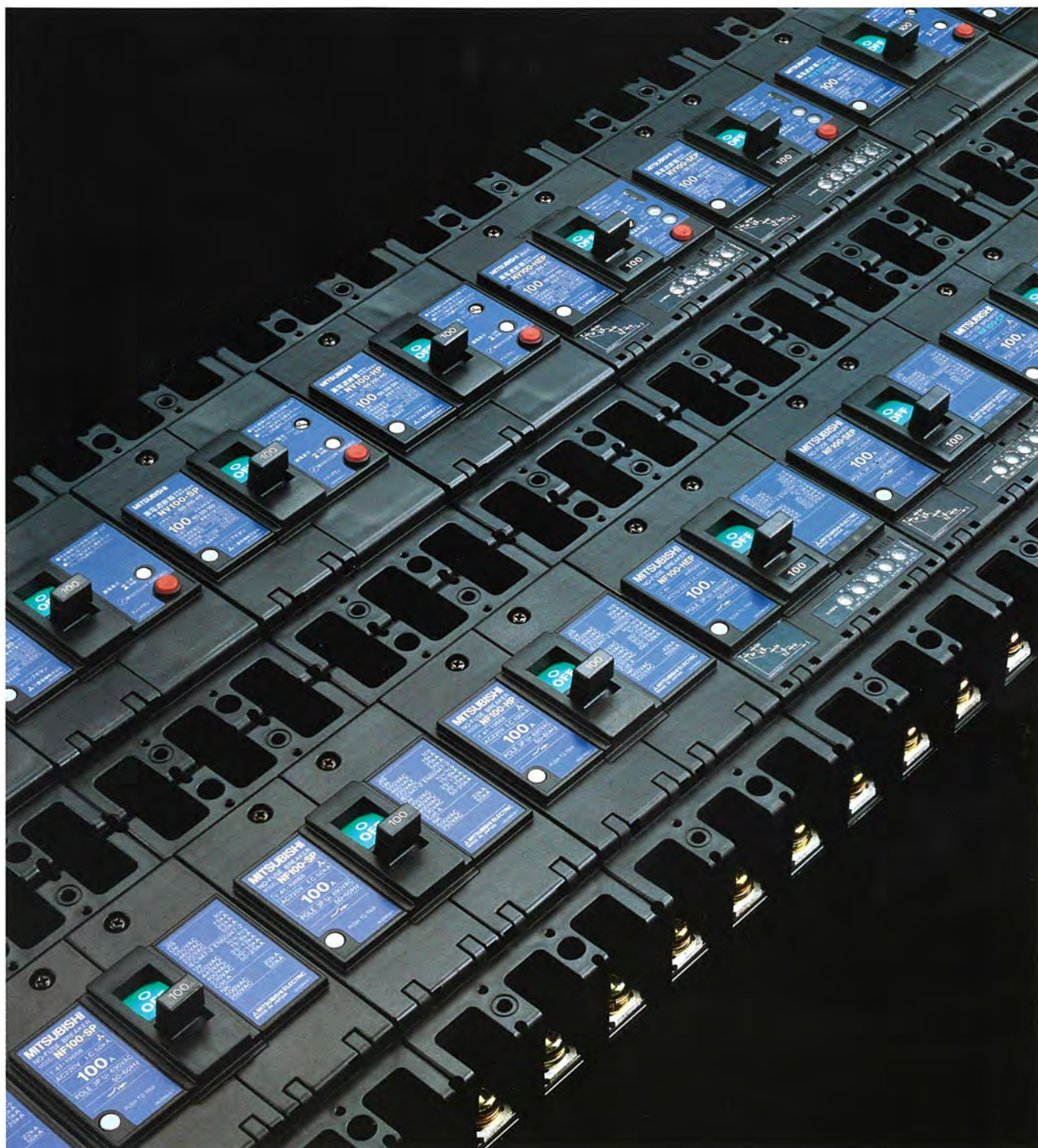


# MITSUBISHI

## 三菱電機技報 Vol.69 No.4

特集 “新型ノーヒューズ遮断器・漏電遮断器”

'95 4



## 特集 “新型ノーヒューズ遮断器・漏電遮断器”

### 目 次

#### 特集論文

高性能低圧遮断器への期待 .....	1
河村達雄	
ノーヒューズ遮断器・漏電遮断器の現状と展望 .....	2
野村兼八郎・久常文之・山田忠利	
新型ノーヒューズ遮断器・漏電遮断器の技術動向 .....	7
望月義範・大石博寿	
新型ノーヒューズ遮断器・漏電遮断器“PSS” .....	13
山根伸示・石井和宏・飯尾 司・藤井 洋・藤井 博	
新型ノーヒューズ遮断器・漏電遮断器の新遮断技術“ISTAC” .....	19
高橋 貢・三橋孝夫・和田勇一	
新型ノーヒューズ遮断器・漏電遮断器の消弧室における三次元磁界解析 .....	24
三橋孝夫・高橋 貢・和田勇一	
新型ノーヒューズ遮断器・漏電遮断器の機構・構造設計における CAE 技術 .....	29
今村 剛・丸山晋一郎・美能義照・福本 宏・宇治川康治・河村正広	
新型ノーヒューズ遮断器・漏電遮断器のモールド材料 .....	36
勝部俊一・上元利和・山崎 悟	
新型ノーヒューズ遮断器・漏電遮断器の消弧絶縁材料 .....	40
山口昌二・西山逸雄・馬場文明・高橋 貢・加藤和晴	
新型ノーヒューズ遮断器・漏電遮断器の遮断後の絶縁性能低下抑制材料 .....	44
加藤和晴・足達廣士・高橋 貢・村上忠禧・西山逸雄・山口昌二	
新型ノーヒューズ遮断器・漏電遮断器のデジタル ETR .....	49
石井和宏・土本雄二・山崎晴彦・金高修子	
新型ノーヒューズ遮断器・漏電遮断器の生産管理システム .....	55
寺沢雅美・梅本 昇・木村幸雄・平川哲真・安藤裕太郎	

#### 普通論文

デジタル制御スイッチギヤ — MA 形 — .....	60
植主雅史・細谷亮造・綾田久和・野間元暢・橋本 正・沼倉 弘	
C アーム型ラジオサージェリシステム .....	66
後藤正治・岸本 健・黒川正明・鈴木保恒・田中常稔・藤田勝三	
東京電力(株)納め衛星利用 ITV システム .....	71
安田和弘・坂戸美朝・億本智子・金正利和	
地域防災無線システム .....	77
南條正則・億本智子・佐々木英文・森本薫雄・白田幸雄	
高性能型多地点テレビ会議システム .....	82
松田茂信・松室昌宏・野田忠義・秋田康貴・三尾武史	
台所用洗浄機“クッキングウォッシャー” .....	88
門間 修・田口秀穂・亀石圭司・小川宏二	
低電圧 8 ビット LCD マイクロコントローラ M38267M8L .....	93
八幡広樹・広瀬進一・三尾雅夫・原田 尚	

#### 特許と新案

「回路しゃ断器」「対物レンズ駆動装置」 .....	99
「冷暖房装置」 .....	100

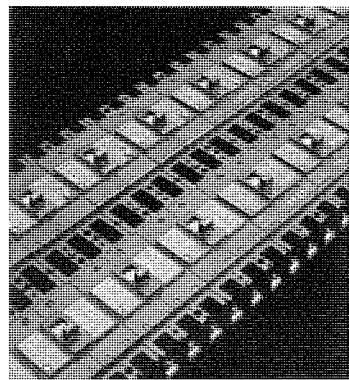
#### スポットライト

デジタルリレー搭載三菱低圧気中遮断器“SuperAE シリーズ” .....	97
スーパーコンパクト漏電遮断器“NV30-CS” .....	98
apricot FAXOCR システム .....	(表 3)

#### 表紙

##### 新型ノーヒューズ遮断器・漏電遮断器

このたび、低圧配電制御分野の市場の動向と技術市場ニーズの動向等を踏まえ、新型ノーヒューズ遮断器・漏電遮断器を開発し発売を行った。基本的なコンセプトは基本機能の向上、フレキシブル高機能化、究極のモジュール化、標準化、ネットワーク化等であるが、このコンセプトを製品に具体化するため以下に示す 4 大機能を搭載した。すなわち、①高限流化・高機能化を可能にした新遮断技術 (ISTAC)、②高精度保護を実現したデジタル ETR 搭載電子式ブレーカ、③効率的な盤設計をサポートする 1 フレーム 1 サイズ、④ユーザ取付け可能なワンタッチカセットである。



三菱電機技報に掲載の技術論文では、国際単位“SI”(SI 第 2 段階(換算値方式)を基本)を使用しています。ただし、保安上、安全上等の理由で、従来単位を使用している場合があります。

## アブストラクト

<p>ノーヒューズ遮断器・漏電遮断器の現状と展望 野村兼八郎・久常文之・山田忠利 三菱電機技報 Vol.69・No.4・p.2～6 (1995)</p> <p>当社は昭和8年に国内で初めてノーヒューズ遮断器を発売して以来、様々に変化する市場ニーズに対応してきたが、バブル経済の崩壊後の社会構造の変化は特に激しいものがある。その結果、市場からは特に経済性に対する要求が強くなる一方、製品仕様面の充実(多機能化・高性能化・フレキシブル化・電子化・システム化等)に対する要求も同時に高まってきた。この論文では、これら市場の動向を踏まえ、ノーヒューズ遮断器・漏電遮断器の現状と展望について述べる。</p>	<p>新型ノーヒューズ遮断器・漏電遮断器の機構・構造設計における CAE 技術 今村 剛・丸山晋一郎・美能義照・福本 宏・宇治川康治・河村正広 三菱電機技報 Vol.69・No.4・p.29～35 (1995)</p> <p>新型ノーヒューズ遮断器・漏電遮断器“PSS”の開発において、従来機種に比べて小型モジュール化、最適設計による設計品質の確保及び開発期間の短縮などの目標を CAE システムによって実現した。今回、開発・導入・適用した CAE システムは、機構の自動設計を実現した機構設計システム、現在脚光を浴び始めている 3DCAD システム、遮断時のダイナミック運動解析を行う機構解析システムである。</p>
<p>新型ノーヒューズ遮断器・漏電遮断器の技術動向 望月義範・大石博寿 三菱電機技報 Vol.69・No.4・p.7～12 (1995)</p> <p>新型ノーヒューズ遮断器・漏電遮断器を構成する各種技術には、製品そのものの機能を形作る製品化技術、その製品を常に最高の品質に維持する品質技術、製品を作りあげる加工技術、生産を短期にかつ短納期で納入できる生産システム技術があり、その技術動向を探る。特に製品化技術の動向では、遮断技術の動向、エレクトロニクス化技術の動向、製品化のための開発設計支援技術の動向、製品化のための国際化の動向について詳しく述べる。</p>	<p>新型ノーヒューズ遮断器・漏電遮断器のモールド材料 勝部俊一・上元利和・山崎 悟 三菱電機技報 Vol.69・No.4・p.36～39 (1995)</p> <p>新型ノーヒューズ遮断器・漏電遮断器の開発では、従来機種と比較して高容量遮断化・小型化にする必要があり、従来の構造用モールド材料では、製品化が困難になりつつある。そこで、高強度・高耐衝撃性を持ち、かつ短絡後の絶縁低下を防止する機能を付加したモールド材料が要求された。今回、特殊ナイロン樹脂からなる熱可塑性樹脂と、金属水酸化物の作用によって短絡後の絶縁低下防止機能を付加した熱硬化性材料を開発し、この遮断器のきょう(筐)体に導入した。</p>
<p>新型ノーヒューズ遮断器・漏電遮断器“PSS” 山県伸示・石井和宏・飯尾 司・藤井 洋・藤井 博 三菱電機技報 Vol.69・No.4・p.13～18 (1995)</p> <p>最近の高機能化、小型化、標準化、使いやすさの重視といった市場ニーズの変化を踏まえ、平成7年1月に4大機能を搭載した新型ノーヒューズ遮断器・漏電遮断器“PSS”(Progressive Super Series)を30～225アンペアフレームについて製品化した。</p> <p>本稿では、その4大機能を中心に、PSSに採用した新技術と特長について説明する。</p>	<p>新型ノーヒューズ遮断器・漏電遮断器の消弧絶縁材料 山口昌二・西山逸雄・馬場文明・高橋 貢・加藤和晴 三菱電機技報 Vol.69・No.4・p.40～43 (1995)</p> <p>ノーヒューズ遮断器・漏電遮断器の小型化及び高遮断容量化を実現させる有機系消弧絶縁材料を開発した。この消弧絶縁材料は、ナイロン樹脂と無機材料からなる複合材料で、耐熱性・機械強度・絶縁性能に優れた特性を持つ。無機材料として、ホウ酸アルミニウムウイスカを用いて電流遮断性能を大幅に向上させるとともに、水酸化マグネシウムの高充填(填)化によって遮断後の相間絶縁抵抗の低下を抑制でき、良好な絶縁信頼性を得た。</p>
<p>新型ノーヒューズ遮断器・漏電遮断器の新遮断技術“ISTAC” 高橋 貢・三橋孝夫・和田勇一 三菱電機技報 Vol.69・No.4・p.19～23 (1995)</p> <p>磁界を利用した新遮断技術“ISTAC”を開発した。ISTACは、磁界中の大電流気中アークの基礎研究と消弧室内の発生磁界の研究に基づいている。この技術では短絡遮断初期のアークと可動電極に強力な駆動磁界を作用させることで、遮断性能の大幅な向上が可能である。新遮断技術ISTACは、新型ノーヒューズ遮断器・漏電遮断器に搭載されており、その保護性能の向上、小型標準化及び高機能化に貢献している。</p>	<p>新型ノーヒューズ遮断器・漏電遮断器の遮断後の絶縁性能低下抑制材料 加藤和晴・足達廣士・高橋 貢・村上忠禧・西山逸雄・山口昌二 三菱電機技報 Vol.69・No.4・p.44～48 (1995)</p> <p>新型ノーヒューズ遮断器・漏電遮断器の高遮断容量化、及び小型化の実現に際して、短絡電流遮断後の絶縁性能が低下する問題が発生した。この原因は、従来から言われていた遊離炭素よりも、接点や導体の金属が溶融・蒸発飛散し、付着して導体層を形成する現象によることを解明し、それに基づき、溶融・蒸発金属ガスと金属水酸化物の分解ガスとを反応させる絶縁性能低下抑制方法を開発して材料への適用を図った。</p>
<p>新型ノーヒューズ遮断器・漏電遮断器の消弧室における三次元磁界解析 三橋孝夫・高橋 貢・和田勇一 三菱電機技報 Vol.69・No.4・p.24～28 (1995)</p> <p>ノーヒューズ遮断器・漏電遮断器の消弧室の三次元非線形静磁界解析を行い、実測が困難な遮断動作時の磁界特性を明らかにした。また、新遮断技術“ISTAC”(Impulsive Slot Type Accelerator)を適用した消弧室では、短絡電流遮断動作時の開極直後において、アークを駆動する電磁力と可動子を開極するトルクとが、従来より大幅に向上することを示した。この解析は、消弧室構造の最適化、設計の効率化に有用である。</p>	<p>新型ノーヒューズ遮断器・漏電遮断器のデジタル ETR 石井和宏・土本雄二・山崎晴彦・金高修子 三菱電機技報 Vol.69・No.4・p.49～54 (1995)</p> <p>デジタル実効値検出、引き外し特性のマルチ可調整化等を、100Aフレームの小型電子式遮断器で実現したが、それに使用した専用 IC とマイクロコンピュータについて述べる。専用 IC は、検出対象である負荷電流から動作エネルギーを得て、しかも、負荷電流の大きさを監視するという過電流引き外し回路の特殊性をすべて担い、さらにはマイクロコンピュータの動作環境も作る。マイクロコンピュータは、デジタル ETR (Electronic Trip Relay)の機能出しのみに専念できる。</p>

