタクトで接ぎ変えることによりおのおのの極を得るもので次のようなものがある。

(1) Consequent Pole 方式

PAM方式の1種であるが $2/4P$ とか $4/8P$ のように極数比が倍数のものに限られている。

(2) PAM方式 (Consequent Pole の一般形)

理論上は Consequent Pole と同一であるが任意の極数比が得られるもの。

いずれの極においても巻線スペースは単極のものと変わらず、運転する時は常に巻線をフルに使用しているためむだがなくマシンサイズも2重巻線方式に比べるとかなり小さくなり、単極のものと比べても少し大きいぐらいで価格も安くなる利点がある。

3. PAM方式極数変換電動機の原理と特性

3.1 原理

1958年、英国のRaucliffe教授によって考案された方式で Pole Amplitude Modulation (極振幅変調) の略である。

変調理論としては

各相巻線を見た場合、各巻線の磁界は U, V, W 各相

$$\left. \begin{aligned} F_U &= F_{mU} \sin P\theta \\ F_V &= F_{mV} \sin \left(P\theta - \frac{2}{3}\pi \right) \\ F_W &= F_{mW} \sin \left(P\theta - \frac{4}{3}\pi \right) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (1)$$

となる。ここで P : 極対数

F_U, F_V, F_W : 機械的位置 θ において働く各相磁界

F_{mU}, F_{mV}, F_{mW} : 各相磁界の極振幅で通常の場合

$|F_{mU}| = |F_{mV}| = |F_{mW}| = \text{一定値である。}$

この極振幅に注目し変調するのがPAMである。これを次のように変換することを考える。

$$\left. \begin{aligned} F_{mU} &= A \sin K\theta \\ F_{mV} &= A \sin (K\theta - \alpha) \\ F_{mW} &= A \sin (K\theta - 2\alpha) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (2)$$

ここで、 A : 変調振幅定数

K : 変調波極変数

α : $K\theta$ のスケールで表す位置

式(2)のように変換されたと考え式(1)に代入すると変調後は

$$\left. \begin{aligned} F_U &= \frac{A}{2} [\cos(P-K)\theta - \cos(P+K)\theta] \\ F_V &= \frac{A}{2} \left[\cos\left\{(P-K)\theta - \frac{2}{3}\pi + \alpha\right\} - \cos\left\{(P+K)\theta - \frac{2}{3}\pi - \alpha\right\} \right] \\ F_W &= \frac{A}{2} \left[\cos\left\{(P-K)\theta - \frac{4}{3}\pi + 2\alpha\right\} - \cos\left\{(P+K)\theta - \frac{4}{3}\pi - 2\alpha\right\} \right] \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (3)$$

となり $2(P-K)$ 極と $2(P+K)$ 極の磁界が混在することになる。
ここで α を適切に選ぶと一方の極の回転磁界のみを得ることになる。すなわち

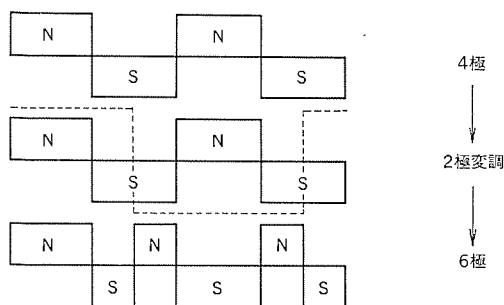
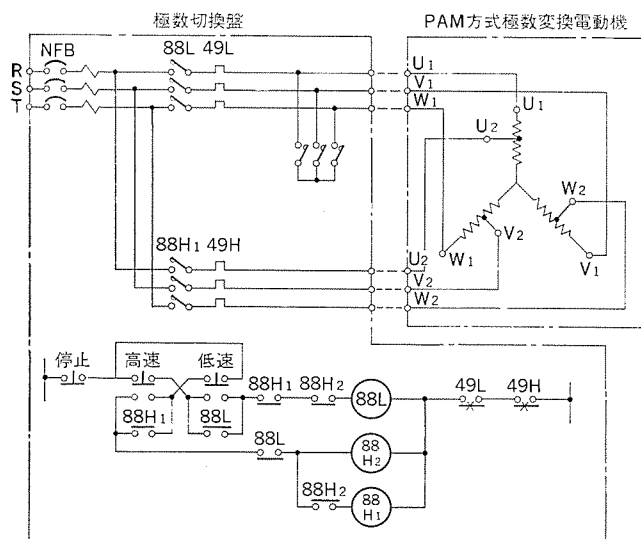


図 2. PAM 方式極数変換の原理

表 1. 各種結線法

負 荷 特 性	結 線 法	
	高 速	低 速
2 乗 ト ル ク	2 // Y	Y
定 ト ル ク	2 // Y	Δ
定 出 力	Δ	2 // Y



接 続 法		低速 (Y)	高速 (2'Y)
		R — U ₁ S — V ₁ T — W ₁	R — U ₂ S — V ₂ T — W ₂
コンタクタ	88 L	ON	OFF
	88 H ₁	OFF	ON
	88 H ₂	OFF	ON

図 3. 2 段速度 PAM 方式極数変換電動機回路接続法

$$\alpha = +\frac{2}{3}\pi \text{ に選ぶと } 2P \text{ 極} \longrightarrow 2(P+K) \text{ 極}$$

$$\alpha = -\frac{2}{3}\pi \text{ に選ぶと } 2P \text{ 極} \longrightarrow 2(P-K) \text{ 極}$$

の変換が行われることになる。これは基本極と変調後極の差 $2K$ 極の変調波で変調されたものである。

次に $4/6P$ 変換の 1 例をわかりやすくするため図 2. で説明する。
4 極の巻線に 2 極の変調を施し、全コイルの半分の極性を反転させると 6 極の成分ができるがこの反転位置を適切に選ぶと 6 極の成分だけが残る。このようにして先にも述べたとおり結線の操作だけで極数変換を達成することができる。

3. 2 結線法及び回路

負荷の特性に応じて次のような方法がある。2 乗トルク負荷の場合を例にとって結線図を図 3. に示す。

3. 3 特 性

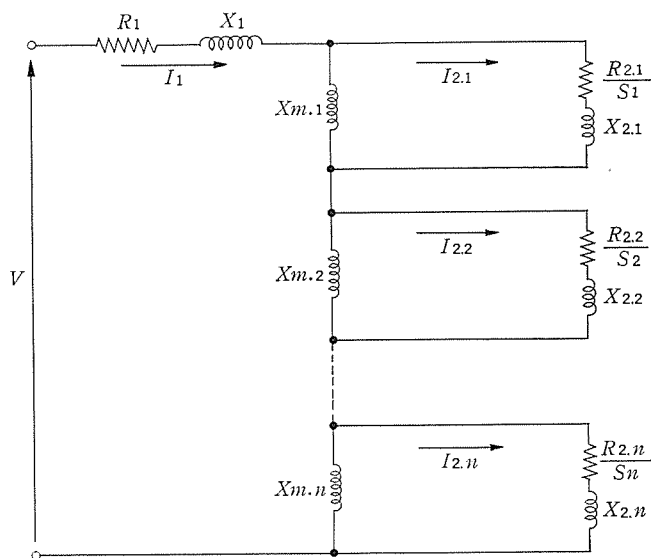
PAM 方式は先にも述べたとおり理論自体は早くから知られていたが、巻線分布の非対称性により起磁力に高調波成分が含まれるため種々の異常現象すなわち トルクディップ、騒音・振動が発生しやすい傾向がある。したがってバランスのとれた巻線の組合せを求める必要がある。極数比によってはこの組合せを求めるのが難解なものもある。このたび当社では任意巻線分布の高調波解析及び高調波トルクの解析プログラムを完成した。以下高調波磁界を考慮した等価回路及び計算値と実測値の比較例を示す。

(1) 高調波成分に対する等価回路

図 4. に示す回路において各種定数をあてはめると高調波トルク（非同期トルク）の解析ができる。

(2) 計算値と実測値の比較

$6/8P$ 変換の例を示すと図 5. のようになり、非常に精度の高いことがうかがえる。



- R_1 : 1 次 1 相抵抗
- X_1 : 1 次 1 相漏れリアクタンス
- I_1 : 1 次相電流
- $R_{2,n}$: n 次高調波に対する 2 次 1 相抵抗
- $X_{2,n}$: n 次高調波に対する 2 次 1 相漏れリアクタンス
- $X_{m,n}$: n 次高調波に対する励磁リアクタンス
- $I_{2,n}$: n 次高調波に対する 2 次相電流
- S_n : n 次高調波に対する相対スベリ
- V : 相電圧

図 4. 変調波に対する等価回路

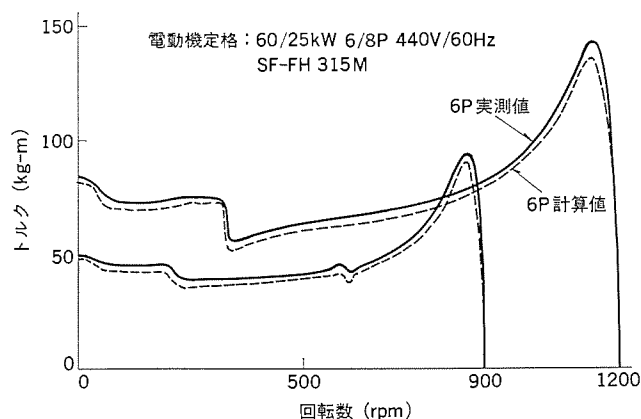


図 5. トルク 特性

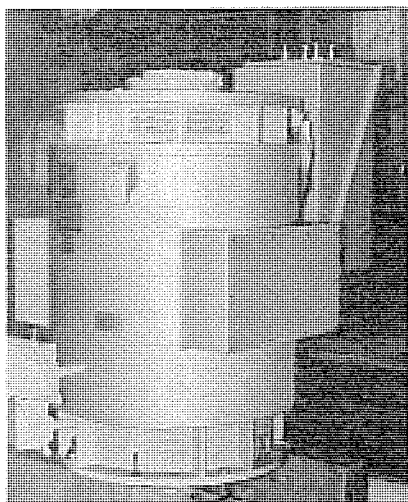


図 6. PAM 方式極数変換電動機

(3) 騒音及び振動

(2)項トルク特性よりわかるとおり安定しているため騒音・振動も実測したが通常の単極機と変わりなく低い数値であった。

3. 4 実機適用

当社では既に数年前に PAM 方式の実用化を図り輸出品も含めて多数の納入実績がある。ここでは最近の例を 1 つ紹介する。

機器定格

出力：330 kW/110 kW

極数：4/6 P

電圧・周波数：415 V/50 Hz

形式・わく番：防滴保護形 MKB-VD 400 M

4. 極数変換電動機の省エネルギーへの適用

4. 1 省エネルギーの方法

図 7. に示すような運転パターンがあり、これに対応して極数変換電動機を用いた方式には次のような特徴がある。

(1) 100～90～80 % の高流量域では、ダンパ(弁)制御と回転数制御の効率差はわずかである。

(2) 送風機、ポンプを回転数制御すると一般に軸動力は回転数の 3 乗に比例して変化する。このため 4/6 P, 6/8 P などの極数変換かご形誘導電動機を使用して

(a) 4/6 P 機では

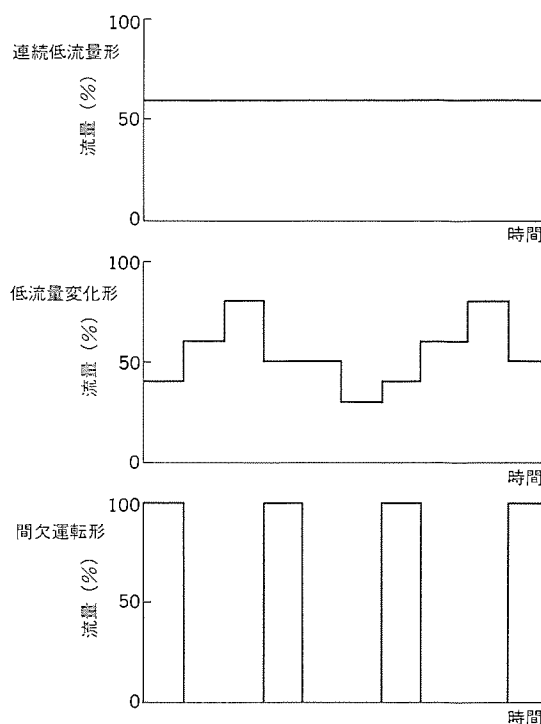


図 7. 運転流量 パターン

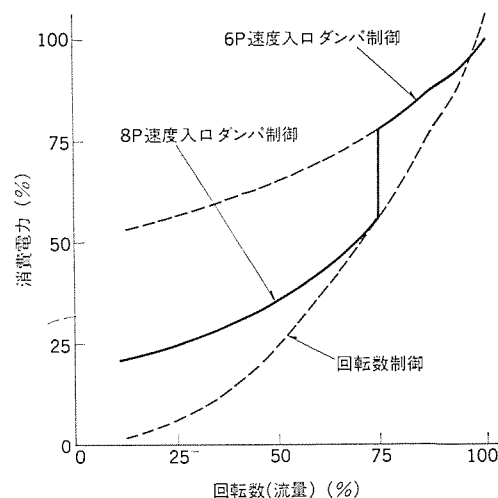
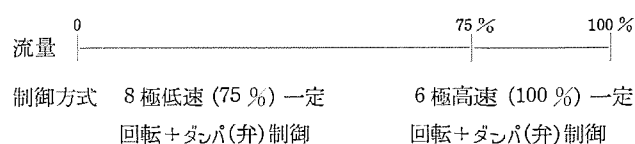
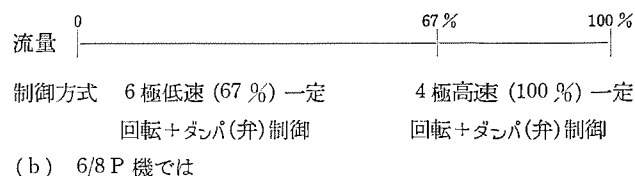


図 8. 2 乗トルク 負荷の消費電力－回転数特性



というように極数変換による回転数の段階制御とダンパ(弁)制御を併用すると図 8. に示すようになる。高速運転時の軸動力は 100 % 軸動力を基点とし、低速運転時の軸動力は低高速の回転数比の 3 乗に比例して低減したところの

i. 4/6 P の時は定格の 30 %

表 2. 送風機の容量制御方式別年間運転電力費の比較

ケース No.	運転パターン		制御方式 年間 電力料金	(a)	(b)	(c) 4/6 P (6/8 P)	(d) 4/6 P (6/8 P)
	風量	運転時間		出口ダンパ	入口ダンパ	出口ダンパ	入口ダンパ
1	65%	100%	料 金	752	532	259 (352)	236 (272)
			料 金 差	+516 (+480)	+296 (+260)	+23 (+80)	0 (0)
2	100	50	料 金	770	670	550 (590)	514 (544)
	50	50	料 金 差	+256 (+226)	+156 (+126)	+36 (+46)	0 (0)
3	100	33.3	料 金	956	637	630 (514)	523 (434)
	75	33.3	料 金 差	+423 (+522)	+104 (+203)	+97 (+80)	0 (0)
	50	33.3					
4	80	10	料 金	740	568	463 (390)	339 (299)
	70	30	料 金 差	+401 (+441)	+229 (+269)	+124 (+91)	0 (0)
	60	40					
	50	20					

(単位: 万円)

$$\left[\left(\frac{4}{6} \right)^3 \times 100 \right]$$

ii. 6/8 P の時は定格の 42 %

$$\left[\left(\frac{6}{8} \right)^3 \times 100 \right]$$

を基点に、ダンパ (弁) の制御効率に応じて変化するので単一速度で全流量域をダンパ (弁) 制御する時より低流量域での消費電力を大幅に低減することができる。

4.2 省エネルギー駆動化の効果 (試算例)

送風機の場合を例にとり数種の運転パターンに対し各種流量制御方式の運転電力費を試算比較した結果を表 2. に示す。

(1) 試算条件

定格軸出力 : 100 kW

年間運転時間 : 8,000 h

電力料金 : 10 円/kWh

消費電力特性 : 図 9. による

負荷トルク特性 : 回転数の 2 乗に比例

(2) () なし : 4/6 P 極数変換時

() 内 : 6/8 P 極数変換時

(3) 制御方式略称

(a) 出口ダンパ : 100 % 一定回転出口ダンパ制御

(b) 入口ダンパ : 100 % 一定回転入口ダンパ制御

(c), (d) 4/6 P (6/8 P) 出口 (入口) ダンパ制御

4/6 P : 100~67 % 風量 : 4 P 運転

67 % 風量以下 : 6 P 運転

6/8 P : 100~75 % 風量 : 6 P 運転

75 % 風量以下 : 8 P 運転

で出口 (入口) ダンパ制御

表 2. より明らかなように極数変換と入口ダンパ制御を併用することによりかなりの省電力効果をあげることができる。

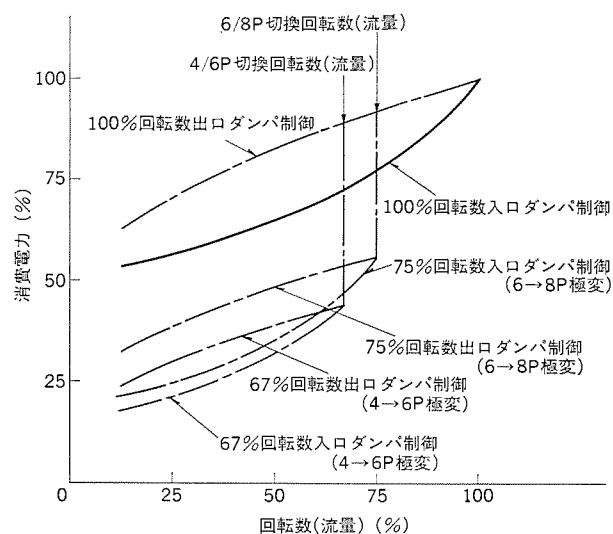


図 9. 送風機の風量制御方式による消費電力特性

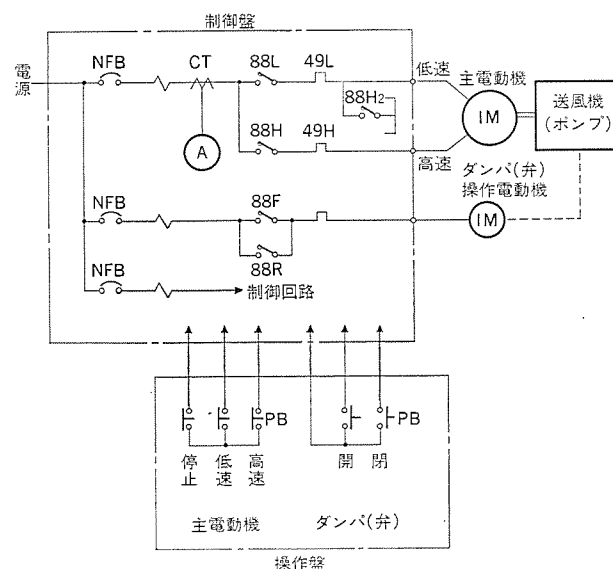


図 10. 極数変換電動機による送風機, ポンプの駆動システム構成

4.3 省エネルギー駆動システム

図 10. に示すように構成は簡単で

(a) 極数変換かご形誘導電動機

(b) 制御盤

(c) 操作盤

からなる。ただし(b), (c)は他のプロセス機器と共通にコントロールセンサ, 監視操作盤等に収納することもできその場合には専用の制御盤は必要なくなる。

4.4 極数変換方式 (特に PAM 方式) の特長

極数変換電動機による省エネルギー駆動方式の特長をまとめると次のようになる。

(1) 広範囲の流量域にわたり比較的効率よい運転を行う前記(1)項で示した通りである。

(2) システムの構成が簡単で安価である。

極数変換電動機と切換開閉器以外特別の装置を必要とせずシステムの構成が簡単で非常に経済的で, 中小容量機においても設備費の増加分は 1~2 年の省エネルギー効果による運転電力費の節減で回収する

ことが期待できる。

(3) すえ(据)付スペースが小さい

切換開閉器以外特別の制御装置を必要としないため、わずかの据付スペースですむ。

(4) 既存設備にも簡単に適用できる。

既存設備に適用する場合、PAM方式の場合、必要に応じて巻線の絶縁階級を上げることにより、コイルの巻替えだけで電動機の大きさは変わらないですむことが多い。ただし、固定子コイルエンドの強度、回転子の機械的強度については検討する必要がある。また、制御装置のために特別に電気室を増設する必要もなく改造期間も短期間ですむ。

(5) 高ひん度始動に適している。

省エネルギーのもう1つの例としてパッチ処理のプロセスのような場合、実際の必要流量パターンは図7.に示すようなON-OFF的間欠運転でよいにもかかわらず、単極かご形誘導電動機は特別な設計をしない限り高ひん度の始動停止に適していないため、ゼロ流量でよい期間も電動機を定格運転しダンパ(弁)で適当な低流量に絞ったりしている例もしばしば見られる。この場合必要流量ゼロの時は電動機を止めてしまうと大幅に消費電力を低減できる。図11.に示すように単極かご形誘導電動機で100%速度まで加速した場合の回転子に発生する熱損失に対し極数変換機で低速→高速と切換えて順序起動した場合の回転子に発生する熱損失は大幅に軽減される。このため送風機のような重慣性の負荷でもかなり高いひん度で始動停止ができる。またこの時は起動電流自体も小さくなっているためコイルエンド及びロータリーに働く電磁力も小さくなり熱的、電気的に大変有利であるということが言える。

4.5 適用上、運転上の留意点

極数変換電動機による送風機・ポンプの省エネルギー駆動方式は前述のように簡単・安価で実効ある方式で低流量での運転時間が長い用途に使用すると更に大きな省電力効果をあげることができる。ただしその適用にあたっては次の点に注意を要する。

(1) 回転数の変化が段階的でしかも回転数比が極数により一義的に決まる。

連続的に流量(圧力)を調整する必要があるような用途には適用が困難である。また回転数が段階的に変化した時の流量変化は送風機のように実揚程を無視でき、運転点が流体力学的等状態曲線上を移行する時は

$$Q \propto N$$

の関係が成り立つため回転数比と同一割合で変化し

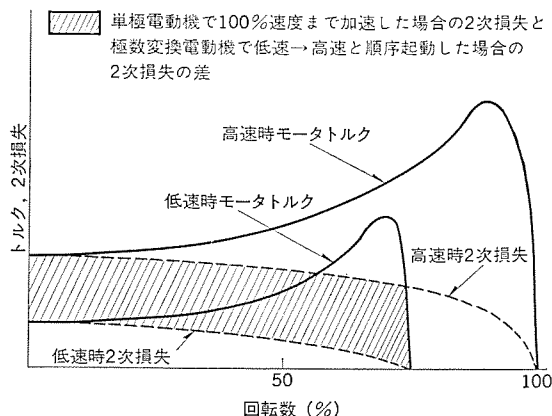


図 11. 極数変換電動機の加速時発生する2次損失

極数比	回転数比	流量比
4/6	100/67 %	100/67 %
6/8	100/75 %	100/75 %
4/8	100/50 %	100/50 %

のようになる。これに対しポンプのように実揚程を無視できず運転点が流体力学的等状態曲線上を移行しない時は $Q \propto N$ の関係が成り立たず、わずかの回転数変化でも流量は大幅に変化し、極数変換で低速側に切換えると必要流量を流し得なくなる時がある。このため極数比の決定に当たっては送風機・ポンプの負荷特性を十分考慮の上決定する必要がある。

4.6 極数の切換え

高速、低速の切換時には次のような点に留意する必要がある。

(1) コンタクタ数

単一巻線方式の場合、前項図3.からわかるとおり短絡用コンタクタ(88H₂)が余分に1個必要である。ただしこれは Consequent Pole の場合と同様である。

(2) 過渡的問題

低速→高速の場合

直接高速で起動する場合に比べれば小さいが若干の突入電流が流れる。

高速→低速の場合

次の2通りがある。

(a) 電源を開放して低速の定格速度まで落ちてきたら

電源を再投入する方法

この場合、再投入時の電圧変動は停止状態からの起動よりは小さい。

(b) 低速用に直接切換える方法

この場合、回生制動がかかり、短時間で低速まで回転数を落とすことができるし電源に電力を返すことができる。

上記いずれの場合でもダンパ(弁)の開閉速度と加減速度の関係によっては切換時、過渡的に流量・圧力が大きく変動することがあるため事前に十分検討しておく必要がある。

5. む す び

省エネルギーということに的を絞って忘れられていた極数変換電動機の特長を見直し、負荷の特性とうまく組合せることにより大きな効果をあげることができる1例を示した。PAM方式による極数変換方式は、周波数制御方式などに比べ連続制御と段階制御の違いがあるが小形・堅ろうで信頼性が高い上何よりも安価である。したがって特に中小容量電動機には最適であると思われる。また本文中でも述べたように極数変換電動機には特有の種々のメリットがある。負荷特性及び使用条件を十分認識した上で他の工作機械、例えばプレス、グラインダ等にも適用を勧めたい。

当社では、このたびコンピュータ解析を加えた独自の研究で問題点を解明しPAM方式極数変換電動機シリーズを完成した。今後とも、極数変換電動機分野ではPAM方式を主体とした新技術の開発と実現に努力したい。

参 考 文 献

- (1) PHILIP L ALGER : INDUCTION MACHINES
- (2) G. H. Rawcliffe : Induction motor speed changing by pole amplitude modulation, IEE Paper, No. 2,587, pp. 411~419 (1958)

1. ま え が き

保守の軽減ほか総合的経済性の観点から、交流可変速モータが使用されているが、一方においてブラシが差し支えない用途も依然として多い。このため、特に単機駆動用途においては直流電動機が多く使用されており、性能が良く応用性に富む可変速モータが望まれている。また、ケーブル配線の軽減、効率の向上及び制御盤の小形軽量化を図り、経済性を高める上で、高圧低電流化が望まれる。

これに対して、過負荷耐量や定出力特性などの性能は直流機並みにし、高圧低電流化が可能な効率の良い多相形サイリスタモータ（無整流子電動機）を開発したので、その原理と特性の概要を述べる。

2. 構成及び動作原理

2.1 構成

多相形サイリスタモータは、直流機のブラシと整流子の機能をサイリスタ整流子に置き換えたものと見ることができ、そのうちの7相方式の構成を図1.に示す。

サイリスタ整流子は、環状結線された電機子巻線に接続され、電動機の回転位置に対応して順次点弧する14個のサイリスタより成る。このとき、電動機の回転位置検出には、サイリスタの点弧順序に対応して配置された複数個のホール素子とICアンプと回転円板に取付けられた永久磁石とから成る分配器を使用し、この永久磁石がホール素子のところを通過するとき分配器が発生する出力で各サイリスタを光点弧している。また、回生制動や可逆運転を行うために、サイリスタ整流子の点弧位相 β の切換回路を分配器内に備えている。なお、速度制御が必要な場合には、直流機の場合と同様に制御整流器により直流電圧を制御すればよい。

次に、電機子反作用を相殺するとともに補極磁束に相当する転流磁束を与える補償巻線を設けて、過負荷耐量を大きくし、弱め界磁

を行う定出力領域を拡大している。更に、電流の急変に対しても安定に転流するように、補償巻線を直流回路に直列接続している。

また、電機子巻線とサイリスタ整流子とを多相化することにより、サイリスタ整流子の入力側直流電圧の脈動が小さくなりビートが軽減される。したがって、直流回路の平滑用インダクタンスを小さくすることができ、直流回路に直列接続された補償巻線のリークインダクタンスを適切に設計すれば、平滑リアクトルが省略できる。

更に、直流機ではブラシによる整流のために回路電圧の上限があるのに対し、サイリスタ整流にすることによりこの電圧上限が解消される。一方、サイリスタ整流子を点弧するための光サイリスタは高圧化や $\frac{dv}{dt}$ 耐量・耐ノイズ性の向上が図られているので、回路電圧を直流機駆動の倍程度にすることができる。したがって、補償巻線へ通電するブラシ及びスリップリングの電流容量を軽減できるとともに、サイリスタ整流子部をモータと一体化することによりケーブルなどの電流容量も軽減できる。

2.2 動作原理

回転子が所定の角度回転すると、サイリスタ整流子によって直流入力電流 I_{dc} を順次切換えながら電機子巻線へ通電する様子を、7相形を例にとり図2.に示す。

まず、モードⅠは、正側サイリスタP7と負側サイリスタN4とが導通して電機子巻線へ通電する非重りモードで、電機子巻線へはルートA7→A1→A2→A3→A4に $\frac{3}{7}I_{dc}$ が通電され、ルートA7→A6→A5→A4に $\frac{4}{7}I_{dc}$ が通電される。

モードⅡは、回転子が所定の角度回転して、正側サイリスタP1が点弧し、正側直流電流がP7からP1へ転流する転流重りモードである。このとき、電動機の内部起電力 e_{r-1} が図示矢印の極性にあり、点線で示した電流変化を生じ、P7の電流が減少して零になった時点でP7が消弧する。これとともに、P1の電流は増加して I_{dc} に達する。ここで、電機子巻線へ通電される電流は、ルートA7→A1では $\frac{3}{7}I_{dc}$ から $-\frac{3}{7}I_{dc}$ へ、ルートA7→A6→A5→A4では $\frac{4}{7}I_{dc}$ から $\frac{3}{7}I_{dc}$ へ、ルートA1→A2→A3→A4では $\frac{3}{7}I_{dc}$ から $\frac{4}{7}I_{dc}$ へ移行する。

モードⅢは、P7の消弧後、P1とN4とが導通して電機子巻線へ通電する非重りモードで、電機子巻線へはルートA1→A2→A3→A4に $\frac{4}{7}I_{dc}$ が通電され、ルートA1→A7→A6→A5→A4に $\frac{3}{7}I_{dc}$ が通電される。

モードⅣは、更に回転子が所定の角度回転して、負側サイリスタN5が点弧し、負側直流電流がN4からN5へ転流する転流重りモードであり、この転流動作も正側の場合と同様

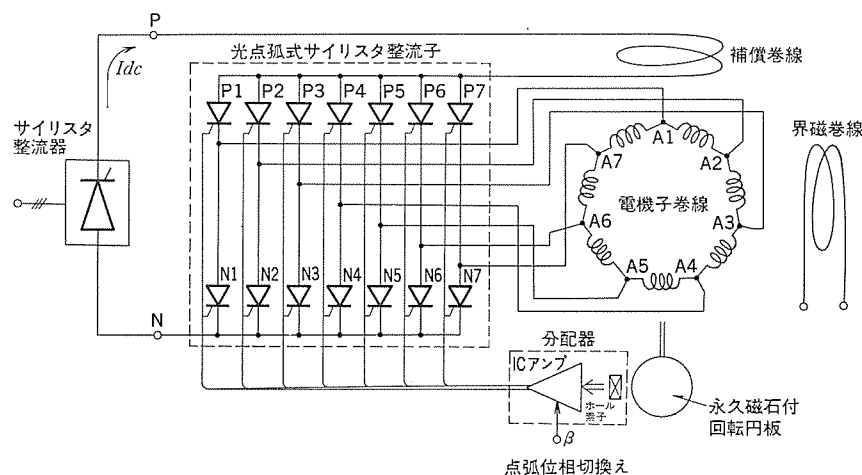
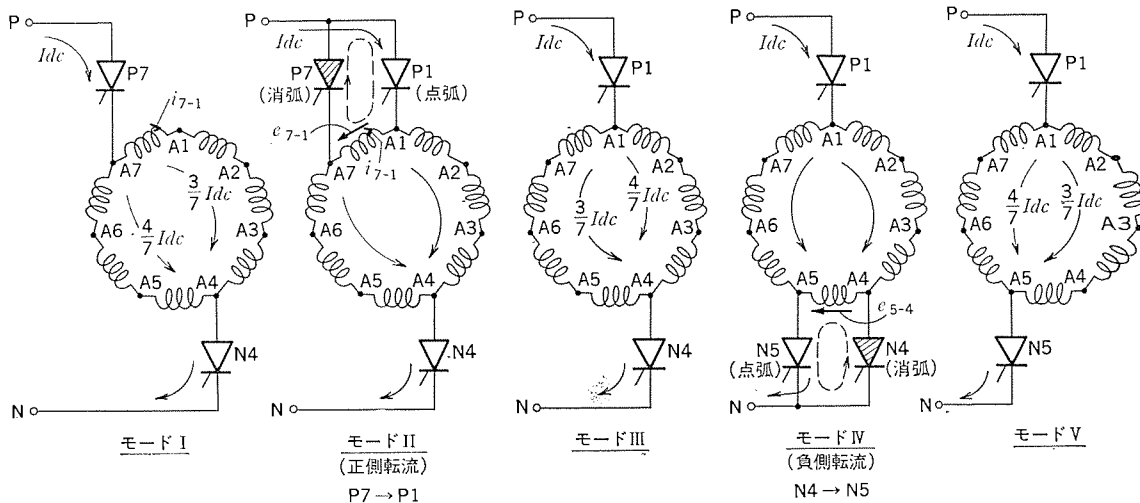


図1. 原理構成



以下、同様のモードを繰り返す

図 2. サイリスタ整流子転流モード

に、図示矢印の内部起電力 e_{5-4} によって行われる。ここで、電機子巻線へ通電される電流は、ルート A4→A5 では $-\frac{3}{7}I_{dc}$ から $\frac{3}{7}I_{dc}$ へ、ルート A1→A7→A6→A5 では $\frac{3}{7}I_{dc}$ から $\frac{4}{7}I_{dc}$ へ、ルート A1→A2→A3→A4 では $\frac{4}{7}I_{dc}$ から $\frac{3}{7}I_{dc}$ へ移行する。

モード V は、N4 の消弧後、P1 と N5 とが導通して電機子巻線へ通電する非重りモードで、電機子巻線へはルート A1→A2→A3→A4→A5 に $\frac{3}{7}I_{dc}$ が通電され、ルート A1→A7→A6→A5 に $\frac{4}{7}I_{dc}$ が通電される。このモード V でモード I へもどったことになる。

以下同様に、回転子が所定の角度回転するごとに、正側サイリスタの転流重りモード→非重りモード→負側サイリスタの転流重りモード→非重りモードを繰り返し、回転位置にかかわらず常に界磁磁束とほぼ直交状態を保つように、電機子巻線電流が回転に応じて順次切換わ

り通電される。このサイリスタ整流子による転流作用は、直流機のブラシと整流子と補極とによる整流作用と同様である。

上記内部起電力による転流動作について、正側サイリスタ P7 から P1 へ転流する場合（図 2. のモード II）の動作波形図を図 3. に示す。図において、ノード A7→A1 間の内部起電力 e_{7-1} が正の時点、すなわち e_{7-1} のゼロクロス時点 θ_3 より θ_0 だけ位相が進んだ時点 θ_1 でサイリスタ P1 を点弧すれば、P1 の電流が増加した時点 θ_2 で直流電流 I_{dc} に達するとともに、P7 の電流が減少した時点 θ_2 で零になる。この時点 θ_1 から時点 θ_2 までの期間が転流重なり期間 u であり、 θ_0 が対内部起電力点弧進み角である。更に、P7 の電流が零になった後も内部起電力 e_{7-1} が正であれば、サイリスタ P7 のアノード・カソード間には、図 3. (b) の斜線部で示す内部起電力が逆電圧として印加され、この逆電圧の印加期間が素子のターンオフ時間以上であればサイリスタ P7 がターンオフする。この逆電圧の印加期間が転流余裕期間 γ である。

これら内部起電力による転流を行うときの位相関係を図 4. のベ

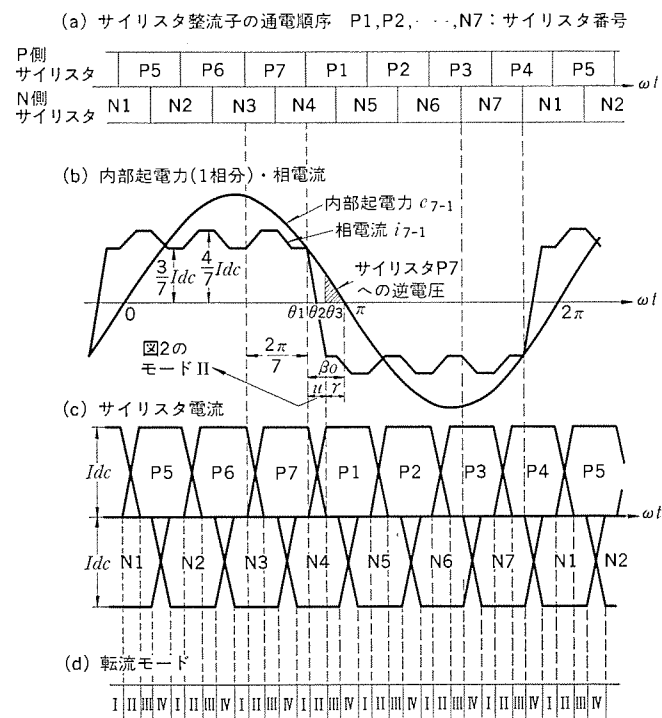
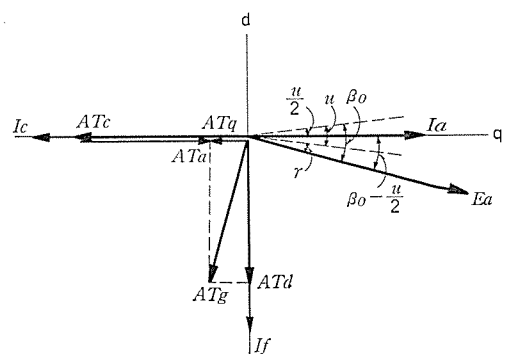


図 3. サイリスタ整流子の転流動作



記号

- I_a : 電機子電流 (基本波)
- I_f : 界磁電流
- I_c : 補償電流
- AT_g : 合成空路起磁力
- AT_d : AT_g の d 軸成分
- AT_q : AT_g の q 軸成分
- AT_a : 電機子起磁力
- AT_c : 補償起磁力
- E_a : 内部起電力
- θ_0 : 対内部起電力点弧進み角
- u : 転流重なり角
- γ : 転流余裕角

図 4. ベクトル図

トル図に示し、電機子電流の基本波成分 \vec{I}_a は、
 転流重なりを考慮すると内部起電力 \vec{E}_a よりも
 $(\beta_0 - \frac{u}{2})$ だけ位相が進んでいる。

以上のようにして、直流機のブラシと整流子
 の機能をサイリスタ整流子で行うことができ、1
 サイクル当たりの転流回数 m の多相形サイリスタモ
 ータは毎極対当たり m 個の整流子片を持つ直流
 機であると言える。

3. 特性の考察及び検証

3.1 トルク脈動率

従来の3相サイリスタモータでは、モータ周波数の6倍周波の
 トルク脈動が約 $\pm 15\%$ 程度生じ、特に低速域においては、
 回転むらや軸振動などの問題を生じていた。多相形では、
 この点を改良しており、以下に説明する。