# Abstracts

**Mitsubishi Denki Giho: Vol. 69, No.4, pp. 29~36 (1995)**

## CAE Technology for Designing Circuit Breakers and Earth Leakage Circuit Breakers

by Tsuyoshi Imamura, Shin'ichiro Maruyama, Yoshiteru Mino, Hiroshi Fukumoto, Koji Ujigawa & Masahiro Kawamura

CAE technology was employed to reduce the module size and ensure optimum design quality in Mitsubishi Model PSS circuit breakers and earth leakage circuit breakers. The CAE system includes an automatic mechanical design system, a three-dimensional CAD system and a dynamic mechanical analysis system.

**Mitsubishi Denki Giho: Vol. 69, No.4, pp. 2~6 (1995)**

## The Present State and Future Trends in Circuit Breakers and Earth Leakage Circuit Breakers

by Kenhachiro Nomura, Fumiyuki Hisatsune & Tadatoshi Yamada

Mitsubishi Electric launched its first circuit breakers in 1933, and its product line has evolved with new technologies and changing user needs. The collapse of Japan's "bubble" economy has brought about major economic restructuring with customers for circuit breakers and earth leakage circuit breakers simultaneously demanding low price, improved performance, greater versatility, additional functions and solid-state, system-ready design. The article surveys the current state and trends in circuit breaker and earth leakage circuit breakers technology.

**Mitsubishi Denki Giho: Vol. 69, No.4, pp. 36~39 (1995)**

## A Case Material for New Circuit Breakers and Earth Leakage Circuit Breakers

by Shun'ichi Katsube, Toshikazu Uemoto & Satoru Yamasaki

New circuit breakers and earth leakage circuit breakers need to provide higher current capacities while occupying less space than their predecessors. The properties of conventional molding compounds tend to limit this miniaturization. The authors have developed a new case material based on high-strength, shock-resistant thermoplastic-nylon and thermosetting resins filled with a metal hydroxide that helps prevent breaker-operation-induced degradation of insulation resistance. The resin is used for the cases of new circuit breakers and earth leakage circuit breakers.

**Mitsubishi Denki Giho: Vol. 69, No.4, pp. 7~12 (1995)**

## Technology Trends in New Circuit Breakers and Earth Leakage Circuit Breakers

by Yoshinori Mochizuki & Hirokazu Oishi

New circuit breakers and earth leakage circuit breakers depend on a variety of technologies: commercial product technologies that provide the product's basic operating functions, quality control technologies that maintain consistently high quality levels, the fabrication technologies used in manufacturing, and production control technology that supports tight production and delivery schedules. The article surveys trends in product technology, supporting electronics technology, development and design support technology for commercial products and international standards, which also influence the product development cycle.

**Mitsubishi Denki Giho: Vol. 69, No.4, pp. 40~43 (1995)**

## Extinguishing Chamber Insulator Material for New Circuit Breakers and Earth Leakage Circuit Breakers

by Shoji Yamaguchi, Itsuo Nishiyama, Fumiaki Baba, Mitsugu Takahashi & Kazuharu Kato

The authors have developed a nylon-based composite material for the extinguishing chambers of compact, high-capacity new circuit breakers and earth leakage circuit breakers. Nylon resin provides superior heat resistance and mechanical strength, aluminum borate whiskers improve breaker performance, and magnesium hydroxide prevents loss of insulation resistance between phases, assuring high insulation reliability.

**Mitsubishi Denki Giho: Vol. 69, No.4, pp. 13~18 (1995)**

## New PSS Circuit Breakers and Earth Leakage Circuit Breakers

by Shinji Yamagata, Kazuhiro Ishii, Tsukasa Iio, Hiroshi Fujii & Hiroshi Fujii

In January 1995, Mitsubishi Electric launched the PSS line of circuit breakers and earth leakage circuit breakers featuring advanced functions, compact standardized design and ease of use. The PSS line has frame sizes from 30~225A and features four major functions. The article describes the new technologies that support these new features.

**Mitsubishi Denki Giho: Vol. 69, No.4, pp. 44~48 (1995)**

## Materials for Maintaining Insulation Resistance in New Circuit Breakers and Earth Leakage Circuit Breakers

by Kazuharu Kato, Hiroshi Adachi, Mitsugu Takahashi, Tadaki Murakami, Itsuo Nishiyama & Shoji Yamaguchi

Deterioration of insulation resistance following interruptions by short-circuit currents has impeded development of circuit breakers and earth leakage circuit breakers of compact size and increased capacity. The authors have determined that this deterioration originates in vaporization and subsequent deposition of metal from the breaker contacts and conductors rather than carbon deposition as previously thought. A special casing material was developed to suppress this effect. The high-temperature arc causes a reaction between the metal vapor and the gas formed by dissociation of metal hydroxide forming an insulating oxide.

**Mitsubishi Denki Giho: Vol. 69, No.4, pp. 19~23 (1995)**

## ISTAC Breaker Technology for New Circuit Breakers and Earth Leakage Circuit Breakers

by Mitsugu Takahashi, Takao Mitsuhashi & Yuichi Wada

Mitsubishi Electric has developed magnetic field enhancement technology for circuit breaker extinguishing chambers that dramatically improves breaker performance due to the field's effects on the arc behavior and the movable arm in the early stages of breaker action. This impulse-slot-type accelerator (ISTAC) technology is the result of basic research on the magnetic fields generated in the extinguishing chamber and the effect of magnetic fields on the behavior of high-current arcs in air. This new technology raises the guaranteed performance of the corporation's new line of circuit breakers and earth leakage circuit breakers.

**Mitsubishi Denki Giho: Vol. 69, No.4, pp. 49~54 (1995)**

## Digital Electronic Trip Relays for New Molded-Case Circuit Breakers and Earth Leakage Circuit Breakers

by Kazuhiro Ishii, Yuuji Tsuchimoto, Haruhiko Yamazaki & Naoko Kintaka

Mitsubishi Electric has developed compact, electronically controlled circuit breakers with a 100A frame size that allow sophisticated adjustments of RMS detection and tripping characteristics. The article reports on the microcontroller developed for the application. Acting as a special overcurrent relay, the device receives the operating current from the load current, measures it and provides a conditioned supply for operating the microprocessor. The microprocessor functions only to implement the electronic trip relay function.

**Mitsubishi Denki Giho: Vol. 69, No.4, pp. 24~28 (1995)**

## 3D Magnetic Field Analysis for the Extinguishing Chamber of New Circuit Breakers and Earth Leakage Circuit Breakers

by Takao Mitsuhashi, Mitsugu Takahashi & Yuichi Wada

The authors have elucidated the magnetic field characteristics during circuit breaker action in the extinguishing chamber of circuit breakers and earth leakage circuit breakers by conducting three-dimensional nonlinear static magnetic-field analysis. Based on their analysis, the authors developed an extinguishing chamber with an impulse-slot-type accelerator that dramatically increases the contact-opening torque and arc driving force immediately after a short circuit initiates breaker action. These analytical tools contribute to better extinguishing chamber design and a shorter product development cycle.

## アブストラクト

### 新型ノーヒューズ遮断器・漏電遮断器の生産管理システム

寺沢雅美・梅本 昇・木村幸雄・平川哲真・安藤裕太郎

三菱電機技報 Vol.69・No.4・p.55～59 (1995)

ノーヒューズ遮断器へのコスト低減や納期短縮等の市場要求にこたえるため、受注・出荷等の営業情報と自動化生産設備とをオンラインで統合的に結び、物と情報の流れを一元化させた生産管理システムの導入を行った。このシステムの特長は、日ごとに自動生成される組立日程計画に基づいて、在庫・進ちょく(捗)情報をフィードバックさせた加工・納入・部品キitting投入指示を行い、生産性の向上を図るとともに、自動客先納期回答による顧客サービス向上を図った。

### 地域防災無線システム

南條正則・億本智子・佐々木英文・森本薫雄・白田幸雄

三菱電機技報 Vol.69・No.4・p.77～81 (1995)

地域防災無線システムは、市町村の行政機関が設置主体である従来の防災行政無線システムの移動系を、運用面と機能を充実・強化する形で制度化したものである。今後一層の普及が期待されており、システムを構成する統制局用機器、中継局用機器、一般局用機器を開発した。

このシステムの特長は、通話用として最大60チャンネルを使用できるMCA方式で、災害時の情報伝達手段確保に優れており、また、静止画伝送、ファクシミリ電送等の非音声通信の伝達が可能なことである。

### デジタル制御スイッチギヤ—MA形—

植主雅史・細谷亮造・綾田久和・野間元暢・橋本 正・沼倉 弘

三菱電機技報 Vol.69・No.4・p.60～65 (1995)

スイッチギヤのデジタル化を指向し、新しい概念のスイッチギヤを開発した。このスイッチギヤは、広域な電流監視に対してワイドレンジ電流センサを採用するとともに、制御回路の多様性に対してモジュール内の切換スイッチで対応する新方式とし、予測保全を含めた保守支援を可能とした。また、情報の多重伝送により、現地工事の簡素化も可能とした。さらにきょう(筐)体構造に対して主要素部のユニット化を図り、このユニットの組合せでスイッチギヤの最適化と生産性向上を達成した。

### 高機能型多地点テレビ会議システム

松田茂信・松室昌宏・野田忠義・秋田康貴・三尾武史

三菱電機技報 Vol.69・No.4・p.82～87 (1995)

表示映像が切換方式である従来の多地点テレビ会議システムに対し、会議に参加している複数の地点を同時に表示する機能に対する市場の要望が強くなっている。今回、多地点間通信制御装置(MP-2000)のバックエンドプロセッサとして、デジタル画面合成装置を日本電信電話(株)(NTT)と共同で開発した。この装置を用いることにより、①4、9、16分割表示、②話者画面の強調(白枠付加や拡大表示)、③センター地点での多画面アナログ出力、などの機能が実現可能である。

### Cアーム型ラジオサージェリシステム

後藤正治・岸本 健・黒川正明・鈴木保恒・田中常稔・藤田勝三

三菱電機技報 Vol.69・No.4・p.66～70 (1995)

医療用ライナックの技術を応用し、X線を三次元的に患部に集中させ、周りの正常組織への被ばく(曝)を最小限にすることを可能にする治療装置を開発した。この装置ではX線発生部の駆動をCアーム方式によって高精度で行い、回転時に重心が移動して生じる2方向回転アンバランスを、Cアーム回転に連動して動くバランスウェートの装着によって解消させた。また、X線発生部の駆動を安全に行うために、治療台等との干渉を防止する機能を持たせた。

### 台所用洗浄機“クッキングウォッシャー”

門間 修・田口秀穂・亀石圭司・小川宏二

三菱電機技報 Vol.69・No.4・p.88～92 (1995)

新しい方式の台所用洗浄機を開発し、“クッキングウォッシャー”と名付けた。この洗浄機は、ペーンポンプで加圧された水を、高密度で薄膜状の噴流を形成するフラットノズルから高速で噴射して洗浄を行い、また、主穴の周りに補助穴を配置した低騒音形ノズルからの高速空気流で、水切りを行うものである。シンクを二重構造として、洗浄時に高速水流によって引き起こされる霧を低減しており、洗剤を使用しなくても、片手で簡単に洗浄・水切りができ、台所の洗い作業の合理化が図れる。

### 東京電力(株)納め衛星利用ITVシステム

安田和弘・坂戸美朝・億本智子・金正利和

三菱電機技報 Vol.69・No.4・p.71～76 (1995)

民間通信衛星を使用したVSAT(Very Small Aperture Terminal)システムは、国内においても衛星通信の広域性等の特長を生かし多数運用されている。今回、地上回線の設置が困難な山中の工事現場と現場事務所との間の準動画・音声・データの双方向通信を行うことを目的としたVSATシステムを構築し、平成6年3月に東京電力(株)に納入した。このシステムは、簡易な操作性、耐環境性、局移設を容易に行える等の特長を持っている。