トルク脈動は、1サイクル当たりの転流回数 m が多い程
 小さく、図5.に、転流重なり角 u が臨界重なり角 u_0
 $(u_0 = \frac{2\pi}{m})$ のときの臨界トルク脈動率と1サイクル当たり

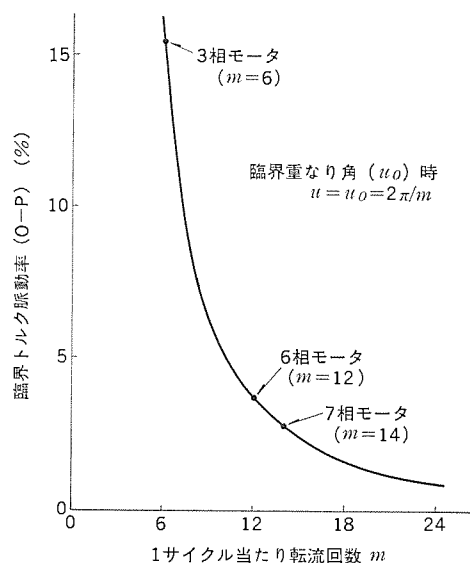


図5. 臨界トルク脈動率

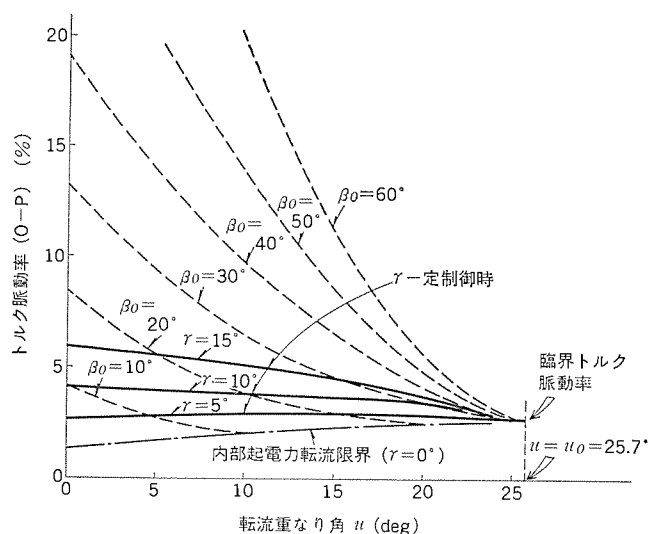
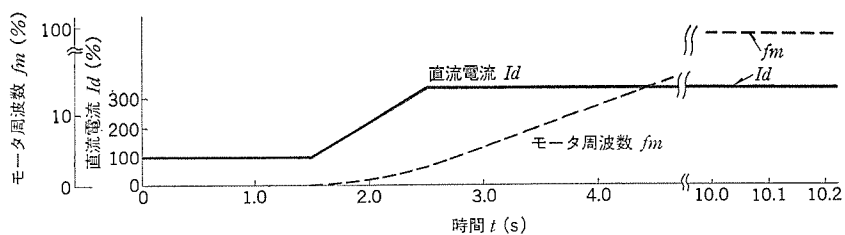
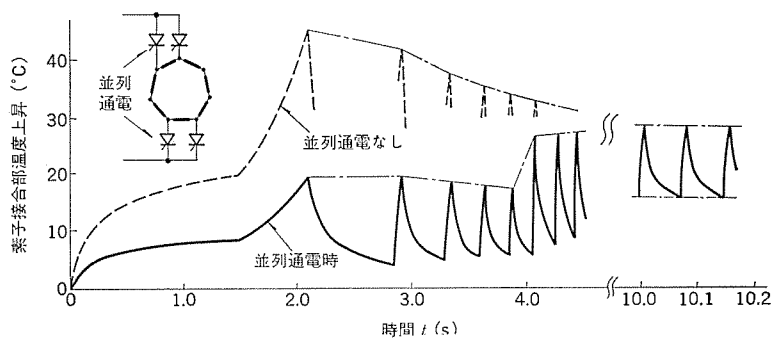


図6. 7相モータトルク脈動率



(a) 運転パターン



(b) 素子接合部温度上昇

図7. サイリスタ素子接合部温度上昇

の転流回数 m との関係を示す。図より、臨界トルク脈動率は、1サ
 イクル当たりの転流回数 m の2乗に反比例し、7相機 ($m=14$) で
 は $\pm 2.8\%$ 程度に、6相機 ($m=12$) では $\pm 3.7\%$ 程度になること
 が分かる。

しかしながら、サイリスタ整流子を電動機の内部起電力により転流
 させる場合、転流重なり角 u を臨界重なり角 u_0 にするには転流の
 安定性の点で問題があるので、実際には $u < u_0$ の範囲で運転してい
 る。このような $u < u_0$ における7相の場合のトルク脈動率を図6.に
 示し、トルク脈動率は対内部起電力点弧進み角 β_0 によっても変わり、
 同じ重なり角 u では β_0 が大きくなる程大きくなり、また、同じ β_0
 では重なり角 u が小さくなる程大きくなる。これに対し、実運転状
 態としては、補償率と界磁電流の調整とにより、転流余裕角 γ をほ
 ぼ一定にする。換言すれば、重なり角が小さい軽負荷時には β_0 を
 小さくし、重なり角が大きい重負荷時には β_0 を大きくするように、
 補償率と界磁電流とを適正値に制御する。これにより、トルク脈動率
 は同図に実線で示すように、 $\gamma=10^\circ$ に制御すれば約 $\pm 3\sim 4\%$ 程度
 に、 $\gamma=5^\circ$ に制御すれば約 $\pm 3\%$ 程度になり、実用上問題にはなら
 ない。このようにして、転流余裕角 γ を短縮し一定制御することによ
 り、実トルク脈動率を臨界トルク脈動率程度にまで下げることがで
 きる。その値は、實際上問題とならない程度に十分小さいと言え
 る。

3.2 サイリスタ整流子の整流回路とモータ相数の比較

直流機の整流子片数と同一相数のサイリスタ整流子に置き換えるとサイ
 リスタ素子の数が非常に多くなるとともに通電期間が短くなるので
 素子利用率は大幅に低下する。7相では、3相あるいは5相より高
 周波域の素子利用率が若干低下するが、前述のようにトルク脈動を
 十分小さくできる。

他方、モータ周波数 f_m が低くなるほど、実時間で見たサイリスタ素
 子の通電時間が f_m に反比例して長くなり、素子接合部の温度上昇
 がそれだけ高くなる。このため、サイリスタ整流子の素子の責務は、
 ほとんど低速時(低周波時)の素子接合部の温度上昇限度で決定さ

れる。

この観点から見て、低速時にはサイリスタ整流子の正側及び負側のアームをそれぞれ2個並列に通電させれば、各アームの通電電流が半減され、素子接合部の温度上昇を軽減できる。しかしながら、2アームを並列通電させればそのアームに接続されている電機子巻線が短絡状態となり有効巻数が減少し、同一トルクを得るための電流が増大する。このことは、相数が少なくなる程顕著になり、5相では2アーム並列通電を行えば短絡されない有効巻数が1相分のみになり同一トルクを得るための電流が著しく増加するので不利となる。また、9相以上では、素子の通電期間が短くなり素子利用率の低下の影響が大きくなるので不利となる。

上記2アームの並列通電に関し、7相の場合について、図7.(a)の運転パターンに従って、1.5秒間のストール状態を含む約10秒間の定電流加速させた場合に、ストール時に通電し加速直後にも引き続き $\frac{2\pi}{7}$ の期間通電した素子の接合部温度上昇の計算例を同図(b)に示す。図において、点線が2アーム並列通電しない場合、実線が約10%速度まで2アーム並列通電した場合である。同図(b)より、2アーム並列通電しないときには、素子接合部の温度上昇が最初の1サイクル後に最高値46°Cに達する。これに対し、2アーム並列通電を行えば、最初の1サイクル後の温度上昇が19°Cに抑えられる。更に、約4秒後に2アーム並列通電を解除し正規の1アーム通電にしたときの上昇値は約27°Cになる。そして、いずれも約10秒後の定常過負荷時の上昇値約28°Cよりもむしろ低く抑えられる。このように、低速時に2アーム並列通電を行うことにより、素子の責務が軽減されることが分かる。

このほか、7相環状結線方式では、電機子コイルの実配列において互いに重なり合うコイル間の電位差が低くなるので、コイルの相間絶縁耐圧が軽減され、電機子巻線が容易となる。

一方、6相で電機子巻線を環状接続する方式(ダイアトリカル結線)では、正側サイリスタと負側サイリスタとが同時に転流するので、1サイクル当たりの転流回数 m が6になり、結局、転流回数 m からみると従来の3相と変わらず、トルク脈動が軽減されない。

これに対し、6相方式でも図8.に示すように、30°の位相差を持つ2組の3相電機子巻線にし、それぞれの電機子巻線へは2組の3相サイリスタ整流子により通電する3相2重方式にすれば、それぞれの組の転流が30°ごとに交互に行われる。したがって、1サイクル当たりの転流回数 m は12になり、トルク脈動が軽減され、7相方

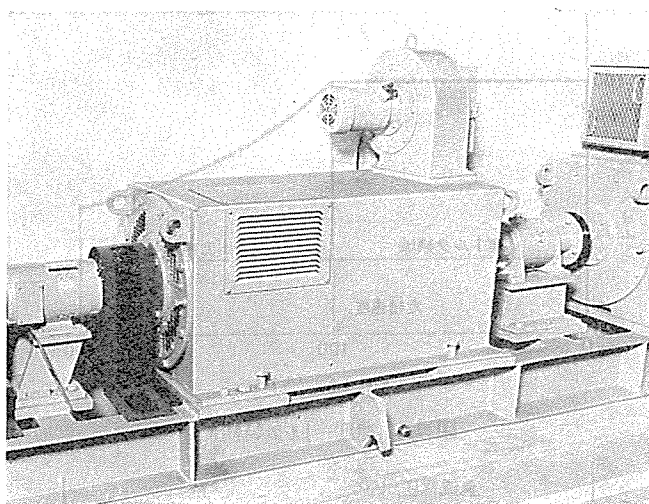


図9.(a) 7相モータ実験機 (20 kW, 1,000 rpm)

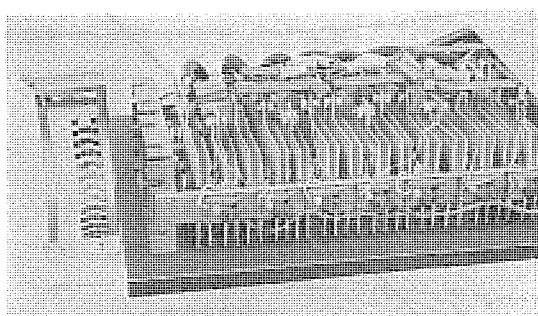


図9.(b) サイリスタ整流子及び分配器

式よりはトルク脈動が若干大きくなるが、実用的には問題にならない程度になる。なお、更に、3相2重方式において、モータの過渡リアクタンスを適切に設計すれば、図8.のように相間リアクトルを省略した直結並列接続が可能となり、しかもサイリスタ素子の通電期間が120°になり素子利用率の面でも改善される。

したがって、トルク脈動とサイリスタ整流子の素子の電流責務との比較から、総合的には7相方式あるいは電機子を適切に設計した3相2重直結並列接続方式が良いと言える。

3.3 実験結果

実験した7相モータの外観を図9.(a)に、サイリスタ整流子及び分配器を図9.(b)に示す。

このような7相モータを適用する場合、図10.に速度・トルク特性を示すように弱め界磁制御を行う定出力領域を要す用途も多い。ここで、弱め界磁を行う最高速度時(定格速度の2倍速度)の定常特性試験結果を図11.に示し、負荷電流に対する諸特性を表したもので、直流電圧 V_{dc} 、出力トルク T 、負荷電流 I_a は%で示している。図より、補償巻線電流により、電機子反作用を打消すことができ、 $\frac{1}{2}$ の弱め界磁域でも200%過負荷まで安定な転流と特性が得られることが分かる。すなわち、転流重なり角 μ は負荷電流 I_a の増加とともにすぐに飽和して漸増する傾向になり、転流余裕角 γ は13°~15°の範囲でほぼ一定に保たれ、モータ力率も85%以上に維持できた。また、サイリスタ整流子の入力直流電圧 V_{dc} も抵抗降下分を差引けばほぼ一定になり、出力トルクと電機子電流とを比例させ

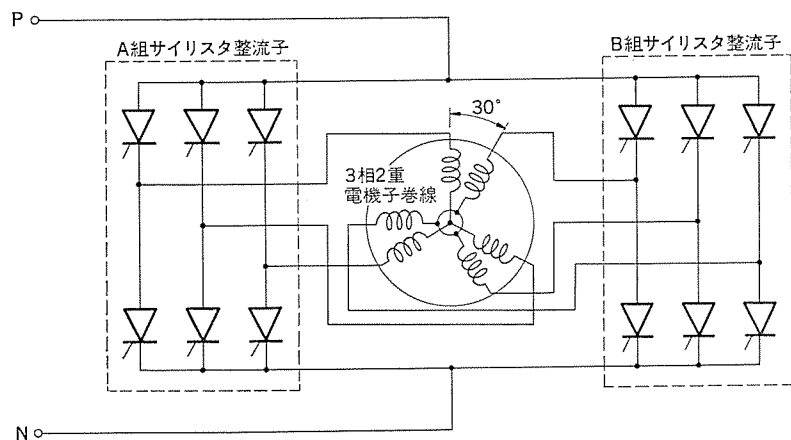


図8. 3相2重方式の構成

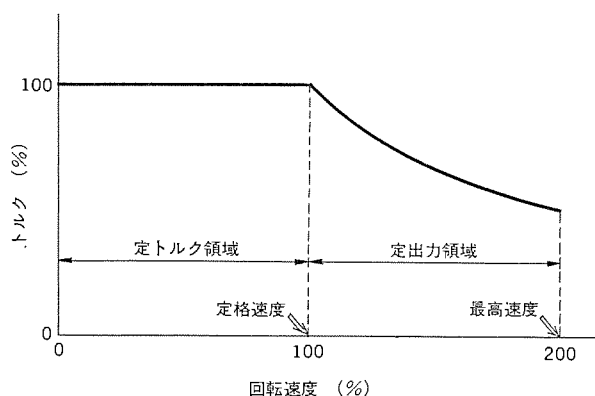


図 10. 速度-トルク 特性

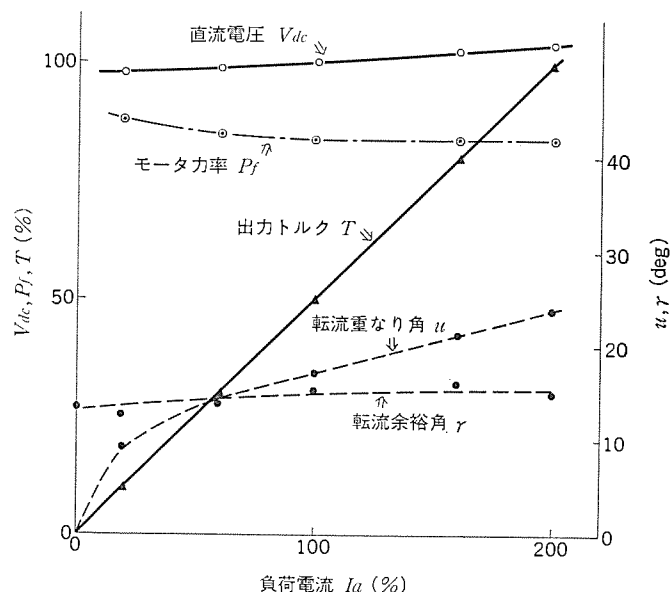


図 11. 定常特性試験結果 (最高速度時)

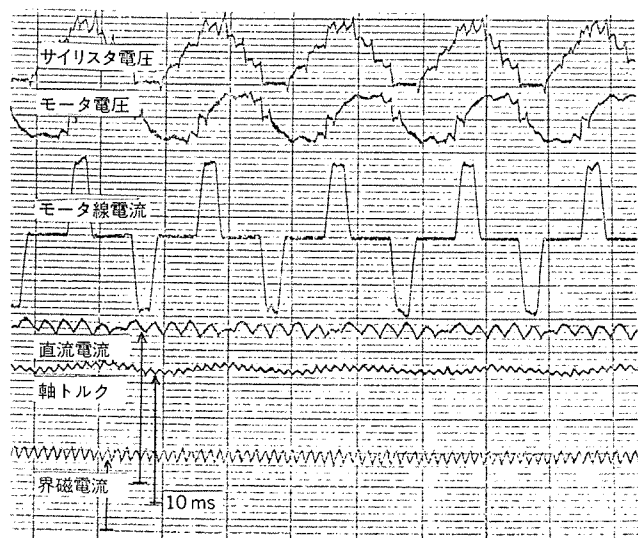


図 12. 定常特性 オシロ 波形

ることができた。更に、定格速度では、モータ率を 90 % 以上にできた。

次に、定格速度・200 % 過負荷時における オシロ 波形を図 12. に

示し、軸に現れたトルク脈動は $\pm 2\%$ 程度で十分小さく、実用上問題にはならないことが分かる。

以上の実験結果より、多相形サイリスタモータはトルク脈動が小さく、過負荷耐量や定出力特性などは直流機並みであることを確認した。また、従来のサイリスタモータはモータ率が良くないためモータ寸法が大きかったが、補償巻線を持つ多相方式にすることにより誘導電動機以上の力率が得られるようになり、モータ寸法も誘導電動機並みになるようになった。

4. 特長及び用途

前述の原理及び特性の考察から、多相形サイリスタモータは、

- ① 補償巻線を設け、電機子反作用を打消するとともに補極磁束に相当する転流磁束を与える。
- ② 補償巻線を直流回路に直列接続する。
- ③ 電機子巻線及びサイリスタ整流子を多相化する。

ことによって、下記の特長が期待できる。

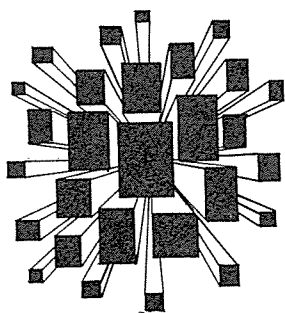
- (a) 150 % 以上の過負荷トルクが要求される負荷にも適する。
- (b) 弱め界磁を行う定出力特性が向上し、サイリスタ主回路の容量 (kVA) を最小限に決めることができる。
- (c) 電流の急変に対しても転流動作が追従し応答性が良くなる。
- (d) トルク脈動率は、7 相方式で一定余裕角制御を行えば約 $\pm 3 \sim 4\%$ 程度となり、実用上問題にならない値となる。

したがって、現在、実用されているサイリスタモータ (3 相形で、電機子反作用補償を行わない方式) に比べて、性能が向上し、従来のサイリスタモータでは不利であった用途にも適用することができる。上記のような性能の向上により、多相形サイリスタモータは、次のような特長を有する。

- (1) 直流電動機と同じ機能・制御性を持つ。
- (2) 機械的整流子がないため、整流子火花の心配がなく、電動機の保守が大幅に軽減される。
- (3) 高効率可変速システムであるため、運転電力費が節減され、省エネルギーの要求にマッチしている。
- (4) 直流回路に直列接続された補償巻線のリークage インダクタンスを適切に設計すれば、平滑リアクトルが省略でき、装置がコンパクトになる。
- (5) 高圧低電流化が可能であるので、サイリスタ整流子をモータと一体化することによりケーブルの軽減や制御盤の小形軽量化が図れる。このような長所を有する多相形サイリスタモータは、従来、巻線形誘導電動機、うず電流継手方式及び交流整流子電動機などが使用されてきた分野はもちろんのこと、従来のサイリスタモータでは適用できずもっぱら直流電動機しか使用されなかった分野すなわち、製鉄・製紙・セメント・船舶・クレーン・エレベータ・鉱山・化学などにおいて広範囲な用途を期待することができる。

5. む す び

多相形サイリスタモータは、補償巻線を設けることにより過負荷耐量が増大し弱め界磁を行う定出力特性が向上するなど直流機を持つ優れた制御性を維持しつつ、トルク脈動やビートが小さく、高圧低電流化が可能な効率の良い可変速電動機であると言える。したがって、製鉄・船舶など広範囲な用途への適用が期待できる。



特許と新案

高周波パルス直流アーク溶接装置 (特許 第 872646 号)

発明者 高木 茂・梶野 幸男・後藤 徹

この発明は 1 kHz 以上の高周波 パルス 電流を用いて溶接する高周波 パルス 直流 アーク 溶接装置に関するものである。

この発明は図 1. のように構成されており、この図 1. と図 2. をもとに動作原理を説明する。

まず、トランジスタ(4)及び(12)が同時に閉路すると直流電源(1)、トランジスタ(12)、アースケーブル(2)、アーク(8)、トーチケーブル(6)、シャント(17)、トランジスタ(4)、直流電源(1)の経路で電流が流れる。アーク(8)に流れる電流 I_D は直流電源(1)の電圧を E 、アースケーブル(2)、トーチケーブル(6)などのインダクタンスを L とすると、 $\frac{dI_D}{dt} = E/L$ なる傾きで直線的に増加する。時刻 τ_1 に制御回路(14)からの指令でトランジスタ(4)は開路する。トランジスタ(4)が開路すると、今までトランジスタ(4)に流れていた電流は、ダイオード(9)に流れ、急激に減少しようとする。しかしながらアースケーブル(2)、トーチケーブル(6)等のインダクタンスにより電流は急激には減衰しえず、ある時定数をもって減衰する。したがって、この環流は τ_2 時間にトランジスタ(12)が開路するまでほとんど減衰せずに流れつづける。トランジスタ(12)が開路すると、トランジスタ(12)に流れていた電流は、ダイオード(16)にその流路を変え、トーチケーブル(6)→シャント(17)→ダイオード(9)→電源(1)→ダイオード(16)→アースケーブル(2)の経路を通り、 $dI_D/dt = -E/L$ なる傾きで直線的に減衰し、アースケーブル(2)、トーチケーブル(6)等のインダクタンスに蓄えられていたエネルギーはすべて直流電源(1)に回生させられる。その時間は τ_1 とほぼ同一

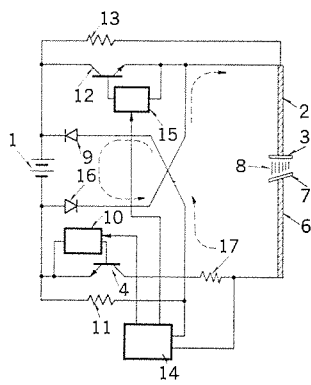


図 1

時間である。 τ_1 , τ_2 の時間の決定は制御回路(14)で行われ、 τ_1 はアーク(8)に流れる電流が所定のピーク電流に達するまでの時間であり、 τ_2 は設定値に等しくなるように決定される平均電流が小さい場合、あるいは周波数が高い場合などには、 $\tau_1 > \tau_2$ になることもありうるが、この場合には τ_2 が優先し、トランジスタ(4)(12)共に τ_2 時間で開路する。

以上のようにこの発明によれば、トランジスタ(4)(12)の開路時間及び開閉時間を適宜調整することにより、1 kHz 以上の周波数においてパルスの立上がり、立下がり共に急しゅんな最大波高値と最小波高値との差の大きい高周波 パルス 電流が得られて極めて優れた溶接結果が得られるとともに、アースケーブル、トーチケーブルなどのインダクタンスに蓄えられたエネルギーを直流電源に回生でき、電力効率の極めて高い高周波 パルス 直流 アーク 溶接装置を提供できる。

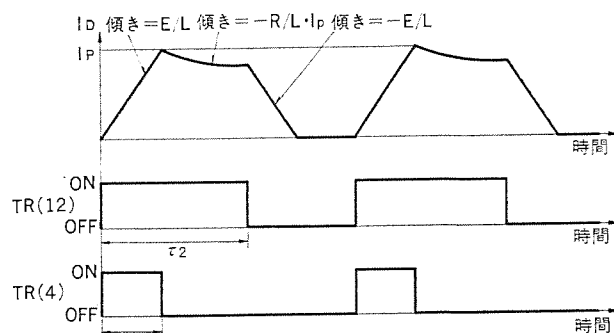


図 2

自動刻印装置 (特許 第 877942 号)

発明者 津田 栄一・尼崎 博規・井上 隆之

この発明は押しボタン操作又は電子計算機の出力信号などにより鋼板の所定位置へ指定された文字、数字などを自動刻印することを可能にした空気圧式刻印装置に関するものである。

図において、(1)はスライドベース、(2)はこのスライドベース中を水平(図面と直角方向)にしゅう(摺)動するポンチホルダで、ポンチ保持穴(22)及びこれに連通する空気孔(7 a)(7 b)をそれぞれ複数個有している。(4)は各保持穴(22)にそう(挿)入された刻印ポンチ、(5)はこの刻印ポンチ(4)を吸引保持する永久磁石からなる保持要素、(6)はこの保持要素を貫通して延びた突出棒、(8)はスライドベース(1)に

固定され、ポンチ保持穴(22)と接続してポンチが昇降できる案内パイプ、(9)は押し棒、(10)(11)はスライドベース(1)に固定され、電磁弁(14)(15)を介して加圧空気源及び負圧タンクに連通する空気孔(12)(13)を持ったスライドバルブである。なおポンチホルダ(2)には刻印ポンチ(4)、保持要素(5)、突出棒(6)、空気孔(7 a)(7 b)が 1 組として必要文字分 1 列に配置されている。

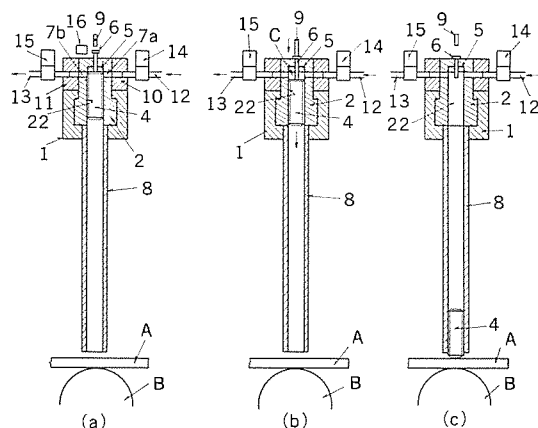
上記構成において、まず外部からの印字指定指令によりポンチホルダ(2)を移動させ、指定の刻印ポンチ(4)を案内パイプ(8)の真上にもってくる(図(a)の状態)。刻印ポンチ(4)が選別され鋼板 A がロール

Bによって所定の位置にくると、外部刻印指令によって押し棒(9)を電磁石やカムで動作させてポンチ(4)の頭部を押すと同時に、電磁弁(14)を開き、加圧空気を空気孔(12)を介して保持要素(5)とポンチ(4)との間にできた空げき(隙)Cに供給する(図(b)の状態)。この加圧空気力により刻印ポンチ(4)はピストンと同じ作用をして案内パイプ(8)内を急激に加速されて落下する。そしてこのポンチ(4)は刻印に必要な運動エネルギーが与えられて鋼板A上に鮮明に刻印する(図(c)の状態)。

こうして刻印が終了すると、復帰指令により電磁弁(14)を閉じ、押し棒(9)を元の位置に復帰すると同時に一方の電磁弁(15)を開いて、負圧タンクをポンチ保持穴(22)に接続する。これにより案内パイプ(8)及びポンチ保持穴(22)内を真空にするので、このとき案内パイプ(8)の下部にあるポンチ(4)を吸上げて再び保持要素(5)に保持する。

この発明によれば空気圧によりポンチ(4)を加速させ運動エネルギーを大きくするのでポンチを小さくでき、したがって全体の装置が小

形化されるとともに、ポンチの速度が大きいので刻印作業時間が短くなる。



最大需要電力計 (実用新案 第1067122号)

考案者 相田利光・桜井五十次

この考案は警報ブザーが警報を発した時点において適確な負荷低減量を表示する最大需要電力計を提供するものである。

従来、最大需要電力計を使用して需要電力料金取引を行う場合には、契約電力値より小さい所定の電力値に需要指針が達すると、電力計に装備した警報ブザーが鳴って電力管理者に注意を促し、負荷を低減する手段がとられていることは周知のとおりである。しかしながら警報ブザーを鳴らして電力管理者の注意を喚起しても、管理者の感に頼って適宜負荷を低減するものであるため、必要以上に負荷を低減したり、また低減量が不足して需要指針の指示値が契約電力値を超過する恐れがある。

この考案はこのような欠点をなくするため、図1.に示すように最大需要電力計に最大許容負荷表示装置(11)を設けたものであり、警報ブザーが鳴った時点における表示装置の目盛り(13)を読むことにより、その需要時限中に契約需要電力を超過せず、しかもその需要時限の最終時点において契約需要電力値に到達するような最大許容負荷電力値を容易かつ適確に選択できるようにしたものである。

すなわち最大許容負荷表示装置(11)は、同期電動機などにより駆動され一需要時限例えば15分間で1回転(左回り)する時限指針(9)と、一需要時限の切換時点を示す時限指標(10)と、数字目盛り(13)を有する目盛板(12)とで構成されており、目盛り(13)には、最大需要電力計の需要指針(5)が指標(7)に到達して警報ブザーが警報を発した時点において、その需要時限区間中に契約電力を超過しない最大許容負荷電力値を、契約電力のパーセントで目盛っている。図1.及び図2.に示す目盛りの表示(13)は、指標(6)が示す契約電力値に対し、指標(7)が示す警報発生電力値が75%の大きさ、例えば前者が1,000kWならば後者は750kWの場合に使用される1例を示している。

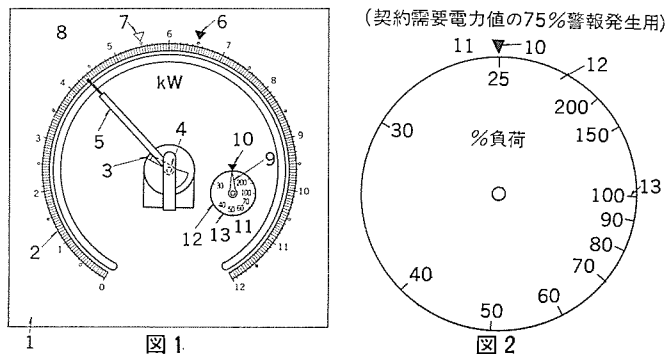
なお、一般に契約電力値A kW、警報発生時電力値B kW、一需要時限T分、需要時限切換時点から需要指針がB kWに到達するまでの時間を t_1 分とし、その時点から需要時限の最終時点までの最大許容負荷電力値をQ kWとすると、次の関係式が成り立つ。

$$\begin{aligned} Q/A \times 100(\%) &= \frac{(A-B)/T - t_1}{A/T} \times 100(\%) \\ &= K(1-B/A) \times 100(\%) \end{aligned}$$

$$\text{ただし } K = T/(T-t_1)$$

したがって契約電力が需要電力目盛り(2)に示されるいかなる値に変更されようとも、契約電力に対する警報発生電力の比率を一定にすれば目盛り(13)の表示を変更する必要はない。

以上のようにこの考案によれば最大許容負荷表示装置(11)を設けているので警報時点において時限指針(9)が示す目盛り(13)の表示を読みとることによりその時点における最大許容負荷電力値を容易かつ適確に知ることができ、人の感によって負荷を低減した従来のように必要以上に負荷を低減したり、また低減量が不足して契約電力値を超えることがない優れた効果がある。



高調波対策リレーシリーズ《MULTIFLEX》F

鈴木健治*・畑田 稔*・辻倉洋右*・鈴木 愿*・吉田敬史*

1. ま え が き

電力系統において、系統事故時対地静電容量と送電線 インダクタンスの共振によって広範囲の高調波が発生し、保護リレーの応動に悪影響を与えることは既に本誌 (Vol. 51, No. 6) で報告済みであるが、それ以来この高調波に対する保護リレーの研究開発を進め、昨昭和53年中に高調波対策リレーシリーズの製品化を完了し、各電力会社の基幹系統に納入したのでその製品の概要を紹介する。また当社ではこの高調波対策リレーシリーズを《MULTIFLEX》Fと名づけてこれまでの《MULTIFLEX》の1シリーズとして体系化したのでその内容を紹介する。

2. 系統事故時の高調波

系統事故時に発生する高調波の解明、モデルシステムのシミュレーションなどについては上記のとおり既に報告済みであるため詳細な記述は省略するが、要点のみ整理すれば次のようになる。

2.1 高調波現象の考え方と振動周波数

系統事故時の過渡高調波現象は一般に

(1) 送電線の分布 L , C による固有振動

(2) 地中送電線、電力用コンデンサ等の C とそれに連なる架空線、トランス等の L の共振現象

の2者が重畳した形態となる。

(1)は事故により発生したサージが送電線を伝搬し、往復反射を繰り返すことにより発生する振動で、送電線の分布定数及びこう(亘)長からサージの伝搬速度及び往復反射の周期が決まってくる。

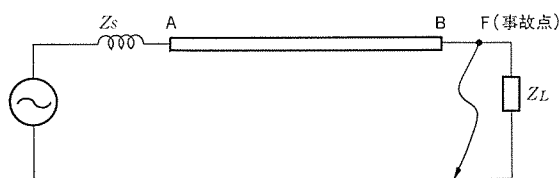


図1. 送電線の事故モデル

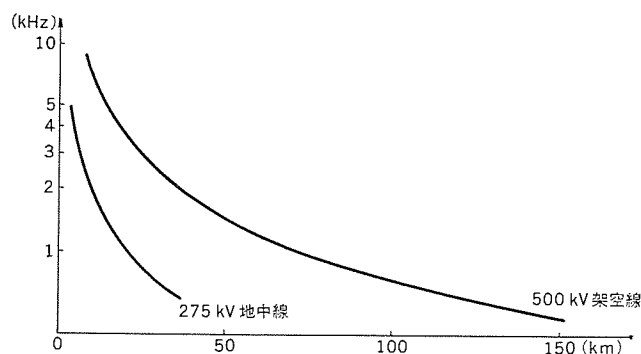


図2. 送電線長と固有振動周波数

図2. は図1. のような送電線モデル(電源側開放端、事故点側短絡端)における固有振動を示したもので、送電線長が長くなるほど周波数が低下することを示している。これから明らかなように基幹系の固有振動としては数100 Hz から数kHz程度まで考慮しておく必要がある。

(2)については1例として図3. にトランスの3次側に電力用コンデンサが接続されている場合の送電線事故モデルを示す。この場合事故に伴い電力用コンデンサ C に蓄えられていた電荷が放電することにより生成される高調波振動の周波数は、負荷 Z_L の影響を無視すれば近似的に次のようになる。

$$f \approx \frac{1}{2\pi\sqrt{(L+L_1+L_2)C}}$$

一般に C は第5高調波で誘導性となるような限流リアクトルが直列にそう(挿)入されていることを考えると、共振周波数 f は容易に第2, 第3調波程度の低次高調波になることがわかる。

したがって上記(1), (2)を総合して考えると系統事故時に発生する高調波の周波数成分としては第2調波から数kHz程度まで考慮しておく必要がある。

2.2 高調波の減衰時間

系統事故時に高調波過渡現象が発生してもその減衰時間がリレー判定時間に比べて十分短ければリレーの性能に与える影響は小さいと考えられるが、高調波の減衰時間は負荷の軽重によって変化し、特に軽負荷時には高調波の減衰時定数はほぼ線路の時定数に等しくなり最大100 ms程度になると考えられる。図4. のようなモデルで共振周波数 ω 及び減衰定数 α を求めると、

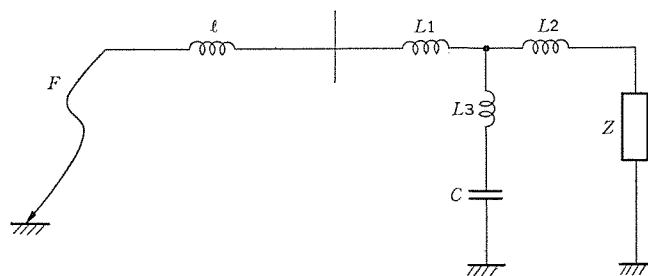


図3. スタコン接続システムの事故モデル

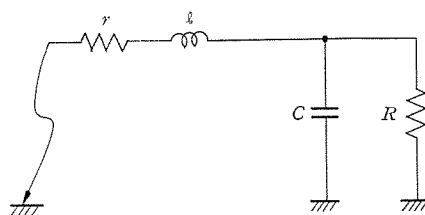


図4. モデルシステム

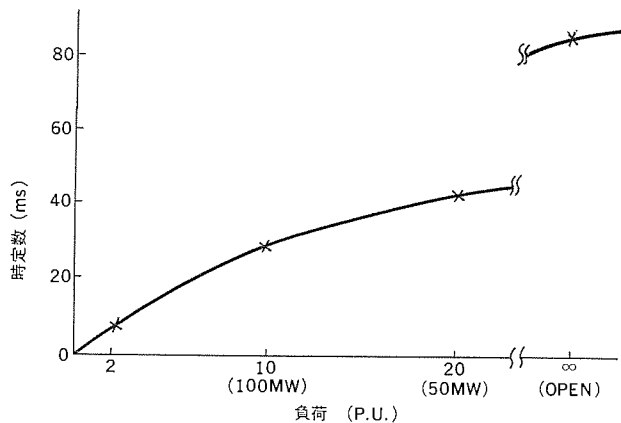


図 5. 負荷と高調波減衰時定数

$$\omega = \frac{1}{2LC} \sqrt{4LC - l^2 \left(C - \frac{1}{R} \right)^2} \approx \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

$$\alpha = -\frac{\gamma}{2l} - \frac{1}{2CR}$$

これから振動周波数に対する負荷の影響は小さいが、減衰定数は負荷の影響を大きく受けることがわかる。1例として送電線は500kV 架空線、対地静電容量は30μF（ケーブル系3回線約30km）として、負荷Rに対する過渡振動の時定数の計算結果を図5.に示す。これから明らかなように過渡高調波振動は軽負荷時ほどその継続時間が長くなり、負荷開放では最大100ms近くまで考慮しておく必要がある。

2.3 高調波の含有率

事故時の電流、電圧波形について基本波成分に対する高調波分の含有率は0%から無限大%まであり得る。事故発生時の電圧位相が0°の場合、対地キャパシタンスに蓄えられている電荷はほとんど0のため高調波振動の発生は小さく、この場合基本波事故電流が十分大きければ高調波の含有率はほぼ0%と考えられる。

一方、極端な場合として片端電源系統で電源側に事故発生し、非電源端側に高調波振動が発生するような場合、非電源端側では高調波成分のみとなって、高調波の含有率は無限大%となる。

2.4 系統事故時の高調波現象のまとめ

- (1) 系統事故時に発生する高調波としては数kHzから第2高調波程度まで存在する（直列コンデンサ系統では分数調波振動もあらわれる）。
- (2) 特に電力用コンデンサ（シャントコンデンサ）の放電により系統事故時に第2～第3調波程度の低次高調波が発生する場合がある。
- (3) 線路のLC共振による高調波は線路亘長、系統構成により数kHzから第4高調波程度まで発生する。
- (4) 高調波の減衰時間は最悪100msに達する。
- (5) 高調波の含有率は0%から無限大%まであり得る。

3. 高調波対策の必要性

以上のような高調波が従来形リレーに印加された場合の応動について各リレーごとに検証した結果次の事が明らかになった。

- (1) 電磁形リレーは動作原理が積応動である事、動作速度がややおそい事から静止形リレーほど顕著に高調波の影響は受けませんが、ひずみ率が大きくなると影響が現れてくる。
- (2) 静止形リレーは高調波の影響を受けやすいが、それでもリレー

の動作原理によって受ける影響の度合は大幅に異なる。

以下に静止形リレーの動作原理ごとに高調波の影響度合を記述する。

3.1 スカラ量検出形リレー

過電流リレーや不足電圧リレーがこの代表的なリレーであるが、その動作原理の主なものは

(1) 整流形検出 (2) 増相整流形検出 (3) 波高値検出に分類される。(1)はRCの充電、放電時定数によって決まるが、一般的には高調波の影響は比較的受けにくい部類に入る。(2)は入力単相交流を移相器を使って3相又はそれ以上の相に増相した上で整流平滑する方式で、高調波によって移相器の位相がずれるため(1)より高調波に対して弱い検出方式である。(3)は入力波形の波高値を検出する方式であるため、波高値付近が高調波でひずめばもろにその影響を受ける方式で最も高調波に弱い方式といえる。当社の場合スカラ量検出リレーは比較的整流形検出方式が多いため、高調波に対して有利であるといえるが、やはり高調波含有率が50%以上になるにつれ動作値の変化が大きくなるのは避けられない。

3.2 位相判別形リレー

この代表的なものとしては位相比較リレーと距離リレーがあり、いずれも高調波の影響を大きく受けている。これは、これらリレーが入力波形をいったん(矩)形波に変換し、矩形波どうしの位相の重なり幅を見て動作判定する原理に立っているからである。

1例として図6.にパルス動作形位相判別方式の動作原理を示す。すなわち、基準ベクトルと演算ベクトルの位相の重なり幅をタイマ回路で測定し、この幅が90°以上ある場合検出パルスが発生し、これを半サイクル引き延ばすことで最終出力が得られる。

ところが、ここで電圧、電流波形に高調波が重畳することで図6.