### 低電圧8ビットLCDマイクロコントローラ M38267M8L

八幡広樹・広瀬進一・三尾雅夫・原田 尚

三菱電機技報 Vol.69・No.4・p.93～96 (1995)

無線機、電話機用として低電圧8ビットマイクロコントローラ(MCU)M38267M8Lを開発した。このMCUは既存の製造プロセスパラメータ、特にしきい電圧を最適化することで、38000シリーズにおける最低動作電圧(1.8V、4MHz)を実現している。

このMCUはLCD制御回路のほかに、D-A変換器を利用したDTMF(Dual Tone Multi Frequency)、CTCSS(Continuous Tone-Controlled Squelch System)出力機能を内蔵している。

# Abstracts

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 69, No.4, pp. 77~81 (1995)

## A Wireless Emergency-Communication System for Municipal Use

by Masanori Nanjo, Tomoko Okumoto, Hidefumi Sasaki, Shigeo Morimoto & Yukio Usuda

Mitsubishi Electric has developed a line of improved wireless emergency-communication equipment for municipal use that is more versatile and easier to use than previous equipment. The system consists of central office equipment, relay station equipment and user terminals for municipal office use. The system uses the MCA telecommunications protocol to provide up to 60 voice channels, with support for non-voice communications such as still-image and fax transmission.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 69, No.4, pp. 55~59 (1995)

## A Production Control System for Circuit Breakers and Earth Leakage Circuit Breakers

by Masami Terasawa, Noboru Umemoto, Yukio Kimura, Tetsuma Hirakawa & Yutaro Ando

To meet market demand for lower cost and earlier delivery, the authors introduced a production control system for circuit breakers and earth leakage circuit breakers that combines an online sales system for placing and filling orders with an automatic manufacturing line. A production schedule is generated automatically each day. Inventory and progress information are used to control parts-kit preparation, fabrication and deliveries. The system raises productivity and can respond to new orders with an immediate delivery date.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 69, No.4, pp. 82~87 (1995)

## A Sophisticated Multipoint Videoconferencing System

by Shigenobu Matsuda, Masahiro Matsumuro, Tadayoshi Noda, Yasutaka Akita & Takeshi Mio

Multipoint videoconferencing systems usually require manual switching between multiple video signals, but there is a market for systems capable of displaying multiple images simultaneously. The Mitsubishi MP-2000 multipoint control unit for multipoint videoconferencing systems has a back-end processor developed jointly with Nippon Telegraph and Telephone (NTT) Corporation. This digital video mixing equipment can subdivide a screen into 4, 9 or 16 sections for display of separate video signals. It can identify the current speaker with a white frame or an enlarged image, and the control center can export the multiscreen signal as an analog output.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 69, No.4, pp. 60~65 (1995)

## Model MA Switchgear with Digital Control

by Masashi Uenushi, Ryozyo Hosoya, Hisakazu Ayata, Motonobu Noma, Tadashi Hashimoto & Hiromu Numakura

Mitsubishi Electric has developed switchgear featuring digital control, a wide-range current sensor that extends current-monitoring capabilities and modules with built-in switches for a variety of operation modes including preventive maintenance support. The switchgear can transmit operating data to a remote site for simpler installation. Switchgear enclosures are produced by selecting and integrating standard components best suited to the application. This manufacturing process enhances productivity.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 69, No.4, pp. 88~92 (1995)

## New Multipurpose Washer for Kitchen Applications

by Osamu Monma, Hideho Taguchi, Keiji Kameishi & Koji Ogawa

Mitsubishi Electric has developed a new multipurpose washer for kitchen use. The new product is designed to maximize simplicity and efficiency in meal preparation and cleansing of kitchen utensils. A vane pump supplies pressurized water through a precision nozzle forming a thin, high-speed sheet of water with minimum mist production. High-speed low-noise air jets from an air nozzle then remove the water. The utilization of these technologies enable the user to wash items without detergents, and dry a wide range of cooking utensils, tableware and foodstuffs single-handedly.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 69, No.4, pp. 66~70 (1995)

## A Radiotherapy System with a C-Arm Drive

by Masaharu Goto, Takeshi Kishimoto, Masaaki Kurokawa, Yasunobu Suzuki, Tsunetoshi Tanaka, Katsuzo Fujita

Mitsubishi Electric has developed therapeutic equipment based on a medical linear accelerator in which X-rays are concentrated on the target tissue from three directions to minimize irradiation of the surrounding tissue. Use of a C-arm in the drive mechanism for the X-ray source raises precision. A balance weight on the C-arm drive cancels instabilities in two axes that otherwise develop due to rotation of the center of mass. A safety function prevents mechanical interference between the X-ray generator drive mechanism and the treatment table.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 69, No.4, pp. 93~96 (1995)

## The M38267M8L 8-Bit Microcontroller for Radio and Telephone Use

by Hiroki Yawata, Shin'ichi Hirose, Masao Mio & Hisashi Harada

Mitsubishi Electric has developed the M38267M8L, an 8-bit microcontroller for radio and telephone use. By adjusting the threshold voltage and other process parameters, existing production processes were used to fabricate the M38267M8L 38000 Series with a minimum supply voltage of 1.8V at 4MHz operating frequency. The microcontrollers include LCD control circuits, a DAC-based dual-tone multifrequency (DTMF) tone generator for telephone use and a continuous tone-controlled squelch system (CTCSS) for radio use.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 69, No.4, pp. 71~76 (1995)

## A CCTV System for Tokyo Electric Power Co., Inc. Using Satellite Technology

by Kazuhiro Yasuda, Yoshitomo Sakato, Tomoko Okumoto & Toshikazu Kanemasa

Many very small aperture terminal (VSAT) satellite communication systems are currently used in Japan due to the wide-area coverage this technology provides. Under contract to Tokyo Electric Power Co., Inc. Mitsubishi Electric developed a VSAT based bidirectional slow-scan closed-circuit TV (CCTV) system with audio and data capabilities for linking construction sites to local offices in mountainous sites unsuited to laying terrestrial lines. Delivered in March 1994, the system is rugged, weather resistant and easily transported.

## 高性能低圧遮断器への期待

電気エネルギーは瞬時の輸送が可能であり、また、高度の可制御性を有している。このため、多種類のエネルギーの中にあって、電気エネルギーの占める割合は今後ますます大きくなるものと考えられる。したがって、このエネルギーを安定的にかつ高い信頼性を持って供給することは極めて重要な技術課題と考えられる。

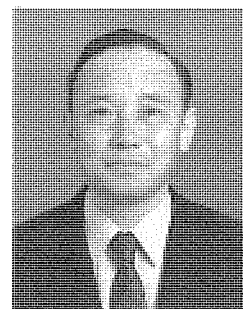
電力エネルギーを供給する需要家に最も近い配電システムに要求されるニーズとしては、システムによって供給される電気エネルギーの供給支障を除去することが第一に必要となる。この目的のために、系統のループ化、複数化、配電線の絶縁性の向上などの対策を施すことによって、配電線事故の著しい低減が実現しており、我が国においては、諸外国と比較して優れた実績が得られている。これとともに、配電システムの安全性が要求されることも言うまでもないことであり、このためには、機器の不燃、難燃性が要求される。

最近のインテリジェントビルによって代表されるオフィスビルのインテリジェント化や家庭・工場などにおける自動化に見られるように、社会システムにおける多くの分野で情報、コンピュータの高度利用が実現している。最近のサイリスタなどの利用増加に伴って、高調波を多く含む負荷の比率がますます多くなり、これに対して品質の良好な電力を高い信頼性を持って供給することが必要となる。

配電システムは、電力供給システムの中にあって、最も一般の需要家に近く、需要家が使用する電気設備に直接かわりの多い機器が接続されている。したがって、ハードウェアに関連する配慮のみならず、ヒューマンウェアへの配慮が必要な電気設備の制御、保護や人体への防護を行う

東京大学名誉教授  
芝浦工業大学工学部  
電気工学科 教授

河村 達雄



遮断器の役割は極めて重要と考えられる。

低圧配線用遮断器は、低圧屋内電路に用いられるモールドケースで覆われた遮断器を言い、ノーヒューズ遮断器とも呼ばれている。遮断及び開閉をモールドケース内の空気で行うことができ、取扱いが安全であるという利点を持っているため、今日まで性能向上に関する技術開発の成果によって、適用の拡大が実現している。また、漏電遮断器は、地絡電流を検出し遮断する機能を有する低圧回路の地絡保護機器として使用され始めてから、急速な普及と高機能化によって適用が拡大され、今日に至っている。

これらの機器に強く望まれることは、高性能化であることは言うまでもない。ノーヒューズ遮断器にあっては、遮断容量や短絡容量の増大が挙げられるが、このためには、アーク物理についての基礎研究が必要となる。また、これらの容量の増大に関する技術開発により、同じ遮断容量を有する遮断器の小型化が実現できる。また、この型の遮断器にあっては、引外しに電磁力による方式が利用されているが、これらを電子化し、保護協調の高度化を図るための技術が今後ますます必要になるものと考えられる。

これらの機器の遮断性能向上と並んで、上に述べた最近の電力負荷の多様化により、これらの遮断器の周囲からの各種の電圧、電流、電磁波などに対する必要な動作の確実性も重要な課題となるものと考えられる。

この特集においては、これらの最近の技術開発の成果が余すところなく網羅されており、その意味でこの分野の研究、開発の努力に深い敬意を表するものである。

今後この分野がますます発展することを、これに関係する者の一人として大いに期待したい。

# ノーヒューズ遮断器・ 漏電遮断器の現状と展望

野村兼八郎\*  
久常文之\*  
山田忠利\*\*

## 1. ま え が き

このたび、新型ノーヒューズ遮断器・漏電遮断器 PSS (Progressive Super Series) (30～225 A フレーム) を発売することとなり、これを契機に三菱電機技報の特集論文を編集することとなった。

当社は昭和8年に我が国で初めてノーヒューズ遮断器を発売したが、その後もろもろの形で、時代は移り変わり、その変化と同時に製品に対する市場のニーズも大きく変化してきている。当社製品は、これらニーズにこたえるために、機種種の充実、大容量化、シリーズ化、電子化等様々な対応を図ってきた。特に最近、バブル経済が崩壊して以来、政治、経済を中心とした社会構造の変化は激しく、その結果、製品に対する市場の諸要求において特に経済面への要求が強くなる一方、製品仕様面での多機能化・高性能化・フレキシブル化・電子化・システム化への要求も同時に強くなってきている。

このたびの新型ノーヒューズ遮断器・漏電遮断器では、これらの市場のニーズを幅広くかつ効果的に製品に反映させる

ために、市場の動向、技術の動向、ニーズの動向等の詳細な調査・研究を行い、製品コンセプトとして基本機能の向上、フレキシブル高機能化、究極のモジュール化、標準化、ネットワーク化に集約した。

この論文では以上のような環境下におけるノーヒューズ遮断器・漏電遮断器に対する当社の取組状況及び今後の展望について述べる。

## 2. 当社ノーヒューズ遮断器・漏電遮断器の歩み

当社は我が国初のノーヒューズ遮断器を発売して以来、戦前は容量拡大と機種種の充実、戦後の産業復興・高度成長期には電力需要の増大に対しては機種種のシリーズ化、そして近年の給電の連続性・電力の無遮断化にこたえた電子式ノーヒューズ遮断器及び監視機能付き遮断器など時代のニーズにこたえるべく様々な製品を発売し、今日に至っている。

ノーヒューズ遮断器・漏電遮断器の歴史の概要を図1に示す。

年次	1930	1940	1950	1960	1965	1970	1975	1980	1985	1990	1995					
市場環境	ノーヒューズ分電盤 配電盤の普及			岩戸景気 電気設備の大型化・大容量化 低圧遮断器の需要拡大		ドルショック 合理化・省力化 ビルの超高層化 400V配電の普及		オイルショック 省資源・省エネルギー ビルのインテリジェント化 ネットワーク配電の普及		円高 平成景気 電力の無瞬断化 電子機器負荷の増大		バブル後不況				
規格				JEM 遮断器用 制定 ( '54)	JIS 遮断器用 制定 ( '55)	電気設備 技術基準 改正 ( '65)	電気設備 技術基準 改正 ( '72)	JIS 制定 漏電遮断器 ( '74)	内線規程 改正 ( '77)	JIS 遮断器用 改正 ( '77)	JIS 漏電遮断器 改正 ( '80)	JIS 遮断器用 改正 ( '86J)	JIS 改正 漏電遮断器 ( '92)			
ノーヒューズ遮断器・漏電遮断器の歩み	国産ノーヒューズ遮断器の開発 機種の充実化 1933 昭和8年 我が国初のノーヒューズ遮断器発表			大容量化 '36 '37 二二五AFノーヒューズ遮断器発売 一〇〇AFノーヒューズ遮断器発売		'52 '54 '59 BH形電灯分電盤用遮断器発売 安全ブレーカ発売 モータブレーカ発売	'64 '65 トライバック遮断器発売 一〇〇AFノーヒューズ遮断器発売	'68 '69 二〇〇AF ノーヒューズ遮断器発売 SCHATTシリーズ発売	'70 '71 シリーズ化 外様化 永久ヒューズ付き遮断器発売 SCHATT+RUシリーズ発売	'73 '74 限流選択ブレーカ発売 電子式ノーヒューズ遮断器発売	'77 全機種IC化漏電遮断器発売	'79 '85 電子化 フレキシブル化 SCRUMシリーズ完成 VJC搭載スーパSCRUMシリーズ発売	'87 高機能化 インテリジェント化 ETR搭載スーパSCRUMシリーズ発売	'88 プレアラーム遮断器漏電アラーム遮断器発売	'90 '91 超限流遮断器発売 高調波・サージ対応IC搭載 ニュースーパーBANVシリーズ発売	'95 PSSシリーズ発売

図1. 三菱ノーヒューズ遮断器・漏電遮断器の歩み

### 3. ノーヒューズ遮断器・漏電遮断器を取り巻く環境と取組状況

#### 3.1 最近の受配電方式

受電方式は一般に1回線受電、本線・予備線受電、ループ受電(そのグループの1か所を開路して運用するかすべてループを閉路して運用するかで、オープンループ受電方式、クローズドループ受電方式に区分される。)、スポットネットワーク受電等があり、それぞれの特長を生かして用いられている。それら各々の系統及び特長を図2に示す。

電源供給信頼度を高めるには二重化受電が必要である。中でも、電線事故時(1回線)及び配電線保守時等に停電しないループ受電方式、ネットワーク受電方式は、大都市圏を中心としたインテリジェントビル等、経済性よりも高信頼度供給を要求されるビルに数多く採用されている。さらに、冗長性の確保に関しては、自家発電併列運転方式があり、最近ではコジェネレーションシステムが台頭してきている。このシステムは、ガスタービンディーゼルエンジン等によって発電を行うと同時に、これらの排熱を利用して、空調・給湯等の熱需要に対応し、エネルギー効率の向上、電力コストの削減をねらったものである。図3に熱電気併合システムの概念を示す。

また、配電電圧の昇圧に関しては、直接的なメリット(電路の損失の軽減、配線サイズの縮小等)とデメリット(配線費の上昇、設備機器費の上昇等)があい半ばするが、業務用オフィスビル等では、OA機器を始め数多くの機器がオフィス内に導入され、その拡張とともに年々大容量の電力を必要としている。こうした負荷増と拡張性にはフレキシビリティのある高圧化が適しており、配電電圧の400V化が年々増加

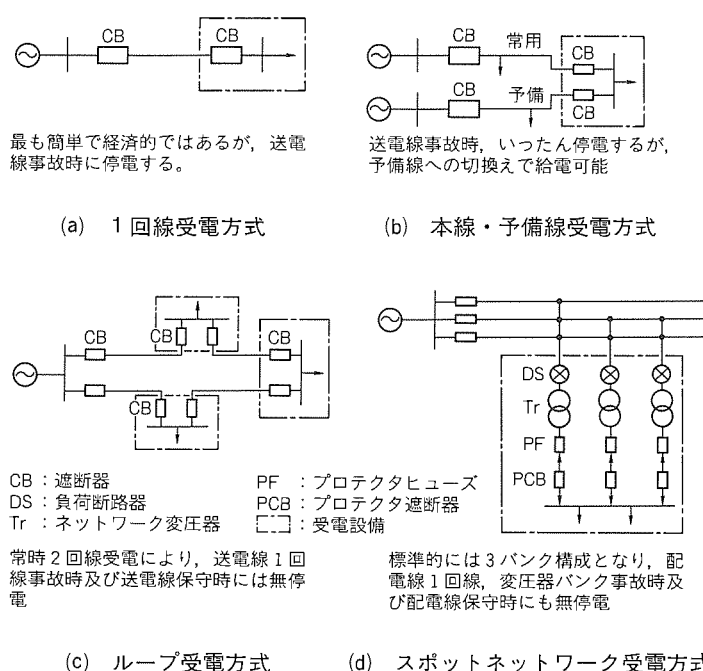


図2. 各種の受電方式

してきている。

#### 3.2 受配電設備への要求機能

##### 3.2.1 電力供給の信頼性の確保

電力供給の信頼性の確保に関しては、前述の受配電方式の二重化、コジェネレーションシステム等の並列運転等が有効であるが、低圧保護機器に対しては高圧と低圧の保護機器間、低圧保護機器同士間、又は低圧負荷機器と保護機器間等の高い保護協調性が必要であり、使用する保護機器も短絡事故等の大電流遮断時の停電領域の局所化のため、高限流・高遮断性能を持つものが必ず(須)である。

また、漏電短絡事故時においても、上位下位の保護機器間での選択協調性も重要である。さらに、最近ではコンピュータ・生産設備・医療現場等の重要回路では、過電流又は漏電等で電路をいきなり遮断せず、過電流若しくは漏電感度電流になる前に警報を出力して給電の連続性及び無瞬断化を確保する方式がしばしば採られるようになってきている。

##### 3.2.2 電力の質の向上

近年、パワーエレクトロニクス技術の急速な進歩により、産業機器はもちろん、家電・OA機器に至るまで広く半導体応用機器が普及してきた。半導体応用機器の多くは、その動作によって高調波電流を発生し、他の機器への供給電圧のひずみの原因となる。その結果、配電制御分野では電力コンデンサの過熱などの障害が増えるなど、高調波対策が大きな問題となってきている。高調波発生源の特定と高調波障害を受けた機器を図4、図5に示す。

この数年一般家庭でのホームオートメーション(HA)、職場でのオフィスオートメーション(OA)、生産現場におけるファクトリオートメーション(FA)等の進展によりますます顕著となっており、産官学において高調波問題に対する

検討が行われてきた。その結果、平成6年9月30日、高調波抑制対策ガイドラインが通商産業省資源エネルギー庁から通達の形(高圧又は特別高圧で受電する需要家の高調波抑制対策ガイドライン、家電・汎用品高調波抑制対策ガイドライン)で発行されることになり、電源高調波の抑制が始まることとなった。

##### 3.2.3 経済性の追及

都心部の地価の高騰(バブルの崩壊とともに地価の値上がりは治まりつつあるが、絶対値は依然高い。)のため省スペースが重要な優先的課題である。したがって、受配電設備への要求は、安価に構成するこ

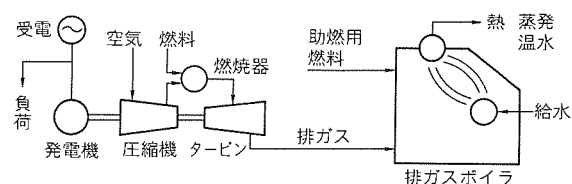
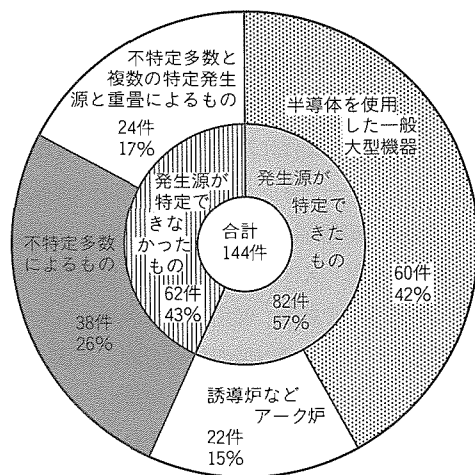


図3. 熱電気併給システムの概念



①電力変換装置  
②電気炉  
③事務用・家電用機器

図4. 高調波発生源の特定

とも含め、盤の小型化、標準化又は省施工化等として表面化している。その要求を受けて、低圧配電保護機器に関しても小型化、薄肉化、標準寸法化、ワンタッチの着脱化等の要求となって現れてきている。また、設計仕様の未決定時の見込み手配を可能とし、設計変更・誤手配等のイレギュラ時のスピーディな対応を可能にすべく現地で自由に着脱できる付属装置を持つ機器等も要求として現れてきている。

### 3.2.4 国際化について

#### (1) EC指令とCEマーキング

EC指令とは、欧州協同体閣僚理事会が、欧州の国別の規制を統一し、安全性が保証された製品の流通を円滑にする目的で発行する指令で、現在までに16種類ほどのEC指令が出されている。このEC指令のうち、通常の機械製品とその電気制御装置のコンポーネントである低圧遮断器や電磁開閉器等に関係する指令は、機械指令、EMC指令と低電圧指令である。このEC指令の対象となる製品をEU域内で流通させる際、義務付けられたのがCEマーキング(CEマークのてん(貼)付)である。

機械指令は、機械の安全上の本質的な要件を規定したもので、工作機械や射出成形機、自動機、建設機械等の産業用機械のほか、可動部に危険性のある家庭用機械製品もその適用範囲に入る。また、EMC指令は、“外部に強い電磁波を出さない。”ことと、“外部から電磁波によって影響を受けない。”ことを規定したもので、テレビ、ラジオ、携帯電話やパソコン等のほか、モータや電磁ソレノイド等を使用した機械や、工作機械のNC装置等が対象となる。これらの各指令によるCEマーキング表示の発効スケジュールを図6に示す。

#### (2) ISO9000シリーズについて

近年、品質に対する顧客の要求はますます厳しくなり、品質改善が良好な経済的業績を達成するために必要である。そ

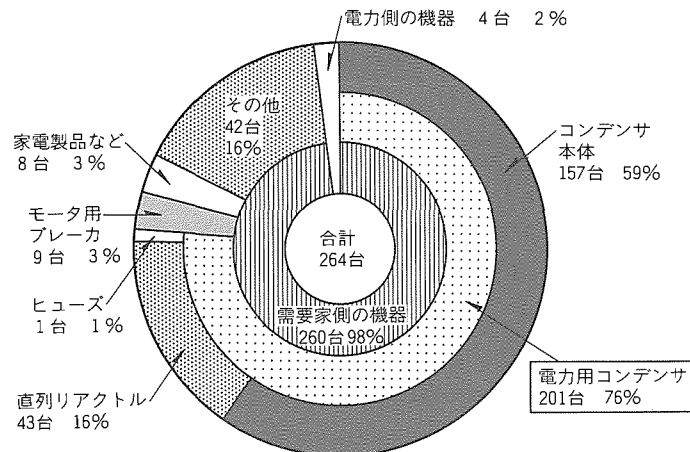


図5. 高調波障害を受けた機器(出典:電気共同研究<sup>(1)</sup>)

	1992 10/28	1993 1/1	1995 1/1	1996 1/1	1997 1/1
機械指令		表示可能		表示強制	
EMC指令		表示可能		表示強制	
低電圧指令			表示可能		表示強制

図6. 各指令のCEマーキング表示の発効スケジュール

のために、仕様書に盛り込まれた適切な製品又はサービスの要求事項を完全なものにする品質システム規格及び指針が必要となる。これがISO9000シリーズであるが、この規格には三つの品質保証モデルがあり、ISO9001では設計、開発、製造、据付け及び付帯サービス、ISO9002では製造及び据付け、ISO9003では最終検査及び試験に分かれている。

当社の遮断器は新型ノーヒューズ遮断器・漏電遮断器の発売に合わせ、設計からサービスまでを対象とした品質システム規格ISO9001を取得している。

#### (3) IEC国際規格

今日の技術進歩等の観点から、従来の規格体系を見直し、低圧開閉制御機器の規格をすべてIEC947に統一し、一般共通規則と製品別の個別規則を設けた。遮断器の新規格については1989年に発行され、1993年から1998年の暫定期間を経た適用となっている。

主な変更点は、①遮断容量の定義、②選択協調遮断のカテゴリ区分追加、③遮断機能の規定、④漏電遮断器適用の追加、その他である。内容的には高い技術を要求される項目もあるが、当社新型ノーヒューズ遮断器・漏電遮断器はこれらの数々の規定をクリアしたワールドワイドな製品となっている。

### 3.3 ノーヒューズ遮断器・漏電遮断器への要求(市場ニーズの動向)

市場ニーズの動向を把握するため、アンケートによる顧客ニーズを調査した結果を図7に示す。図から“工数低減”“盤

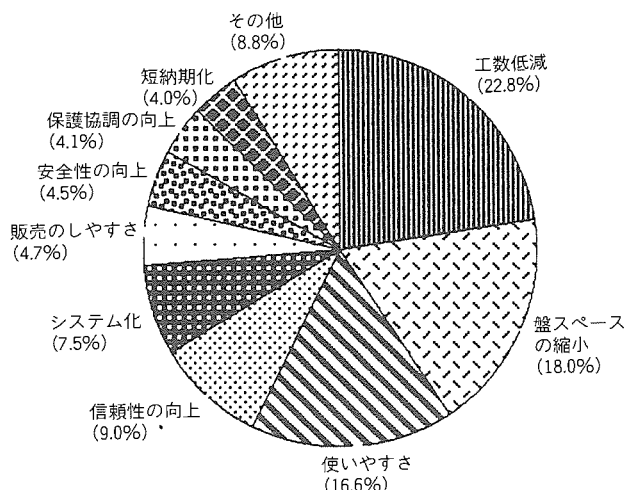


図7. 顧客ニーズの分析結果

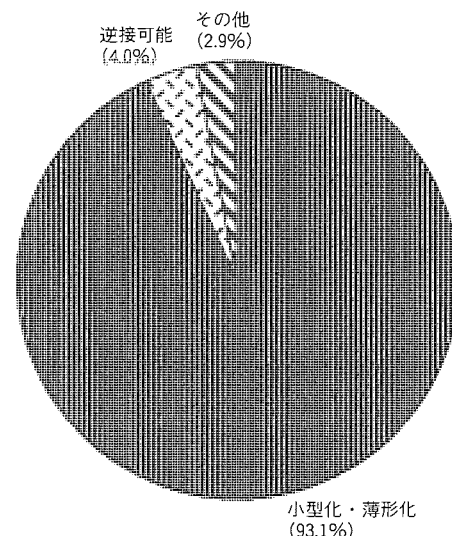


図9. “盤スペースの縮小”の分析結果

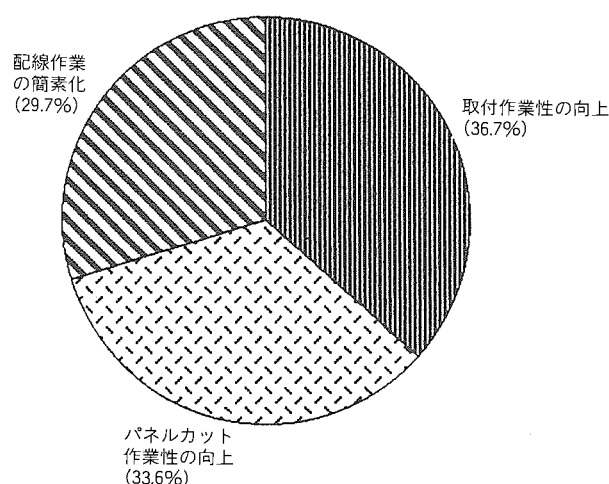


図8. “工数低減”の分析結果

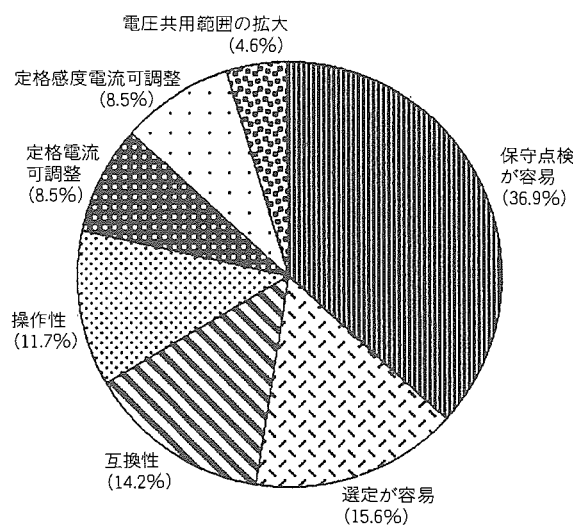


図10. “使いやすさ”の分析結果

スペースの縮小”“使いやすさ”等が上位を占めていることが分かるが、これらを更に分析した結果を図8～図10に示す。まず、“工数低減”の分析結果では、取付作業性の向上・パネルカット加工性の向上・配線作業の簡素化の3項目にほぼ3等分されており、省人・省力化の傾向がはっきり出た結果である。次に、“盤スペースの縮小”の分析結果では、その9割以上を小型化・薄形化が占め、遮断器に対する小型化・薄形化の強いニーズを示している。