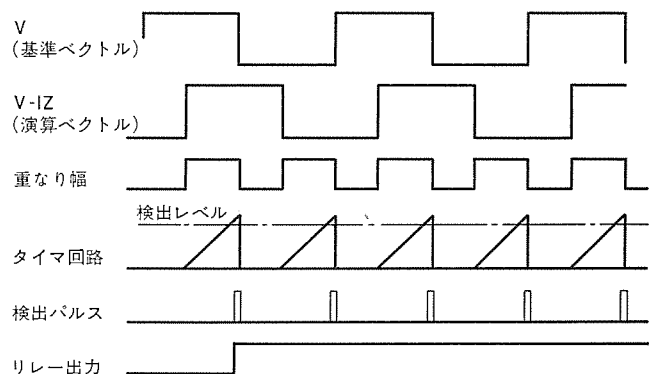


図 6. 静止形距離継電器（パルス動作形）の動作原理

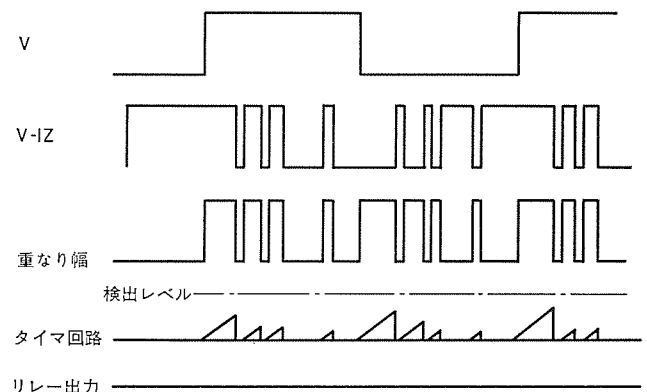


図 7. 高調波による不動作ケース

の基準ベクトル、演算ベクトルをあらわす矩形波パルスに割れ目ができ、結果として重なり幅を表すパルスが図7.のように分断される場合を考えると、重なり幅として本来十分動作力があるにもかかわらず分断されて、パルス幅は 90° にいたらないため、結果としてリレーは不動作側になる。逆に重なり幅が不十分にもかかわらず、高調波により零点が移動する事で、結果的に重なり幅が一定値を越え動作する場合も発生する。

代表例として、第3高調波を電流で15%（電圧は15~45%）含有した場合のモーター要素の位相特性を図8.に示す。

また図9.は至近端事故時に高調波が発生した場合と発生しない場合との動作時間測定例を示したもので、高調波が発生した場合リレーの動作時間は倍以上になっている。

以上述べたように静止形リレー、特に位相判別を行うリレーの場合、系統事故時の高調波によりその性能が著しく阻害されることがあり、

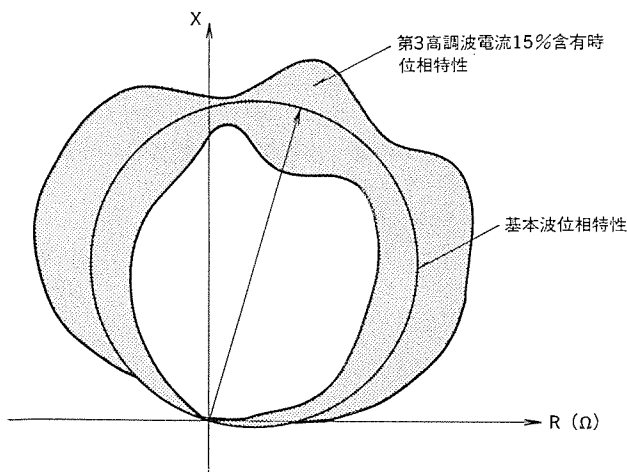
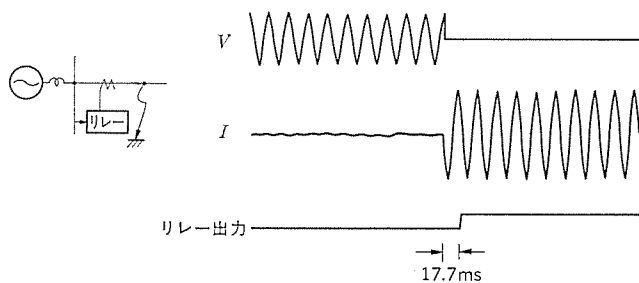
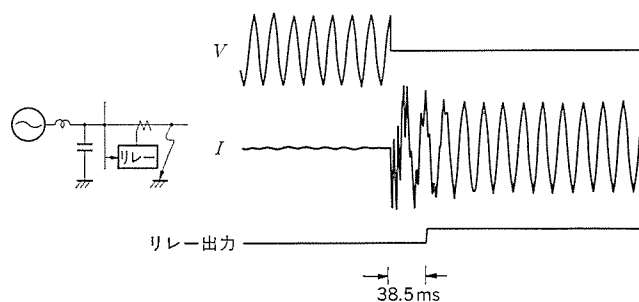


図8. 第3高調波15%含有時のモーター要素特性



(a) 高調波のない場合



(b) 高調波のある場合

図9. 動作時間測定例

系統保護リレーの重要性をかんがみる時、何らかの対策を行う必要がある。

4. 高調波対策リレーシリーズ

《MULTIFLEX》F

この高調波対策リレーシリーズ《MULTIFLEX》Fは上述のとおり高調波問題に対して十分な保護性能を持つように設計しており、以下にその内容について記述する。

4.1 高調波対策の考え方

高調波対策についてはいろいろな方法が考えられるが、《MULTIFLEX》Fでは下記の基本的考え方に立っている。

- (1) 高調波対策としてフィルタを使用する。
- (2) 位相判別を行う距離リレー、位相比較リレーについては多重アクティブフィルタを使用する。
- (3) スカラ量検出を行う電流リレー、電圧リレー等は入力トランスを利用した受動フィルタを使用する。
- (4) 変圧器保護リレー、母線保護リレーについてはそのリレーの特性に合わせた高調波対策を施す。

4.2 各種継電器の高調波対策

(1) 距離リレー、位相比較リレー

位相判別を行う頭記リレーについては演算増幅器を使用した非振動形多重フィルタを開発し、高調波減衰特性がよく、過渡応答のよい特性を得た。図10.にフィルタの周波数特性を示す。また図11.はフィルタの過渡応答波形で、入力波形立上がり、立下がり時のフィルタ出力の過渡成分は約半サイクルで指数関数的に消滅し、フィルタの過渡現象によるリレーの不要な過渡応動を防止している。

距離リレーでは電流、電圧入力部にこのフィルタを設置することにより、第3高調波電流30%、電圧90%含有時でも位相特性の距離測定誤差10%以内の特性を得ることができた。位相特性を図12.に示す。従来形リレーの位相特性図8.と比較すれば高調波含有率が大きいにもかかわらず特性が大幅に改善されていることがわかる。また動作速度についても図13.に示すように、フィルタそう(挿)入による動作時間遅れは最悪ケースでも半サイクル以内におさえることができた。一方、動特性も図14.に示すように高調波がかなり重畳しても従来リレーの基本波応動速度とほとんど変わらない速度で

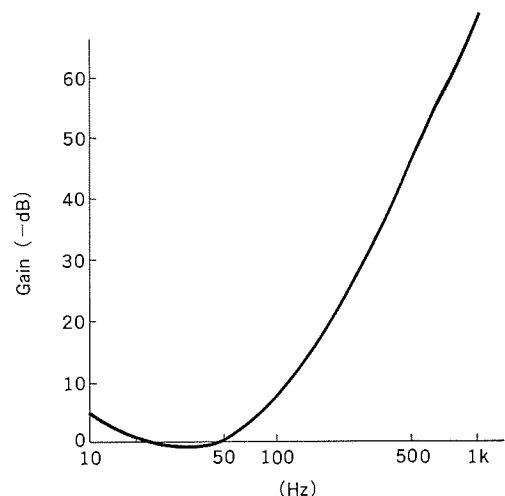


図10. 高調波対策フィルタの周波数特性

動作している。更に図 15. に示すように距離リレーにとって最も過酷な背後至近端無電流（非電源端から高調波のみ流入）事故に対しても誤動作のないようにしている。

(2) 電流, 電圧 リレー

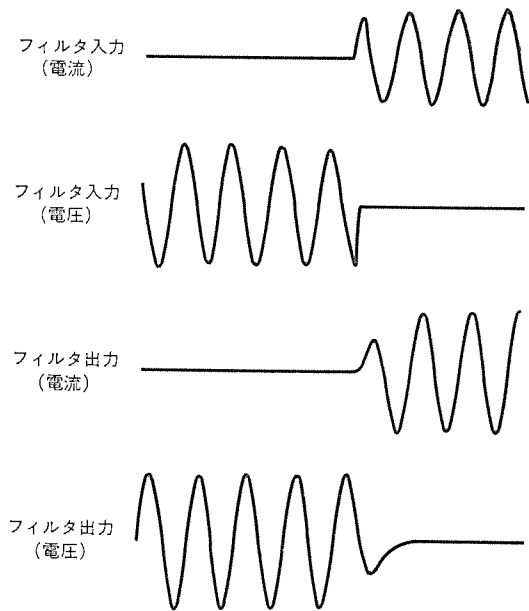


図 11. フィルタの過渡応答

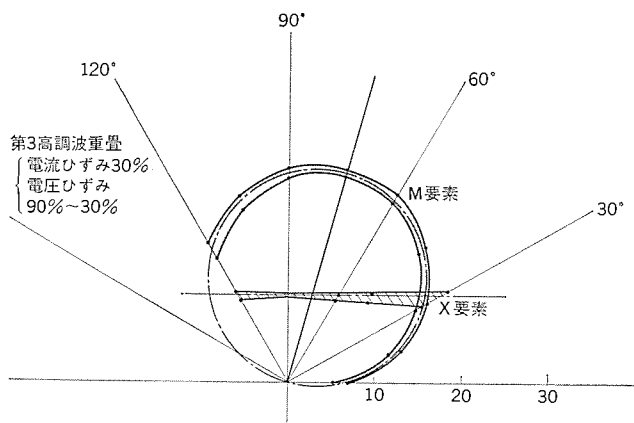


図 12. 高調波対策付距離リレーの位相特性

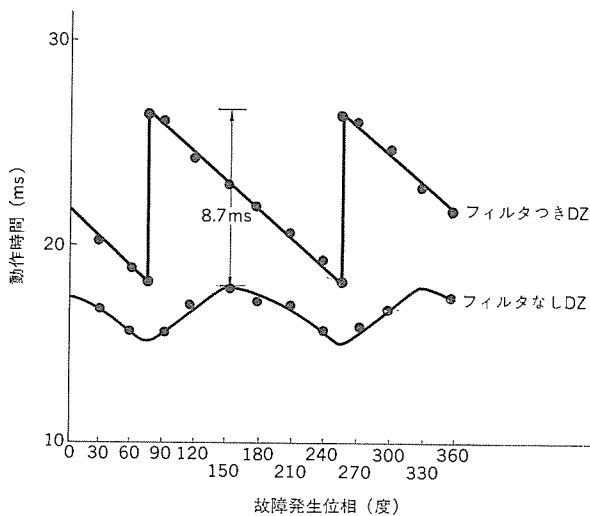


図 13. フィルタ有無による距離リレーの動作時間比較

スカラー量検出リレーについては部品点数の多くなる多重アクティブフィルタを使用することなく、従来リレーの入力トランスにコンデンサを追加し

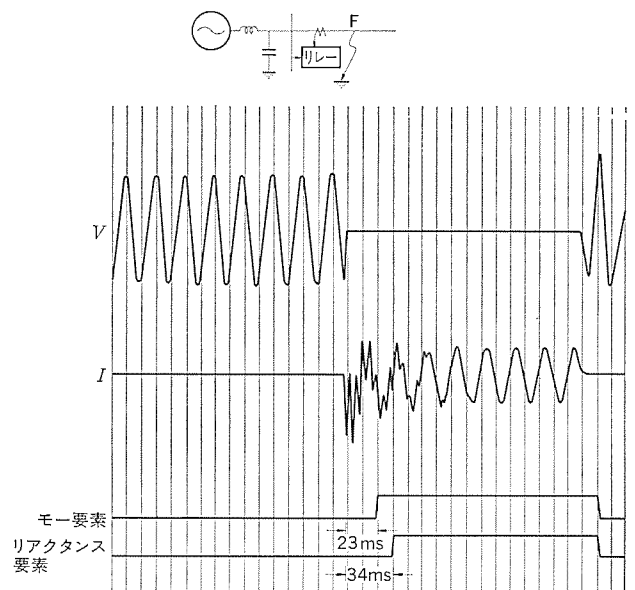


図 14. 前方至近端故障試験

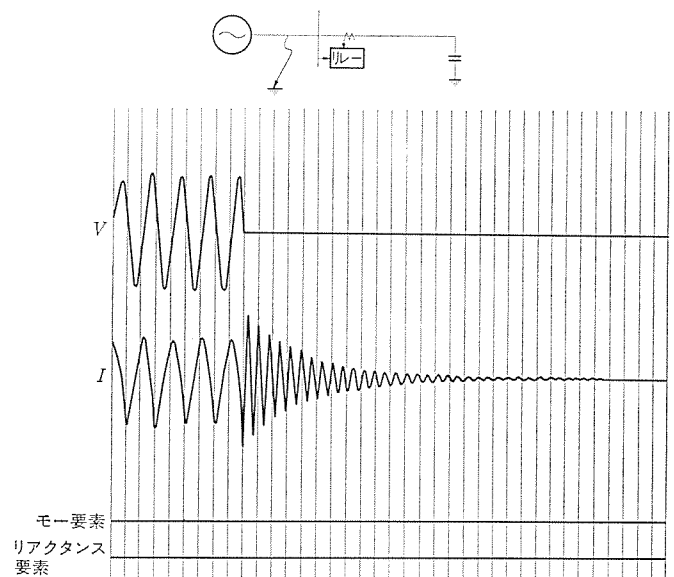


図 15. 背後至近端無電流故障試験

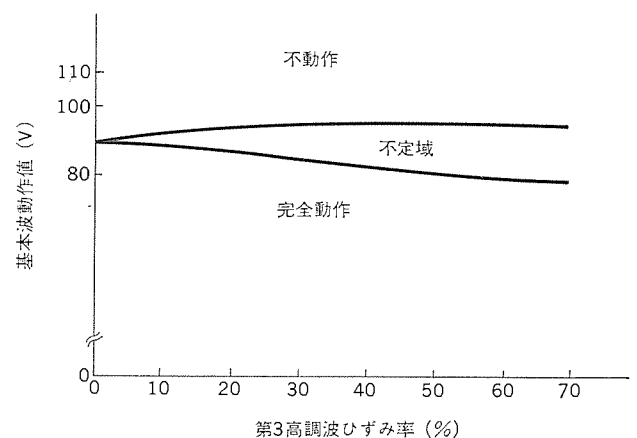


図 16. 27 リレーの高調波特性例

た受動フィルタと整流回路の組合せにより簡単でほとんど動作遅れないリレーとした。図16.に不足電圧リレーの第3高調波含有時の動作値特性を、図17.にその動作、復帰時間特性を示す。

(3) 変圧器保護リレー

保護域内に長いケーブルを含む場合、外部事故時にケーブルの充電電荷が高調波振動を発生させ、これが動作力となって場合によっては誤動作の可能性もあるため、高調波電流で応動しないよう受動フィルタを強化して基本波応動とした。

(4) 母線保護リレー

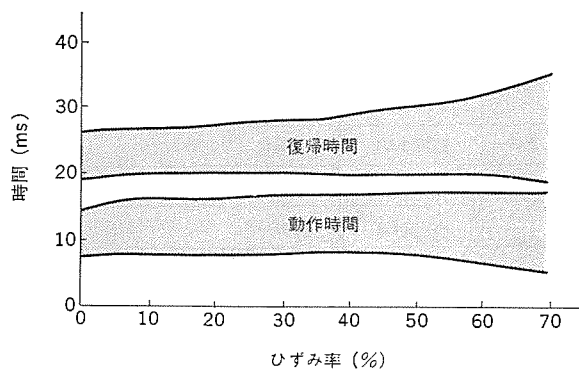


図17. 27 リレーの高調波含有時の動作・復帰時間特性例

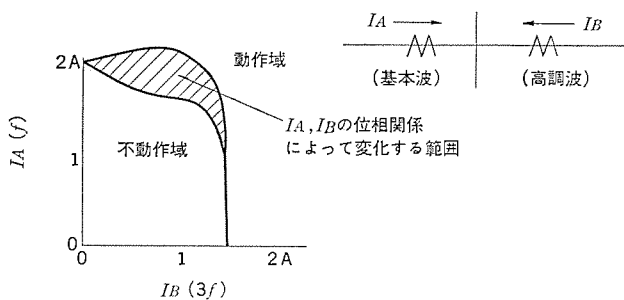


図18. 母線保護リレーの高調波特性 (3f)

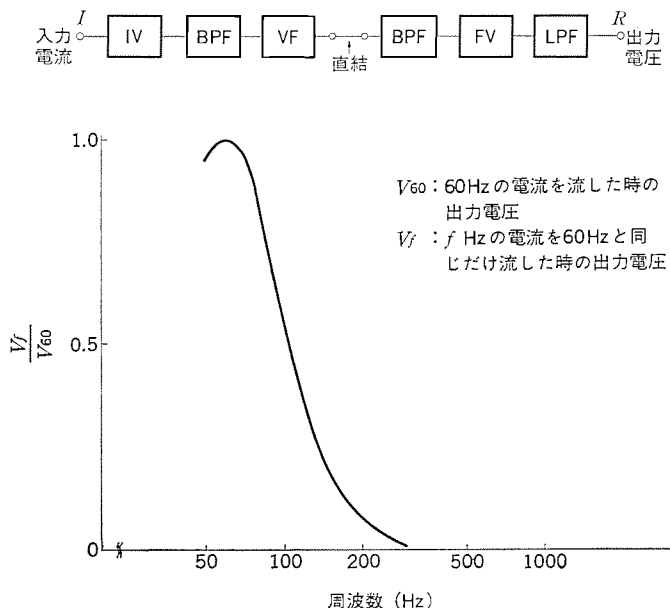


図19. FM 電流差動リレー周波数応答

従来より回路原理上、高調波に対して強い方式であるが、各種高調波に対して動作をより確実にするため回路を一部改良して対処した。図18.に内部事故時1端高調波電流のみの場合の高調波特性例を示す。

(5) FM 電流差動リレー

FM 電流差動リレーは下記2点より原理的に高調波対策リレーになっているといえる。

(a) 入力電流-復調出力電圧のフィルタ効果

図19. から明らかなようにFM 電流差動リレーは変調、復調回路

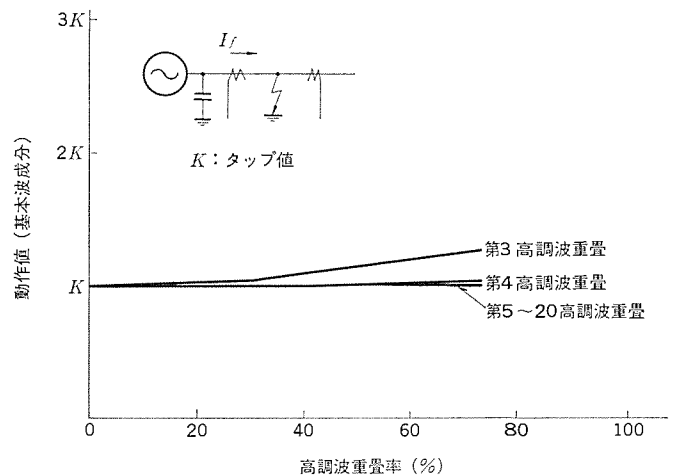


図20. FM 電流差動リレー高調波重畳特性

表1. 高調波対策の概要 (1)

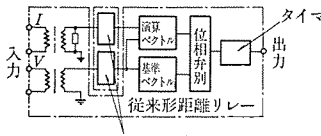
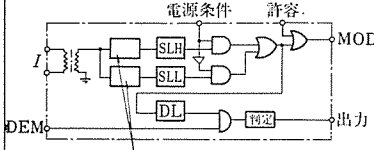
		高調波対策リレー	備考
		高調波対策の概要	
距離リレー		<p>電流・電圧入力部に高調波対策アクティブフィルタを設置し、高調波成分を除去する。</p>  <p>高調波対策多重フィルタ</p>	<p>フィルタカードを引き抜きアダプタカードを挿入すれば、フィルタ無しの距離リレーとなる。</p>
位相比較リレー		<p>電流入力部に高調波対策アクティブフィルタを設置し、高調波成分を除去する。</p>  <p>高調波対策多重フィルタ</p>	<p>フィルタカードを引き抜きアダプタカードを挿入すれば、フィルタ無しの位相比較リレーとなる。</p>
母線保護リレー	電圧差動	従来より入力部に直列共振フィルタが内蔵されており、基本波応動となっているため、対策済みといえる。	
	電流差動	従来より回路原理上、高調波に対して強い方式であるが、動作を確実にするため回路を一部改良した。	

表 2. 高調波対策の概要 (2)

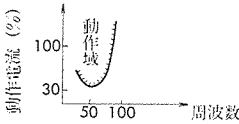
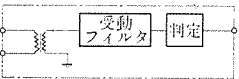
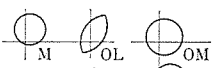
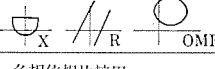
		高調波対策リレー	備考
		高調波対策の概要	
変圧器保護 リレー		<p>保護域内にOFケーブルを含む場合も考慮し、高調波電流で不感動となるよう受動フィルタを強化した。</p> 	
パイロット ワイヤリレー		<p>フィルタ内蔵のため問題なし。 (表示線のCと基本波で共振するようなLが入力部に挿入されている)</p>	
電流・電圧 リレー	不足電圧 リレー	<p>マルチフレックスリレーでは、従来から受動フィルタ内蔵しているが、高調波対策としてフィルタ強化した。</p> 	
	地絡過電流 リレー	同上	
	過電流 リレー	同上	
FM電流差動 リレー		<p>下記2点より原理的に高調波対策リレーといえる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ○入力電流——復調出力電圧のフィルタ効果 ○差動原理による効果 	

表 3. 高調波対策付 リレーユニット 形名例

		形 名	代表機能	大きさ
距離リレー	短絡	FZS7M1		1/2
	地絡	FZG6M1		
位相比較リレー		FPH1B1	各相位相比較用	1/4
		FPH1C1	標本量位相比較用 $I_{\beta} + KI_0$	
		FPH1D1	" $I_1 + KI_0$	
差動リレー (母線保護)		FBDVA	電圧差動	1/4
		FBDPA	電流差動	
差動リレー (変圧器保護)		FTDH31	3巻線用f ₂ 抑制付き	1/3
		FTDR31	f ₂ 抑制なし	
		FTCM31	調 変 用	
電流変化幅リレー		FDC3A1	HOC 付	1/2
過電流リレー		FOC3A2	3 相形	1/6
		FOC1E1	単相形	
不足電圧リレー		FUV3AA	3 相形	1/4
		FUV1D1	単相形	1/6

注) 1. 代表機種を示した。
2. 大きさは600mm幅を1として表現してある。

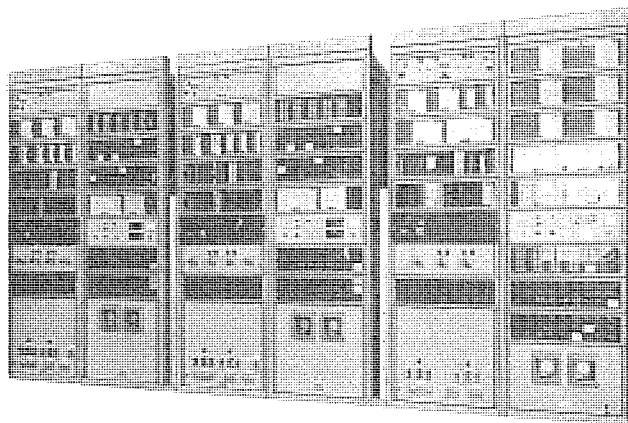


図 21. 《MULTIFLEX》F 形超高圧搬送保護継電装置例

にフィルタが挿入されているため、最終的に復調された波形はほとんど基本波成分となっている。

(b) 差動原理による効果

動作原理として、各端子電流の合計値で判定するため、基本波成分が大きくなり、相対的に高調波の影響が小さくなる。

高調波に対する総合特性として、高調波重畳時のタップ値特性を図 20. に示す。

以上をまとめた《MULTIFLEX》F 高調波対策リレーの概要を表 1., 表 2. に示す。また高調波対策付リレーである事を明示するため従来の形名の前に F を付けることにした。例を表 3. に示す。

図 21. はこれら高調波対策リレーを使用した《MULTIFLEX》F 高調波対策リレー装置の製品の 1 例である。

5. む す び

以上電力系統における事故時の高調波現象のまとめと、これに対する高調波対策付リレーシリーズの内容と製品化実施例についてその概

要を紹介したが、この新シリーズの開発と製品化に当たってご指導ご助言をいただいた東京電力(株)を初め各電力会社各位に深く感謝の意を表する次第である。

参 考 文 献

- (1) 鈴木, 畑田, 吉田: 三菱電機技報, 51, No. 6, p. 372 (昭 52)
- (2) 仁井, 松沢ほか: 昭和 54 年電気学会全国大会

新形550kVガス絶縁母線

松村 晋*・杉本 修*・富永正太郎**・桑原 宏***・松田節之**

1. ま え が き

550 kV ガス絶縁開閉装置は、昭和48年に初めて関西電力(株)猪名川変電所に採用されて以来、紀の川・新生駒変電所などにおいて、既に50ユニット近くのものがか(稼)動している。昭和49年、更に、関西電力奥多々良木発電所において、長尺ガス絶縁母線について実系統における長期実用性能検証試験⁽¹⁾が1年以上にわたって行われ、良好な結果を得た。この好結果をもとに、長大なガス絶縁母線を含む550 kV全ガス絶縁開閉装置が関西電力大飯原子力発電所に設置⁽²⁾されて既に2年以上の稼動を続け、所要面積の縮小化、耐塩じん(塵)害性、保守の省力化などに優れた利点を発揮している。

これらの実績をもとに、全ガス絶縁による変電設備の更に大きな縮小化・大容量化とともに、経済性も高めて全ガス絶縁変電所の適用の拡大を図るため、関西電力と三菱電機(株)とが共同研究を行って新しいガス絶縁母線を開発した。これについて長期課電通電試験を含む各種試験を行った後、実系統における実用性能検証試験を実施し(図1.)、良好な結果を得ることができた。

このガス絶縁母線は、ガス中の金属粉などを捕そく(捉)する不純物抑制装置の設置や、容器の現地接続部の溶接継手方式化、三脚形絶縁スペーサの使用などの新技術の採用により、小形軽量化されたにもかかわらず、高い信頼性と長寿命とを実現している。

以下、新しいガス絶縁母線の構造・特長、各種試験とその結果などについて述べる。

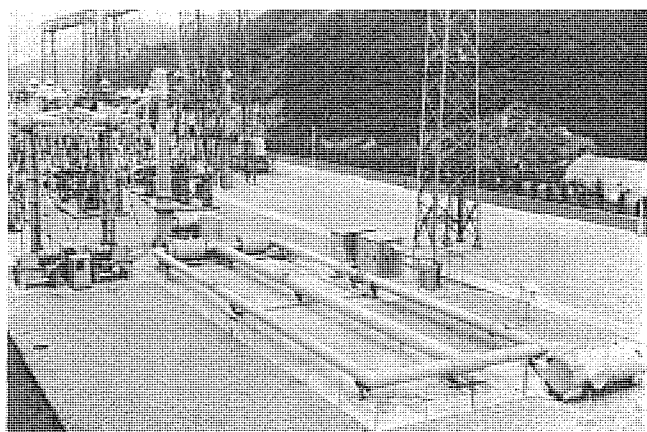


図1. 奥多々良木発電所における実系統試験

2. 新しいガス絶縁母線の概要

2.1 仕様

開発したガス絶縁母線の仕様は次のとおりである。

定格電圧 550 kV

定格電流 4,000 A, 8,000 A, 16,000 A

定格短時間電流 50 kA

絶縁階級 500号L 定格ガス圧 4 kg/cm²

ガス絶縁母線は、本質的に大電流用に適しているもので、8,000 A用は自冷方式にし、16,000 A用はガスの循環による強制冷却方式にした。

絶縁性能については、元来、平たん(坦)な電圧-時間特性を持つガス絶縁機器では避雷器による保護が適しており、避雷器の酸化亜鉛素子による特性の改善と避雷器の適正配置や、全ガス絶縁開閉装置による変電所の縮小化による過電圧の抑制効果などを考慮し、絶縁階級を500号Lにした。

また、大電流の熱的問題や、大形容器の製作上の問題などを検討した結果、相分離形母線にした。

2.2 構造及び特長

図2. に新しいガス絶縁母線の構造を示す。主な構造上の特長は次のとおりである。

(1) SF₆ガス中の金属粉などの不純物を捕捉し、これらによる耐電圧性能の低下を防止し、安定した耐電圧性能をもたらす不純物抑制装置を設ける。図3. にその構造と原理とを示すように、静電力と重力・浮力などによって不規則な運動をする不純物が、低電界部

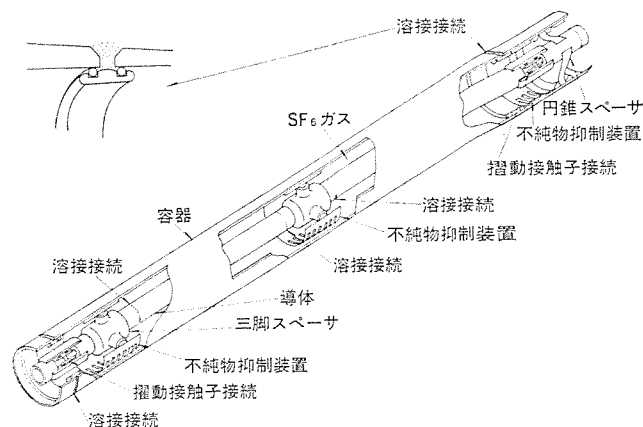


図2. 新形ガス絶縁母線の構造

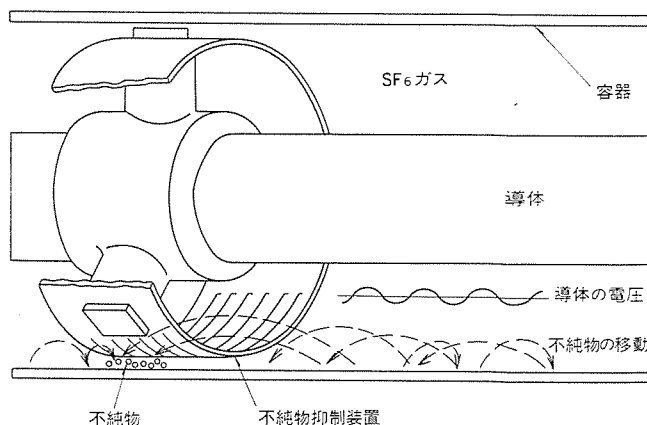


図3. 不純物抑制装置の構造

に入り込むと、そこで捕捉されるという構造である。

(2) ガス区分の必要な導体支持部分には円すい(錐)スパーサ、その他の導体支持部には三脚スパーサを用い、いずれも容器内に設置されて外気に触れない。

(3) 導体はアルミニウム製とし、導体接続に用いるしゅう(摺)動接触子は輸送ユニット間の接続だけに用い、大部分の導体接続は溶接によって行う。

(4) 容器もアルミニウム製にし、現地における接続は防塵構造を持つ裏当金を用いた溶接継手による。容器の長さは、輸送を考慮して標準長さ12mにし、この中に導体・絶縁スパーサ・不純物抑制装置などを組込んだユニットとして工場で製作し、現地で摺動接触子によって導体を接続すると同時に容器を溶接して長尺化する。

これらの構造により、下記のような優れた特長が得られる。

- (a) 単純な構造で、小形・軽量化され、外径寸法が従来品の70%以下であるにもかかわらず、優れた耐電圧性能を持っている。
- (b) 現地溶接による容器接続が能率よく行える。
- (c) 長寿命化と全密閉化とによって保守の省力化が図れる。
- (d) 直接埋設、傾斜・垂直すえ(掘)付などの種々の設置方法を採り得る。
- (e) ガス区分容積が大きく、万一の内部せん(閃)絡による圧力上昇が小さく、破裂板が不要である。

3. 基礎研究

3.1 不純物抑制装置

不純物抑制装置の有無と、スパーサの形状、不純物の種類とに関する試験を行い、不純物抑制装置を設けることにより、円錐及び三脚スパーサ共、金属片や粉などの不純物の全くない場合と等しい耐電圧性能が得られることが分かった。

SF₆ガス中の種々の不純物による絶縁性能への影響の程度は、図4のように、5~20mmの金属線で10~45%、金属粉で約20%の閃絡電圧の低下が見られるが、不純物抑制装置を設けることによってこの低下が防止される。

3.2 絶縁スパーサ

大容量母線の場合、温度上昇限度を引き上げて小形化を図ることが得策であるので、導体の接触部に近い絶縁スパーサには、接触子の温度上昇限度と等しく105°C(JEC 181など)まで使用可能な高温用材料を用いた。試験片及び実スパーサによる破壊試験などから十分な機械的強度を持つことが確認された。

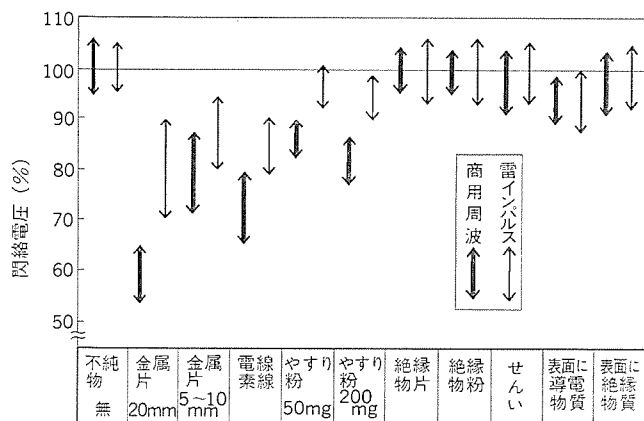


図4. 円錐スパーサ近傍に不純物混入時の閃絡電圧の変化

不純物抑制装置を設けて小形化を図っているので、スパーサに加わる電界強度は従来より高くなる。550kV用スパーサに常規使用電圧の1.3倍の電圧を加えて長期課電試験を実施し、既に1.5年以上を問題なく経過し、実使用における十分な寿命を検証している。

円錐及び三脚スパーサを使用するに当たり、更に円板スパーサを加えて比較試験を行い、絶縁性能について円錐≧三脚>円板の順にほぼ同性能が得られることが分かった。

3.3 導体の溶接

絶縁スパーサの近傍で行う導体溶接時の熱が絶縁スパーサに悪影響を与えないように、各部の温度上昇と作業法との関係を研究し、安全な溶接位置・作業法を確立した。

3.4 容器の製造・溶接法

容器は大口径長尺であるので、コイル巻きされた長尺板を螺旋状に曲げて溶接するスパイラルワインディング法も試み、長尺管を大量に生産する場合に有効であることを確認した。

容器の現地溶接した接続部について試験を行い、温度測定や溶接後の切断調査により、裏当金及びそのパッキンが損傷なく有効に働き、防塵効果が十分であることを確かめた。

4. 部品に対する試験

4.1 絶縁スパーサと不純物抑制装置

不純物抑制装置とともに、円錐・三脚形の4,000A及び8,000A(16,000A)用スパーサについて耐電圧試験を実施し、次の耐電圧値を満足することを確認した。

雷インパルス耐電圧値 1,550kV

開閉インパルス耐電圧値 1,175kV

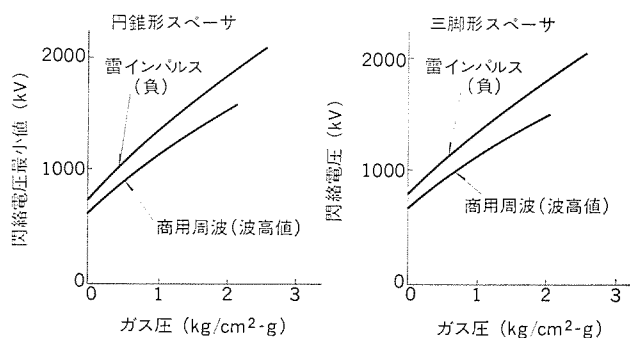


図5. 550kV、8,000(16,000)A用絶縁スパーサの耐電圧特性

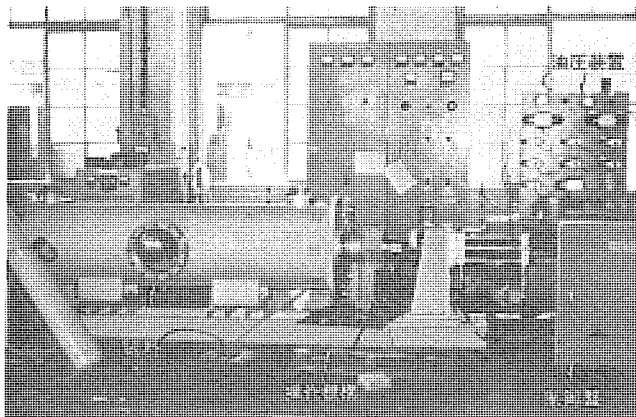


図6. 導体接続部多数回伸縮試験

商用周波耐電圧 750 kV

また、閃絡試験を各スペースごとに行い、十分な裕度のあることが分かった。その結果の例を図 5. に示す。

4. 2 導体用摺動接触子

導体接続用の摺動接触子については、定格電流を通電しながら、多数回の摺動試験を実施した。図 6. は、SF₆ ガス中の摺動接触子に 8,000 A を通電しながら、±25 mm の摺動を 3.6 万回（365 日×100 年）繰り返して行っている状況を示すもので、摺動試験後、摺動部の表面状態は良好で、接触抵抗も全く変化のないことが検証された。

なお、同時に多層の薄板を曲げた構造の可とう（撓）導体形統部について多数回繰り返し伸縮試験を行い、3.6 万回まで支障なく通電可能であることが確認された。また、63 kA までの短時間電流試験も行い、それも良好な結果を示したが、後述する実系統試験では、溶接接続以外の導体接続部には、従来のガス絶縁開閉装置で実績も多くて現地における接続が容易な摺動接触子を採用した。

5. ガス絶縁母線ユニットに対する試験

5. 1 耐電圧試験

直線部・曲がり部・分岐部などを含む母線ユニットについて、最低使用ガス圧及び大気圧ガス圧における耐電圧試験を行い、4,000 A・8,000 A（16,000 A）用とも、前記の仕様に対して良好な結果が得られた。

5. 2 温度上昇試験

4,000 A・8,000 A・16,000 A 用母線のそれぞれについて、通電による温度上昇試験を実施した。試験結果がまとめて図 7. に示されているように、規格値に対して十分な裕度で満足している。

16,000 A 用母線は、自冷方式の 8,000 A 用母線の導体の内部にガスを循環して放熱器で冷却する方式にした。8,000 A 用及び 16,000 A 用の代表的部分の温度上昇曲線を図 8. に示す。

更に、傾斜地に設置する場合も考慮し、据付角度を変えて試験を行った。図 9. に示すように、長さ約 11 m のユニットの 2 本をコ字形に配置した供試品で、上部にあるスペース部近傍の温度は、図 7. のように、傾斜角とともに変化した。5℃程度の温度差であり、十分な通電能力のあることが分かった。

このガス絶縁母線には、容器に循環電流を流す方式が採られ、外部への漏れ磁束が減少するように図られている。循環電流は、主回

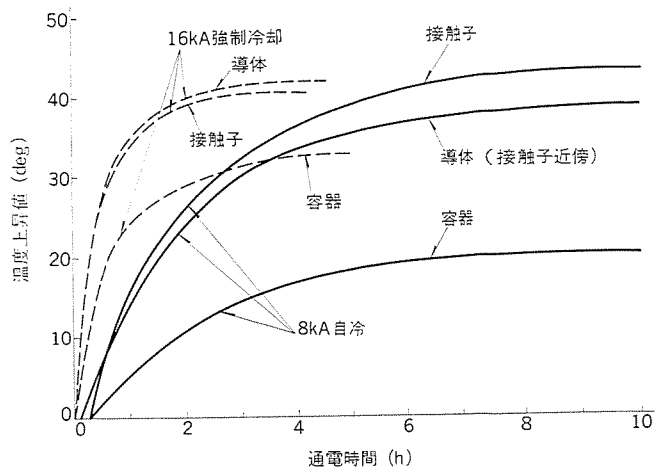


図 8. 温度上昇－時間特性



図 9. 傾斜状態における通電試験
(4,000 A 60° 傾斜の例)

路の電流の 95 % 程度流れることが試験で確認され、図 9. のようなコ字形の 8,000 A 用ユニットで容器表面における漏れ磁束は 1～4 ガウスであった。また、循環電流を流さない場合についても試験を行ったが、漏れ磁束は約 80 ガウスであり、定格電流通電時の温度上昇値は、容器・導体ともに循環電流通電時と比べて 3～5 deg 低下した。

5. 3 短時間電流試験

図 9. と同様のコ字形配置で、4,000 A 用及び 8,000 A 用に共に 50 kA-2 秒の短時間電流試験を行った。設定仕様以上の 63 kA-2 秒の試験も行ったが、通電前後の接触抵抗値に変化はなく、試験後の接触子にも異常はなく、通電時のスペース・導体中央部に生ずる応力も 1 kg/mm² 以下で、全く問題はなかった。

6. ループによる長期課電通電試験

6. 1 据付け

三菱電機伊丹製作所内に、図 1. 及び図 10. のような実系統試験の場合と同じ 4,000 A 用 64 m、8,000 A 用 24 m のガス絶縁母線を日字形ループに据付けた。端部には、新開発の酸化亜鉛式避雷器⁽⁵⁾も

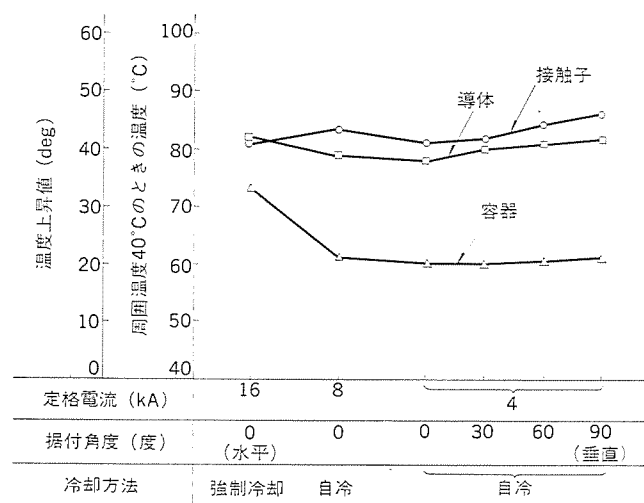


図 7. 温度上昇試験結果

同時に課電試験ができるように接続した。

製品を現地で据付ける場合と同様の溶接法によって容器を接続し、染色探傷検査などによって良好な溶接であることを確認した上、ガス圧を最高使用圧力の1.25倍(=6.9 kg/cm²)まで上昇し、10分間の耐圧力試験を行った。また、定格ガス圧でSF₆ガスリークディテクタによる漏れ試験も実施したが、異常はなかった。

据付中、及び下記の試験の完了後の分解時に主回路の抵抗測定を行ったが、8,000 A用、4,000 A用共に長期課電通電試験の前後で変化なく、良好であった。

6.2 長期課電通電試験及びヒートサイクル試験

昭和53年3月17日から5月11日まで延べ936時間の課電と、864時間の通電を行い、良好な結果を得た。この間、5日間は昼間の12時間を通電し、夜間を無通電にして大きな温度差を与えるヒートサイクル試験を行った。試験条件は次のとおりであった。

印加電圧：413 kV=常規大地電圧×1.3=550/√3×1.3

通電電流：4,000 A 及び 8,000 A、ガス圧：4 kg/cm²

この試験の間に次の測定を行った。

(1) 容器の温度上昇値の連続測定

連続課電通電試験と、ヒートサイクル試験中の容器表面温度の連続測定を行った。日射の影響は、容器の上部表面で約15 degの温度上昇であった。

(2) 容器の温度による伸縮量の連続測定

容器の温度変化による伸縮量を測定し、計算値に近い値を得た。

(3) SF₆ガス中の水分測定

吸着剤を全く用いないで組立てを行い、長期課電通電試験の前後にガス中の水分量を測定した。それぞれ70 ppm(前)、300 ppm(後)であり、絶縁性能に悪影響を及ぼす結露を生ずる恐れが全くない値であった。

(4) 母線内ガスの分析

長期課電通電試験の前後で全く異常はなかった。

(5) 気象

天候・気温・風速・日射量などの測定を行った。

6.3 不等沈下模擬試験

油圧ジャッキでガス絶縁母線の片側を50 mm押し上げ、シムをはさんで固定し、不等沈下の模擬をした。容器に発生したひずみは110×10⁻⁸以下であり、課電通電をこの状態で続けたが、何ら支障は生じなかった。

7. 実系統における実用性能検証試験

工場内における長期課電通電試験を終えたガス絶縁母線ループを関西電力奥多々良木発電所に移設し、図1のように、実系統における実用性能検証試験を実施した。試験装置全体の構成を図10.に示す。この試験では、送電線に直結されるので、工場で同時課電した酸化亜鉛式避雷器をそのまま用いて保護することにした。

試験の内容及び日程は表1.に示すとおりであり、順調に進められている。

7.1 据付け

容器の現地接続は、移動式防塵テント内で行った。溶接部には染色探傷検査を実施した上、最高使用圧力の1.25倍のSF₆ガス圧で10

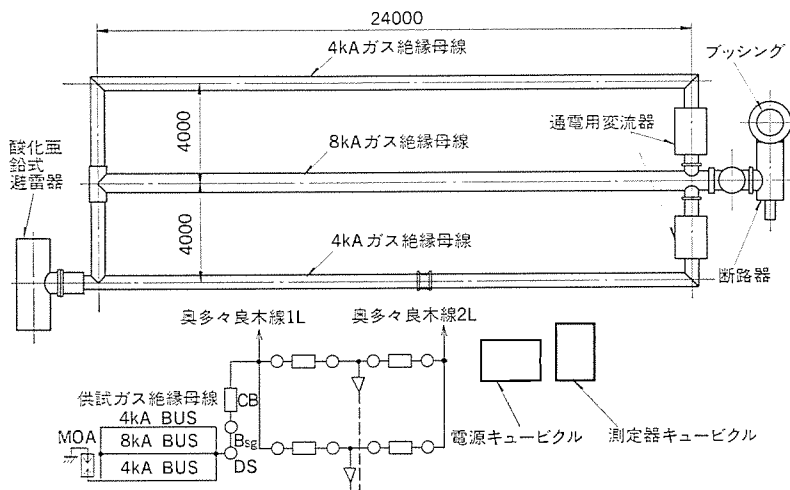


図 10. 実系統試験供試器

表 1. 実系統試験日程

日程 試験項目	53 年												54 年						
	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7				
現地据付け及び調整試験 (試験用設備も含む)	<div></div>																		
長期課電通電試験	<div></div>																		
ヒートサイクル試験	<div></div> <div></div>																		
水分測定及びガス分析	<div></div>	<div></div>	<div></div>		<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>		<div></div>	<div></div>		<div></div>				
気象測定	<div></div>																		

分間の耐圧力試験を行い、同時に石けん水による漏気試験を実施した。その後、定格ガス圧で容器接続部についてリークディテクタを用いて漏れ検査を行い、漏れは検出されなかった。

組立途中、直流電源によって主回路の抵抗を測定し、8,000 A部の両端間で65 μΩ、4,000 A部の片側両端間で190 μΩで異常はなかった。

据付完了後、試験用変圧器を用いて電圧を段階的に上昇し、不純物抑制装置へ十分に集塵させるとともに、耐電圧試験を実施した。

7.2 長期課電通電試験及びヒートサイクル試験

実系統から電圧を印加し、4,000 A 及び 8,000 A 母線それぞれに定格電流を、変圧器を逆励磁して通電し、連続課電通電試験を行っている。

また、実系統から課電を続けながら、昼間のみ12時間通電するヒートサイクル試験を夏・冬の各1ヵ月間実施したが、何ら問題はなかった。

これらの試験中に次の測定を行った。

(1) 容器の温度上昇値の連続測定

測定例を図11.に示す。容器の上面温度は、風速3~5 m/sのときでも15 deg程度の日照の影響が見られた。風速の影響は、5 m/s程

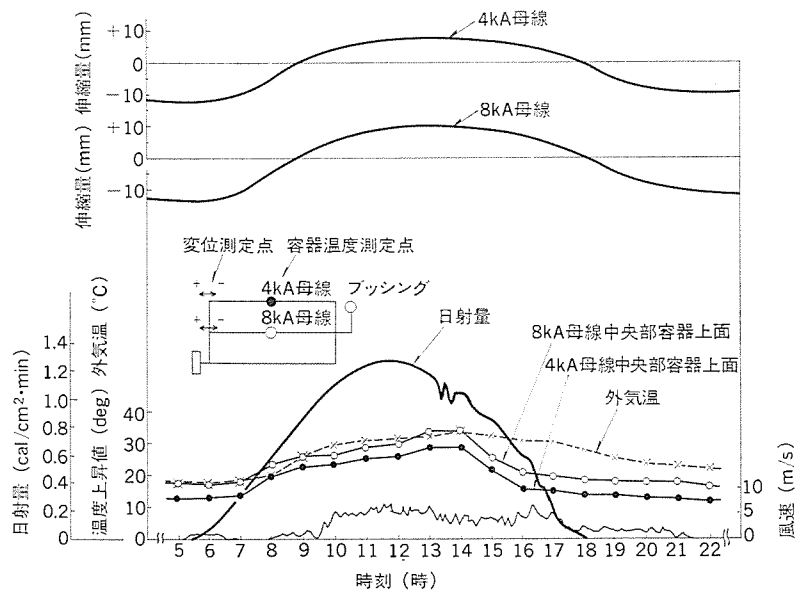


図 11. 長期課電通電試験中の温度上昇値・伸縮量・日射量・風速の変化 (昭和 53 年 8 月 26 日測定)

中の水分測定値は、夏期に 300 ppm であったが、気温が低下するとともに内部部品への水分吸着能が向上し、冬期には約 200 ppm になり、昼夜の温度差でも変動が見られた。これらの値は、露点 0°C 及び -10°C の場合の水分量 1,200 ppm 及び 550 ppm と比べて十分に低い値で問題はない。

(4) 母線内のガス分析

SF₆ 以外の気体の混入、加水分解性ふっ化物量、酸価及びガス中油分濃度共に変化はない。

(5) 気象

天候・気温・風速・日射量などの測定を行っている。

8. む す び

不純物抑制装置付きの新しい 550 kV ガス絶縁母線を開発し、各種試験の後、実系統で長期課電通電による検証を含む実用性能試験を実施し、良好な結果が得られた。

このガス絶縁母線は、小形・軽量・単純化された

にもかかわらず、高い信頼性を持ち、長寿命とともに経済的にも優れている。開閉装置だけでなく、送変電設備全体のガス絶縁化に広く用いられ、縮小化、省力化、機器配置の合理化、無公害化、環境調和などで多方面に大きく貢献するものと考えられる。

また、この母線に用いられた技術は、ガス絶縁機器一般の絶縁・熱・機械設計及び製造上に広く応用可能である。

同時に長期課電試験を実施した 500 kV 用の 78 μ F の酸化亜鉛式避雷器についても良好な結果が得られ、今後の発展が期待される。

最後に、この研究についてご指導・ご協力をいただいた各位に深く感謝の意を表して結びとしたい。

参 考 文 献

- (1) 松村, 富永ほか: 三菱電機技報, 51, No. 6, p. 384 (昭 52)
- (2) 阿澄, 松田ほか: 三菱電機技報, 51, No. 6, p. 377 (昭 52)
- (3) 松村, 富永ほか: 電気学会関西支部, 昭 53, G 3-57
- (4) 松村, 富永ほか: 電気学会全国大会, 昭 54, 1,026
- (5) 富永, 桑原ほか: 三菱電機技報, 53, No. 2, p. 172 (昭 54)

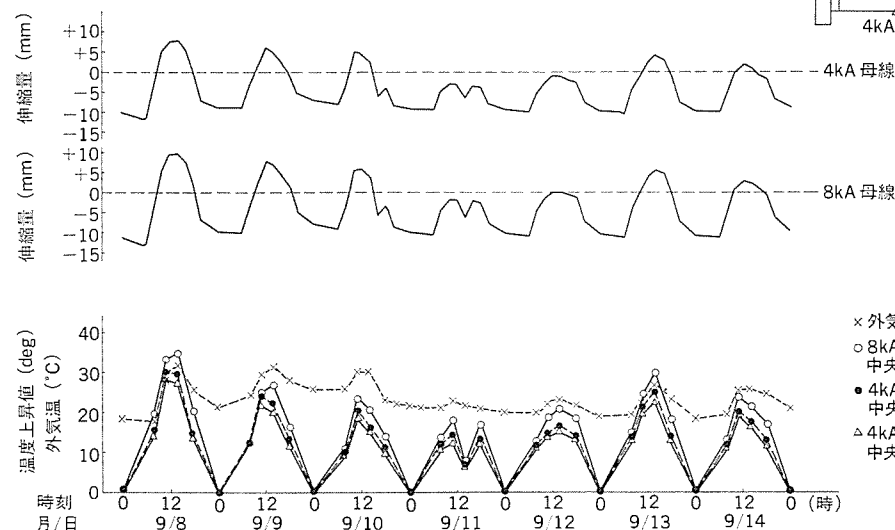


図 12. ヒートサイクル試験中の温度上昇値・伸縮量の変化

度で容器の温度が 3~5 deg 低下した。これらを考慮しても、温度上昇値は許容範囲に十分に入っている。

(2) 容器の温度による伸縮量の連続測定

図 12. に測定側の 1 例を示す。容器の基礎へ取付けられる部分に設けられた滑り構造が有効に働き、良好な通電状態が維持されている。

(3) SF₆ ガス中の水分測定

容器を溶接接続した部分には、水分吸着剤を使用していない。ガス

可変速定位停止クラッチモートル《リミ・ストップ》V

小林 孝生*・加藤 勝久*・中村 隆*

1. ま え が き

近年、我が国の縫製産業は、韓国・台湾など中進国からの追い上げと、ファッション化や多様化する衣料需要に対応するため、縫製作業の自動化・省力化、品質の均一化・高級化が急ピッチで進められている。その中で、定位置停止装置付クラッチモートル（ニードルポジション）は、工業用ミシンの自動化に必ず（須）の駆動装置であり、その普及はめざましいものがある。

当社においても、昭和43年に国内で初めてニードルポジションを開発し、《リミ・ストップ》という商品名で発売し、以来、電磁式《リミ・ストップ》、自動返し縫い装置の開発など、縫製の自動化に取り組んできた。

このほど、自動止め縫い装置や、自動プログラム縫い装置付きなど、より高度の自動化ミシンに適合した従来の2モータ方式と全く異なる新方式の可変速ニードルポジション《リミ・ストップ》Vを開発した。

図1.にその外観を示すが、《リミ・ストップ》Vは極めて応答性のよい電磁クラッチ・ブレーキを制御することにより、ミシン針の定位置停止やミシンの可変速運転などを自動的に行うもので、従来の2モータ方式と比べ、作業性が良いことや、ミシンの自動化により適合しているなどの特長がある。

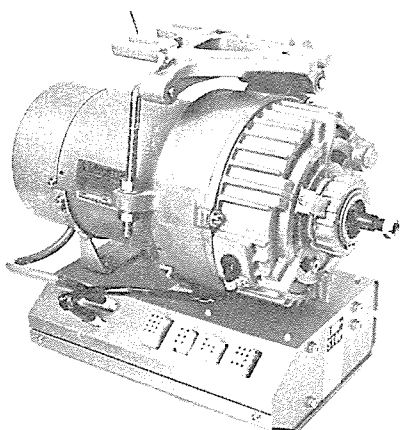


図1. 《リミ・ストップ》Vの外観

2. 構成と原理

図2.に《リミ・ストップ》Vの概略構成を示すが、主な構成は、

- (1) 電磁クラッチ・ブレーキを内蔵するモートル。
 - (2) ミシン軸に直結し、ミシンの回転速度とミシン針の上・下の所定の停止位置を検出する検出装置。
 - (3) 作業者のペダル操作に基づいて上記クラッチ・ブレーキ及びミシンの付帯装置を制御する制御箱。
- となる。

図3.は運転原理を示すが、モートルは定速回転のままでクラッチ・ブレーキの励磁電流をミシンの回転速度をフィードバックして制御するこ

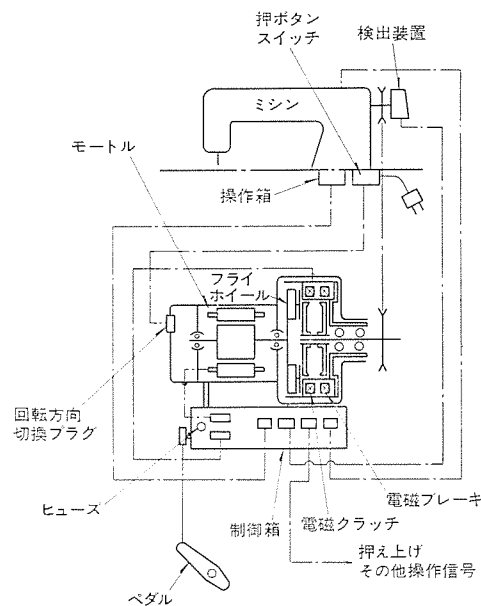


図2. 《リミ・ストップ》Vの構成

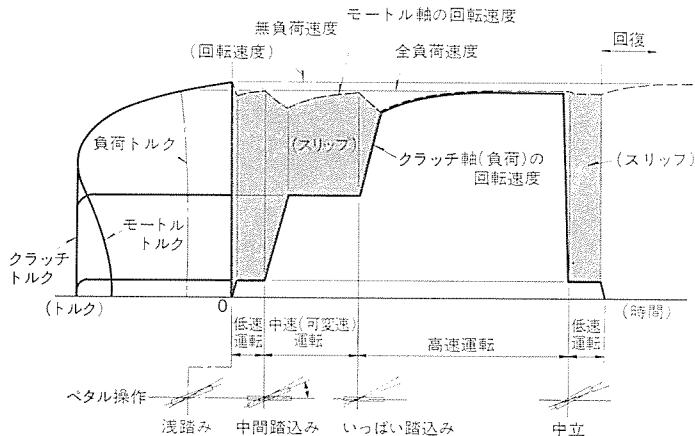


図3. 《リミ・ストップ》Vの運転原理

とにより、クラッチをスリップさせてペダルの踏み込み量に応じた任意速度の無段変速を行う。そして停止時には150～200 rpmの低速度で位置決め駆動を行ってミシン針を定位置に停止する。

3. 構造

3.1 モートル部

図4.に《リミ・ストップ》Vモートルのクラッチ部を分解した状態を示す。駆動源のモートルは一般のクラッチモートルと同様に、軸端にフライホイールを設け、クラッチ連結時にこの慣性エネルギーを放出しミシンを急加速する。

電磁クラッチ・ブレーキは、クラッチコイルとブレーキコイルを有するヨークと、この内周にクラッチ軸のスプラインハブで軸方向にしゅう動自在に保持されたおののにライニングを張ったクラッチ用とブレーキ用の2枚

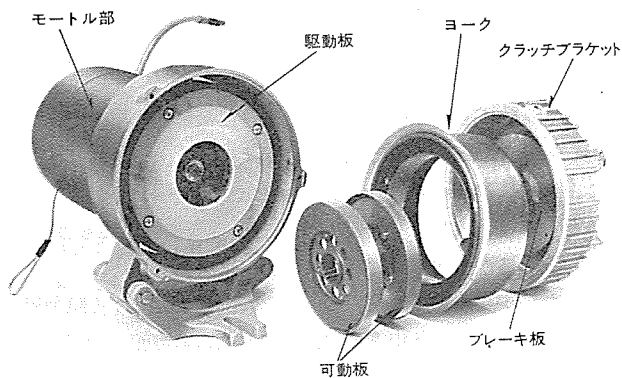


図 4. 《リミ・ストップ》Vモートルの構造（クラッチ 部分解状態）

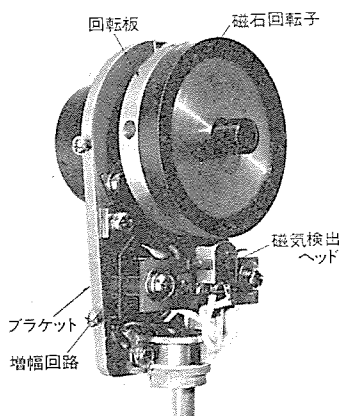


図 5. 検出装置（カバー 取外し状態）

の可動板と、フライホイールに取付けられ一体に回転する駆動板と、クラッチブラケットに固定されたブレーキ板とで構成する。

なお、クラッチ及びブレーキの可動板はクラッチブラケットを取外すことにより容易に取外しができ、クラッチのギャップ調整はクラッチブラケットに設けた調整ナットを回してブレーキ板を軸方向に移動することにより簡単に行える。

3.2 検出装置

図 5. は検出装置の構造を示す。

ミシン針の位置検出は、ミシン上軸に直結される回転板に磁石片を埋め込み、この磁石片がブラケットに固定されたホール IC に接近するとホール IC が作動してミシン針の上・下の定位置を検出する。

ミシンの回転速度検出は、回転板に取付けられた磁石回転子とブラケットに固定された磁気検出ヘッドとその増幅回路で構成し、回転速度に比例した周波数のパルスが発生させて検出する。なお、磁石回転子は 62 極の多極磁石を使用して、速度制御の精度を高めている。

3.3 制御箱

図 6. は制御箱のふたを開いた状態を示すが、これはモートルに一体取付けする。

制御箱には足踏みペダルによって操作される操作レバーがあり、ホール IC を使用した近接スイッチによりペダルの踏み込み操作と踏返し操作を検出する。そしてまた別個のホール IC によってレバーの旋回角

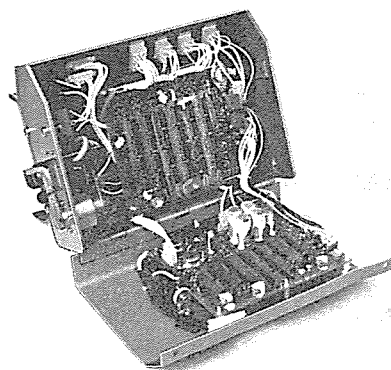


図 6. 制御箱（ふた開放状態）

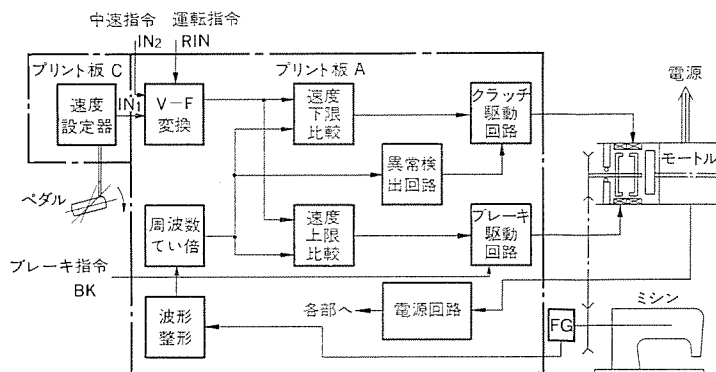


図 7. 制御回路ブロック図（速度制御部分）

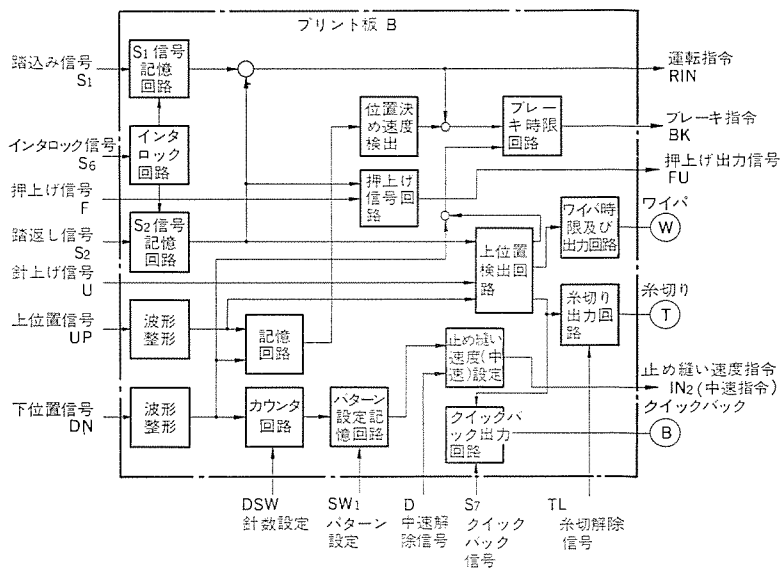


図 8. 制御回路ブロック図（ミシン制御部分）

度に比例した電圧出力を発生させ、ペダル踏み込み量に応じて任意の回転速度を無段階に設定する速度設定器としての機能を持っている。

制御回路は速度制御回路部とミシン制御回路部の 2 枚のプリント配線基板で構成している。

図 7. に速度制御回路部のブロック図を示す。速度制御回路部には電源回路とクラッチ・ブレーキを制御する速度制御回路がある。

図 8. にミシン制御回路部のブロック図を示す。この制御回路部には定位置停止制御回路と自動糸切り、自動糸払い、自動返し縫いなどのミシンの自動装置の制御回路がある。

これらの制御回路はすべて IC とトランジスタなどで構成した無接点回路となっており、特に IC はノイズに強い C-MOS IC を採用している。また各ユニット間の配線はすべてコネクタによるプラグイン方式としてメンテナンスを容易にしている。

4. 電磁クラッチ・ブレーキの特性

クラッチのスリップによって速度制御を行わせる方法は従来からもあるが、150～5,000 rpm もの広い速度範囲で、特に 150 rpm とした超低速を安定に得ることは極めて困難なことであり、通常の電磁クラッチ・ブレーキ装置では制御応答性や耐久性などの問題から実用化は不可能に近かった。

本機は従来の通常のクラッチ・ブレーキ装置にはない独特の工夫と改良を行ってこれらの問題を克服し実用化している。

以下にその一端を紹介する。

4.1 制御応答性

ミシン針の停止精度は回転角度で 5～10 度の高精度を要求される。そのため停止時の位置決めは 150～200 rpm の低速度運転を必要とし、更に自動糸切り装置付ミシンでは針下位置から針上位置への半回転の位置決め駆動によって糸切りメスの作動が行われるため急激な負荷トルクの変動がある。

こうした低速度駆動をクラッチのスリップによって安定に駆動するためには制御回路もさることながら、クラッチ・ブレーキの制御応答性を電氣的にも機械的にも高めることが必要である。

本機は効果的な磁気回路設計を行い、励磁コイルの立上がり時定数を 40 ms 以下と、伝達トルク能力に比べ非常に少ない値に押さえられている。

図 9. にクラッチ・ブレーキの構造の詳細を示す。おのおのの可動板にはいずれも通常のクラッチ・ブレーキ装置のような復帰スプリングがない構造としているので、機械的な動作が早く行われる。そして例えばクラッチ側コイルを励磁すると磁束 ϕ_1 によってクラッチ側可動板が駆動板に吸着されクラッチ連結が行われると同時に、その漏れ磁束によってブレーキ側可動板も同一方向に吸引されブレーキが離脱する。

また、更に本機はクラッチ側磁束 ϕ_1 とブレーキ側磁束 ϕ_2 が互いに逆方向に流れるように設計し、互いの漏れ磁束を利用してクラッチとブレーキの切換え速度を一層高めている。すなわち例えばクラッチからブレーキへの切換え時にはクラッチ側磁路に残留した磁束 ϕ_1 は逆方向に流れるブレーキ側磁束 ϕ_2 のクラッチ側磁路に漏えいする漏れ磁束に

よって打ち消され消磁が促進される。これによってブレーキ動作時のだ(惰)行時間約 30 ms が 18 ms に減少した。

4.2 摩擦熱の冷却方式

5,000 rpm の最高速に対し 150 rpm の低速運転を行う場合は約 400 W 程度のスリップ仕事率となり、これがそのままライニング摩擦面に発熱し、十分な冷却がなされないとライニングが焼損する。本機は効果的な通風冷却方式によって低速度の連続運転に対してもライニングが十分に耐える温度上昇に押さええることができた。

図 9. にその通風冷却構造を示す。常時高速で回転する駆動板とフライホイール間に設けた羽根と風路により熱源の摩擦面を効率よく冷却している。

4.3 ライニングの摩耗防止策

この方式は、最高速以外の変速運転はすべてクラッチのスリップによって行われるため、従来の加速時のみスリップする 2 モータ方式に比べればはるかに過酷なスリップ運転が行われる。その上電磁石としての吸引力特性上、ライニングの摩耗代はごくわずかの量しか取れない。そのため通常の摩擦方式では極めて短期間にライニングが摩耗し、ひん繁に交換を行わなければならない実用に即しない。

本機は耐摩耗性に優れた特殊ライニング材を開発し、更にライニング表面に特殊な潤滑剤を塗布することによって従来の通常のものに比べ約 1/6～1/8 以下の摩耗率に低下することができ、実用が可能になった。更に、この特殊潤滑剤を定期的に再塗布することにより、かなりの長期間使用が可能である。

図 10. はこれらの摩耗特性の比較を示す。この特殊潤滑剤はスリップを滑らかにし低速度運転の安定化にも寄与しており、図 11. にその効果を示している。

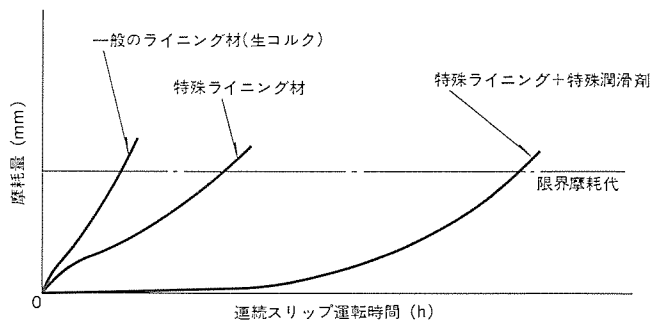


図 10. クラッチライニングの摩耗特性

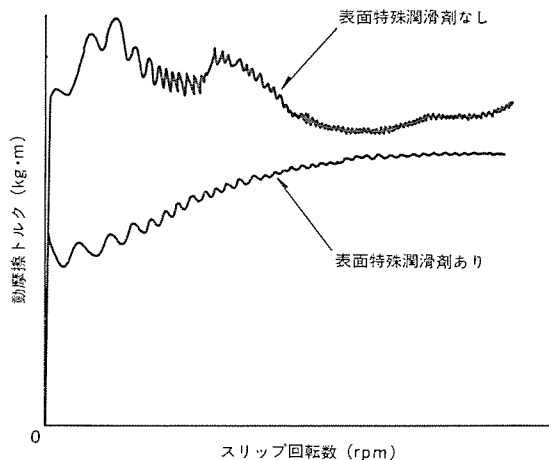


図 11. クラッチのスリップ特性

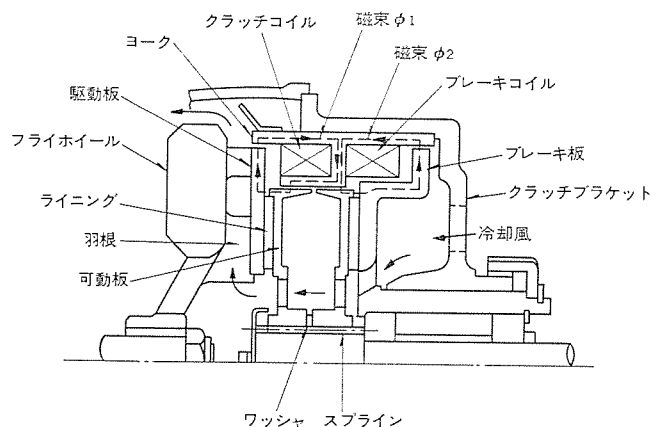


図 9. クラッチ・ブレーキ部の詳細

5. 速度制御と運転特性

本機は速度制御はデジタルサーボ方式を採用し、更に速度検出に周波数発電機 (FG) を採用して信頼性と動作の安定性の向上を図っている。

図 12. に駆動時の各部の動作波形を示す。速度設定器からの出力電圧を V/F (電圧・周波数) 変換回路によって変換された速度指令周波数信号 ($F_R = \frac{1}{2T_R}$) と速度検出器からのフィードバック周波数信号 ($F_F = \frac{1}{2T_F}$) と比較し制御を行う。ミシン速度が設定速度より低い場合はクラッチが全導通励磁され加速し、設定速度に近づくと導通時間 (T_{ON}) の幅を加減しながらクラッチを高速に ON・OFF 励磁し伝達トルクを負荷トルクにバランスさせて一定速度を保つ。もしミシン速度が設定を超えると直ちにクラッチを OFF してブレーキを超過速度の度合に応じて ON・OFF 励磁し設定速度にもどす。

この方式は復調器による直流変換をする必要がないためローパスフィルタの位相まわりの問題や整流回路の時定数の問題がなく、更にアンプ部の周波数特性の問題もなく、アナログサーボ方式に比較して位相補償に対する検討を、主にクラッチ・ブレーキの駆動系に限定できる。

この速度制御系の特性について図 13. の伝達関数のブロック図で検討を行った。図中 $G_1(s)$ はアンプ部の伝達関数で速度指令と FG との周波数差と位相差を比較してパルス幅変調 (PWM: 変調形 ON・OFF 制御) の出力を得てクラッチを駆動している。

したがって、アンプ部の位相特性はサンプリングによるむだ時間だけであり、サンプリング周波数を駆動系の時定数に比べ十分高くすることにより位相特性を無視することができる。

そのためアンプ部の伝達関数は次のように表すことができる。

$$G_1(s) = K_1 = \frac{I_L}{f} \quad (\text{A/Hz}) \quad \dots\dots\dots (1)$$

ただし、 K_1 : 増幅率 (A/Hz)

I_L : クラッチ励磁電流 (A)

f : サンプリング周波数 (Hz)

$G_2(s)$ はクラッチを含む機械系の伝達関数で、クラッチの励磁電圧と回転速度の関係を求めると次のようになる。

(1) クラッチコイル部

$$e = L_L \frac{di}{dt} + R_L i_L \quad \dots\dots\dots (2)$$

ただし、 e : クラッチの励磁電圧 (V)

L_L : " のインダクタンス (H)

R_L : " の抵抗 (Ω)

i_L : " の電流 (A)

(2) 機械系

$$\tau = J \frac{d^2\theta}{dt^2} + B \frac{d\theta}{dt} + \tau_0 \quad \dots\dots\dots (3)$$

ただし、 τ : 駆動トルク ($\text{g}\cdot\text{m}$)