また、比率は低いが、電源側・負荷側逆接続可能に対しても根強いニーズがある。最後に、“使いやすさ”の項目では、保守点検が容易、選定が容易、互換性、操作性、定格電流可調整、低感度電流可調整、電圧共用範囲の拡大等のニーズがある。

### 3.4 新型ノーヒューズ遮断器・漏電遮断器のコンセプト

この章で述べてきたノーヒューズ遮断器・漏電遮断器を取り巻く様々な環境及び市場のニーズ等の調査分析等から新型ノーヒューズ遮断器・漏電遮断器の具体的な課題の検討及びあるべき姿の集大成としてのコンセプト作りを行った。それ

らの関係を図11に示す。また、同図には当コンセプトを具体化するために必要な要素技術も併記した。

## 4. 今後の展望

現在も一部では既にそうであるように、将来は更に極端な経済性の追及と高付加価値の追及との2極に分化するものと思われる。前者の方は、CIMに代表される高度自動化による生産、労働賃金が安く将来市場として発展性のある海外での生産、及びより安価な材料・部品・半完成品・完成品等を求めた海外調達等が考えられ、後者の方は、特に半導体技術によるところが大きい。

最近の半導体技術の発展は著しく、マイクロコンピュータに代表されるディジタル化の波は低圧遮断器の技術革新にも影響を与え始めている。高度情報化社会への移行、産業構造の変化とあいまって低圧遮断器に対する要求も多様化しており、ディジタル化・ネットワーク化・システム化の方向

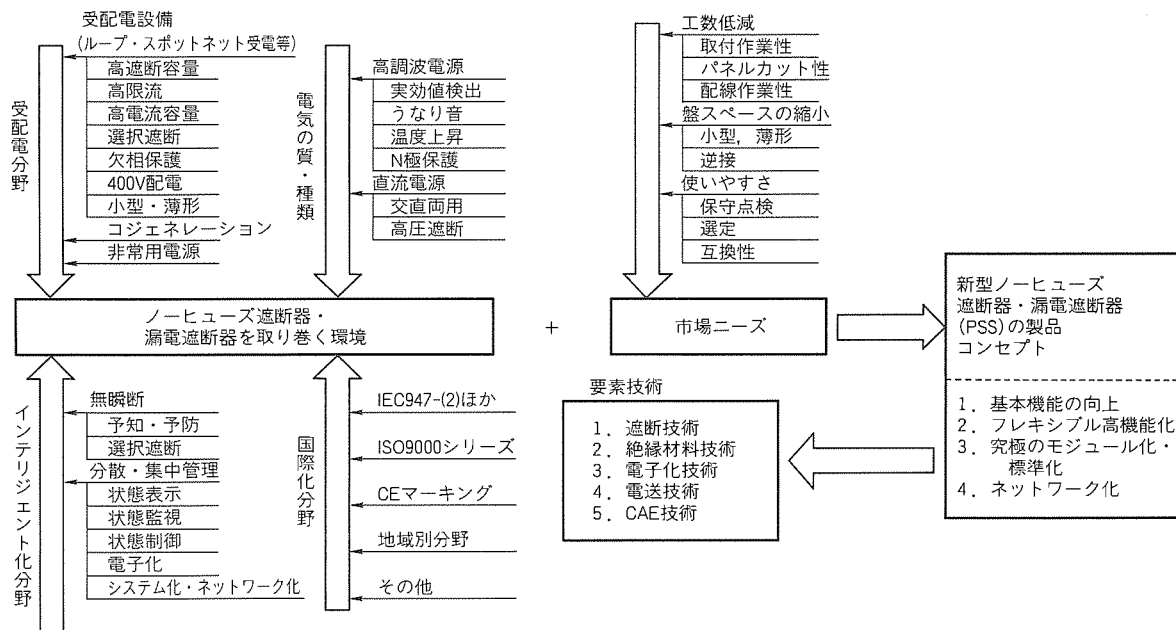


図11. 製品コンセプト関連（新型ノーヒューズ遮断器、漏電遮断器のコンセプト及び要素技術）

へ進み、知識工学を応用した診断エキスパートシステムへと急ピッチで技術革新が進められていくものと考えられる。図12に低圧遮断器の要求される機能レベルとエレクトロニクスの変遷を示す。

## 5. む す び

以上、我々を取り巻く様々な環境下での当社ノーヒューズ遮断器・漏電遮断器の歩み、取組状況及び今後の展望について述べてきた。

ノーヒューズ遮断器・漏電遮断器は、低圧配電線の電気を入り切りし、わずかの過負荷電流から過大な事故電流を遮断すると同時に、電路・機器の地絡による火災や人体の感電事故等から保護する重要な低圧保護機器である。しかしながら、最近の技術動向の変化は、ただ単に前述の基本的な保護機能の深掘りのみならず、例えば異常時の突然の断路を避けるため事前に警報を行い、給電の連続性を確保するという方式等のように、単機能から多機能・高機能が求められるようになってきている。したがって、近い将来配電状態の表示、監視及び制御等を可能とする電子化・システム化に対する要求も一層強くなってくるであろう。

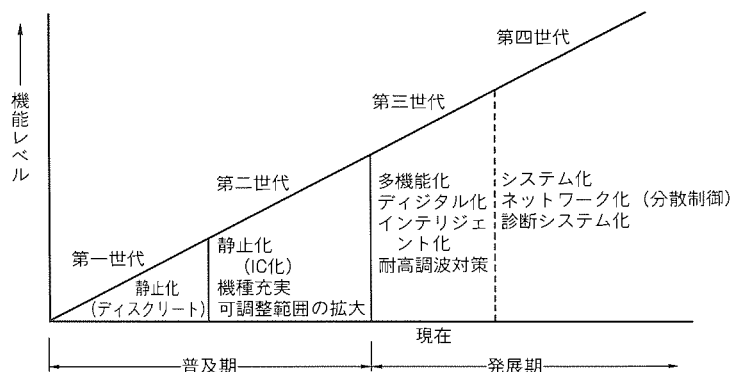


図12. 低圧遮断器のエレクトロニクス化の変遷

我々としては、これら目まぐるしく変化する社会構造の変化から来る技術動向を的確にとらえ、市場に潜在するニーズを反映させた製品作りに鋭意取り組んでいきたいと考えている。

## 参 考 文 献

- (1) (株)電気共同研究会：高調波抑制対策ガイドライン，電気共同研究，46，No.2，17（1990）

# 新型ノーヒューズ遮断器・ 漏電遮断器の技術動向

望月義範\*  
大石博寿\*

## 1. ま え が き

低圧配電系統の電路の保護に使用されるノーヒューズ遮断器は、1928年にアメリカのウェスチングハウス社のエンジニア J. Slepian 氏によって考案されたデアイオン消弧方式に端を発している。世界最初のノーヒューズ遮断器の製品化は1930年に同社からなされ、日本では1933年に当社が初めて行った。その後ノーヒューズ遮断器は、機種構成の拡大や遮断容量の拡大などが行われ、引外し方式もバイメタルを使用した熱動-電磁方式、プランジャを使用したオイルダッシュポット方式（完全電磁式）などを採用した機種が出現してきた。その応用の中で高圧の保護継電器や電力ヒューズとの引外し特性の協調、ノーヒューズ遮断器同志の協調、負荷特性との協調が重要となってきた。その協調のため、引外し特性が可調整の電子式遮断器が出現してきた。

一方、漏電遮断器は、1912年ドイツで電圧動作形が開発された。当社では、1968年に労働省産業安全研究所の認定を受け、発売を開始した。当社でも初期の漏電遮断器の動作原理は電圧動作形であったが、保護範囲が狭い、使いにくい等の欠点があったため、電流動作形を開発し、今日では電流動作形が主流となっている。この漏電遮断器の普及によって、低圧電気設備における感電死亡災害は大幅に減少している（1967年は152名、1986年は17名）。

ところで、近年、電力消費量の増大に伴い、一般家庭でもAC 200Vを使用できる単相3線式の配電方式が普及してきた。その使用に当たって単相3線式の中性線の不十分な接続や事故などによる断線により、中性線が欠相するケースが増大している。万一、中性線が欠相すると、AC 100V回路の負荷機器に異常電圧

が印加されて、電圧耐量の小さい負荷機器では絶縁劣化や焼損に至ることがある。このような事故から負荷機器を保護するために単3中性線欠相保護付き漏電遮断器も出現し、近年急速に普及してきた。1992年の内線規程の改正により、“単3中性線欠相保護付き漏電遮断器を原則として設置すること”となった。

以上のようにノーヒューズ遮断器・漏電遮断器の出現・発展について簡単に紹介したが、今日のノーヒューズ遮断器・漏電遮断器を作りあげている技術については図1のような技術がある。まず、①製品そのものの機能を形作る製品化技術、②その製品を常に最高の品質に維持する品質技術、③製品を作りあげる加工技術、④生産を短期にかつ短納期で納入する生産システム技術、などがある。

以下に、その中の主要な技術とその動向について述べる。

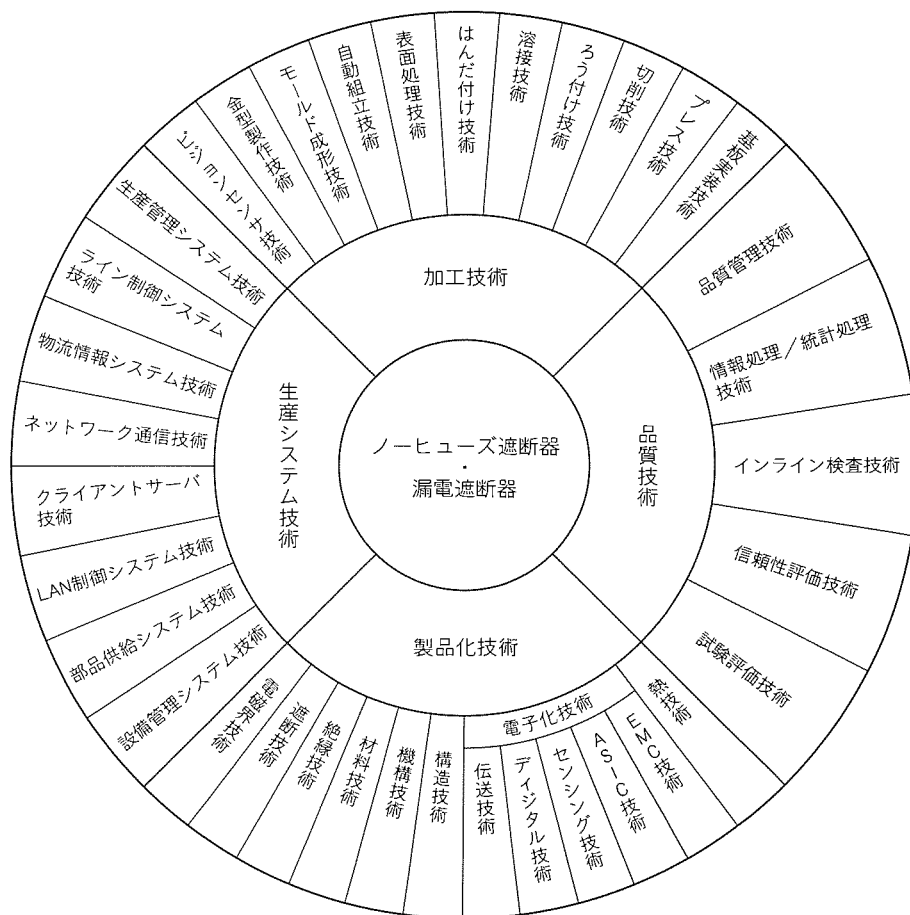


図1. ノーヒューズ遮断器・漏電遮断器を構成する技術

## 2. 製品化技術

### 2.1 遮断技術の動向

ノーヒューズ遮断器が設置されている低圧配電系統の回路で短絡事故が発生すると、ノーヒューズ遮断器は接点を開離させて電流を遮断しようとする。このとき、電流の慣性のために接点間にアークが発生する。このアークは、接点やモールドなどの絶縁物に対して極めて有害であり、速やかに消弧しなければならない。この低圧・空気中でアークを消弧させる装置は、グリッドと呼ばれるV字切欠きを持つ磁性板(通常鉄を使用)を適当な間隔に絶縁物の支持板で支持したデアイオン消弧方式を採用した装置(図2、応用例の一つ)を使用する。このデアイオン消弧方式は、次の三つの作用によって消弧を行う。

- (1) 磁性板に起因する磁束の偏りの一部が、アークに作用して、アーク陰極点をV字切欠きの奥へ移動させ(図3)アークを冷却して消弧を行う。
- (2) 上記(1)と同一の作用により、アークを引き伸ばしかつグリッドによってアークを寸断し、各グリッド間の短いアークに分割することによって、各グリッドにおいて陰極降下及び陽極降下を生じさせ、アークの消弧を行う。
- (3) 上記(1)と同一の作用により、アークを引き伸ばすことによって、アーク柱の電圧降下を増大させ、さらにアークが支持板に触れることによって、支持板から消弧性のガスを放出させアークの消弧を行う。

以上の作用をまとめれば、アークを維持するために必要な電圧(アーク電圧)を高めれば低圧配電系統の電源電圧がアークを維持できなくなって消弧する。また、本来の短絡電流をそのまま流さないで、それを小さく絞る(以下“限流”という。図4)ことができれば、遮断時のエネルギーは小さくてすむ。このアーク電圧を上昇させ、かつ限流の効果を得るため、従来からいろいろな方法が用いられてきた。例えば、大きな短絡電流が流れたとき、平行導体間に作用する電磁反発力によって過電流引外し装置の動作を待たずに反発可動子の接点を早く開き、この接点間に発生したアークのアーク抵抗によって限流を行うものや、端子間に封印されたアルカリ金属が大電流によって自己のジュール熱

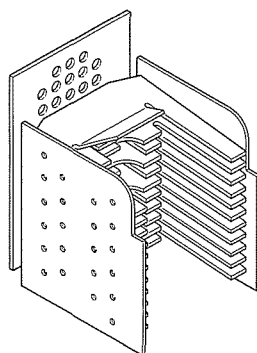


図2. 消弧装置

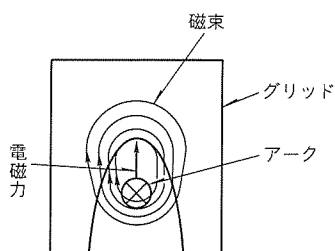


図3. デアイオンの原理

により、高温・高圧の気体に変化し、端子間の抵抗が急激に増加して限流し、遮断完了後は元の状態に戻り、再度使用できる自己復旧形限流素子としての永久ヒューズを使用したものなどがある。

いずれの方式も、やや複雑な構造を持ち、小型で経済的である汎用品に使用するためには更に改良が望まれていた。その課題を解決したのが、1985年に発売したVJC(Vapour Jet Control)技術搭載のスーパースクラムシリーズである。VJC技術は、接点周辺に絶縁物の圧力反射板を配置し、発生するアーク電圧を制御する方法である。

主な効果としては、①絶縁物配置によるアークスポットの強制縮小、②圧力反射によるアーク柱の絞り込み、③断熱膨脹によるアークの急冷効果、④圧力反射板の配置によってアークをタイミングよく消弧室へ移動させる、などがある。これらの効果によってアーク電圧を上昇させ、限流効果が大幅に向上した。このVJC技術の原理とその効果を図5及び図6に示す。このVJC技術は、シンプルな構成であるため、大量に使用される汎用品に適用された。

また、この技術を採用したスーパースクラムシリーズは、内外で高く評価され、毎日工業技術賞やオーム技術賞を受賞した。

ところで、近年のコンピュータやOA機器及びFA機器の普及により、電力の需要の増加は著しいものがあり、また配電盤・分電盤の省スペース化・省工数化・標準化の要求が増大してきている。これらの要求にこたえるべく、今回、新

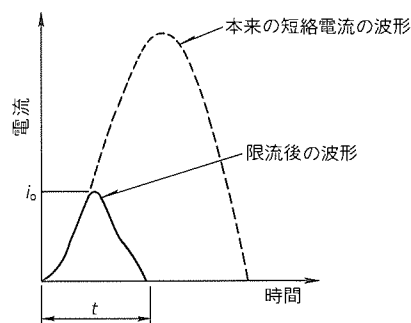


図4. 限流遮断の波形

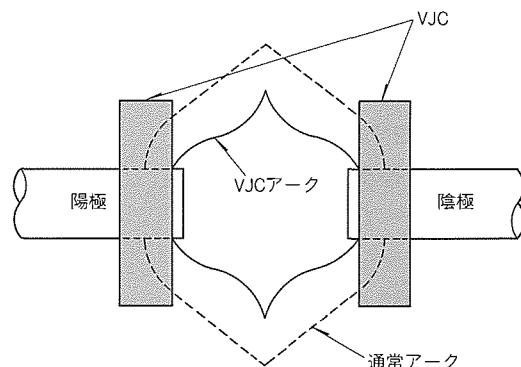


図5. VJCの有無によるアークの差異

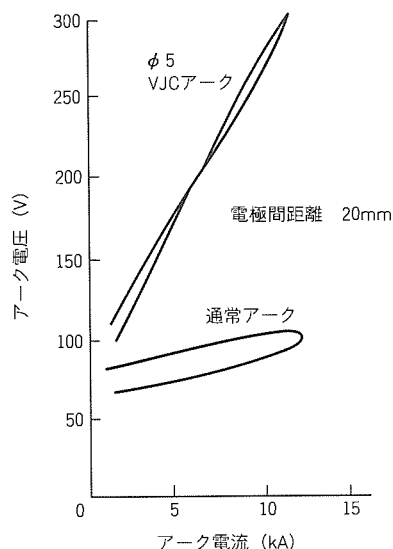


図6. VJCの有無によるアーク電圧の差異

型ノーヒューズ遮断器・漏電遮断器 PSS (Progressive Super Series) を開発した。この PSS には、新遮断技術として、ISTAC (Impulsive Slot Type Accelerator) 技術を採用しており、これによって高限流・高機能化・小型化・国際化を達成した。この ISTAC 技術は、従来の VJC 技術とアークに作用する磁界を利用した新技術を融合させた技術である。これにより、従来以上にアーク電圧を高めることを実現している。詳細については、この特集の別論文で紹介する。

また、絶縁材料についても、遮断性能に大きく影響を与えるため、耐熱性・機械強度・絶縁性能に優れた材料を開発し適用した。この詳細についても、この特集の別論文で紹介する。

ここで、遮断技術の進歩について簡単に述べる。遮断技術は、遮断容量を向上させる方向(限流性能の向上)と遮断器の小型化・標準化の方向とに利用されてきた。これらのことを総合的に表すために、当社ノーヒューズ遮断器の体積当たりの遮断容量の変化を図7に示す。この図で分かるように、当社のノーヒューズ遮断器の体積当たりの遮断容量は、この25年間で約5倍になっている。このような飛躍的な遮断性能の向上は、VJC 技術や ISTAC 技術に代表される当社の遮断技術が大きく寄与しているといえる。今後とも、新たな遮断技術を開発していくことで、ノーヒューズ遮断器・漏電遮断器の発展がなされるであろう。

## 2.2 遮断器の電子化技術の動向

### 2.2.1 エレクトロニクス化の動向

最近のエレクトロニクス技術の発展は著しいものがあり、アナログのトランジスタ(ディスクリット)から IC へ替わり、さらにマイクロコンピュータを使用したデジタル化へと進歩している。また、抵抗やコンデンサもディスクリットからチップマウンティングへと進歩し、ますます高密度実装が行われるようになってきた。ノーヒューズ遮断器の過電流引外

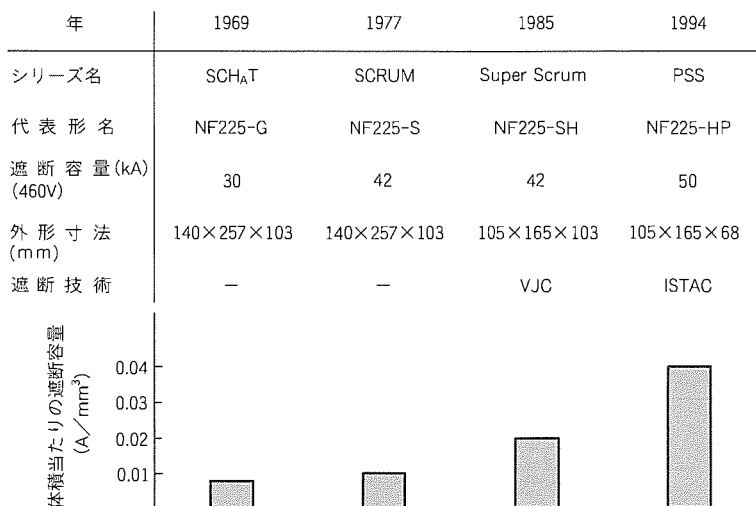


図7. 体積当たりの遮断容量の変遷

し装置を電子化した電子式遮断器は、これらのエレクトロニクス技術の進歩に合わせて表1のように発展してきた。

また、漏電遮断器の漏電検出部も、表2のようにディスクリットから専用 IC へ替り、最近では、インバータ二次側の地絡電流のひずみを除去するアクティブフィルタ回路や、サージアブソーバの使用の拡大による雷サージによる不要動作を防止する DPDC (Dual Polarity Digital Counter) サージ判別回路を採用した高調波・サージ対応 IC へと進歩している。これらのエレクトロニクス技術は検出精度の向上を実現し、不要動作を減少させるのに役立っている。

ところで、デジタル化は更にシステム化・ネットワーク化へと進展し、将来は高圧で行われている知識工学を応用したエキスパートシステムも低圧機器へ適用されるものと考えられる。

### 2.2.2 デジタル化の技術動向

デジタル方式にすると、A/D変換後の処理ではほとんど誤差を生じないので、動作特性の高精度化、特に特性バンド幅を狭くすることができる。

また、マルチ可調整・プレアラームなど高機能化が容易であり特性変更も簡単にでき、かつ小型化の同時実現が図れる。将来的にも、通信機能を入れるなどの発展性がある。

### 2.2.3 高調波電流に対する技術動向

初期の電子式遮断器の過電流引外しの検出方式は、波高値検出であったが、近年のコンピュータや OA 機器の普及に伴う DC 化電源の増大や工場・ビル等での電動機制御用インバータや照明用機器のインバータ普及に伴い、電流波形のひずみが大きくなり影響が無視できなくなってきた。そこで、このような負荷機器の変化に合わせてアナログの実効値検出の専用 IC が開発された。さらに、今日ではデジタル化され、マイクロコンピュータを使用した実効値検出が行われるようになった。このような電流ひずみの増大は看過できないレベルにまで達し、1994年9月30日付け通産省公報で高調

表 1. 電子式遮断器の技術動向

年	1974	1985	1994
シリーズ名 (愛称)	MELNIC	Super SCRUM	PSS
トピックス	我が国初の電子式遮断器	世界初の専用IC	デジタル化
リレーの愛称	—	ETR	デジタルETR
使用半導体	トランジスタ	専用IC	専用IC ダブルIC
アナログ/デジタル	アナログ	アナログ	デジタル
検 出 方 式	波高値検出	実効値検出	実効値検出
過電流保護	中性極にはなし	中性極にはなし	中性極に標準装備 (第3高調波のひずみ)
予 知 予 防	—	—	プレアラーム標準装備
システム化/ネットワーク化	—	—	B/NETとの直接接続

表 2. 漏電遮断器の技術動向

年	1969	1977	1979	1987	1991	1994
シリーズ名 (愛称)	SCH <sub>A</sub> T	SCRUM&NV		Super SCRUM & NV	New Super NVPSS	
トピックス	漏電遮断器 発売	専用IC化			高調波・サージ対応	
使用半導体	ディスクリート	専用IC			高調波・サージ対応IC	
定 格 電 圧	固定	電圧两用			電圧共用	
予知・予防						漏電プレ アラーム
国 際 性						IEC適合 漏電遮断器

波抑制対策ガイドラインの通達が出され、高調波の抑制対策を具体的に行わなければならなくなった。しかし、当社のノーヒューズ遮断器・漏電遮断器・気中遮断器・リモコン機器などは、高調波を出さないか又は出したとしても規制値より小さく、そのまま使用が可能である。

また、ノーヒューズ遮断器の国際規格 IEC947-2 Appendix F にも実効値検出と非実効値検出とは明確に区別し、名板やカタログに表示することとなっている。このように高調波を出さないこと、及び高調波によって影響を受けない実効値検出方式を採用することがますます重要となってきている。

#### 2.2.4 EMCに対する技術動向

EMC は Electromagnetic Compatibility の略で“電磁環境適合性”又は“電磁環境における両立性”と訳され、“装置又はシステムが本来設置されるべき場所で実働に入ったとき、電磁氣的周囲環境に影響されず、かつ影響を与えず、性能劣化や誤動作などを起こさずに設計どおり動作し得る能力”と定義されている。電気・電子機器から外部に強い電磁波を出さない(エミッション: 電磁妨害) こと、また逆に外部からの電磁波の影響を受けない(イミュニティ: 妨害耐性) ことが、強く要求されており、電子式遮断器や漏電遮断器でもこれらの評価を行い対応する必要がある。また、EU 諸国では、1996 年 1 月 1 日から EMC 指令に適合してい