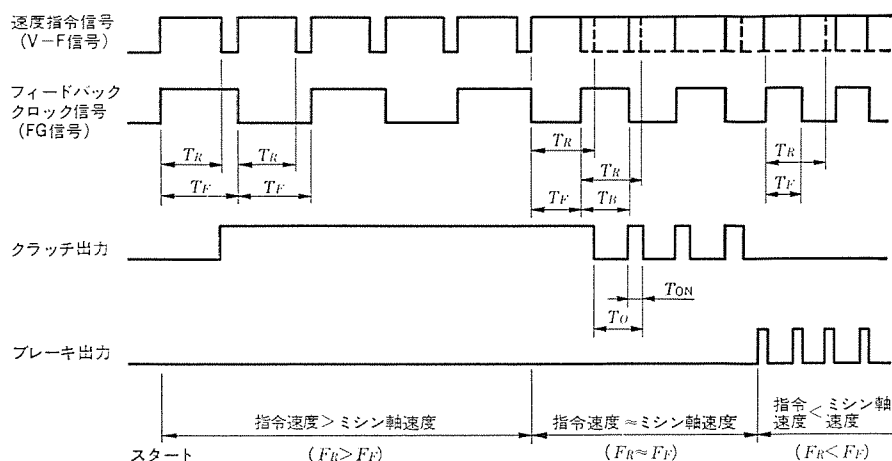


図 12. クラッチ・ブレーキの駆動回路の動作波形

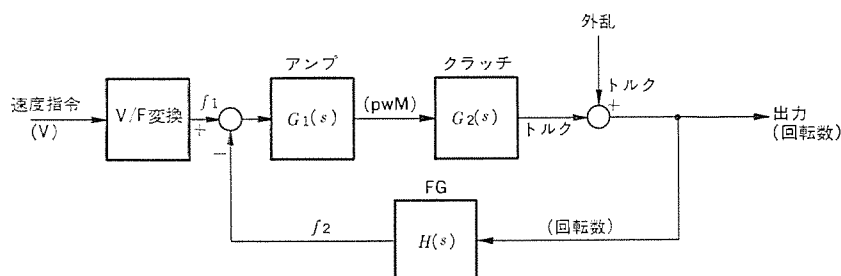


図 13. 速度制御の信号伝達系

τ_0 : 負荷トルク ($\text{g}\cdot\text{m}$)

J : 機械系の慣性モーメント ($\text{g}\cdot\text{m}\cdot\text{s}^2$)

B : " の摩擦係数 ($\text{g}\cdot\text{m}\cdot\text{s}/\text{rad}$)

θ : クラッチ軸の位置 (rad)

(3) クラッチ部のトルク定数

$$\tau = K_T i_L \quad \dots\dots\dots (4)$$

ただし、 K_T : トルク定数 (rad/s/A)

以上をラプラス変換して伝達関数を求めると

$$G_2(s) = \frac{\theta(s)}{E(s)} = \frac{K_T}{ZJS^2 + ZBS + 1} \quad \dots\dots\dots (5)$$

ただし、 $Z = R_L + L_LS$

$H(s)$ は後向き伝達関数で回転数を周波数に変換するので、

$$H(s) = \frac{P}{2\pi} \quad (\text{Hz/rad/s})$$

ただし、 P : 周波数発電機 (FG) の極数

以上の関係式におおのの数値を代入して求めると、

開ループゲイン $[|G_{OS}|_{s=0} = K_1 \cdot K_T \cdot H]$ は約 22.73 倍 (27 dB) となり低速駆動時 (180 rpm) の速度変動率 $\left[\varepsilon = \frac{1}{G_0} \times 100\right]$ は 4.4%, 実測値 2.7% とほぼ一致する結果が得られている。

更にその他の特性については次のような値を得ている。

行過ぎ量: 25% (実測 20~30%)

立上がり時間: 0.12 秒 (実測 0.1 秒)

図 14. は運転特性の実測波形を示す。

6. 特長

(1) ペダル操作はスイッチの作動を行うだけで、クラッチは電磁力によって動作するので軽い踏込み力でよくひん繁なペダル操作による

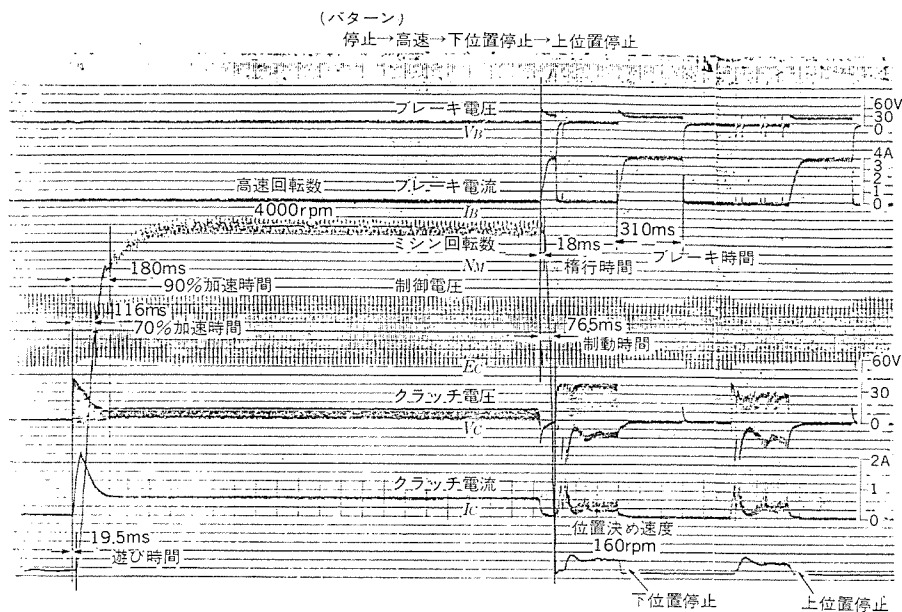


図 14. 運転特性 (実測 オシロ 波形)

表 1. 《リミ・ストップ》V の仕様

電 源		3 相	200 V, 220 V, 220/380 V, 400~440 V		50/60 Hz 50 or 60 Hz
		単 相	100 V, 110~120 V, 220~240 V, 110/220 V		
制 御 電 源			DC 27 V, DC 12 V (電源装置内蔵)		
出 力 ・ 極 数			250 W, 400 W, 550 W, 2 P, 4 P		
変 速 範 囲			150~5,000 rpm (モートル部: 120~定格回転数)		
加 速 ・ 減 速 時 間			50 ms 以下 (無負荷, 0→定格回転数)		
停 止 精 度			針下位置 (第 1 位置) : 20 度以下 針上位置 (第 2 位置) : 10 度以下		
制 御 仕 様			標 準 形	自動糸切りミシン用	自 動 運 転 用
機 能	上・下定位置停止		○	○	○
	優先停止回路付き		○	○	
	定位置停止検知回路付き		○		○
	自動糸切り駆動			○	○
	自動糸払い駆動			○	○
	手動スイッチ返し縫い駆動			○	○
	自動止め縫い制御			○	○
	自動布押え操作回路 (信号)		○	○	○
外部電圧入力速度制御 (レバー操作なし)				○	
非常緊急停止回路				○	
用 途			各種工業ミシン	自動糸切りミシン 半自動ミシン	自動ミシン 各種一般機械

長時間の作業にも疲れない。またペダルの踏み込みストロークはライニング摩耗量に関係なく常に最適ストロークを保っている。

(2) 応答性のよいクラッチ・ブレーキと速度制御回路によって、150~5,000 rpm の広範囲の速度を高応答でかつ安定な可変速運転ができる。

(3) モートルは常時回転し、電磁クラッチの励磁によってミシンを急加速するため、始動時の電流が少なく高ひん度の運転停止にも電力の消費が少なくてすむ。

(4) ノイズに強い C-MOS IC を採用し、更にモートル固定子を利用

してクラッチ・ブレーキと制御回路の低電圧電源を得ているため、電源トランスが不要で制御箱はライン電源から隔離されている。そのため外部ノイズの影響を受けにくくノイズに強い回路となっている。

2,000 V 10 μ s の電源ノイズやアーク溶接機の発生ノイズにも誤動作しないことを確認している。

(5) 外部からの電気信号を受けてペダル操作に優先して自動的に停止する優先停止回路や、定位置に停止したことを知らせる定位置停止信号出力を標準機種に装備したので、プログラム縫いなど各種自動化の応用を容易に行うことができる。

(6) 制御回路と各検出装置はすべて非接触方式を採用し、高い信頼性と長寿命を有している。

(7) クラッチ・ブレーキ部分の分解が簡単で、可動板 (ライニング) の保守が容易に行える。またクラッチギャップの調整は外部から簡単に、保守・点検が容易である。

7. 仕様

《リミ・ストップ》V の仕様を表 1. に示す。制御仕様は標準形の他に、針数制御により 9 種類のパターンの止め縫いを行える自動止め縫い制御を持った自動糸切りミシン用と、ペダル操作でなくすべて電気信号で操作する自動運転用を特殊仕様として準備している。この外に各種自動機やミシン以外の一般機械用途に対応して、極数変換モートルや特定の制御仕様の製作も可能である。

8. む す び

以上、工業ミシン用ニードルポジション《リミ・ストップ》V についてその概要を紹介した。

労働集約形の典型といえる縫製産業は、円高時代の国際競争下において縫製作業の

合理化と品質の高級均一化はますます重要になってきている。

縫製作業を省力化する自動化ミシンの駆動には、クラッチ・ブレーキの制御によって可変速運転を行う低慣性・少入力な本機が、十分にその効果を発揮するものと確信する。

また、本機はミシン以外の一般機械の操作用モートルとして、他にない優れた特長を有しているので今後更にクラッチの摩耗耐久性などの向上を図って、機能用途を拡大したい。

最後に本機の開発・製品化にあたって、多大の協力をいただいたユーザ、販売店の関係者各位に謝意を表する。

新しい灯油気化式燃焼機—Air Jet Burner—

野間口 有*・松井 安次*・根岸 宣匡**

1. ま え が き

当社では、旧来のポット式などの拡散燃焼方式に代えて、灯油の予混合青炎燃焼をいち早く可能にし⁽¹⁾、《クリーンヒーター》の名のもとに気化燃焼方式を世に送り出してきた。予混合燃焼機はすすを完全に追放し、一酸化炭素(CO)などの有害排出物が極めて少ないなど、従来の液体燃料燃焼機にない特長を有している。気化・予混合燃焼機の有すべき機能としては、(1)瞬時点火・消火が可能であること、(2)気化の残さ(渣)がほとんどないこと、(3)燃料を安定に供給できること等が必要であり、更にガス並みの使い勝手を得るためには、(4)簡単な操作で入力調節ができること、(5)気化室の予熱時間が短いことが要請される。(1)～(3)に対しては、燃料を微粒化して供給し、瞬時に気化を行うことが有効であり、従来(a) 高压ノズル噴霧、(b)遠心力、(c)超音波の利用を試みてきた。しかし(a)は入力の大きな範囲でのみ利用可能であり、入力の調節も困難である。(c)は霧化量が時間的に変動したり、温度依存性が大きく、まだ現実的でない。またこれらの方法では、燃料と燃焼用空気が独立して供給されるため、自由な入力調節が困難であった。

そこで今回は空気供給ノズルの中央部に燃料ノズルを配置して、高速空気流で供給燃料のおおまかな微粒化を行い、かつ空気ノズルに加わる静圧を燃料の定油面器に加圧して、燃料供給を行う方式を検討した。この方式では、(1)燃料を微粒化して供給でき、しかも(2)空気噴流により気化燃料の濃度境界層が極めて薄くなるため(掃気効果)、高速気化・混合が可能となる。したがって気化室がコンパクトに構成され、瞬時点火・消火が実現される。また(3)風量に対応して燃料量も自動的に変わるため(自律燃焼)、入力の調節が容易に行え、今までにない特長を持った燃焼機を構成することができた。この報告では、このAir Jet Burner (以下AJBと略す)の構成・特長、及び製品への展開について述べる。

2. AJBの基礎特性

2.1 微粒化特性

瞬時でしかも残渣の少ない気化を実現するには、良好な微粒化特性(粒径の小さいこと、分散範囲が大きいこと等)を得ることが第1の必要条件である。ここでは、高速空気流のせん断力による灯油の微粒化の様相と粒径におよぼす燃料量、空気流速等の影響について述べる。

微粒化観測装置、及び2流体ノズル(空気噴流中に燃料ノズルを設置)の拡大図を図1.に示す。ビームエキスパンダで拡大されたHe-Neレーザー光は、円筒レンズでスリット状に絞られ、ノズルの吹出し部に焦点を合わせる。このスリットの視野内を全粒子が通過するように設定し、光電子増倍管(PM)でその散乱光を検出した。散乱光のパルス信号はシン

クロスコップで観測し、同時にその増幅信号を周波数カウンタ、及び波高値分析計(PHA)で計測した。

散乱光強度は粒径 a の2乗に比例するため、PHAより得られる平均値は粒径の面積平均に対応し、カウンタの計数結果より計算される平均径 $\bar{a}=(6V/\pi f)^{1/3}$ 、 V :単位時間当たりの灯油流量、 f :計数周波数)は体積平均に相当する。測定結果の1例を図2.(a)、(b)に示す。燃料ノズルは内径0.5mm(外径0.8mm)の注射針を用い、空気流量は60, 50, 40 l/min(静圧 P はそれぞれ145, 100, 65 mmH₂Oに対応)、灯油量は10 cc/minとした。図2.(a)より、静圧が低い場合には、散乱光のパルス高が大きくなり、かつ粒子個数も少なくなっていくことがよく分かる。波高値分析でも、流速が早いと小粒径側にピークをもつ分布となり、一定粒子数を計数するサンプリング時間も短い。逆に空気量を減じると、粒径が大きいほうにずれ、分布の半値幅も広くなる。粒子個数も少ないため、サンプリング時間は長くなる。

図2.(a)(特に(3)で顕著)のように、微粒化現象は時間的に均一に起こるのではなく、一定の周期を持って間欠的に行われている。この現象は噴霧の直接写真でもみられ、灯油微粒子がストロボ写真のごとく、一定の間隔をおいて飛散していくのがみられた。

内径0.5mmのノズルを用いた場合の体積平均粒径と空気ノズル圧損の関係を図3.に示す。灯油流量に対する依存性はわずかであり、静圧の上昇につれ粒径は減少する(100 mmH₂O以上では飽和)という傾向がある。燃料ノズル径が小さい程パルス波高は小さく、均一である。また、ノズル先端の形状も重要で、図1.に示したように、斜めにカットしたほうが小さい粒径が得られた。

気化式燃焼機では、灯油粒子を直接燃焼させるものではないので粒径は極端に小さくする必要はなく、瞬時性のある気化が脈動なく行える程度であれば十分である。燃焼試験の結果、その程度の微粒化に必要な最低空気静圧はほぼ20 mmH₂O弱であり、ノズル径や灯

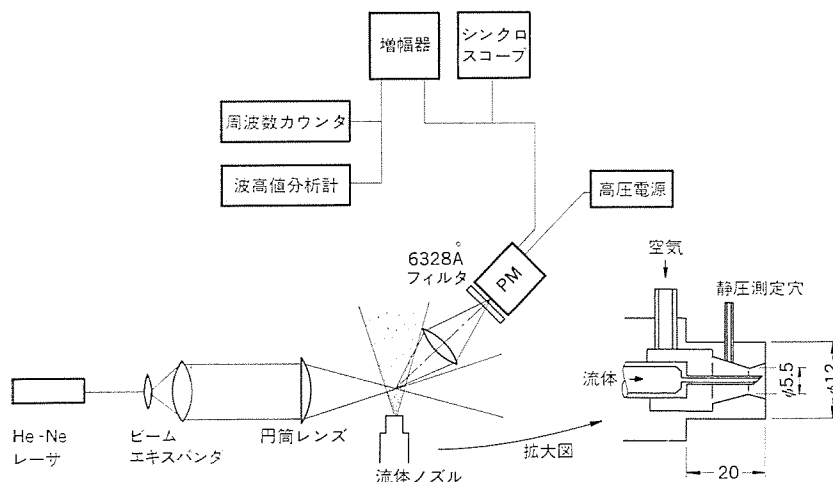
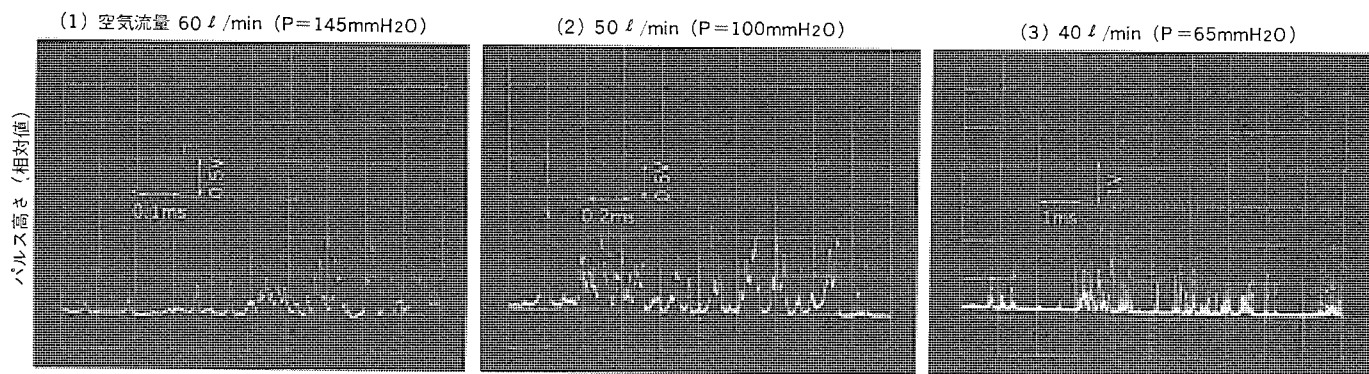
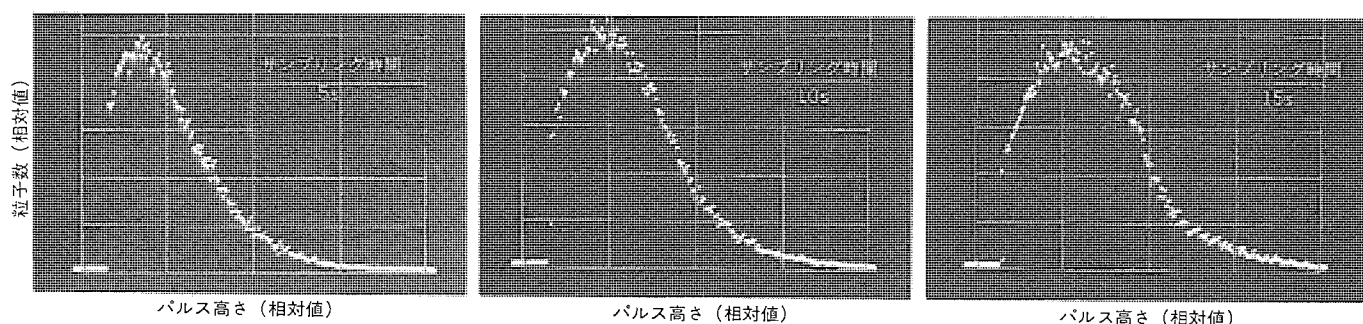


図1. 実験装置



(a) レーザ光散乱によるパルス信号



(b) PHAによるパルス高さ分布の測定

図 2. レーザ散乱による観測例

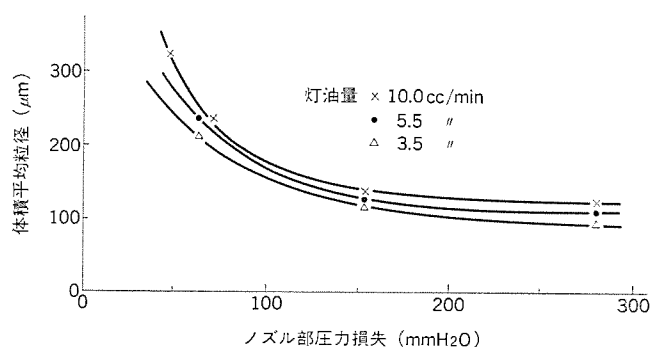


図 3. 体積平均粒径と空気ノズル部圧力損失の関係

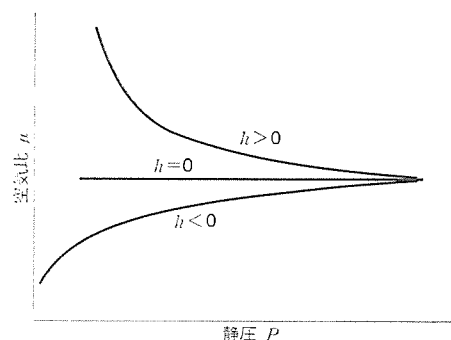


図 4. 空気比特性

油量 (2~10 cc/min の範囲) にもあまり依存しないことが分かった。この程度の静圧は通常の送風機で得ることができるので、上記の 2 流体ノズルが家庭用燃焼機に十分適用可能であるといえる。

2.2 自律燃焼特性

予混合燃焼機では、燃焼形態 (火炎の安定性、形状など) が 1 次空気比 μ で決定される⁽²⁾。すなわち、 $\mu < 0.7$ では、すす粒子が生成され黄炎になり、 $\mu > 1.0$ の領域では火炎が不安定になり、リフトしやすくなる。入力調節を行うにあたっては、できるだけ $\mu = 0.7 \sim 1.0$ の範囲にあることが望ましい。AJBにおいては、前に述べたように空気静圧を定油面器に加圧する方法を考え、燃料と空気とは一定の関連をもって変化するようにした。

空気、燃料共にその流路中に設けられたオリフィス部によって流量が規定されるように構成した場合、空気比 μ は次式のように表現できる。

$$\mu = Q/(q \cdot Q_0) = K(1/Q_0) \cdot (P/h_1)^{1/2} \dots \dots \dots (1)$$

ここで、 Q_0 、 Q は、それぞれ理論空気量 (単位重量の灯油を完全燃焼させるのに必要な理論的最小空気量)、及び実投入空気量 (g)、 q は燃料投入量 (g) である。 P 、 h_1 は、それぞれ空気ノズル内圧、灯油のオリフィス部における圧力損失 (cmH₂O)、 K は流量係数、オリフィス径や密度等の関係する比例係数。燃料ノズルと定油面器内静止油面とのレベル差を h (cm) とすれば、 h_1 は次式で与えられる (γ_k 、 γ_w は灯油と水の密度)。

$$h_1 = P - (\gamma_k/\gamma_w) h \dots \dots \dots (2)$$

式 (1)、(2) より、 μ に対し図 4. に略示した特性が得られる。 $h > 0$ すなわち燃料ノズルが静止油面より高いとき、式 (2) より $P > (\gamma_k/\gamma_w) h$ を与えてはじめて燃料供給可能となる。この限界 P に近いと燃料流量は小さく、結果として極めて μ が大きくなってしまいますので、 $h > 0$ の場合には高い P で使用することが望ましい。 $h < 0$ の場合、 P が零になっても燃料は流出するので、(1) 電磁弁などの供給停止装置が必要、(2) ノズル先に残留した灯油の変質防止、等々

の問題があるが、広い P の範囲で燃焼に適した μ を実現するのは容易である。 $h=0$ では、式(1)、(2)から P によらず μ が一定にできることが予想されるが、実際には表面張力のため、 $h>0$ の場合に近い特性となるようである。

2.3 掃気効果

高温壁面での灯油の蒸発・気化の速度は、灯油表面からの拡散で支配される。単位時間当たりの拡散量 $N(\text{g/s})$ は近似的に次式で表される。

$$N = A \cdot D \cdot M \cdot \Delta n / \delta \quad (3)$$

ここで δ は、濃度境界層の厚さ (cm)、 M は分子量 (≈ 169)、 Δn は気流中心部と灯油表面のごく近傍における灯油蒸気の濃度差、 D は拡散係数 ($\approx 0.06 \text{ cm}^2/\text{s}$)、 A は蒸発面積である。

灯油の高速気化を実現するためには、式(3)の δ を小さくし、 A を大きくするのが効果的である。図1. に示した2流体ノズルでは、灯油微粒子の分散域も広く、かつ高速空気噴流が気化面を常に掃気するので、小さな δ 、したがって高速気化が実現できる。

3. AIB の構成

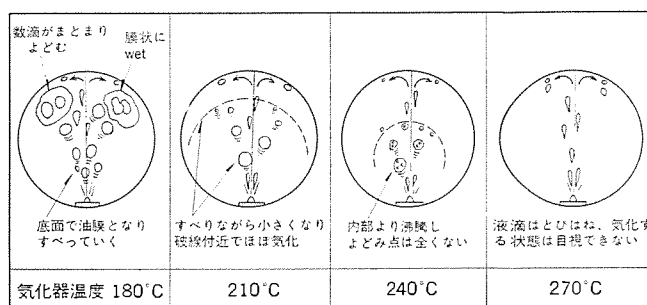
3.1 構成の概要

2.1~2.3 節の検討をもとに、設計したバーナの例を図5. に示す。ヒータ (PTC セラミックヒータ) で気化壁を所定の温度 ($\geq 200^\circ\text{C}$) に予熱した後、送風機により燃焼用空気を供給すると、同時に空気ノズル内の静圧が加圧パイプを通じて定油面器にフィードバックされて、空気量に応じた燃料量を供給する。燃料ノズル先端で高速空気流のせん断力により灯油が微粒化し、予熱された気化壁上で瞬時に気化する。前述したように、この構成では微粒化燃料が気化室の広域に分散し、しかも気化壁面に沿って空気流が流れるため、気化燃料の濃度境界層が極めて薄くなり、気化・混合が促進されるという効果を発揮で

きる。予混合気は、更に狭い通路を通る間に混合が促進され、均一混合気になった後、バーナヘッドに設けられた炎孔上で安定な炎を形成する。燃焼が開始すると、気化壁は燃焼熱の一部を受熱するようになり、ヒータ入力は不要となる。更にコックその他で空気量を増減すれば、その静圧に応じて灯油量も変化する、先に述べたようにほぼ一定の空気比を保ちつつ、入力を調節することができる。

3.2 気化特性

図5. の気化器を用いて気化の様相を観測した結果を図6. に示す。気化面で灯油が膜状にぬれる状態では (図(a)), 気化が遅く残渣 (タール) が発生しやすい。一方壁温が高くなり、灯油のライデンフロスト (Leidenfrost) 温度⁽³⁾ 近くになると (図(d)), 灯油粒子が気化面上で踊るようになり、未気化のまま飛び出して、粒子のまま燃焼したり、大粒径のものは燃えつきずにバーナ周辺に付着する可能性もある。燃料ノズル径、静圧、灯油量等を変えて、すみやかに気化が可能な (規準は図6. (b) の状態におく)、下限壁温 T_w を測定した結果を図7. に示す。ノズル圧 P が高い程灯油がより微粒化して供給され、掃気効果も大きいので、 T_w は低くてよく燃焼機には有利になる。 $P \geq 50 \text{ mmH}_2\text{O}$ の領域ではほぼ T_w は飽和するが、それよ



燃焼条件: 灯油量 6.5cc/min, $\mu \sim 0.8$, ノズル圧 48mmH₂O

図6. 気化の様相

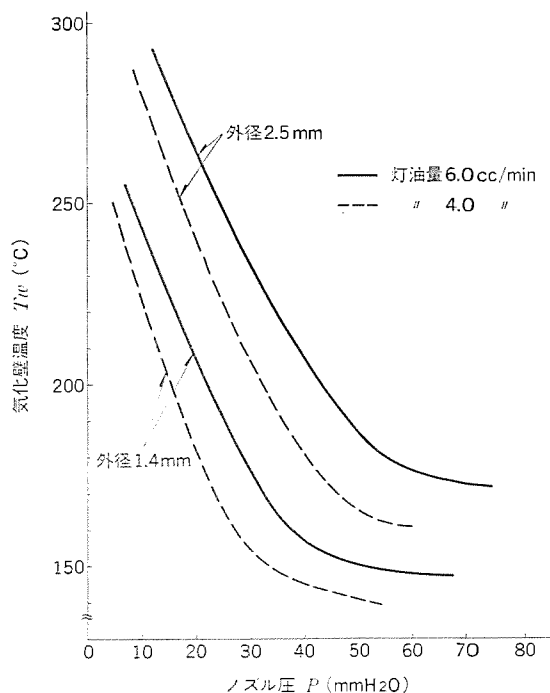


図7. 気化特性

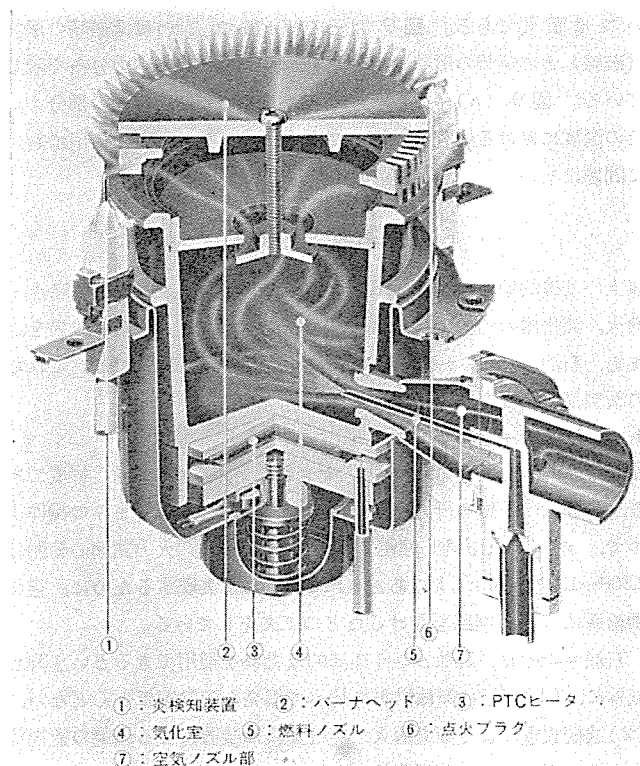


図5. バーナ構造

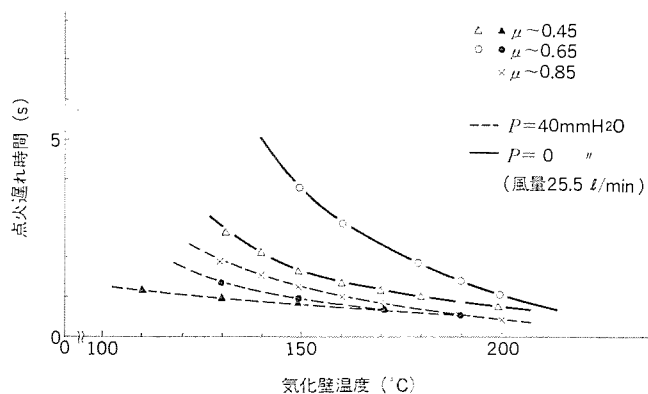
り低圧では T_{ir} は急激に高くなってしまいます。なお燃料ノズルが空気ノズル内に偏心して設置されると、針先の実効的な P の値が低下して微粒化が困難になるので、ノズルの中心に針先を置くように注意を要する。

図 7. より、灯油供給量に関しては、いずれのノズル径の場合も少流量のほうが T_{ir} が低くてよく、6 cc/min と 4 cc/min では各静圧に対して 20~30°C 程度の差がある。これは主に微粒化の程度によるものと考えられる（図 3. 参照）。またノズル径の効果も大きく、外径 2.5 mm と 1.4 mm では $P \leq 40 \text{ mmH}_2\text{O}$ の範囲で 60~70°C 程度も差が生じている。これも後者のほうが粒径が小さくなるためと考えられる。図 7. は静止気化 ($P=0 \text{ mmH}_2\text{O}$) の場合より、AJB 方式が気化特性においていかに優れているかをよく示している。

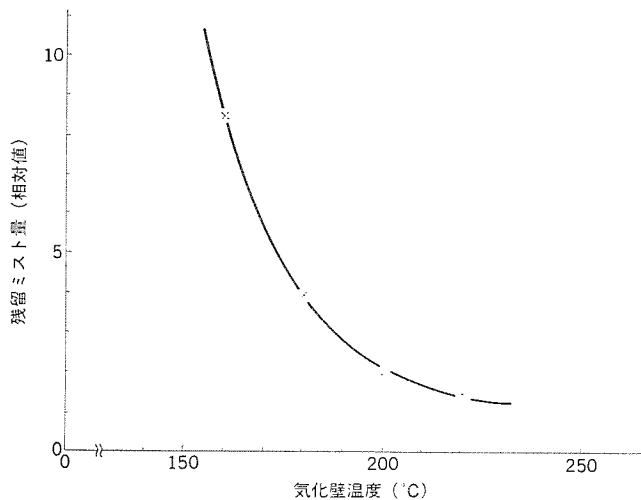
3.3 点火・消火特性

灯油の燃焼機では“におい”の問題も重要であり、点火・消火を瞬時にやり、未燃灯油の排出を極めて少なくする必要がある。AJB の点火性能を静止気化の場合と比較し、点・消火時の気化壁温度の下限について考察する。

測定は一定風量 (25.5 l/min) のもとで、灯油量、気化壁温度を変化させて、電磁弁を開いた後、火炎が形成されるまでの時間を測定した。したがって、ここでいう点火遅れ時間には、灯油がノズル内を流動し、先端で微粒化されて気化面に達し、予混合気が更に炎孔に達するまでの時間 (~0.5 s) を含む。点火は火花放電 (16 kV, パ



(a) 点火特性



(b) 消火特性

図 8. 点・消火特性

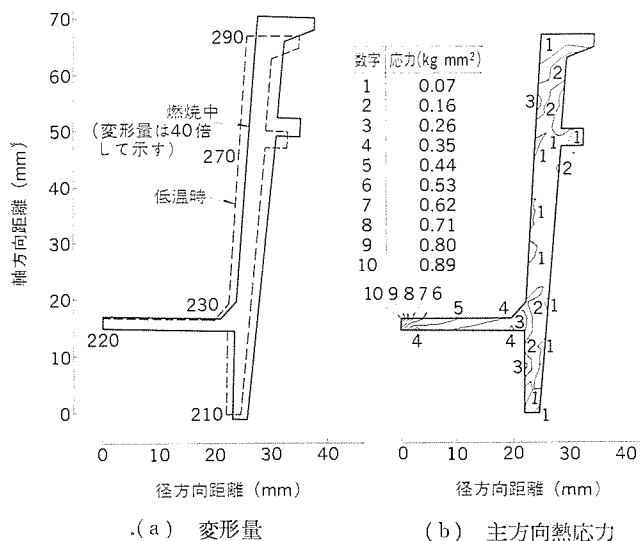


図 9. 熱応力計算例

ルストランス)で行い、燃料ノズル外径 2.5 mm、静圧 P は 40 mmH₂O とした。測定結果を図 8. (a) に示す。AJB 方式では壁温が 170°C 程度以上あれば、 μ によらずほぼ瞬時点火が可能であるが、 $P=0 \text{ mmH}_2\text{O}$ では、 $\mu=0.65$ の場合でも $T_{ir}=200^\circ\text{C}$ 以上必要であることが分かる。

次に消火時の灯油ミスト量の壁温による変化を図 8. (b) に示す。定常燃焼後送風を停止し、消火時に生ずる未燃灯油量を F.I.D 式炭化水素計で測定した。火炎の吹消え時の送風圧は 10~15 mmH₂O 程度まで低下しているため、微粒化特性が悪く気化は遅れるが、 $T_{ir} \sim 200^\circ\text{C}$ 程度あればほぼ瞬時消火可能と考えられる。

以上 3.2, 3.3 節の検討結果をもとにして AJB の気化部の熱的な設計を行っている。なお、熱応力に対する配慮もバーナ設計においては重要である。図 9. はその解析例で、(a) は低温時の形状 (破線) と燃焼時の形状 (実線) を示し、(b) は主応力分布を示している。図 9. (a) 中の数値は代表点の温度である。どの部分も、その温度における許容値以下におさまっており、長期の使用において問題はない。

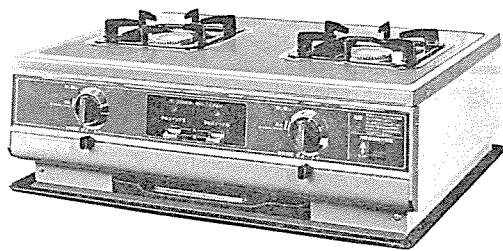
4. 製品への展開

以上の基礎的検討から、AJB 方式により簡便な入力調節、瞬時点・消火、気化器のコンパクト化等々が可能になった。これらの成果をふまえ、石油テーブル、ファンヒータの製品化を行った。以下では、これらの新製品の概要を簡単に紹介する。

4.1 石油テーブル

仕様及び外観を図 10. に示す。大きさはガステーブルと同じ程度であり、数分間の予熱を行えば、以後は点火・火力調節つまみの操作 1 つで、ガステーブルと同じ簡便さで利用できる。火力調節の範囲は 2,300~1,000 kcal/h (1 口あたり) で、これを実現するために、空気供給系にバイパス回路を設けるなどの工夫をしている。

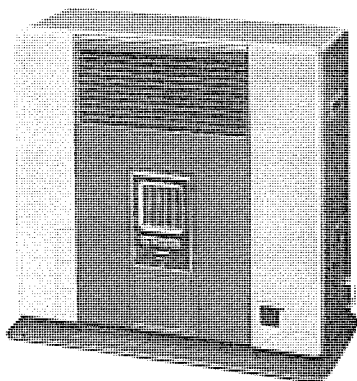
石油テーブルは、灯油という経済的な燃料を使用できるという利点以外に、(1) 灯油は気体燃料に比べて爆発の危険がほとんどない、(2) 連続放電による確実着火、(3) 炎検知装置による燃焼の監視等安全性の面で大きな特長を持っている。



仕 様

電 源	単相 100 V 50~60 Hz
消費電力	予 熱 時 80 W (2口使用)
	燃 焼 時 150 W (2口使用)
発 熱 量	2,300~1,000 kcal/h (1口あたり)
燃 料 消 費 量	0.28~0.12 l/h (1口あたり)
点 火 方 式	連続スパーク着火
外 形 寸 法	183(H)×598(W)×460(D)mm

図 10. 石油テーブルの仕様及び外観



仕 様

電 源	単相 100 V 50~60 Hz
消費電力	初期 300 W, 完了時 80 W
	燃 焼 時 80 W/75 W (50/60 Hz)
暖 房 能 力	3,200~2,000 kcal/h
燃 料 消 費 量	0.38~0.24 l/h
温 風 量	1.8 m ³ /min
外 形 寸 法	570(H)×600(W)×230(D)mm

図 11. ファンヒータの仕様及び外観

4.2 ファンヒータ

仕様及び外観を図 11. に示す。操作は石油テーブルと同様であり、予熱完了後、自動点火も行うことができる。火力調節は上と同じバイパス回路により、3,200~2,000 kcal/h の範囲で自由に選べる。また、

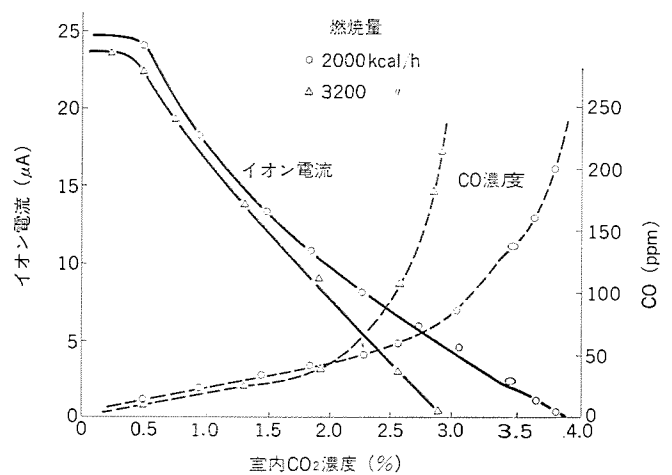


図 12. ファンヒータのイオン電流特性

火炎中のイオン電流の整流作用⁽⁴⁾を利用して燃焼検知を行い、万一火炎が吹消えたり、逆火した場合にも、安全に運転を停止することができる。

密閉室でファンヒータを燃焼させる場合の室内 CO₂、CO 濃度、及びイオン電流の関係を図 12. に示す。印加電圧は 30 V である。室内の CO₂ 濃度が増加していくと、燃焼速度が低下しリフト気味になり、同時に火炎温度も低下していくため、イオン電流が急速に減少する。更に CO₂ 濃度が 2.0~2.5% 程度にも達すると、火炎が吹飛ぶようになり、CO 濃度が急増する。ファンヒータのイオン電流検知限界は、ほぼ 5 μA 相当に設定しており、万一室内の換気不足などのため燃焼が不完全になってきた場合にも、炎検知が作動し運転は停止する。この時点の CO 濃度は図 13. より入力によらずほぼ 70ppm 以下であり、人体に重大な影響を与えるのを防ぐことができる。

5. む す び

気化・予混合燃焼機に AJB 方式を提案し、簡便な入力調節、点火・消火の瞬時性、予熱時間の短縮等の特長を持つ灯油燃焼機の開発を行った。AJB 方式は気化燃焼を更に 1 歩ガス並みに近づけたものであり、その特長を利用して、現在当社各製作所で給湯機・暖房機への適用が考えられている。

なおファンヒータは日刊工業新聞社の 53 年度十大新製品に選ばれる栄誉に浴したことをここに報告し、この研究・開発を進めるにあたり、ご助力、ご指導を賜った関係各位に感謝の意を表したい。

参 考 文 献

- (1) 野間口, 松野, 西, 八代: 三菱電機技報, 51, No. 10, p. 672 (昭 52)
- (2) 野間口, 松井, 酒井, 藤原: 三菱電機技報, 49, No. 11, p. 724 (昭 50)
- (3) 酒井, 松井, 藤原, 野間口: 機講論 No. 794-6 p. 1 (昭 54)
- (4) 酒井, 野間口: 機講論 No. 780-6 p. 141 (昭 53)

《MELCOM》80シリーズオフィスコンピュータシステム新モデル

小碓暉雄*・荒井訓男*・高橋真理*・守川修平*

1. ま え が き

当社は、昭和43年に《MELCOM》81を発売して以来、常にその時代にマッチしたオフィスコンピュータをタイムリーに市場へ提供し、好評を得ており昭和54年2月には《MELCOM》80シリーズの累計出荷台数1万台を達成した。

今回《MELCOM》80シリーズ/モデル38及び《MELCOM》80シリーズ/モデル28の新モデルを開発し、昭和54年3月から出荷を開始した。極めて好調に受注、出荷され順調にか(稼)動している。

新モデルは、今後の情報化社会におけるオフィスコンピュータへのニーズを最新のハードウェア技術、ソフトウェア技術と出荷1万台の経験をもとに「仕様、性能は中形機/小形機なみ、使い勝手はオフコンなみの簡単さ」をモットーに開発した。

ここでは新モデルのハードウェア、ソフトウェアの概要について紹介する。

2. 《MELCOM》80シリーズ/新モデル38

新モデル38は、《MELCOM》80シリーズの最上位に位置するオフィスコンピュータであり、はん(汎)用中形機なみの性能を実現している。新モデル38の外観を図1.、システム構成を図2.に示す。

2.1 新モデル38の開発思想

- (1) 操作性、プログラム生産性がよく使いやすいシステムの実現。
- (2) 小規模から大規模まで最適なシステム構成が実現できること。

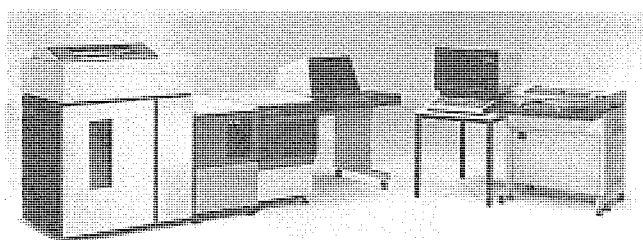


図1. 《MELCOM》80シリーズ新モデル38システム

表1. 《MELCOM》80シリーズ新モデル38, 新モデル28の特長

ね ら い	実 現 し て い る 内 容
操 作 性 の 向 上	<ul style="list-style-type: none"> メニュー選択によるワンタッチ・ジョブ起動(JCL不用) 完全なマルチコンソール CRT画面の自動退避/復帰(画面管理の容易性) ビルディング・ターミナルによる高い伝票発行能力
ソ フ ト ウ ェ ア 生 産 性 の 向 上	<ul style="list-style-type: none"> 簡易言語プログレスII 多面索引ファイル管理機能を標準装備 各種ユーティリティプログラム 豊富なサービスプログラム
価 格 対 性 能 比 の 向 上	<ul style="list-style-type: none"> 3.3Mバイト/秒のチャンネル転送能力 高速大容量ディスクファイル オペレーティングシステムのファームウェア化によるオーバーヘッド減少 LSI・MSI全面導入による高密度実装 低価格・高能力入出力装置
拡 張 性	<ul style="list-style-type: none"> 主記憶容量128K~512Kバイト(モデル28は128Kバイト) ディスク容量、最大400Mバイト(モデル28は80Mバイト) 豊富なソフトウェア言語 簡易言語プログレスII, COBOL, FORTRAN, RPG II, BASIC, (FORTRANはモデル38のみ) 高速・低速拡張チャンネル(高速拡張チャンネルはモデル38のみ)
マ ル チ ワ ー ク シ ス テ ム の 実 現	<ul style="list-style-type: none"> ワークステーション オンライン/バッチを問わない完全な多重処理 ハードウェアサポートによるプログラム切換え
分 散 処 理 シ ス テ ム の 実 現	<ul style="list-style-type: none"> 高速構内モデムによる大量・高速データ転送 多回線制御可能な通信制御機構 インテリジェント端末、オンライン端末の充実 豊富な制御手順
デ ー タ ベ ー ス	<ul style="list-style-type: none"> オフィスコンピュータで初めての本格的データベース DMS-3 問合わせ言語QP-3がある ディスクバック装置/固定ディスク装置に構築
高 信 頼 性	<ul style="list-style-type: none"> LSI導入・高密度実装による部品数削減 完全な品質管理及びUL規格合格の安全対策 各種自動誤り訂正機能 各種故障検知・故障ログ機能 ソフト・ハードによる効果的RAS体制
シ ス テ ム の 互 換 性	<ul style="list-style-type: none"> MELCOM 86, 83 エミュレータによる移行 新モデル28と新モデル38は完全移行 従来のモデル38, 31からの完全移行 拡張低速チャンネル制御装置によるハードウェアの移行

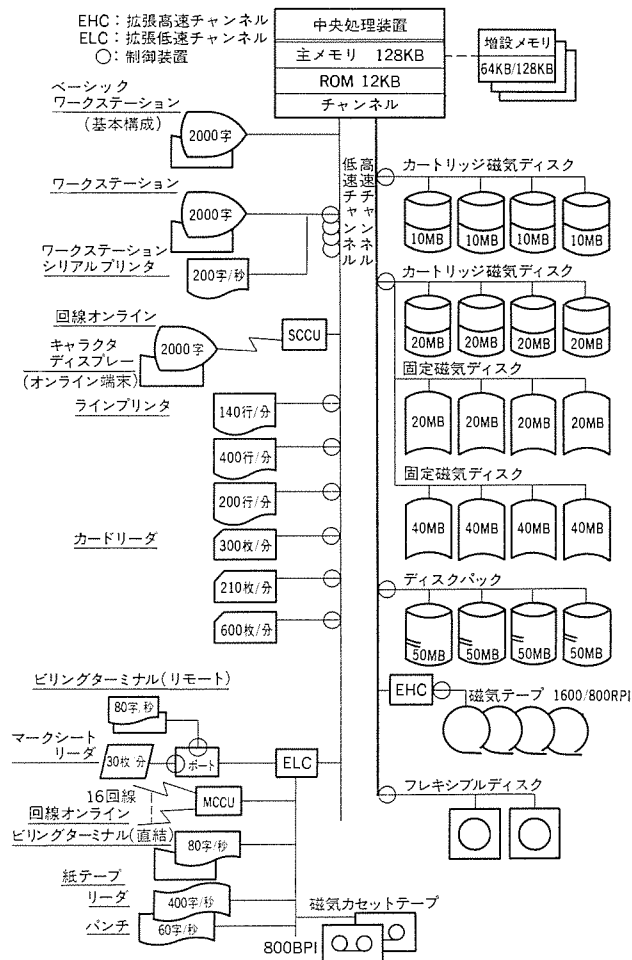


図2. 《MELCOM》80シリーズ新モデル38システム構成図

(3) 最新半導体技術による高性能・高信頼性の実現、及び高性能・低価格データ入出力システムの実現。

以上の開発思想をベースに実現した新モデルの特長と実現方法を表1.に示す。

2.2 ハードウェアの特長

表2.に中央処理装置の性能、表3.に中央処理装置オプションの性能、表4.に周辺・端末装置の機能、特長を示す。

(1) 高性能中央処理装置

各種大規模集積回路 (LSI)、中規模集積回路 (MSI) の全面的採用、16 Kビット MOS・RAM 導入による高速化、及び大形配線基板使用

表 2. 《MELCOM》80 シリーズ 新モデル 38,
中央処理装置の仕様

装置名称	主 な 仕 様	
主 記 憶 装 置	素子容量増	主メモリ容量 LSI (16Kビット MOS) 600ナノ秒/2バイト 64Kバイト~512Kバイト 64Kバイト又は128Kバイト単位
演 算 制 御 機 構	マイクロプログラム制御方式 論理素子 演算方式 命令種類	12KバイトROM スーパーバイザのマイクロプログラム化 LSI/MSI 2進並列演算 10進直列演算 76種
入出力制御機構	割込制御	8レベル
	高速チャンネル 拡張高速チャンネル 低速チャンネル 拡張低速チャンネル	3.3Mバイト/秒 1.8Mバイト/秒 40Kバイト/秒 20Kバイト/秒
諸 機 能	イニシャルプログラムロード装置	CDD, DPD, MT, FXD, FDD (MCT)
	タイマ	リアルタイム 1秒単位 インターバルタイマ 100ミリ秒単位
	RAS機能	(1) 主記憶自動診断 (2) "記憶保護 (3) 不正アドレス検知 (4) 不正命令検知 (5) マイクロプログラムROM異常検知 (6) コントロールストレージ異常検知 (7) 電源異常検知 (8) チャンネル異常検知 (9) 冷却ファン故障検知 (10) 入出力装置の再試行(ハード/ソフト) (11) エラーの自動訂正(大容量ディスク等) (12) 保守情報自動記録/解析プログラム (13) ワンタッチ・異常状態印字機能 (“110番”地プログラム)
ベーシックワークステーション	表示字数	2,000字、80字/行×25行
	表示色	緑
	表示文字	英、数、カナ、記号(13×7ドット)128字種 漢字(14×16ドット) 64字種
構造仕様	キーボード	英、数、カナ、記号キー、テンキー、ファンクションキー(15コ)、表示コントロールキー、システムコントロールキー
	外形寸法	幅1,250mm、奥行790mm 高さ1,025mm(CRTを含む)
電 源	構造・重量	CRT、天板、CPU箱体に分割可、約150kg
	電圧・周波数・電流	100VAC±10%、50/60Hz、最大14A

表 3. 新モデル 38, 中央処理装置 オプション

装置名称	形名	主 な 仕 様
増設記憶装置	B1322	容 量 64Kバイト
"	B1323	容 量 128Kバイト
拡張高速チャンネル制御装置	B1311	用 途 MT-C使用時必須 FDD-Cも接続可
拡張低速チャンネル制御装置	B1315	用 途 BLT(D), PTR/P, DF(D), MCT, MCCU, SYS-EX等の接続時必須
システム拡張機構	B1337	用 途 MSR制御装置, BLT(R)制御装置収容用 ポート定数 30、ただし5入出力制御装置以下
増設制御記憶装置	B1312	容 量 8Kバイト 用 途 フォートラン言語使用時必須

によるインタフェース信号、コネクタの削減などによって高性能・高信頼性システムを実現した。

高速チャンネルは3.3Mバイトの転送能力があり、複数台のディスクを同時にアクセス可能にしている。これはオペレーティングシステムを一部ハードウェア化してシステムのオーバヘッド時間を減少させたことと合わせ、オンラインによる応答処理時間及び各種ファイル処理に要する時間の大幅改善を可能にしている。

(2) ワークステーション

新登場のステーションであり、キーボードよりデータ入力しCRT画面に出力する入出力端末装置である。ただしこれ以外に、中央処理装置

表 4. 周辺・端末装置の機能/特長

周辺装置		
装置名称	主 な 仕 様	
カートリッジディスク	容量	10メガバイト
	平均アクセス時間	57.5ミリ秒
カートリッジディスク	容量	20メガバイト
	平均アクセス時間	57.5ミリ秒
固定ディスク	容量	20メガバイト
	平均アクセス時間	48ミリ秒
固定ディスク	容量	40メガバイト
	平均アクセス時間	48ミリ秒
ディスクパック	容量	50メガバイト
	平均アクセス時間	38.3ミリ秒
ラインプリンタ	印字速度	140行/分
	幅	132字/行
	幅	128字種
ラインプリンタ	印字速度	400行/分
	幅	132字/行
	幅	128字種
ラインプリンタ	印字速度	200行/分
	幅	132字/行
	幅	128字種
カードリーダー	読取速度	300枚/分 80欄
		パンチ・マーク併用可
カードリーダー	読取速度	210枚/分 80/128欄
		パンチ・マーク併用可
カードリーダー	読取速度	600枚/分 80欄
		パンチ・マーク併用可
マークシートリーダー	読取速度	30枚/分 B5-A4判
		24単位×65欄
紙テープリーダー	読取速度	400字/秒
		6単位/8単位
紙テープパンチ	穿孔速度	60字/秒
		6単位又は8単位
磁気テープ	記録・読取速度	1,600/800 ロウ/インチ
		1,200フィート
		40/20キロバイト
端末(ターミナル)装置		
装置名称	主 な 仕 様	
カラーキャラクタディスプレイ	表示字数	2,000字(80×25行)
	表示色	緑、赤、白(けい線表示可)
	オプション	ハードコピー
キャラクタディスプレイ	表示字数	2,000字(80×25行)
	表示色	緑(けい線表示可)
	オプション	ハードコピー
ワークステーション	表示色	2,000字(80×25行) 600m
		緑(けい線、漢字表示可)
プリンタ	印字速度	200字/秒
		往復印字可、黒赤印字可
ビルディングターミナル(直結)	タイプライターボード数値表示速度	48種、4段ソフト、128字種、テンキー付
	オプション	ディスプレイ 80字/秒
		オートインサータ、ハンドOCR
ビルディングターミナル(リモート)	仕様	直結ビルディングターミナルと同一
		1km以内延長設置可能
ワンタッチターミナル	項目数	3,328項目(208項目×16頁)
	オプション	512字、緑
		フレキシブルディスク、プリンタ、通信制御装置
ディスプレイ	キーボード	JIS配列/キーパンチ配列
	メディア	フレキシブルディスク(2ステーション可)
ハンドOCR	接続	ビルディングターミナル接続可
		ワークステーション接続可
		キャラクタディスプレイ接続可
通信制御装置		
装置名称	主 な 仕 様	
単 回 線	伝送方式	調歩同期式
	伝送速度	200~1,200ビット/秒
通信制御装置	伝送方式	独立同期式
	伝送速度	2,400~19,200ビット/秒
多 回 線	伝送方式	調歩同期式、最大16回線
	伝送速度	50~1,200ビット/秒
通信制御装置	伝送方式	独立同期式、最大16回線
	伝送速度	1,200~9,600ビット/秒

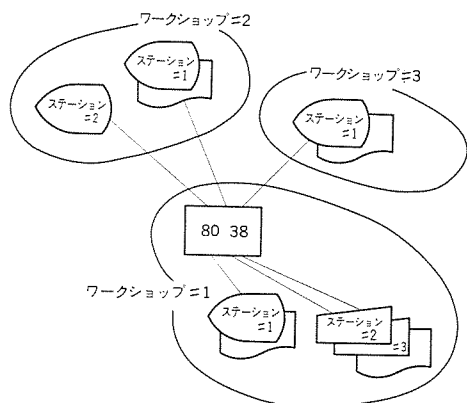


図 3. マルチワーク システム

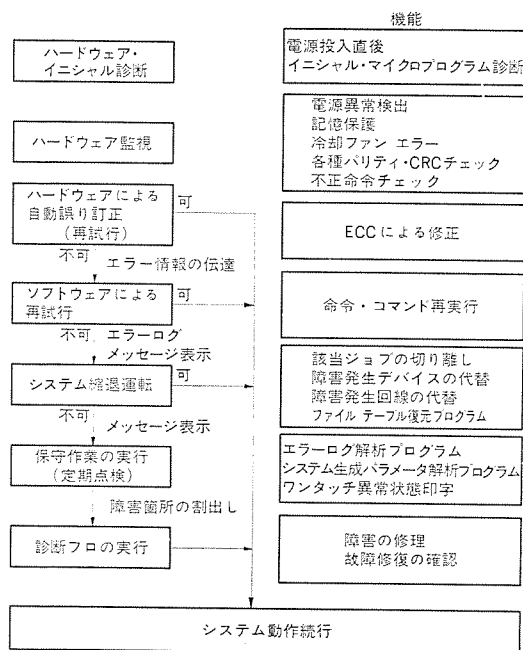


図 4. 《MELCOM》80 シリーズ新モデルのRAS機能

のコンソールとしてプログラムの実行を制御する機能と、ジョブメニューを表示してワンタッチプログラムスタートを可能にさせるジョブ入力機能も持っている。これらの特長ある機能は、1台の中央処理装置をワークステーションの数だけ多重利用することを可能にした。これがマルチワークシステムの基本概念である。図3.に示す例で各ステーションの置かれている現場（ワークショップ）単位で実行される仕事は、個々の現場単位に進行を制御できる。またシステム全体ではワークショップを複数同時に処理できる。

(3) ディスク装置

新モデル38システムを構成するディスク装置は表4.に示すとおり、各種準備しており、10Mバイトから400Mバイトの拡張性を持ち、あらゆるニーズに対応できる。特に20Mバイト・40Mバイトの固定ディスク装置と、20Mバイトのカートリッジディスク装置は、同一の制御装置に接続するので、確実に操作性の良い高性能な固定ディスクバックアップシステムを低価格で実現できる。また固定ディスクのバックアップは、フレキシブルディスク装置で取ることも可能である。

(4) 通信制御システム

プロセッサ内蔵の通信制御装置を用意している。(最大32回線)また分岐装置及び高速構内モデムの使用により高速(～19,200ビット/秒)で効果的なインラインシステムを構成できる。更に各種ベーシック制御手順、ハイレベル制御手順、を準備しており新データ網の回線交換サービ

ス、パケット交換サービスの準備も進めている。これら豊富な機能によりあらゆる端末装置を利用するシステムを構築できる。

(5) RAS機能

新モデルのRASは、設計・製造・品管・保守の各部門が協力した信頼性向上の努力をベースにして、ソフトウェアとハードウェアとの相互協力による効果的なRAS体制を基本にしている(図4.)。

3. 《MELCOM》80 シリーズ/新モデル28

新モデル28は、中位価格帯のオフィスコンピュータとして優れた多重処理性能と本格的なソフトウェアをもつバイトマシンであり、長期にわたって使用できるコンピュータである。

新モデル28のシステム構成を図5.に、基本構成の外観を図6.に、基本構成の仕様を表5.に示し、以下にその特長を述べる。

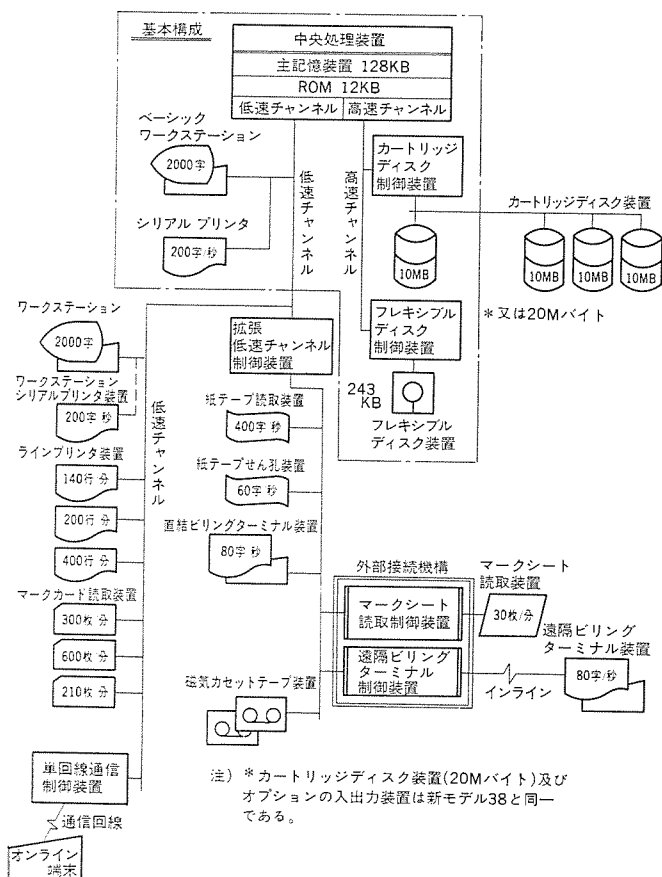


図 5. 《MELCOM》80 シリーズ新モデル28システム構成図

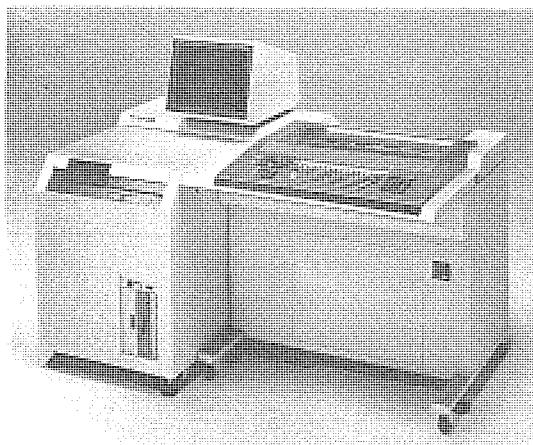


図 6. 《MELCOM》80 シリーズ新モデル28

表 5. 《MELCOM》80 シリーズ新モデル 28,
中央処理装置の仕様

主記憶装置	素子 サイクルタイム 容 量	LSI (16 K ビット チップ MOS) 600 ナノ秒/2 バイト 128 K バイト	
演算制御機構	制 御 方 式	マイクロプログラム制御方式 (ROM 12K バイト) スーパーバイザのマイクロプログラム化	
	論 理 素 子	LSI/MSI	
	演 算 方 式	2 進並列演算, 10 進並列演算 固定小数点	
	命 令 種 類	基本 62 種	
入出力制御 機 構	割 込 制 御	8 レベル	
	低速チャンネル 拡張低速チャンネル (高速チャンネル)	40 K バイト/秒 20 K バイト/秒 (オプション) 3.3 M バイト/秒	
諸 機 能	イニシャルプログラ ム ロード	カートリッジディスク装置 (フレキシブルディスク装置)	
	タ イ マ	リアルタイム 1 秒単位 インターバルタイム 100 ミリ秒単位	
	RAS 機 能	(1) 主記憶自動診断 (2) 主記憶記憶保護 (3) 不正アドレス検知 (4) 不正命令検知 (5) ROM 異常検知 (6) チャンネル異常検知 (7) 入出力装置の再試行 (8) 保守情報自動記録/解析プログラム (9) ワンタッチ異常状態印字機能 ("110 番" 地プログラム)	
ベーシックワ ークステーション	キャラクタディス プレー	CRT 14 インチ, 緑 表示フォーマット 2,000 字 表示文字 英, 数, カナ, 記号 128 字種 漢字 64 字種 ケイ線表示 可	
	キ ー ボ ー ド	キー配列 JIS 配列 ファンクションキー 16コ(ランプ付) ワンタッチガイダンス付 キー総数 115 キー	
シリアルプ リント	印 字 方 式	ワイヤドットマトリ ックス方式	タイプホイールイン パクト方式
	印 字 速 度	200 字/秒(最大)	80 字/秒(最大)
	字 体	横 9 ドット 縦 7 ドット	OCR-B OCR-K
	印 字 数	132 字/行	132 字/行
	印 字 字 種	127 字種	127 字種
カートリッジ ディスク装置	容 量	10 M バイト (カートリッジディスク 5 M バイト) (固定ディスク 5 M バイト)	
	平均アクセス時間	57.5 ミリ秒	
	接 続 台 数	増設 3 台まで (合計 40 M バイト)	
フレキシブル ディスク装置	容 量	243 K バイト	
	平均アクセス時間	318 ミリ秒	
構 造 仕 様	外 形 寸 法	幅 1,380 mm, 奥行 790 mm 高さ 1,050 mm (CRT を含む)	
	重 量	オベコン 150 kg, ディスク箱体 120 kg	
電 源	電 圧	100 V AC ±10%	
	周 波 数	50/60 Hz	
	定 格 電 流	本体 最大 16 A	

3.1 コンパクトな箱体設計

基本構成をコンパクトにまとめ、占有床面積は約 1 m² の中に中央処理装置、ベーシックワークステーション、プリンタ、カートリッジディスク装置をおさめている。

3.2 操作性のよさ

従来のモデル 8, モデル 18 と同様極めて使いやすくなっており、具体

的には

(1) キャラクタディスプレイとキーボードによるデータ入力は、1 項目ごとにチェックし入力される項目入力モードと、画面一括入力モードが使用できる。

(2) テンキーとテンキー表示によって数値入力をスピーディに行える。

(3) プログラムの起動は、ワンタッチスタート及びメニュー選択スタートによりほとんど行う。

(4) キャラクタディスプレイは 2,000 字の表示容量を持ち、漢字による表示も可能である。

3.3 高い性能と信頼性

最新の高速高密度 LSI を使いこなし、十分に評価された高性能入出力機器を使用しており

(1) COBOL の数分の 1 の労力で容易に使いこなすことができるプログレス II, COBOL, RPG II 言語を基本構成のみで高速にコンパイル実行できる。

(2) 基本プリンタは、200 字/秒の高速である。

(3) 基本ディスクは、カートリッジディスクを採用し、システムバックアップとファイル交換が容易に行える。

(4) 高密度 LSI の採用、大形多層配線基板の採用により部品数と配線工作の大幅削減を行い、高い信頼性を実現した。

3.4 ワークステーションシステム及び通信機能

今後ますます重要となるマルチワークシステム並びに通信回線網への接続にそなえ、モデル 38 と同様ワークステーション及び高速シリアルプリンタの接続を可能とし、また通信制御機能についても大幅に増強を図っている。

4. ソフトウェア

新モデル 28・38 のソフトウェアを総称して DPS II と呼ぶ。DPS II は、オフィスコンピュータの最高峰として、従来のモデル 31 及び 38 で実績を積んできたオペレーティングシステム DPS (Dynamic Processing System) に対して、機能の拡張、性能の向上及び操作性の改良を加えたものである。

オフィスコンピュータ応用分野におけるデータ処理の急激な多目的化と高速化にこたえらるとともに、《MELCOM》80 シリーズ伝統の操作の簡単さとデータの即時入力即時処理を実現するソフトウェアが DPS II である。DPS II は、次の 5 点について他のオフィスコンピュータをりょうがしている。

(1) マルチワークシステム、すなわち複数ワークステーションによるコンピュータの多角的同時利用。

(2) メニュー方式によるワンタッチジョブ操作。

(3) 強力な通信機能による分散処理。

(4) 万能の簡易プログラム言語 プログレス II。

(5) データの一元化と独立性を確立するデータベースシステム。

モデル 38 では、増設制御記憶装置 オプション (WCS) を付けることによって技術計算用プログラム言語 FORTRAN を使うことができる。

4.1 DPS II の構成

オペレーティングシステム DPS II の構成は図 7. に示す。

4.2 マルチワークシステム

DPS II では、幾つかの部門にワークステーションを配することによって、各部門単位で発生する業務を自由にスケジュールすることができる。各ワークステーションからスケジュールされるジョブは、バッチ/オンラインの区別なく、ジョブの起動に必要な資源 (主記憶、ラインプリンタなど) さ

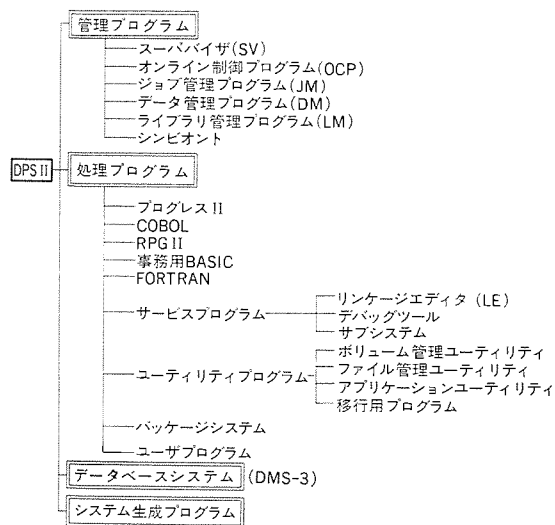


図 7. DPSII の構成

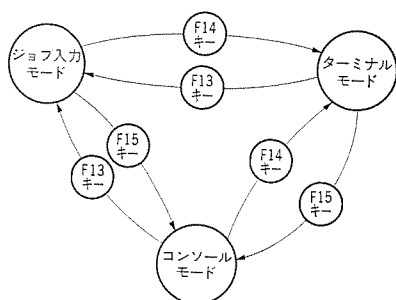


図 8. ワークステーションの3つのモードの切換え

え確保できれば、何多重でも併行処理される。マルチバッチも可能である。ジョブのスケジュールに際して資源が確保されない場合は、ジョブの起動要求は待ち行列にスタックされる。ジョブのスケジュール時に、最優先、優先、非優先の3つの優先順位を与えることもできる。

各ワークステーションは、それぞれが同等のコンソールとしてジョブのスケジュールや割込み制御に関与するとともに、キーボード入力と画面表示のための端末の用途も兼ねている。DPSII では、ワークステーション画面の使い方として、ジョブ入力モード、コンソールモード及び端末モードの3つのモードがあって、この3つのモードをユーザはキー操作により自在に切換えることできる(図 8. 参照)。

4.3 メニュー式ジョブ操作

DPSII におけるジョブのスケジュールは、ワークステーションをジョブ入力モードとして、ジョブメニュー表示によるワンタッチキー操作で行われる(図 9. 参照)。

4.4 分散処理

発生データの処理を集中化することによるシステムのボトルネックを解消し、システムダウンの危険性を分散化するために、DPSII では、多回線のオンライン処理をオペレータの待ち時間を少なく実現する。これは、通信制御装置がフロントエンドプロセッサとして伝送制御手順を受け持つことにより、オペレーティングシステムの負荷を最小限にしているためである。

端末とホストコンピュータ間の発生データの受け渡しは、オンライン制御プログラム(OCF)が行うが、その方式としてバッファ方式と待ち行列方式の2通りがある。

4.5 プログレスII

アプリケーションプログラムの生産力率をあげるために、DPS における簡

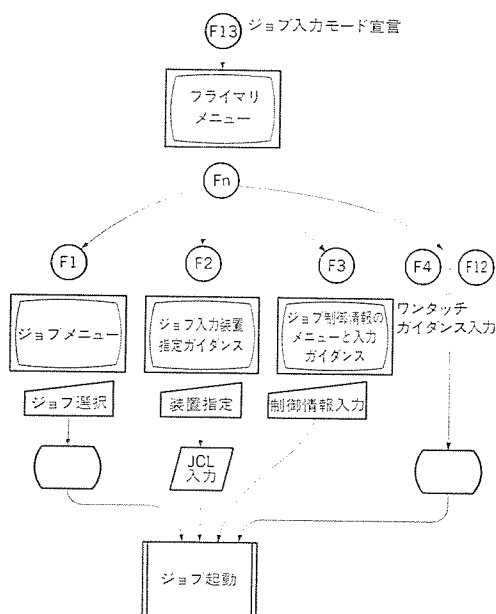


図 9. メニュー選択によるジョブ起動

易言語 プログレス II の機能と記述様式を統合し、更に CRT 画面操作、通信処理、データベース操作などの機能を追加して万能とした簡易プログラム言語が プログレス II である。

プログレス II によるプログラムは、指示書と呼ばれる記入シートの必要な欄に必要な情報を記入すればよい。プログレス II の指示書には、次の8種類がある。

- (1) プログラム 指示書
- (2) 入力ファイル 指示書
- (3) 出力ファイル 指示書
- (4) 端末指示書
- (5) 端末入出力指示書
- (6) プリント 指示書

- (7) 作業項目指示書
- (8) 処理指示書

4.6 データベース システム

一般のファイルは、その構造がシステムによって決められているのに対して、データベースでは必要な検索条件に合わせて最適なデータ構造を決めることができる。しかも、さまざまなアプリケーションプログラムで発生するデータを一元管理することによってデータの集約化を実現するとともに、アプリケーションプログラムの作成/変更とデータの生成/変更を独立に扱うことができる。

DPSII のデータベースシステム DMS-3 は、オフィスコンピュータで初めて実現された汎用データベースシステムで、実績の点でも他メーカに2~3年先行している。DMS-3 では、他社に例を見ない特有の機能として、特別のプログラム知識がなくても現場で即座にプログラムできるエンドユーザ言語として QP-3 があり、DMS-3 の評価を不動のものにしている。

5. む す び

《MELCOM》80 シリーズ/モデル 38・28 の概要について報告した。上位機モデル 38 は、分散処理、データベース、マルチワーク処理など今後の事務処理分野で発展、拡大していく用途にも広く使われるであろう。一方中位機モデル 28 は、その性能の良さ、導入しやすさ、操作性のよさなどから中~小規模システムを中心に従来の《MELCOM》80 シリーズの築いた大部分の分野で活躍するであろう。これら新モデルでは、今後ともユーザ各位からの要望を実現するための開発、改良を続けてゆく所存である。関係者のご批判及びご教示を賜れば幸いである。

終わりに、システム設計の段階から種々ご協力いただいた《MELCOM》ユーザ、ディーラのかたがたに厚くお礼申し上げる。

参 考 文 献

- (1) 魚田ほか：三菱電機技報 49, No. 5, p. 378 (昭 50)
- (2) 中野、鈴木：三菱電機技報 51, No. 4, p. 243 (昭 52)
- (3) 山崎ほか：三菱電機技報 51, No. 4, p. 254 (昭 52)

1. ま え が き

最近の世の中の情報化あるいは EDP (Electronic Data Processing) 化の波は、第3次産業である流通業界にも押し寄せてきた。近年特に流通の近代化、効率化に大きく貢献するシステムとして POS (Point Of Sales) システムがクローズアップされてきている。

POS システムとは、小売業の総合経営管理システムを意味しており、販売時点で収集した情報並びに仕入れ、配送などの活動で発生する各種情報をコンピュータ処理し、店舗の経営に必要な情報として出力するシステムである。POS システムにもさまざまな形態があるが、三菱 POS システムは、店内値付けを主体とする我が国のチェーンストアに

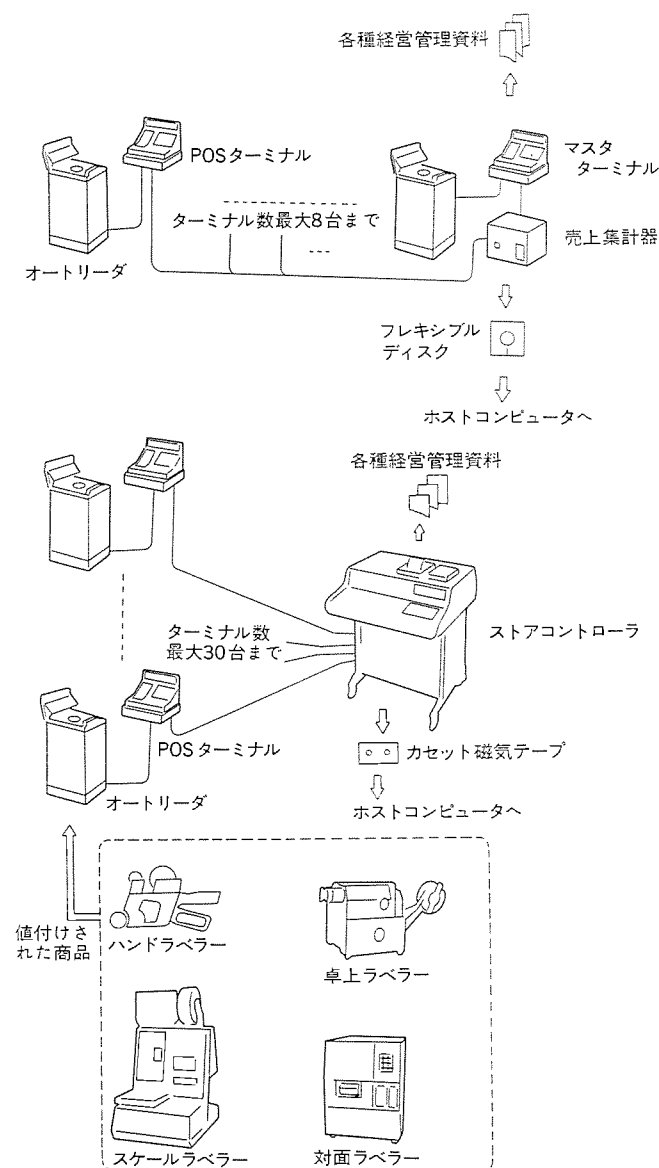


図 1. 三菱 POS システムの構成

即導入可能なシステムとして昭和51年に発売を開始した。このシステムはオートリーダ（自動値札読取装置）による正確な情報収集のほか、レジ業務の省力、省脳化、生産性向上に貢献し、またシステムコスト、ランニングコストの低いことも特長である。新機種は最近特に激しさを加えた市場競争及び多様化、高度化する要求にこたえるべく開発を進め、デザインを一新、機能強化を図って本年2月発表を行った。ここでは新機種《MELPOS》3000の520シリーズの機能を中心として、システム構成機器について紹介する。