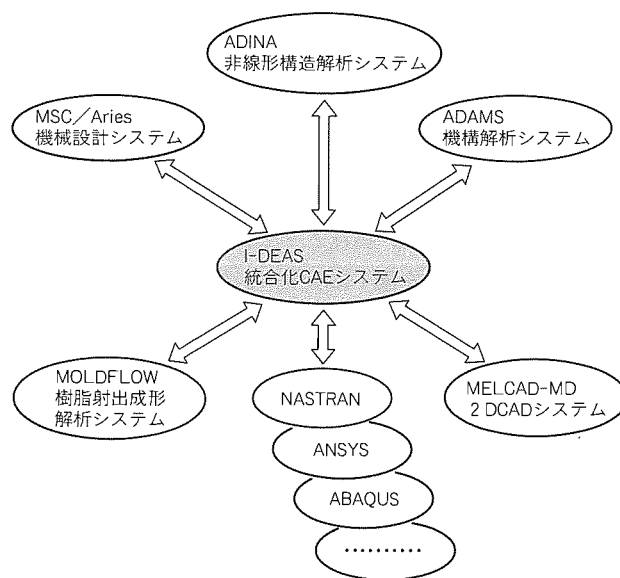


図 8. I-DEASを核にしたシステム環境

ない製品は流通ができなくなり、今後、欧米に輸出する機器は、EMCの規制に適合させるよう対応していく計画である。

#### 2.2.5 B/NETによるシステム化・ネットワーク化

B/NET はビル・工場の受配電/動力/照明/空調などの監視・制御のシステム化や電気・ガス・水道などのユーテ

イリティの検針課金及び防犯防災のシステム化を図り、省エネ、省力化及び監視制御の自動化を行うシステムである。

## 2.3 製品化のための開発設計支援技術動向

### 2.3.1 開発設計支援システムの芽生え

新型ノーヒューズ遮断器・漏電遮断器の開発では、画期的な機能を持った製品を適切な価格で供給することが最終目標であるが、そこに至る開発期間をいかに短縮するかが重要であった。開発期間を短縮するには、設計環境を良好な状態に改善・整備し、その環境を十二分に活用する必要があった。まず初めに、製品開発のプロセス分析を行った。ここでは、製品開発のプロセスごとに、各種情報がどのような処理をしているか、また、その技術は何かを分析し、開発の評価ステップごとの設計統合化支援システムを想定した。

一方、コンピュータのハードウェアとその応用ソフトウェアである CAD・CAM・CAE の進歩は目覚ましいものがあり、このハードウェア及びソフトウェアの選定は、将来を予想して慎重に選定することも重要であった。選定の結果、CAD は当社の機械系 CAD である MELCAD-MD + を導入した。また、CAE は MELCAD-MD + とデータの互換性が持て、かつ図 8 に示すように他の CAE システムともデータの互換性が持てる機種として SDRC 社製の I-DEAS を採用した。

この I-DEAS は、図 9 に示すように、①設計、②解析、③製造、④実験など製品開発に必要なシミュレーションができるシステムである。CAM では、当社製 CAM ソフトであるマシニングセンタ用 SUNCS-MC、ワイヤカット用 SUNCS-WC、レーザカット用 SUNCS-LC、タレットパンチ用 SUNCS-TP、板金展開用 SUNCS-BT と NC データ作成ツール NCOT を導入して整備してきた。

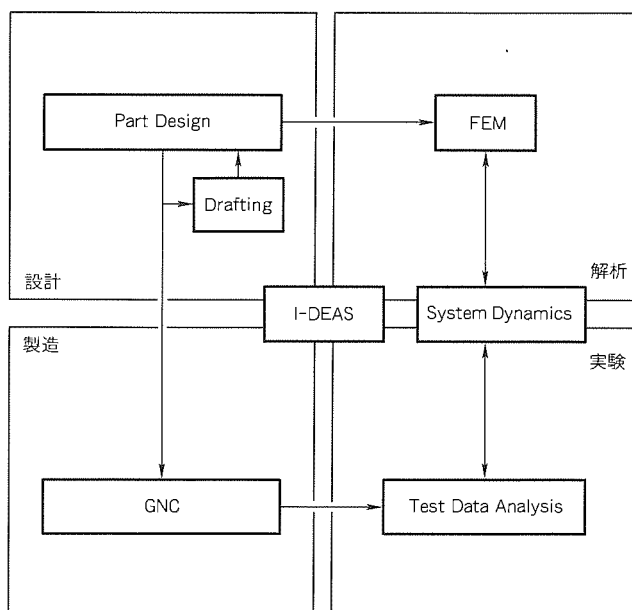


図 9. I-DEAS システム構成

### 2.3.2 ノーヒューズ遮断器設計統合化支援システム

当社の設計生産性を改善・推進する部門として設計システム技術センターが 1993 年の秋に発足したのを契機に、上記 CAD・CAM・CAE を統合した開発設計支援システムを構築するプロジェクトを発足させた。今回の PSS 開発に適用したこの設計統合化支援システムは、以下のシステムで構成されている。①ノーヒューズ遮断器の開閉機構の設計ノウハウを CAE システム化する。②当社の 2DCAD システムのデータを 3DCAD システムである I-DEAS 渡し 3DCAD 化する。③この 3DCAD 化したデータを既存の機構解析 CAE システムである MDI 社製 ADAMS へ渡して解析を行い、リンク機構の動作を視覚化することなどである。さらに、このシステムは、当社製熱設計システム TNET、当社製ばね設計システム VENUS、モールドフロー社製樹脂成形解析システム MOLDFLOW などとの統合を図る計画であり、システム概要を図 10 に示す。今回 PSS の開発に適用した前述の 3 件のシステムについての詳細は、この特集の別論文で紹介する。

## 2.4 製品化のための国際化動向

### (1) 環境のための国際動向

地球環境を悪化させないため、臭素系難燃材の規制、ドイツにおける包装材のリサイクル、オゾン層破壊物質である電子回路のフロンによる洗浄の規制やトリクロロエタンの規制などがでており、その対応を図っている。

### (2) ISO9000 シリーズの動向

ISO 9000 の品質システムは、日本の遮断器業界にもだんだんと取り入れられてきつつある。当社のノーヒューズ遮断器・漏電遮断器・気中遮断器などを製造している工場がプリンタ工場に続いてこのたび ISO 9001 の認証を取得した。このたびの認証は、フランスの認証機関 BVQI で審査を受け、イギリスの認証機関 NACCB 及びオランダの認証機関 RVC で認証を登録した。

### (3) CE マーキングの動向

EU 諸国では人・物・サービス・資本の自由な移動のため EC 指令を出し、その中には CE マーキングを強制するもの

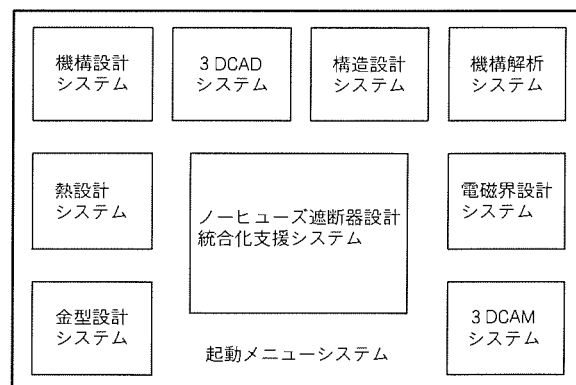


図 10. ノーヒューズ遮断器設計統合化支援システム構成

もあり、ノーヒューズ遮断器・漏電遮断器では低電圧指令・EMC指令がこれに該当し、機械指令も機械に組み込まれるパーツとして関係する。そのための対応を行う計画である。

### 3. 加工・生産システム・品質の技術動向

当社では、NF 30-CSの高度自動化生産ラインの稼働を1991年に開始した。このラインは、“必要な品種を、必要な時に、必要な量だけ、迅速かつ的確に生産して届け、お客様への満足度を高める。”ことをねらったものである。この目的のために“高度自動生産設備”とその設備にダイレクトインできる生産指示情報を営業情報から自動生成する“コンピュータソフト”などを開発し運営している。

34品種のノーヒューズ遮断器を受注情報に応じて最小ロット1台でも即応できるフレキシブルな生産システムにするため、以下の技術を完成させ稼働している。

- (1) IDカードなどを実用した自動段取替え技術
- (2) インライン計測フィードバック曲げ加工組立技術
- (3) 画像認識を採用した自動化による信頼性の高い設備技術

このたびの新型ノーヒューズ遮断器・漏電遮断器の開発に合わせて、125品種の50アンペアフレーム、66品種の100アンペアフレーム、45品種の225アンペアフレームの三つの高度自動化生産ラインを新たに構築した。これらの機種は品種も多く、かつ開閉機構部がNF 30-CSに比較して複雑で総部品点数も多くなっており、営業からの組立順序指示に基づいて物と情報の一元化させた生産管理システムの構築が一段と重要になった。この生産管理システムについては、こ

の特集の別論文で紹介する。また、多品種混流生産を行うために、生産管理システムと同時に以下の加工・品質技術を導入した。

- (1) ライントクト内品種切換えが可能な自動段取替え技術
- (2) 画像処理技術等を利用したインライン自動調整・検査技術
- (3) 自動化による信頼性の高い電気・機構特性検査技術
- (4) 溶接、かしめ、組合せ等をライン化した複合加工技術
- (5) ろう付け電極の段取替えを自動化した自動電極交換技術
- (6) 無人搬送車を利用した自動搬送技術

特に、この高度自動化生産ラインは、インライン自動調整・検査の工程の全工程に占める割合が高いのが特長である。例えば、100アンペアフレームのラインでは、全工程約220のうち約130の検査工程(約60%)が配置されている。この目的は、全数良品の部品・サブ組立部品を次工程に渡すことによって全数良品の製品を作り出し、品質水準を向上させ、高度情報化やCIMなどの高度生産システムに対応することにある。

### 4. む す び

以上、新型ノーヒューズ遮断器・漏電遮断器の技術動向について、製品化技術、品質技術、加工技術、生産システム技術などの動向を概論で紹介した。この新型ノーヒューズ遮断器・漏電遮断器の開発に当たって会得した技術を基に、更に発展・進歩させ、低圧配電システムの保護に貢献していく所存である。

# 新型ノーヒューズ遮断器・漏電遮断器“PSS”

山県伸示\* 藤井 洋\*  
石井和宏\* 藤井 博\*  
飯尾 司\*

## 1. ま え が き

情報化の進展、産業の高度化、都市の近代化、生活環境の多様化に伴い、ビル・工場・住宅用機器のエレクトロニクス化、システムのインテリジェント化の進展は著しく、負荷に電子機器、電子制御機器が接続され、これに伴って高調波の発生、サージ電圧の増大等、電気の質が変化してきている。また、OA・FA・装置産業を始めとして、あらゆる所で電気エネルギーへの依存度が高まり、停電はもとより、瞬時の停電すら許されない電力安定供給の信頼性がますます重要となってきた。

こうした市場ニーズの変化は、またノーヒューズ遮断器・漏電遮断器に対しても、保護性能の向上、信頼性の向上、保護協調の高度化として現れてきている。また、盤設計・製作の効率化のための外形寸法や遮断性能の標準化、省スペースのための遮断器の小型化に対する要望にも根強いものがある。

このような市場ニーズに対応するため、225アンペアフレーム以下のノーヒューズ遮断器・漏電遮断器 PSS (Progressive Super Series) (図1) を製品化した。本稿では、PSS に採用した新技術・特長について述べる。

## 2. PSSの特長

PSS に採用した新技術・機能の主要特長には、次のものがある。

- (1) 高限流化・高機能化・小型化・国際化を可能にした新遮断技術 ISTAC (イスタック)
- (2) 高精度保護を実現したデジタル ETR 搭載電子式遮断器
- (3) 1 フレーム・1 サイズの標準化
- (4) ユーザ取付可能なカセット付属装置
- (5) IEC947-2・EN60947-2 適合可能
- (6) 充実の用途別遮断器

以下、これらの詳細について説明する。

### 2.1 新遮断技術 ISTAC

PSS では、新遮断技術 ISTAC (Impulsive Slot Type Accelerator) を採用し、限流性能を向上させ、遮断器に占める遮断消弧室スペースを縮小した。

遮断性能を表現するのに、限流という言葉が使われる。この限流とは、短絡時の遮断器の抵

抗を高めて、流れようとする短絡電流を小さく制限する機能であり、電流をより小さく制限できるほど、遮断も容易になり、選択遮断領域が拡大し、カスケード遮断性能も向上する。ISTAC は、限流効果の立ち上がりを早める可動子・アークの高駆動力構造と、遮断時の絶縁性能を高める新絶縁材料によって構成されている。

#### 2.1.1 ISTAC 電流路

短絡時の限流効果の発生が早ければ早いほど、小さい電流から限流を開始するので、結果的に通過電流せん (尖) 頭値を小さくすることができる。そのためには、短絡初期に可動子をより早く開極し、アークをより長く引き伸ばすことが重要である。大電流アークでの基礎実験によると、駆動磁場によってアークを引き伸ばすことができるのは電流が比較的小さい間だけで、大電流となるとアークの電極蒸気流が強大になり、磁場の効果が生かせない。したがって、アークを引き伸ばす駆動磁場は、電流が大きくなる前の可動子の開極初期にこそ必要である。

図2に示す従来の U ターン固定子では、電流 B と電流 C による反発力が可動子に加わるが、電流 A と電流 C による吸引力も逆方向に可動子に加わっており、可動子を開極させる力が有効に発生していなかった。

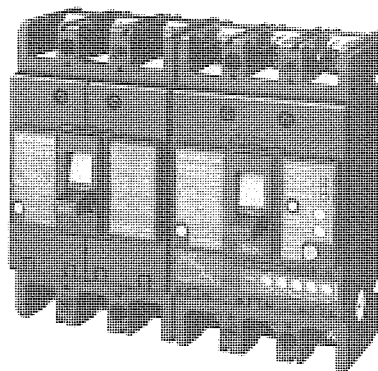


図1. PSS遮断器の外観

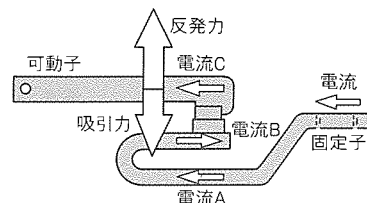


図2. 従来方式Uターン固定子

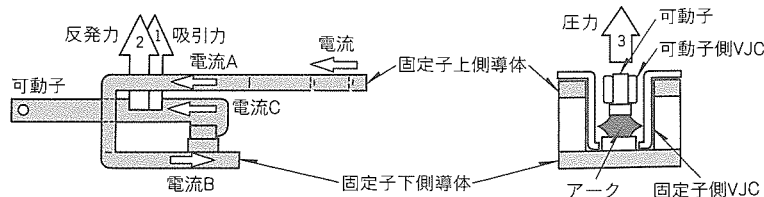


図3. ISTAC構造

ISTACでの電流路は、図3に示されるように、開極初期において固定子を形成するすべての電流路が、可動子やアークを駆動する方向に構成されている。開極初期において発生する電流Aと電流Cによる吸引力は、可動子を開極させる方向に働き、電流Bと電流Cによる反発力も、可動子を開極させる方向に作用する。さらには、次項で説明する細げき(隙)遮断構造の固定子と可動子間のアークによって発生する圧力も加わり、三つの力で可動子を高速開離する(図4、図5)。