2. システム概要

三菱 POS システムの構成を図1.に示す。チェックアウトはPOSターミナルとオートリーダ及びチェックアウト台で形成し、通常店舗内に数レーン配置される。情報処理装置として店舗内に通常1台の売上集計器又はストアコントローラが設置され、これとPOSターミナルがオンラインで接続される。売上集計器やストアコントローラは、ターミナルから伝送されるデータを処理し店舗で必要な各種経営管理資料を作成する。また売上集計器にはフレキシブルディスク装置を備えており、売上データとともにPOSターミナルから打込む仕入データ、たな(棚)卸データをホストコンピュータで処理させることもできる。値付け機器はオートリーダで読取るバーコードラベルを発行するもので、ハンドラベラー、スケールラベラー、卓上ラベラー等、チェーンストアで必要なすべてのラベラーがそろっている。三菱 POS システム《MELPOS》3000の新機種520シリーズは、従来機の性能を一段と向上させ、レジの省力化からPOSシステムへの移行、拡張を図る上により適した機種として設計し、次のような改良を行っている。

(1) 値札の張れない商品の処理能力を拡大

値札の張れない商品や価格変更の多い商品の価格をあらかじめPOSターミナルに記憶しておき、キーのワンタッチ操作で登録できる価格ラ

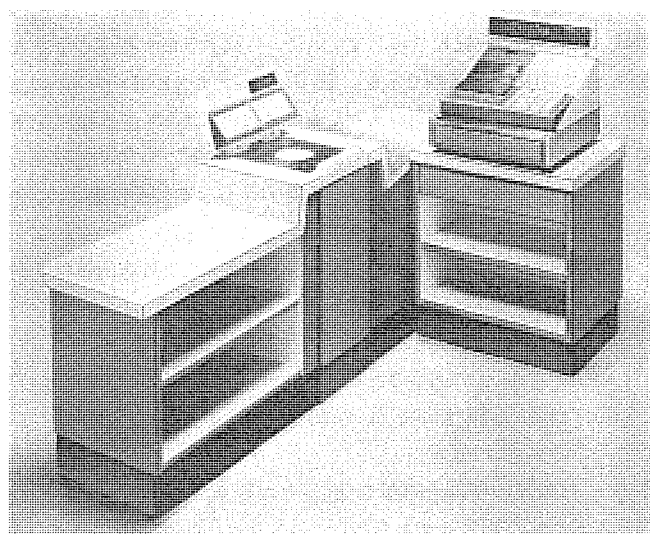


図 2. チェックアウトの外観

リセットキーの品目数を93品目に増やすとともに、品目ごとの売上集計がとれるようにした。これにより重点商品、日替わり商品の利益管理、売れ筋チェック等、各種マーチャндаイジグ情報を得ることができるようになった。

(2) レシートに商品グループ名をカナ文字印字

POSターミナルのプリンタにドットプリンタを採用し、15の商品グループ名をカナ印字するようにし、客に分かりやすいレシート形体とした。また印字スピードも約2倍に向上した。

(3) レジ連動はかりによるバルク販売(バラ売り)への対応

ターミナルにはかりを接続することによって、野菜、果物、菓子等を客の必要量だけ、チェッカーの所でワンタッチ登録できるようにし、バラ売りに対応できるようにした。

(4) チェッカーの操作性の改善

価格プリセットキーの位置をチェッカーの前面に移し、これに定率、定額割引キー各2個とレポートキー、更に、登録金額や合計を表示するディスプレイを追加した。これによりチェッカーはほとんどの作業を客のほうに向かってできるため、疲労が軽減されるとともに、客へのサービス向上にもつながることになる。

(5) 仕入データなどの入力が可能

フロッピーディスク装置付きの売上集計器と接続したPOSターミナルでは、売上データの集計・分析に加え、仕入・発注・棚卸データの入力が可能となり、本部のホストコンピュータによって在庫管理などができるため、店舗の経営効率化に更に有効となった。

3. システム構成機器

3.1 オートリーダ及びPOSターミナル

《MELPOS》3000の520シリーズは、オートリーダとPOSターミナルが電気的に一体化し、CPUを含むほとんどの電子回路はオートリーダの箱体内に入っており、ターミナルは小形軽量化し、消費電力も軽減している。説明の都合上値札の読取りに関する部分をオートリーダと称し、ECR機能等を有する残りの部分をPOSターミナルと称することとする。

(1) オートリーダの概要

POSシステムにおけるデータ収集の最大の武器は値札の自動読取装置であり、ラベルの情報を正確に早く読取ることが重要である。特にチェーンストアではだれでも簡単に操作できる定置式スキャナが不可欠である。三菱POSシステムのオートリーダはテレビカメラを使用したラスタ方式と呼ばれる定置式スキャナで、バーコード高さ5mm程度の小さなラベルまで読取りが可能である。図3.に示すようにオートリーダの上面に直径15cmの読取面があり、商品に張られたバーコード値札を下にして読取面の上に置くと、商品の置かれた位置、方向に関係なく、瞬時に値札の読取りが完了する。三菱オートリーダの仕様は表1.のとおりで、その特長は次のようになる。

- (a) 値札のバーコードが小さく、ハンドラベラーによる店内値付けが可能。
- (b) 値札が小さいため、ラベルのランニングコストが安い。
- (c) テレビカメラの応用のため、保守が容易であり装置も安価。
- (d) 機械的可動部がなく、信頼度が高い。

(2) オートリーダの原理

バーコードは縦線の明部と暗部で構成されており、例えば商品コードと価格などこれの組合せであらわしている。オートリーダはテレビカメラの応用であり商品に張られたラベルのバーコードを撮像し、走査線が全



図3. オートリーダによる値札の読取り

表1. オートリーダ及びPOSターミナルの仕様

項 目	仕 様
キ ー	テンキー、部門キー30、ファンクションキー21
モ ー ド キ ー	1(6ポジション)、トレーニングキー1(オプション)
価格プリセットキー	93、ファンクションキー7
デ ィ ス プ レ ー	数字表示10けた(内レポートカウンタ1けた、部門2けた)メッセージ10種
プ リ ン タ	レシート、ジャーナル発行18けた、3行/秒
合 計 器	部門30、係員6名、現計、単品合計、掛計、返品、支払、入金、割引値引、訂正、ボトルリターン
回線コントローラ	半2重通信、50KBPS/秒
計 量 器 連 動	重量4けた
外 形 寸 法	450(H)×470(W)×460(D)mm
重 量	25kg
読 取 コ ー ド	三菱バーコード
表 示 部	数字表示6けた(内レポートカウンタ1けた)、メッセージ6種
適応値札作成機	ハンドラベラー、卓上プリンタ、対面販売用ラベルプリンタ、スケールラベラー
外 形 寸 法	845(H)×300(W)×450(D)mm
重 量	49kg
所要電力(消費電力)	AC 100V 2.0A (200VA) (ターミナル共)

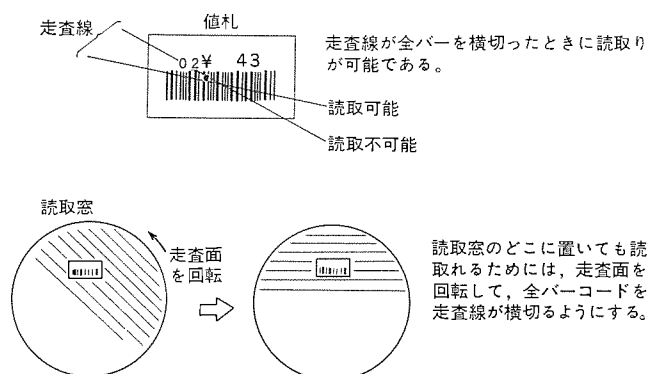


図4. バーコード値札とテレビカメラ走査線の関係

バーコードを横切った時の電気信号をデコードして、元の情報を出力する装置である。したがって商品を読取面のどのような方向に置いても読取るためには、走査面を回転させて、バーコードの向きと走査線

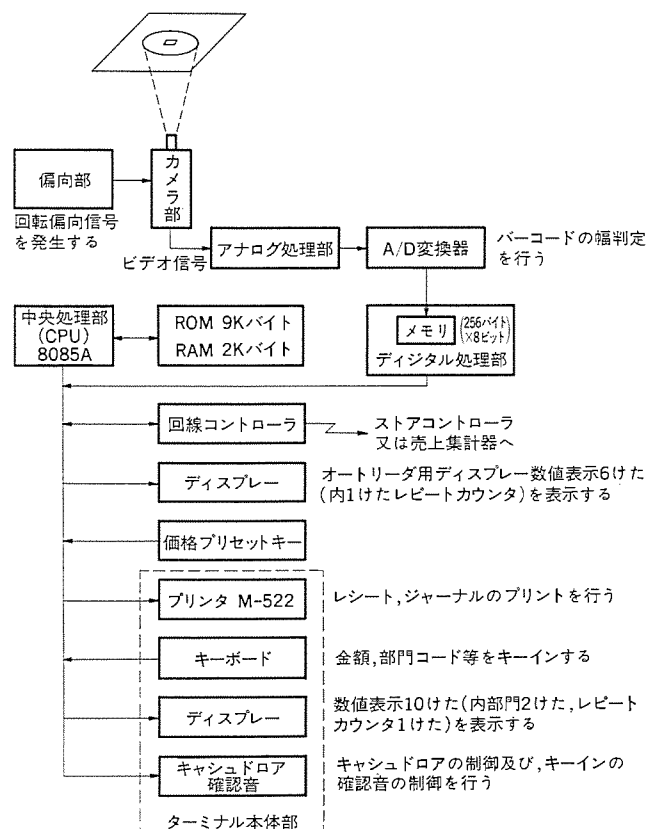


図 5. オートリーダ及びPOSターミナルの構成

の向きを合わせる必要がある。オートリーダではテレビカメラの偏向部に電気的回転偏向信号を加えてラスタ面を回転させる方式をとっている。具体的には垂直、水平偏向コイルの上に、もう1組の垂直、水平偏向コイルを90°回転させた位置に配置し、垂直、水平きよ(鋸)歯状波電流を回転スピードに相当するsin波とcos波で平衡変調して加え、回路像を得るようにしている。(図4.)

(3) オートリーダの構成

オートリーダとPOSターミナルの構成を図5.に示す。カメラ部は撮像管、偏向コイル及びビデオアンプを含んでおり、撮影した像をビデオ信号として出力する。偏向コイルは先述の垂直、水平各2個、合計4個のコイルで構成する特殊品を用いる。処理部はビデオ信号のアナログ処理部、A/D変換器、及びデジタル処理部により構成する。アナログ処理部はビデオ信号に含まれるバーコード信号のスライスレベルを決定するための準備を行う部分でA/D変換器は、バーコードアナログ信号からバーコードの幅に応じたパルス幅のデジタル信号に変換する回路である。デジタル処理部はA/D変換器からのデジタル信号をバーコードのデータ形式をチェックして1度メモリに蓄える。走査線が全バーコードを走査した複数本の走査データが蓄えられると、CPUに対し割込みをかける。CPUは割込みを受けると、デジタル処理部内のメモリを読み出し、データの形式チェック、パリティチェック、データテーブルルックアップ方式によるチェックを行いながら、複数本のデータの多数決により出力するデータを決定する。このほか、商品の読取窓に物が置かれたか否かを検知する光スイッチ回路、商品のラベルを照明する照明器などで構成している。

(4) POSターミナルの概要

POSターミナルは図4.に示すとおりワンチップCPUを使用したインテリジェントターミナルであり、通常のECR機能のほか、オートリーダ接続

機能、価格プリセット機能、オンライン機能、はかり連動機能を有している。仕様は表1.のようになっておりその構成は次のとおりである。

(a) CPU (Central Processing Unit: 中央処理装置)

8ビットのマイクロプロセッサ8085Aを使用し、約2MHzの基本クロックで動作している。割込み原因として電源瞬断、タイマ、回線、オートリーダがあり、DMAは使用しない。またRAMにCMOS ICメモリを使用している。

(b) メモリ部

当社製マスクROM M58332Sを2個(4Kバイト×2)と0.5KバイトのPROM ICを2個用い合計9KバイトのROMを有しており、RAMはCMOSメモリ4ビット×1KバイトのIC4個を用いて2Kバイトまで拡張できる。またRAMはCMOSメモリをバッテリーバックアップで使用しており電源断でもデータの消失はない。

(c) プリンタコントロール

プリンタはドットマトリクスプリンタM-522を用いており、3.2行/secの高速印字が可能である。

(d) 回線コントロール

50KBPSの伝送速度、半2重通信の専用回線で、ストアコントローラ又は売上集計器とオンライン接続が可能である。回線コントロールは専用LSI 8251を用いて行っており、データの送受、CRCチェック、伝送シーケンス制御はすべてCPUを用いてソフト制御している。

(e) キーボードコントロール/ディスプレイコントロール

キーボードコントロールとディスプレイコントロールは専用LSI 8279を用いてCPUと独立に制御を行っている。価格プリセット用の93キーについてはこれとは別にCPUでソフト制御を行っている。

3.2 スストアコントローラ

スーパーの売上管理では、最低限部門管理が必要とされる。部門管理とは、商品を一般食品、精肉、鮮魚、青果、雑貨などの大分類によりその売上動向、売れ筋などを管理する方法をいう。従来の売上管理は、部門管理によって行われてきたが石油ショック以来小売業界は、企業間の競争の激化などによる売上高の伸び悩みに陥り、売上増大の経営から利益重視の経営に移行せざるを得なくなってきた。このためには、単なる部門管理から更にきめ細かなデータがリアルタイムに必要となる。またPOSシステムは、これまで多く使われている一般業務の電子計算機システムとは異なり、データ処理業務が専任でない操作者により取扱われるのが普通である。このため《MELPOS》3000 S-102ストアコントローラは、スーパーでの必要とされるかきずの売上管理情報を得ることができるデータ収集装置として設計されたものである。

3.2.1 スストアコントローラの概要

ストアコントローラの外観を図6.に、仕様を表2.に示す。またその特長は次のとおりである。

(1) インラインリアルタイム処理である

最大30台までのターミナルが接続でき、チェックアウトがどのような状態であっても、任意の時刻に各種売上データの採取が可能である。

(2) 高速処理である

半2重通信50KBPSの高速伝送、回線コントロールに専用マイクロプロセッサを用いて高速処理を実現している。

(3) 優れた対環境性

店内乾燥による静電気の発生、エレベータ、エスカレータ、冷凍機などから発生する電源雑音とひん繁な電源瞬断などの最悪環境にあっても

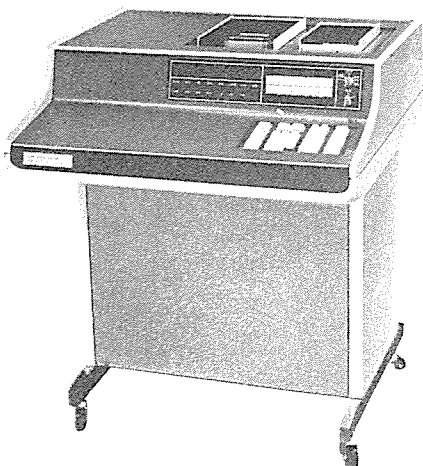


図 6. スストアコントローラ

表 2. スストアコントローラの仕様

入出力部	キー	テンキー	23
		ファンクションキー	10
		レポート作成キー	1
	通信制御	モードキー	1
入出力部		POSターミナルとの接続	最大30台のターミナルと接続可能
		半2重	
		50 KBPS	
		CRCチェック	
入出力部	ディスプレイ	数値表示	11けた
		状態表示	16種
	プリンタ	印字文字	21けた×42文字
		印字速度	1.2行/秒
入出力部	カセット磁気テープ装置	記録密度	800 BPI
		記録コード	JIS C 6220
		記録線式	JIS C 6281
管理レベル		部門別売上 (日計、累計)	100 部門
		単品別売上	300 単品
		価格記憶キー売上	48 (100) キー
		時間帯売上	14 時間
管理レベル		価格分析	16レベル 10ページ
		係員別売上	50 名
		ターミナル別売上	30 台
		店会計	14 取引
演算制御部		8ビット マイクロプロセッサ	
		R O M コアメモリ	
設置条件		温度	0~+40 C
		電源	AC 100 V 400 W 以下
		寸法	高 871×幅 745×奥行 725 mm
		重量	120 kg

誤動作，データの誤りが発生しない。

(4) 価格プリセットが可能である

ストアコントローラからの起動により，すべてのターミナルに価格プリセットが可能である。

(5) 簡単な操作で各種売上管理データが作成可能である

3. 2. 2 スストアコントローラの構成

S102 スストアコントローラの構成を図 7. に示す。

(1) 中央処理装置

当社製 8ビットマイクロプロセッサ M58710S を使用して，8レベルの割込み，タイマ，DMA 機能，停電瞬断処理機能などをもち，2MHz の基本クロックにより動作し，各入出力装置を制御している。

(2) メモリ装置

28K バイトの PROM 基板 1 枚と 8K バイトのコアメモリ 2 枚を使用して，16K バイトまでのコアメモリ増設が可能である。

(3) 回線コントロール部

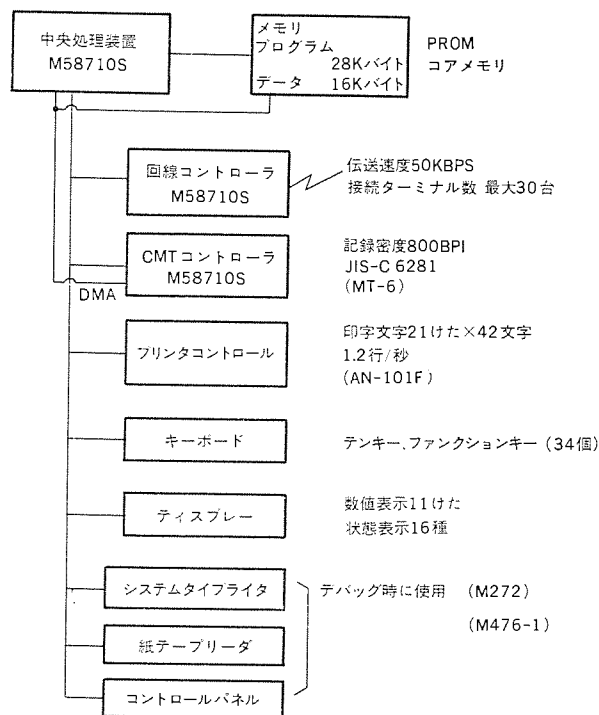


図 7. スストアコントローラの構成

回線コントロールは，中央処理装置とは別に専用のマイクロプロセッサを持ち，コントロール内のマイクロプロセッサは中央処理装置とは完全に独立して動作しており，ソフトウェアとハードウェアの双方で，コンテンツション，CRC チェックによる伝送制御を行っている。

(4) プリンタコントロール部

印字文字は 21 けた 42 文字で，数字，アルファベット，特殊記号のプリントが可能である。

(5) ディスプレーコントロール部

キーボードからの置数データなどの数字表示 11 けたと，ストアコントローラの動作状態を示す 16 種類の状態表示を制御している。

(6) キーボード

キーボードは各種売上データ作成の際，操作するキースイッチ部と操作モードを指定するモードキーから成っている。

(7) CMT コントロール部

カセット磁気テープ装置はホストコンピュータへの媒体作成装置として使用するが，制御には回線コントロール部と同様に専用のマイクロプロセッサを持ち，装置への制御はソフトウェアコントロールで行っている。

3. 3 売上集計器

売上集計器は我が国の量販店の規模，店内レジ台数等のマーケット調査を行い，1社10店舗以内の企業が大半を占め1店舗4～8台のレジを持つ店が大半を占めるという結果に基づき，データコレクタなどを用いずにオンラインで簡単に店舗内の売上集計ができると同時に，フレキシブルディスクを介してホストコンピュータで経営情報を得たいという要求にこたえて開発を行ったものである。

3. 3. 1 S500 売上集計器の概要

S500 の外観を図 8. に，仕様を表 3. に示す。またその特長とするところは次のとおりである。

(1) ターミナルのうち適宜の1台をマスターミナルとして選び，そのレジ台に売上集計器が収納できる。

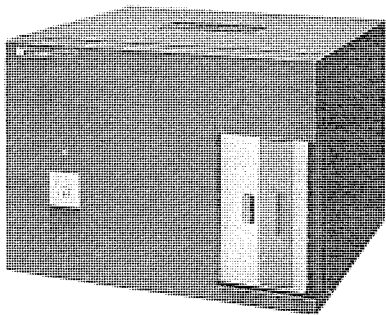


図 8. 売上集計器

表 3. 売上集計器の仕様

項 目	仕 様
POS ターミナル 接続台数	最大 8 台
メ モ リ 容 量	最大 17 K バイト
入 力	各ターミナルから入力
出 力	特定のターミナル (マスターターミナル) から振票出力若しくは フレキシブルディスク
出 力 レ ポ ー ト	部門別一括, グループ指定部門, 部門累計, グループ指定部門 累計, プリセット売上, 部門指定プリセット売上, 係員別一括, 指定係員, 時間帯, 店会計
外 形 寸 法	350(H)×480(W)×440(D) mm
重 量	フレキシブルディスクなしの場合 23 kg
	フレキシブルディスク付きの場合 34 kg
所 要 電 源 (消費電力)	フレキシブルディスクなしの場合 AC 100 V 1.5 A (150 VA)
	フレキシブルディスク付きの場合 AC 100 V 3 A (300 VA)

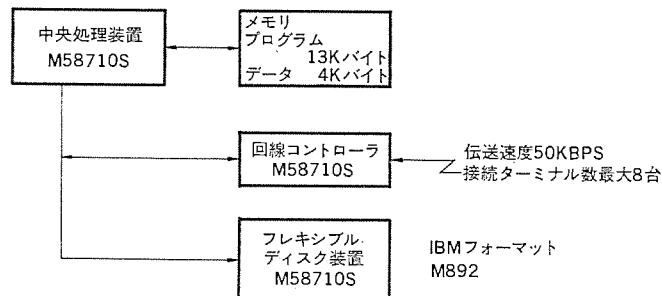


図 9. 売上集計器の構成

- (2) マスターターミナルから接続されたすべてのターミナルに対し、価格プリセットキーの内容を一斉プリセットできる。
- (3) フレキシブルディスク装置 (オプション) を取付けることにより、ホストコンピュータと組合せて更にきめ細かい管理ができる。
- (4) 売上集計器は 8 台の POS ターミナルと接続可能でありストアコントローラに比べ低価格でオンライン集計ができる。

3. 3. 2 売上集計器の構成

図 9. に売上集計器の構成を示す。

(1) 中央処理装置

S102 スタアコントローラ と同一構成で、同一基板で使用している。

(2) メモリ 装置

最大 13 K バイト までの PROM と、4 K バイト まで拡張可能なメモリ基板 1 枚から構成されている。

(3) 回線 コントローラ

S102 スタアコントローラ と同じ構成、同一基板を使用している。

(4) フレキシブルディスク 装置

フレキシブルディスク 装置は、当社製 M 892 を使用し、S 102 スタアコントローラの CMT と同様、ホストコンピュータ への媒体作成装置として用いられる。フレキシブルディスク へのデータフォーマットは IBM フォーマットを使用している。制御には、回線 コントロール 部同様に、専用のマイクロプロセッサを持ち、フレキシブルディスク 制御専用 LSI を通じて、ソフト制御を行っている。

3. 4 値付け機器

生鮮食品の比率の高い我が国の食品スーパーでは、店内値付け機器が不可欠であり、従来からも ハンドラベラー、スケールラベラー、卓上ラベラー、対面ラベラー等が使用されてきた。POS システムでは、値札の自動読取りを行うため、ラベルにバーコード印刷が必要とされる。値付け機器の設計は、バーコードの形体によりその難易度が大きく左右されるが、三菱 POS システムは、店内値付けに適したシステムとして、ハンドラベラーの操作性、設計の容易さ等を考慮して三菱独自のコードを使ってバーコード高さも 5 mm 程度の小さいものとした。通常ラベルのバーコードは、読取装置の性能上 15~20 mm の高さが要求されるが、三菱オートリーダでは小さなバーコードが読取れるよう設計している。このため従来のラベラーから大きく変更することなくバーコードラベラーの開発が可能となり、またラベルが小さくて済むためランニングコストの点でも有利となった。スケールラベラーは重量計連動のラベル発行機でラインプリンタを使用しており、カーボンで印字する方式である。このほか、卓上ラベラー、対面販売用ラベルプリンタ、フルオートスケールラベラー等がそろっている。

4. む す び

ここでは《MELPOS》3000 システムの構成機器を説明するとともに、新機種の特長につき紹介した。POS システムの導入は、経営効率の向上と消費者ニーズへの対応という両面から必要となっており、今後更に増えるものと予測されている。三菱 POS システムも、既に多くのチェーンストアへ導入が進んでおり、今回の新機種により更に急速な伸びが期待される。今後は百貨店専門店用ターミナルの開発、オートリーダ利用による自動仕分け等産業用分野への応用などにより、システム分野の拡大を図ってゆきたい。

1. ま え が き

昭和48年の石油危機以来、エネルギーに関する環境は極めて厳しく、資源に乏しい我が国では各種の省エネルギー機器の早期開発が叫ばれている。この要請にこたえ、我が国のエスカレータの歴史上数10年にわたって使用されてきた伝統的な駆動機構を一新し、消費電力が30%も節約できる新しい三菱モジュラーエスカレータを開発した(図1.)。このエスカレータは省エネルギーのほかにも数多くの特長を備えており、エスカレータ業界に新風を吹きこんだものである。以下三菱モジュラーエスカレータの主な構造と特長を紹介する。

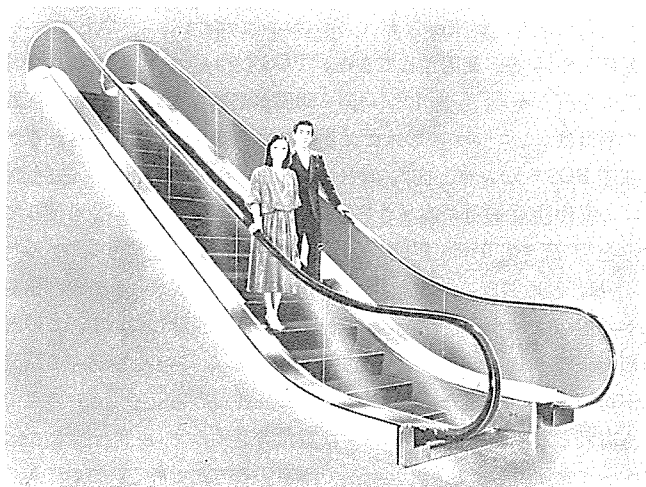


図 1. 三菱モジュラーエスカレータ

2. 三菱モジュラーエスカレータの構造

2.1 駆動機構の概要

モジュラーエスカレータとは、コンパクトにまとめられた図2.の駆動ユニットを標準長さの傾斜トラス部に収納し、階高の増加とともにこの標準ユニットを順次継ぎ足してゆく、いわゆるマルチ(複数)駆動システムのエスカレータである。概略の構造と、高揚程の場合の駆動ユニットの位置を図3.に示す。

図4.の従来形エスカレータでは、ウォーム減速機を使用した駆動機をトラスの最上部に置き、ステップを取付けたステップチェーンを上部鎖歯車で引き上げる方式をとっている。このような構造では、階高が高くなると大容量モータ、大形減速機、特殊強力チェーンなど、大部分の構成部品が大形化せざるを得ない。モジュラーエスカレータはマルチ駆動方式であるから、特殊な構造は不必要で、階高に制約なく製作が可能である。従来形エスカレータを機関車牽引方式とすれば、モジュラーエスカレータは電車方式に例えることができる。

駆動ユニットは、駆動モータ、はずば歯車減速機、電磁ブレーキ、駆動鎖歯車、ドライブチェーンで構成している。モータの回転はVベルトを介して減速機に伝達し、減速機の出力軸は鎖歯車に直結しており、

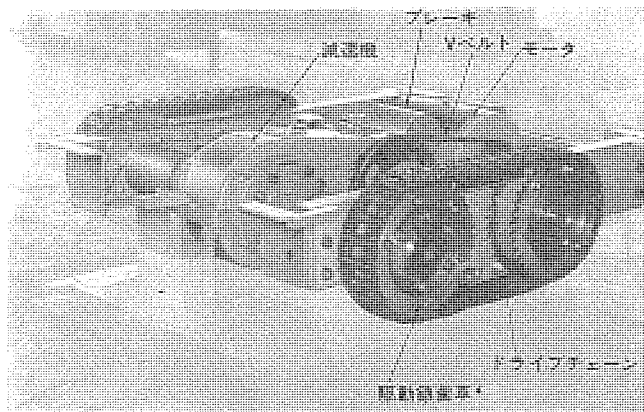


図 2. 駆動ユニット

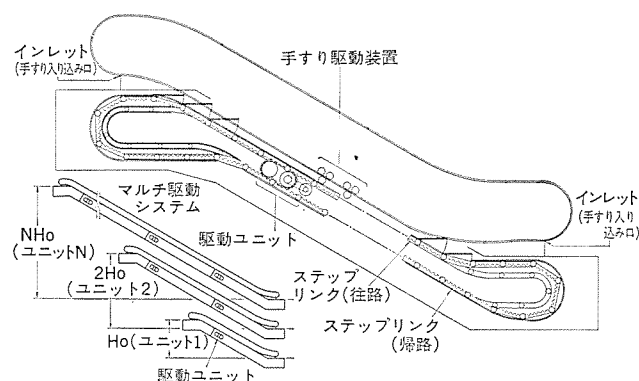


図 3. 三菱モジュラーエスカレータの駆動方式

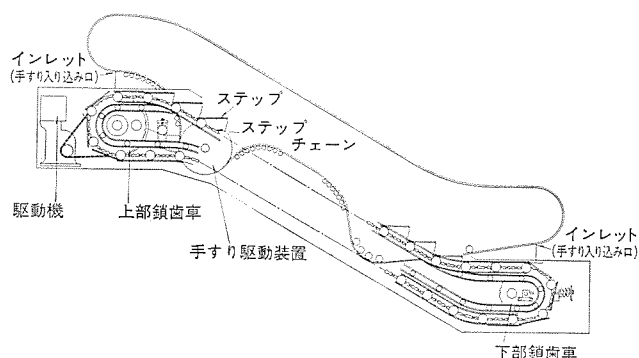
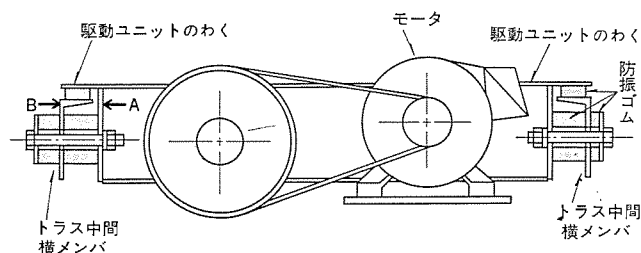


図 4. 従来形エスカレータの駆動方式

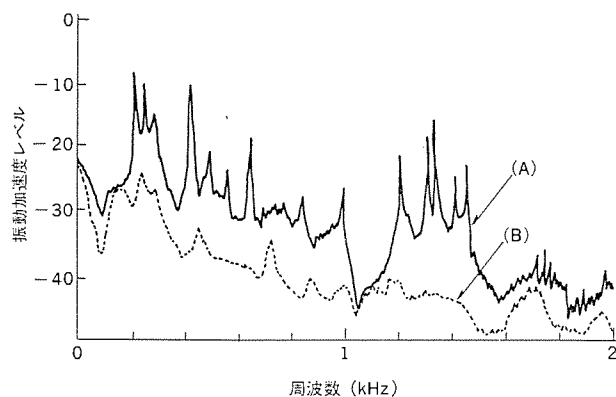
これには特殊な3列ドライブチェーンの両端列がかみ合う。中央列にはポリウレタンローラを取付けており、後で述べるようにステップリンクのラック歯形とかみ合って、ステップリンクとこれに結合したステップとを駆動する。

2.2 駆動ユニットの支持構造

モジュラーエスカレータでは駆動ユニットをトラスの中央部に組込んでいた



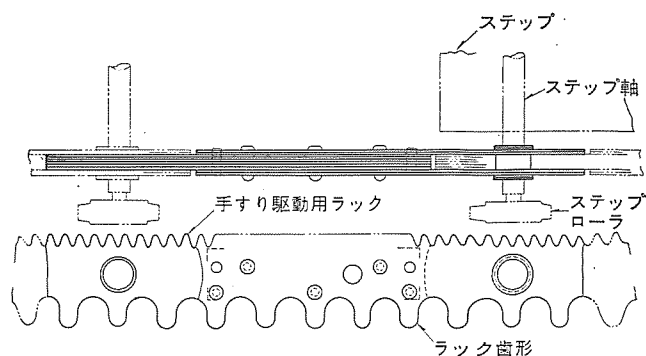
(a) 駆動ユニットの防振支持



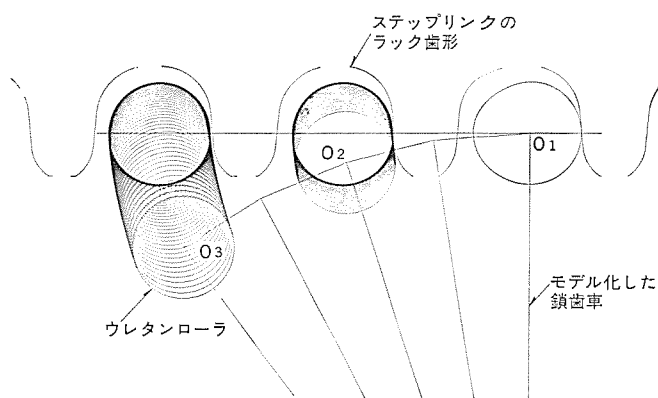
(A) 測定点Aの振動 (防振ゴム上)
(B) " B " (防振ゴム下)

(b) 振動スペクトラムの1例

図 5. 駆動ユニットの防振支持と防振効果



(a) ステップリンク



(b) ローラとステップリンクラック歯形のかみ合い

図 6. ステップリンクの歯形の解析

め、駆動モータや減速機の振動が周囲に伝ば(播)し、乗客に不快感を与える恐れがある。

モジュールエスカレータで採用したはずば歯車減速機は、ウーム減速機よりも効率が高い反面、一般的に言って振動や騒音の面で多少の不利は否めない。そこで特殊なエスカレータ用精密減速機を開発して、従来のウーム減速機と同程度まで振動と騒音を低減させた。しかしながら、残ったわずかな振動がトラスを経て外装板などに伝わり、新たな騒音源になりやすい。そこで、駆動ユニットを図 5. (a) のように 4 個ずつの前後方向及び垂直方向の防振ゴムで支持した。駆動ユニットは 6 自由度の振動系を構成するが、その最低次の固有振動数を約 15 Hz に設定し、減衰を十分に効かせた。図 5. (b) は防振ゴムの上下の A, B 位置での振動加速度スペクトラムである。駆動ユニットやトラス部材の部分的な固有振動のために必ずしも一様ではないが、200 Hz 以上で確実に防振効果が表れており、騒音低減に役立っている。

2.3 ステップリンクの歯形

ステップリンクは、図 6. (a) に示すように薄鋼板を精密打抜成形し、これを 10 枚重ねた積層構造になっている。リンクの下面にはドライブチェーンとかみ合うラック歯形を、上面には手すり駆動用の歯車とかみ合う小ピッチのラック歯形を備えている。

ステップリンクは、駆動ユニット部分でドライブチェーンのポリウレタンローラとかみ合せて駆動される。エスカレータの寿命や乗心地の観点から、かみ合い時の振動や衝撃はなるべく少ないことが望ましい。そこでローラと滑らかにかみ合うラック歯形の形状などを研究した。図 6. (b) はかみ合いの状態を幾何学的に模擬し、ローラの移動軌跡を電算機で計算して自動作図した例である。当初鎖歯車にかみ合っていたローラ O_2 , O_3 が、鎖歯車の回転とともに順次ラック歯形にかみこまれて

ゆく。ローラが歯の傾斜に沿って滑らかに移動する状態がうかがえる。種々の形状のラック歯形について多数の模擬計算を行った結果、圧力角が約 6 度のラック歯形で、かみ合いが最も円滑になることなどが明らかになった。

2.4 ブレーキの機構と停止減速度

通常のエスカレータは、上昇・下降のいずれの運転方向でもブレーキトルクが常に一定になるように構成されている。したがって乗客数や運転方向で停止減速度は変化し、100% 負荷の下降運転時に適正減速度が得られるようにブレーキトルクを調整すると、100% 負荷の上昇運転時の停止減速度が大きめになってしまう。

モジュールエスカレータでは、ブレーキドラムを減速機入力軸に直結し、小形化のためにドラムの内周面にシューを作用させるインターナルブレーキ方式とした。構造の概要を図 7. (a) に示す。この方式では、下降運転時のブレーキトルクが上昇運転時よりも大きくとれる。設計にあたり、ブレーキの寿命とブレーキ作動時の減速度の設定に最も注意を払った。寿命を支配するシューの面圧 f は、ブレーキトルクを T 、摩擦係数を μ として、

$$f = Th \cos \Psi / \mu rc \dots\dots\dots (1)$$

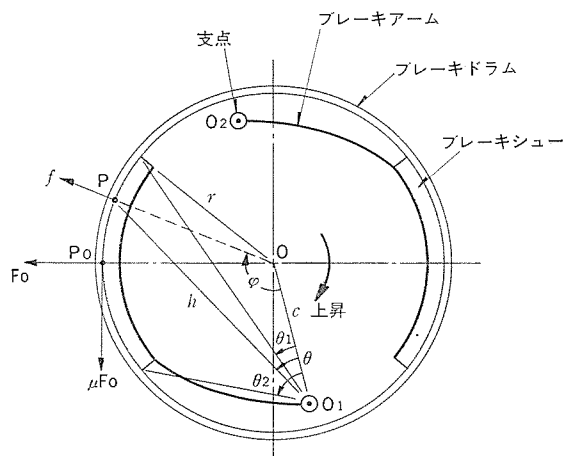
で与えられる。面圧はシューの端部で最高となり、シュー材の許容値以下に抑えるよう留意した。下降運転時と上昇運転時のブレーキトルクの比 T_D/T_U は次式で与えられる。

$$\left. \begin{aligned} T_D/T_U &= \{b + a\mu\} / \{b - a\mu\} \\ a &= \int_{\theta_2}^{\theta_1} h^2(\theta) \cos \Psi \sin \Psi d\theta, \quad b = \int_{\theta_2}^{\theta_1} h^2(\theta) \cos^2 \Psi d\theta \dots\dots (2) \\ c &= \int_{\theta_2}^{\theta_1} h(\theta) \cos \Psi d\theta, \quad \Psi = \phi + \theta - \pi/2 \end{aligned} \right\}$$

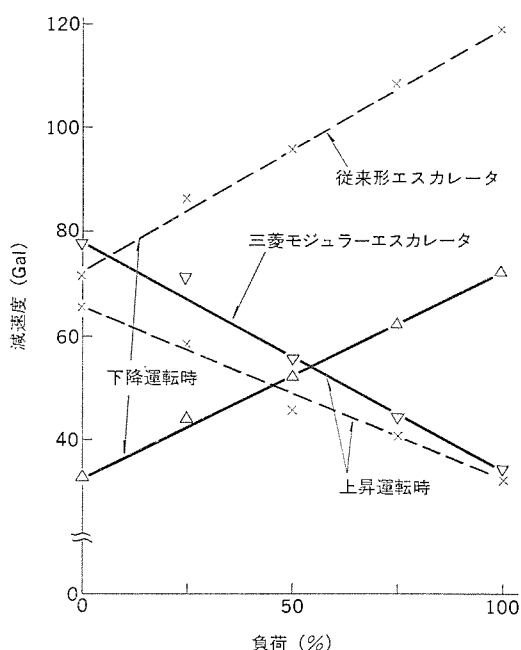
モジュラーエスカレータでは T_D/T_U を約4に選んでいる。この結果、上昇・下降運転時のブレーキ減速度は図7.(b)に示すように、いずれも30~80 Galの範囲にあり、従来のブレーキに比べて上昇運転時の停止減速度が著しく緩和できた。

2.5 手すり駆動装置

図8.に示すように、手すりは4個の駆動ローラと4個の加圧ローラ



(a) ブレーキ機構の概略



(b) ブレーキ減速度

図7. ブレーキ機構と停止減速度

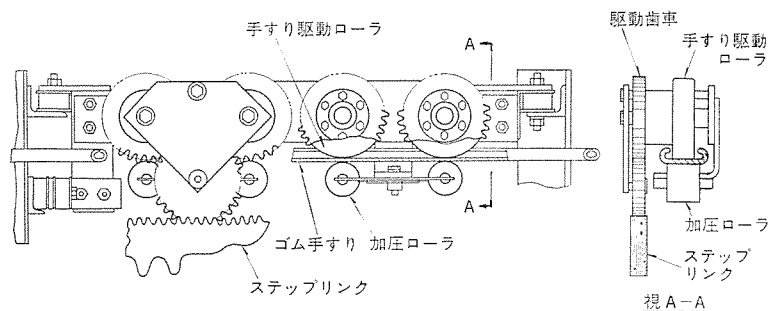


図8. 手すり駆動装置

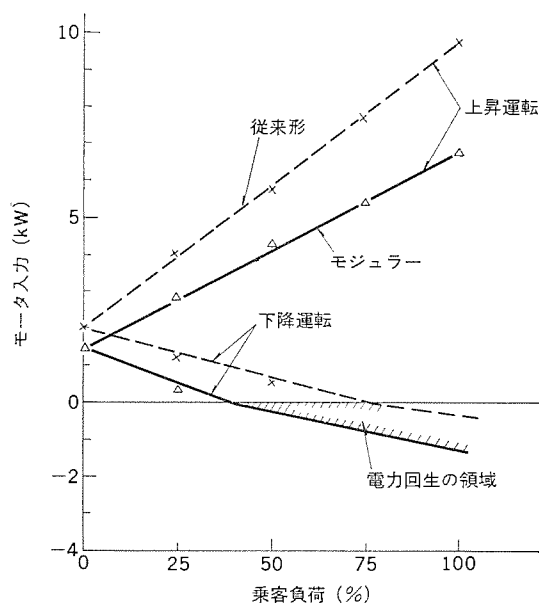
にはさんで駆動する。駆動ローラは、ステップリンクの上面に設けたラック歯形とかみ合う中間歯車を介して回転する。従来の大径プーリによる摩擦駆動方式(図4.)と比較して、帰路側の手すりパスに屈曲がほとんどなく単純化したこと、引込み押し出し駆動方式であるため従来形で必要とした初期張力が不要になったことから、最大張力は半減しその結果、ゴム手すり寿命が増加しただけでなく、手すりの走行ロスも著しく低下した。

3. モジュラーエスカレータの特長

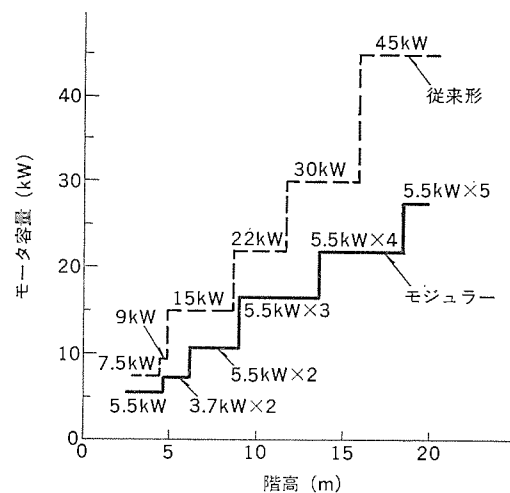
3.1 省エネルギー

エスカレータの運転には、乗客の移送に要する仕事とエスカレータ単体の運転損失をカバーする仕事が必要で、当然後者が少ないほうが望ましい。従来の運転損失は、主に

- (1) 歯車のトルク伝達損を主因とする駆動機の損失
- (2) 高い張力がかかった状態でチェーンを屈曲させるための摩擦損失
- (3) 各種の鎖歯車の回転損失



(a) 所要入力(階高4.5m, 1200形)



(b) モータ適用(1200形)

図9. 所要入力とモータ適用

- (4) 複雑に湾曲したパスに沿って動く手すりの走行摩擦損失
 (5) ステップローラの走行摩擦損失
 に起因していた。モジュールエスカレータでは以下の改善の結果、運転損失が大幅に低減できた。

従来使用していたウォーム減速機は単体効率が70～80％で低いが、振動・騒音の点で優れていた。今回、静しゅくで振動の小さいはすば歯車減速機を開発したので、減速機単体効率は95％以上となり、駆動ユニットの機械損失を著しく改善した。

従来形エスカレータの上曲部近傍では、エスカレータのほとんど全部の荷重に相当する大きな張力がステップリンクに働き、その張力が作用したままでチェーンを屈曲運動する。一方モジュールエスカレータでは駆動ユニットが分散され、かつ駆動部でステップリンクは押し出し作用を受けるので、ステップリンクが屈曲する上曲部では張力がほとんどなくなる。ステップリンクの屈曲による摩擦損失が張力に比例することを考えると、この摩擦損失は大幅に減少する。更に上下部の駆動鎖歯車が不要になったので、この回転損失は消滅した。2.5節でも触れたように、手すりパスの単純化と張力の低下により走行損失も減少した。以上の改善策の結果、従来形に比べ合計30％の効率向上を実現した。

図9.(a)に運転所用入力を示す。

エスカレータを運転した時の所用電力 E_{IP} と下降運転時のモータ回生電力 E_{OP} は、 a を比例定数、 W を乗客の重量、 E_{LS} を各種の機械摩擦損失として近似的に、

$$\left. \begin{aligned} E_{IP} &= (\pm aW + E_{LS}) / \eta_m \cdot \eta_g & E_{IP} > 0 \\ E_{OP} &= (-aW + E_{LS}) \cdot \eta'_m \cdot \eta'_g & E_{OP} < 0 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (3)$$

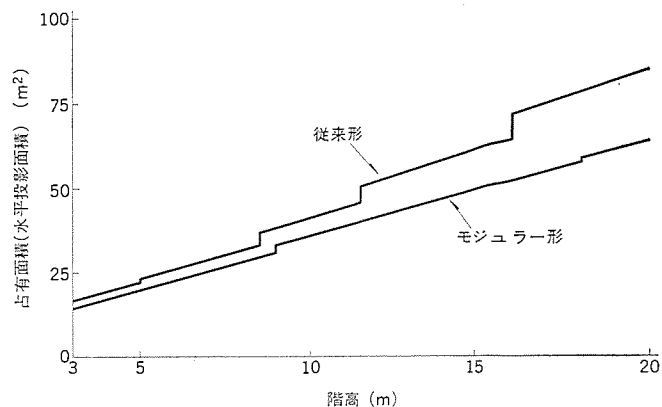
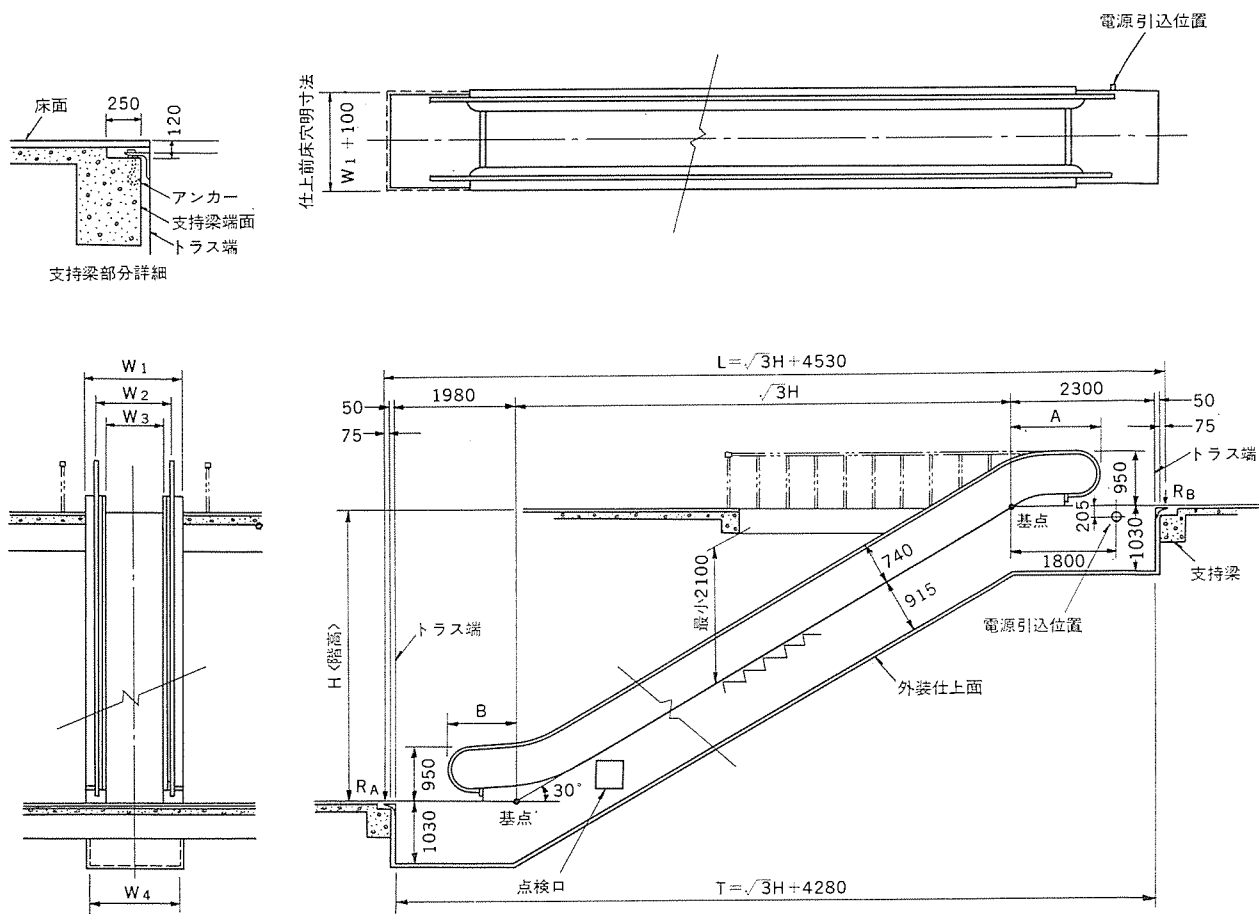


図10. 占有面積



- 注) 1. 揚程が9m以上のときのエスカレータ寸法については当社に相談ください。
 2. 揚程が5mを超えるときは中間支持梁が必要になる。

寸法表 (mm)

	1200形	800形
W ₁	1550	1150
W ₂	1210	810
W ₃	1010	610
W ₄	1500	1100

寸法表 (mm)

欄干形式	A	B
透明形	1835	1515
ステンレспанネル形	1585	1265

図11. 標準据付図

で与えられる。ここで η_m , η'_m はモータの力行時と回生時の効率, η_o , η'_o はモータを除いた駆動ユニットの正効率と逆効率である。±の記号は上昇・下降運転を表す。モジュールエスカレータでは E_{Ls} が少なくなったので、下降運転時に少ない乗客数で回生運転に入る。またウーム減速機と、はすば歯車減速機の逆効率は後者のほうがはるかに優れているため、電力回生効率も改善される。この状況が図9.(a)によくあらわれており、上昇運転時の消費電力が節減できるばかりでなく、下降運転でも電力回生による省エネルギー効果も著しい。

図9.(b)にモータの適用を示す。比較的小容量のモータで、高い階高までカバーできている。

エスカレータの機械損失は熱になって室内に発散される。10台以上のエスカレータが設置される百貨店などで、従来形エスカレータに代わってモジュールエスカレータを設置すると、発生熱は時には20kW(約17,000kcal/h)以上も減少し、その分の冷房負荷も軽減される。エスカレータの機械効率の向上は、ただ単にエスカレータ用電力の節減にとどまらず、冷房用電力の節約、更には冷房、受変電、配電等の設備や契約電力の容量など、設備容量全般と運営経費にまでも大きな波及効果をもたらす。

3.2 占有面積の縮減

駆動機構をトラス傾斜部に設置したのでトラス上部の機械室を大幅に縮減したこと、新しい小形の手すり駆動装置を採用したこと、階高が高くなっても小形の標準機器が適用できることなどによって、エスカレータの水平投影長さ、幅のいずれもが従来形に比べて小さくなった。階高4mの1200形で約11%(約2m²)、階高20mでは約26%(22m²)減少する。図10.に示すように階高が高くなる程減少効果は顕著である。百貨店やショッピングセンタ等ではエスカレータ占有面積の減少は、そのまま売場面積の増加につながる。また都市交通の駅などでは、エスカレータの幅が減少すればその分を階段幅の拡大に利用でき、ラッシュ時の混雑緩和に役立つ。図11.にモジュールエスカレータの標準すえ(据)付図を示す。

3.3 安全性向上設計

安全性については従来から入念に設計していたが、今まで標準装備していたドライブチェーン安全装置、ステップリンク安全装置、ステップ異常走行安全装置、スカート安全装置、2重保護構造のインレット安全装置、すべりのよい弗素樹脂コーティングスカートパネル等に加えて、次のものを標準装備し、更に安全性を向上させた。

- (1) 上昇時の停止減速度を緩和するブレーキ装置(2.4節参照)。
- (2) 定格速度の20%以下の失速、及び120%以上の過速を検出してエスカレータを停止させる調速機(減速機の入力軸に取付け)。
- (3) ステップライザのクリートを踏板クリートの倍ピッチとし、ステップが水平状、階段状のいずれのときでも隣接ステップは常にかみ合っており、隣接ステップ間のすき間に異物がはさみ込まれにくい安全増ステップ。
- (4) 手すり入口部に異物が引き込まれたときだけでなく、欄干ニュアルの下面と床面の間に異物がはさみ込まれたときも作用するイン

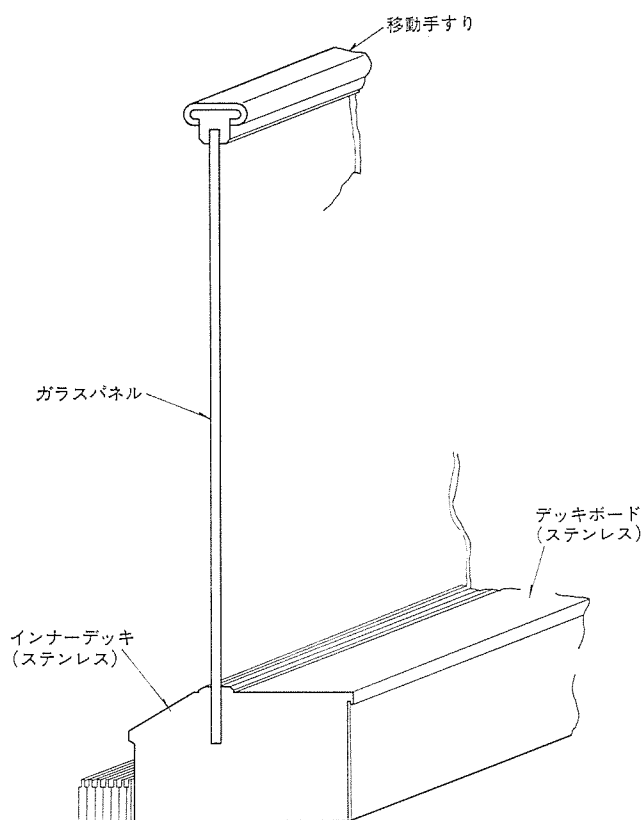


図12. 欄干意匠図(透明形)

レット安全装置。なお手すり出入口のすぐ下の黒色ゴム部をくつづま先で軽くキックするとインレット安全装置が作動し、緊急停止スイッチの働きをする。

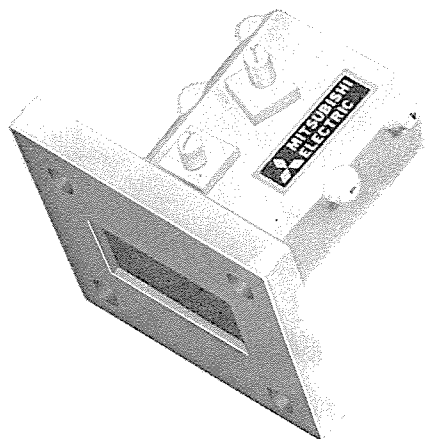
3.4 欄干意匠

透明形欄干は、従来の重量感を主体とした意匠から、薄形手すりとガラスパネルを主体としたスリムな欄干にモデルチェンジして、百貨店、ショッピングセンタ、ホテル、レジューセンタ等多様な建築空間のインテリアとの融合をはかった。またデッキボードはステンレス鋼板による成形品として、ステンレスの重厚な材質感を取り入れ、あわせて耐久性を向上させた(図12.)。標準外仕様として、有色ガラス、着色デッキボード、欄干の手すり下ライン照明等も製作可能で、顧客の多様な要求にも対応できる。

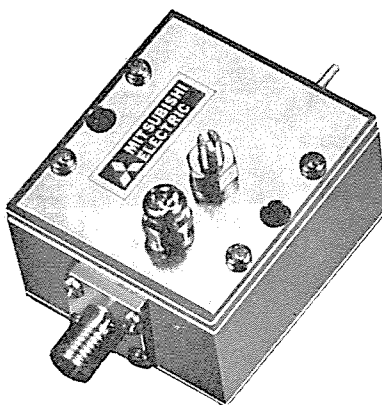
また、不透明形欄干(ステンレスパネル形)は内側板、デッキボードとも、ステンレス鋼板製を標準とした。

4. む す び

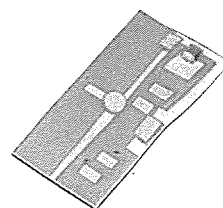
以上述べたように、三菱モジュールエスカレータは駆動方式、省エネルギー、省スペース、安全性向上の点において我が国のエスカレータ業界に新しいエポックを画すものであり、特に省エネルギーエスカレータとして時代のニーズにふさわしい製品と考える。(昭和54-5-7受付)



導波管出力形



同軸出力形



MIC基板

三菱電機は、SHF放送用局部発振器として、高信頼性GaAs FETを使用した高安定発振器を開発しました。この発振器は当社で開発した誘電体共振器帰還形安定化発振回路(DRF発振回路)と、マイクロ波集積回路(MIC)技術で製作されています。発振器の形状は、導波管出力形、同軸出力形、MIC基板単体の3種類です。

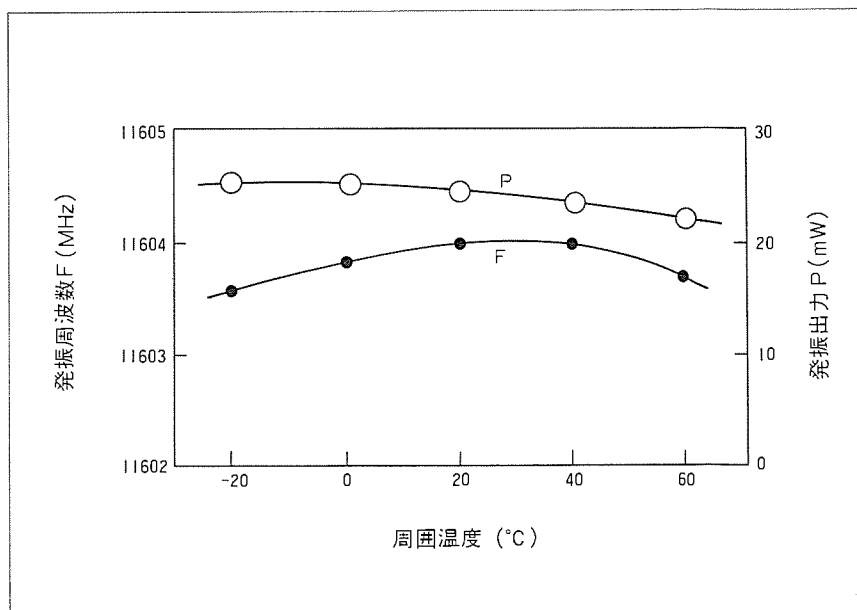
特長

- 周囲温度やバイアス電圧の変動に対して、発振周波数の変動の少ない高安定発振器です。
- 単一電源で動作する小形の高効率発振器です。
- 周波数調整用ネジで発振周波数の同調が簡単にできます。
- 狭帯域通過フィルタの帰還回路を使用していますので、帯域外雑音の少ない尖鋭な発振スペクトルが得られます。
- 指定された発振周波数のみで発振し、モードジャンプはありません。

仕様

項目	特性値
使用電圧	6.0 V (DC)
発振周波数	11.0 ~ 12.0 GHz
発振出力	20mW
周波数温度変化	±300 kHz
発振出力温度変化	±1.0 dB
使用温度範囲	-20 ~ +60°C
プッシングフィギャ	500kHz / V
Qext	1500
消費電力	0.5 W

温度特性





三菱電機は、市場の要求に応え、電源のないところや電源の取りにくい場所での簡便な電動工具として、バッテリー内蔵の「コードレスドライバー・ドリルDD-9形」を発売し、好評を博していますが、このたび第2弾として、『コードレスドライバーDD-6形』を新発売しました。DD-6形は急速充電はもちろん、トルク調整機構（クラッチ）を装備した画期的な製品です。ドライバー作業を主用途としますが、ドリル作業も可能です。スタイルはDD-9形と同様の斬新なデザインで、しかも小形軽量で使いやすさを重視した設計となっています。室内電気工事、アルミサッシの取付け取外しなどの建具作業、室内装飾工事をはじめ、幅広い用途に対応できます。

特長

- トルク調整機構（クラッチ）つきです。
ネジサイズ、パネル材質に合せて調整可能なクラッチ機構を採用しています。
- わずか60分の急速充電です。
60分の急速充電のため、昼休み等の仕事のあい間を利用して充電できます。
- チャック方式です。
6.5mmのチャックを採用していますので専用ビットは不要。トイシなどを取付けて用途拡大ができます。
- 過充電防止回路つき。
- 充電損傷防止回路つき。
充電中に本体スイッチを投入しても充電器に影響のない充電損傷防止回路を採用しています。
- ビット収納ケースつき。

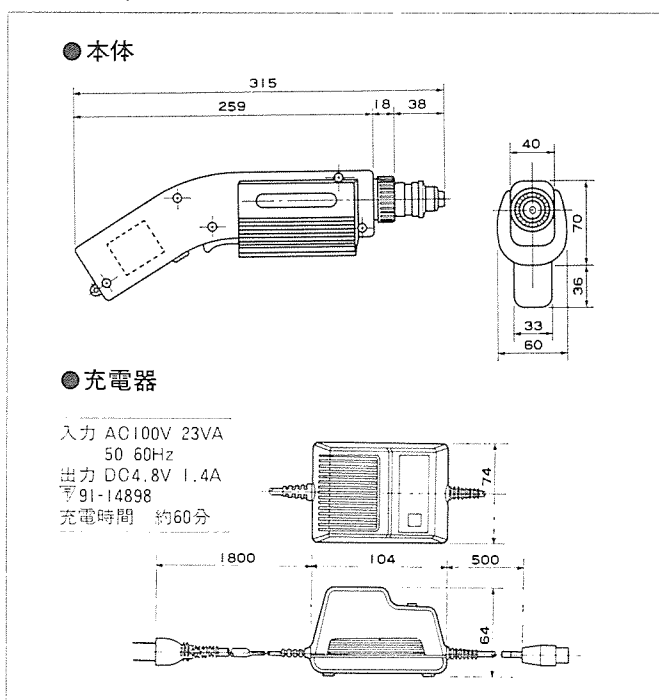
用途

- アルミサッシの取付け取外し、室内電気工事、電気機器の取付け取外しに。
- アフターサービス、インテリア、自動車修理や整備作業に。
- 家庭での家具の修理や組立て、カーテンレール取付けや内装補修に。
- その他、あらゆるネジ使用の組立て作業、穴明け作業に。また軸付トイシを使用して、刃とぎにも利用できます。

仕様

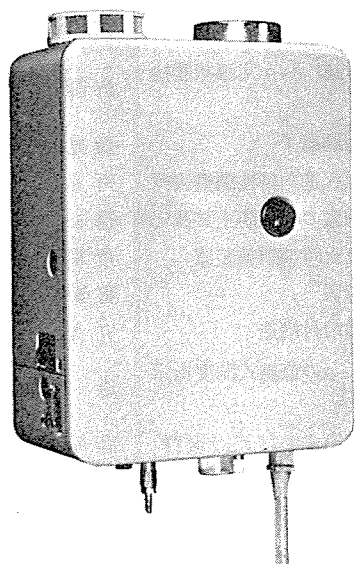
モータ	DC4.8V
蓄電池	ニッケルカドミウム1.2V(1000mAh)×4セル
満充電時	スピンドル回転数 255rpm
能力 (mm)	ドライバー ナベネジM6、テクスネジM5、木ネジφ3.5×20mm ドリル 金工φ4、木工φ8
チャック	6.5mm
重量	0.9kg
付属品	充電器……………1個 つりひも……………1本 ドライバービット（プラス、マイナス両用）…1個 チャックハンドル……………1個

外形寸法図〈単位mm〉

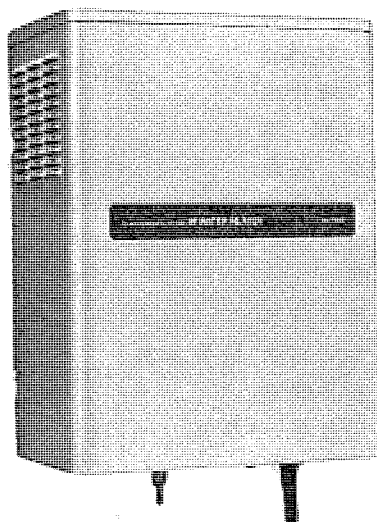


石油タイプで初の壁掛式

三菱 石油ガス化 瞬間湯沸器OK-17AW形



OK-17AW(屋内用)



OK-17AW(屋外用)



リモートボックス(付属品)

三菱電機は、このたび灯油を燃料とした、初の壁掛式『石油ガス化瞬間湯沸器』を発売しました。低燃費、より高い安全性に加え、すでにおなじみの「石油ガス化ファンヒーター」、「石油ガス化テーブル」と同じ燃焼方式の採用で、従来になくコンパクトサイズを実現しました。ガス瞬間湯沸器10号相当の能力を持ち、先止め式ですから数カ所給湯ができ、手軽にシステム給湯へ発展できる便利さを備えています。したがって灯油使用でありながら、ガス瞬間湯沸器と同様に使用できます。

特長

●石油ガス化燃焼方式を採用。

灯油を霧化し、空気との理想的な混合ガスにして燃やす、三菱独自の石油ガス化燃焼方式の採用で、高効率で完全燃焼します。ハイカロリーでススやタール・臭いなど、灯油燃焼につきものの欠点をほとんど取除きました。

●設置場所は自由。

コンパクトサイズの壁掛式ですから、少ないスペースに設置でき、空間を有効に利用できます。室内・室外どちらでも設置場所を選べます。

●操作が簡単なりモート式。

本体が離れていても手近なところで操作ができるリモートボックス付きです。リモートボックスのスイッチを入れると予熱ランプが点滅し予熱中を知らせます。約6分の予熱で予熱ランプが点灯すれば、蛇口の開閉により自動的に点火・消火が行われます。

●先止め式で数カ所給湯が可能。

先止め式ですから、台所、お風呂、シャワー、洗面所など数カ

所給湯ができ、手軽にお湯が使えます。必要な蛇口を開けば自動点火しお湯が得られますが、2ヵ所以上を同時使用すると湯温が変化しますので、同時使用は避けてください。

●安心してお湯が得られます。

熱源が灯油ですから、不完全燃焼による中毒や爆発のおそれはほとんどありません。しかも他の熱源にくらべて維持費も経済的です。

●万一の事故も未然に防ぐ安全装置付。

対震自動消火装置、停電時安全装置、空だき防止装置、炎検知装置、気化筒温度過昇防止装置など、各種の安全装置で異常を監視しています。(日本燃焼器具検査協会および日本水道協会検査検定合格品)

仕様

形 名	OK-17AW形
電 源	単相 100V 50/60Hz
消 費 電 力	燃焼時 620W(燃焼時平均 約90W) 予熱時 550W(予熱時平均 約90W)
使 用 燃 料	白灯油(JIS1号灯油)
燃 料 消 費 量	2.06ℓ/時
発 熱 量	17,000kcal/時
出 湯 能 力 (水压1.3kg/cm ² の時)	水温+25℃上昇の時 9.7ℓ/分 (ガス湯沸器10号相当) 水温+40℃上昇の時 5.6ℓ/分
使用可能最低水压	0.4kg/cm ²
給 水 方 式	先止め式(接続口径 PT1/2)
予 熱 時 間	5~6分
給 排 気 方 式	FE式(強制排気方式)
排 気 筒 径	100mm
外 形 寸 法	屋内設置用高さ444×幅340×奥行192mm 屋外設置用高さ512×幅380×奥行265mm
重 量	屋内設置用 約14kg 屋外設置用 約17.5kg

登録番号	名 称	考 案 者	登録番号	名 称	考 案 者
1177106	空気調和機	茨城光政・望月勝美	1179584	エレベータ操作盤	井上正一
1177107	密閉式冷媒圧縮機	杉本広志	1179585	半導体装置	光岡 宏
1177108	樹脂碍子	{小林澄夫・森 直次 橋 好司	1179586	情報読み取り装置	{大倉忠広・志賀正明 西 健一
1177109	密閉型圧縮機の防振装置	大石善堂	1179587	アーク溶接機のアーク点弧状態検知装置	斉藤弘之・船橋善明
1177110	冷凍装置	百崎俊郎	1179588	形鋼加熱用誘導子	新見明彦
1177111	スクリュードライバー	弘瀬 潔	1179589	内燃機関点火進角特性調整装置	斉藤 実
1177112	密閉型圧縮機の防振装置	忠 五雄	1179590	箱体状制御盤の転倒防止装置	遠藤 譲・佐藤 清
1177113	冷蔵庫	荒野喆也・柳沢祥雅	1179591	内燃機関点火時期調整装置	斉藤 実
1177114	空気調和機等の日除け装置	高木篤志・望月勝美	1179592	誘導加熱装置	喜多村弘明・桂田重穂
1177115	分離形空気調和機の室内側ユニット	関口 浩	1179593	電子機器の取付構造	丸尾 隆・服部好広
1177116	系統保護装置	高田信治	1179594	バルブアクチュエータの直線式開度指示機構	森 哲郎・佐藤正昭
1177117	スイッチの接点調節装置	小林克彦・阪井秀雄	1179595	自動車用電磁式燃料ポンプ装置	藤原弘之・川崎敏照
1178833	帯状体巻取機の自動停止装置	国井郷志	1179596	イグニッションコイル	牛尾和美
1179576	電気マッサージャー	川合輝一・橋本 一	1179597	デジタル・アナログ変換回路	森川富夫
1179577	接触スイッチ	高石 皎	1179598	利得制御回路	中村信弘・山口哲成
1179578	エンドレス切換表示機構	石井 博	1179599	結合機構	小沢靖彦
1179579	内燃機関回転同期パルス検出装置	日野利之	1179600	水中電動機	稲尾 博・佐藤公夫
1179580	印字制御装置	佐藤征男	1179601	ヘアードライヤー	川合輝一・小池利男
1179581	自己保持スイッチ付タイムスイッチ	新川成美			
1179582	マイクロストリップ線路形回路	紅林秀都司・溝淵哲史			
1179583	産業用電気車の制御装置	平尾新三			

〈次号予定〉 三菱電機技報 Vol. 53 No. 9 工作機械・産業設備用電機品特集

特集論文

- 工作機械用直流主軸駆動装置
- 数値制御装置《MELDAS》シリーズ
- 数値制御装置《MELDAS》用パルス幅変調式トランジスタ増幅器
- W5形ワイヤカット放電加工機用制御装置
- 鉄鋼酸洗ライン用新形フラッシュ溶接機
- 三菱—BBC形加圧式自動注湯装置
- 最近の電磁クラッチ・ブレーキとその制御装置

普通論文

- 内部絶縁樹脂封止形トリアックBCR16EMシリーズ
- 複モードホーンを用いた20GHz帯カセグレンアンテナ
- 三菱逆極性ソフトプラズマアーク溶接法の開発と肉盛溶接及び溶接端処理への応用
- エレベータによって発生する居室騒音
- 固定ヘッド式PCM録音機用誤り制御方式の能力評価
- レーザ方式ディスクシステム
- 鉄筋ガス圧接部専用簡易超音波探傷器
- 最近の電車総合試験システム

三菱電機技報編集委員				三菱電機技報 53 巻 8 号	
委員長	喜連川 隆	常任委員	久保田伸夫	(無断転載を禁ず)	
副委員長	浦徳太郎	“	斎藤春雄		
“	後藤正之	委 員	徳山 長	昭和54年8月22日 印刷 昭和54年8月25日 発行	
常任委員	佐々木二郎	“	樋口 昭		
“	増淵悦男	“	神谷友清	編集兼発行人 本間吉夫	
“	葛野信一	“	橋爪 基		
“	三輪 進	“	秋吉俊男	印刷所 東京都新宿区市谷加賀町1丁目12番地 大日本印刷株式会社	
“	高月 一	“	土井貞春		
“	瀬原田三郎	“	貴志清志	発行所 東京都千代田区大手町2丁目6番2号 (〒100) 三菱エンジニアリング株式会社内	
“	高橋広光	“	小野勝啓		
“	忍足 博	幹 事	本間吉夫	発売元 「三菱電機技報社」 Tel. (03) 243 局 1785 東京都千代田区神田錦町3丁目1番地 (〒101) 株式会社 オーム社書店	
“	武田克巳	“	足立健郎		
“	清田 浩	8号特集担当	新良由幸	Tel. (03) 233 局 0641, 振替口座 東京 20018 定 価 1部400円送料別 (年間予約は送料共5,200円)	
“	福家 章				



石油暖房機市場は、低廉な小形石油ストーブと高価なFF式温風暖房機とで二分されていましたが、三菱電機では新しい石油燃焼器の開発により、小形石油ストーブの手軽な使い易さと温風暖房機の快適さとを兼ね備えた、『石油ガス化ファンヒーター』を出現させ、石油暖房機市場に新分野を確立しました。54年度は装いもあらたに、発熱量の異なる2系列の機種を整えました。据付工事が不要で、持運びが自由な小形石油ストーブの長所を持ち、しかも快適な温風暖房のできるファンヒーターです。

特長

形 名		KD-25BT形	KD-32BT形	KD-32B形
電 源		単相100V 50/60Hz		
消費電力	定格消費電力 (燃焼時)	100/98W (50/60Hz)	115/110W(50/60Hz)	
	点火時消費電力 (初期最大)	300W		
暖 房 能 力		約1,600~2,500kcal/時	約2,000~3,200kcal/時	
暖 房 の め や す		6畳~10畳	8畳~13畳	
温 風 循 環 風 量		1.5/1.6m ³ /分(50/60Hz)	1.9/2.0m ³ /分(50/60Hz)	
運 転 音		弱41/42ホン・強43/44ホン (50/60Hz)	弱40/41ホン・強43/44ホン(50/60Hz)	
パ ー ナ ー 名		丸形MAJOC-03B形バーナー		
使 用 燃 料		白灯油(JIS 1号灯油)		
灯 油 消 費 量		0.9ℓ(弱)~0.3ℓ(強)	0.24ℓ(弱)~0.38ℓ(強)	
点 火 方 式		高圧放電点火・自動点火		
定 油 面 器		フロート式・オーバーフロート安定装置付		
油 タ ン ク		4.2ℓカートリッジタンク	別売別置タンク	
燃 焼 用 送 風 機		φ140mm2段ターボファン・2極クマ取り形モータ		
温風循環用送風機		φ64×40mmシロッコファン (モータは燃焼用と共用)	φ70×240mmラインフローファン・ 4極クマ取り形モータ	
温 風 温 度		平均100℃(強燃焼)		
安 全 装 置	炎 検 知 装 置	炎検知棒+IC回路		
	耐震自動消火装置	落球式150~250galで作動(震度5程度)		
	停電時保障装置	瞬時消火(リレー組込み)		
	温度過昇防止装置	ディスプレイメタル式サーモスタット85℃OFF70℃ON+温度ヒューズ(226℃OFF)		
	自己保持回路	リレーによる自動復帰防止		
	移動安全装置 (キャリーオイルカッター)	送油回路しり断、安全弁による自動消火		
装 置	水 検 知 装 置	水検知棒+IC回路		
	外 形 寸 法	高さ501×幅660×奥行245mm(置台:幅707×奥行327mm)		
重 量		21kg	22kg	21kg
空 間 確 保		上100cm横15cm前100cm後11cm		
給 油 接 続 口		なし	なし	φ7.2mm
エアーフィルター		樹脂製フィルター		
色		ゴールド(GD)・アーモンドホワイト(W)		ゴールド(GD)

特長

- 従来の石油ストーブと違い、芯を使いません。
灯油を空気で噴霧し、ガス化して燃す新燃焼方式ですから、完全燃焼してススの発生はありません。気になる臭いは点火・消火時の数秒を除いてほとんど出さずにブルー燃焼します。
- 部屋全体を効果的に暖めます。
温風による強制対流式ですから室内が均一に暖まります。小形ストーブにありがちな局部だけが熱くなる不快感もなく、また部屋の上部に暖気がたまることもありません。
- 火力調節ができます。
送風量を変えれば灯油量も比例して変わる自律燃焼方式ですから、ツマミひとつで完全燃焼のまま火力調節ができます。
- 各種安全装置で万全を期しています。
燃焼部は2重のしゃ熱板でおおい、さらに本体ケースでつつみ、暖かさは温風で取出します。炎が露出していないので火災やヤケドの心配がきわめて少なくなりました。その他、地震時に瞬時に消火させる耐震自動消火装置、異常過熱を生じた時の温度過昇防止装置、停電して再通電後に自動点火を防止する停電時保障装置、灯油に混入した水を検知する水検知装置、炎を監視する炎検知装置などで安全を守ります。(日本燃焼器具検査協会の検査検定合格品です。)