### 2.1.2 細隙遮断と新絶縁材料

ISTACでは、従来のVJC技術(Vapor Jet Control)を固定子と可動子に採用し、さらに固定子側VJC絶縁材料で遮断部を囲む細隙遮断方式としているので、アーク抵抗が飛躍的に高まる。しかし、従来方式に比べてアークに触れるVJC絶縁材料の面積が広いため、VJC絶縁材料の性質が遮断に大きな影響を及ぼす。ISTACではVJC絶縁材料にナイロン系の樹脂をベースに充てん(填)材としてセラミック繊維や金属水酸化物を配合した新絶縁材料を開発した。これはナイロン系の樹脂の方が、従来のVJC絶縁材料よりアークに触れたときの表面の炭化やすすの発生量が少ないためである。また、充填材としてセラミック繊維や金属水酸化物も、遮断時の炭化物生成を抑え、遮断直後の絶縁回復力向上に役立っている。

### 2.1.3 限流性能の向上

以上で説明したISTAC技術により、次のような限流性

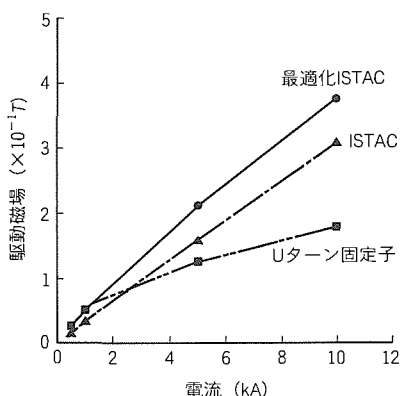


図4. アーク駆動磁場

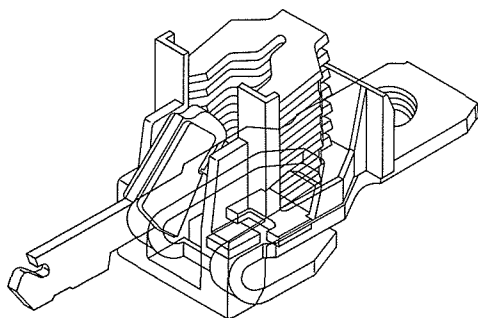


図5. ISTAC細隙構造

能(図6)の向上を達成した。

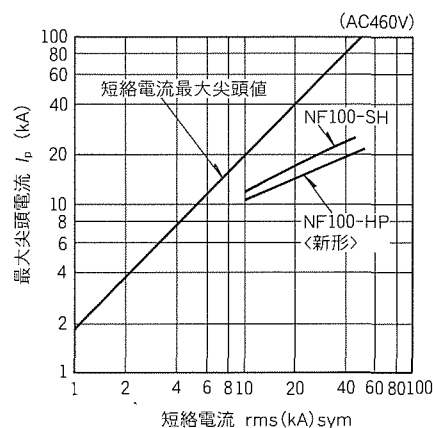
- (1) 最大尖頭通過電流 $I_p$ は、約80%に低減(100AF)
- (2) 通過エネルギー $I^2t$ は、約65%に低減(100AF)

この限流性能向上により、次のような選択遮断領域の拡大や、カスケード遮断性能の向上を実現している(図7、図8)。

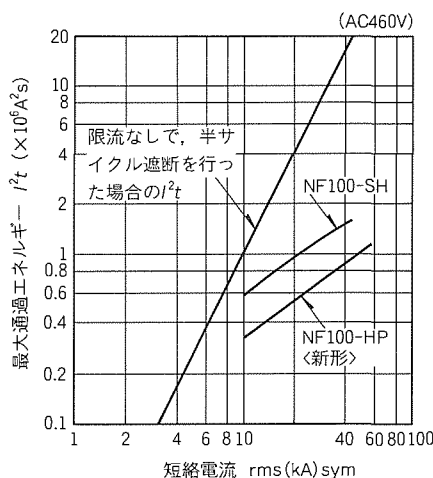
### 2.2 デジタルETR搭載電子式遮断器

1987年発売のSuper SCRUMシリーズでは、アナログ実効値検出方式のETR(Electronic Trip Relay)を搭載した電子式ノーヒューズ遮断器を225Aフレーム以上でシリーズ化し、定格電流可調整や短限時引き外し電流可調整、さらにはひずみ波負荷電流でも特性変化が少ないことを特長とし、好評を得てきた。1988年には、負荷電流の事前警報機能を持つ電子式プレアラーム遮断器を225Aフレーム以上で発売し、給電の信頼性向上を提案してきた。

しかしながら、これらの電子式遮断器は可調整項目が定格電流と短限時引き外し電流のみであったため、高圧側OCR・電力ヒューズとの協調がとりにくい場合があり、マルチ可調整方式の電子式遮断器の要求も高まっていた。また、予知予防保全のための、プレアラーム機能付き遮断器につい



(a) 通過電流尖頭値特性



(b) 通過 $I^2t$ 特性

図6. 限流性能の向上

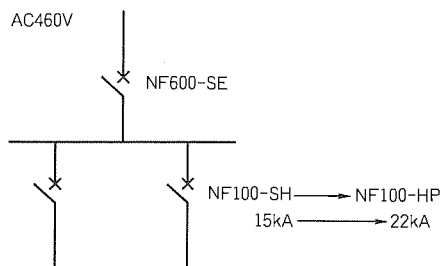


図7. 選択遮断領域の拡大

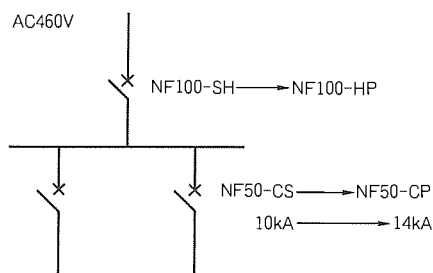


図8. カスケード遮断性能の向上

ても、100 A フレーム以下でのニーズが増加している。

今回の PSS では、熱動電磁形の遮断器以外に、100 ~ 225A フレームで、電子式ノーヒューズ遮断器・電子式漏電遮断器をシリーズ追加した。それらの ETR に、当社のマイクロコンピュータと、IC 設計と遮断器用回路設計のノウハウを結集した専用 IC のダブル IC によるデジタル実効値検出方式を採用した。これにより、高精度で、しかもマルチ可調整で、更にプレアラーム機能付きのデジタル ETR を実現した。図9にこのデジタル ETR に採用した専用 IC と、マイクロコンピュータの外観を示す。

### 2.2.1 専用ICの役割

マイクロコンピュータを使用すると、高機能化が容易となるが、そのマイクロコンピュータを動作させるための周辺回路として、定電圧回路とか相選択サンプリング回路等が必要となる。この周辺回路を、標準的な IC やトランジスタ等で構成すると回路サイズが大きくなるため、専用 IC を開発して周辺回路を1チップ化し、ETRの小型化を実現した。

また、この専用 IC には図10に示すように、瞬時引き外し回路やウォッチドグタイマ回路 (マイクロコンピュータ監視回路) も含まれており、信頼性向上にも役立っている。

### 2.2.2 デジタル実効値検出

マイクロコンピュータは、専用 IC に各相ごとの負荷電流アナログ信号をサンプリングさせ、そのアナログ信号をアナログ/デジタル変換器で、デジタル信号に変換する。そのデジタル信号を2乗し、100msの集計期間で各相ごとに実効値演算を行い、その実効値演算結果が所定値を越えている場合には、長限時及びプレアラーム特性処理を行う。図11に実効値演算処理フローを示すが、負荷電流が正弦波で

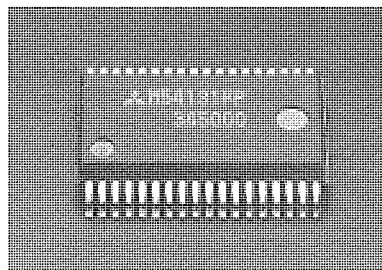


図9. IC外観

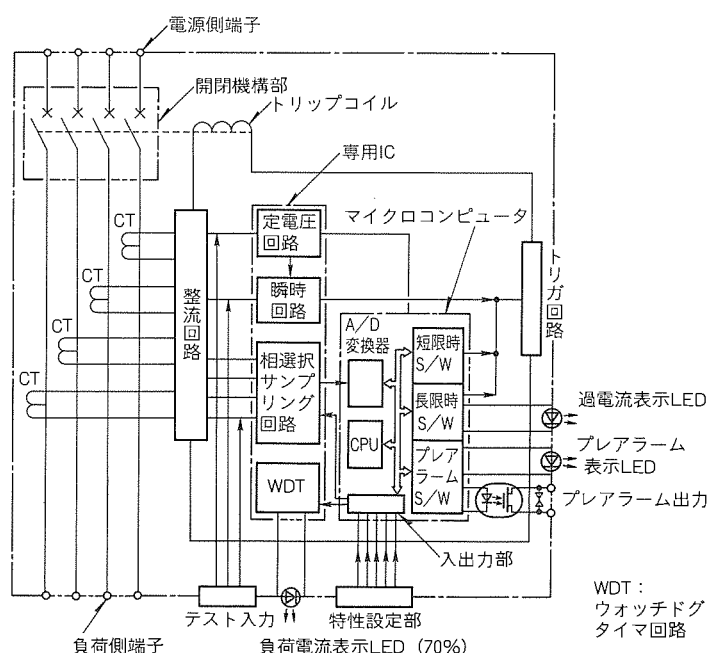
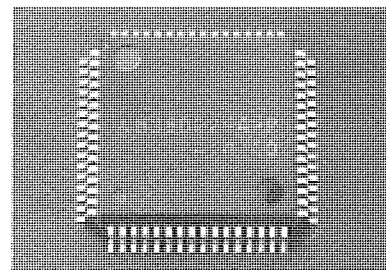


図10. デジタルETRブロック図

もひずみ波形でも、実効値が同じであれば、引き外し特性が同じになることが分かる。

短限時引き外し領域では、実効値演算処理をすると時間遅れが問題となるため、20msごとにピーク値演算処理を行って、引き外し特性を得ている。

また、従来のアナログETRは、断続的に流れる負荷電流の場合にも電線を保護できるように構成されていた。今回のデジタルETRにも、熱的信号を記憶する機能を組み込んでおり、通電開始時にマイクロコンピュータがコンデンサに記憶された以前の熱的信号を読み込んで、過電流状態の処理を行うよう構成している。このため、熱動電磁形の遮断器と同じように、継続負荷のある電線の保護も可能となっている。

### 2.2.3 マルチ可調整

図12の引き外し特性可調整部で示すように、100 A フレームで5項目、225 A フレームで6項目のマルチ可調整としている。その可調整項目は下記である。

- (1) 定格電流 .....  $I_n$  (100 A フレームを除く)
- (2) 長限時動作時間 .....  $T_L$  (60-80-100s)
- (3) 短限時引き外し電流 .....  $I_S$  ( $I_n$  の2 ~ 10倍10段)
- (4) 短限時動作時間 .....  $T_S$  (0.06-0.1-0.2-0.3s)

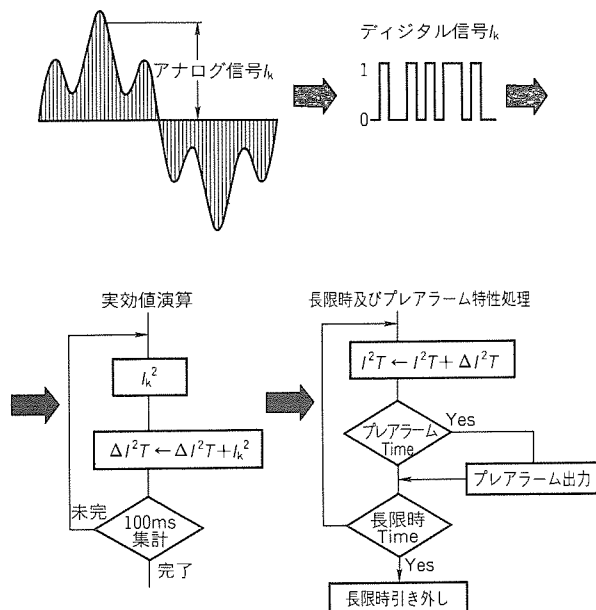


図11. デジタル実効値処理

- (5) 瞬時引き外し電流……………  $I_l$  ( $I_n$  max. の4～16倍)  
 (6) プレアラーム電流……………  $I_p$  ( $I_n$  の70～100% 7段)  
 このマルチ可調整化により、高圧側 OCR・電力ヒューズや負荷機器との協調が得やすくなっている。図13には、高圧側電力ヒューズや電動機との協調検討例を示す。

#### 2.2.4 プレアラーム機能

プレアラームとは、定格電流以下のプレアラーム電流設定値を負荷電流が越えて流れ続けると、外部に対して警報を出す機能で、この警報によって遮断器がトリップする前に停電回避処理を施せるという特長がある。このプレアラームを電子式ノーヒューズ遮断器にソリッドステートリレー出力付きで標準装備し、しかもその警報特性を図14のように長限時特性と平行な反限時特性に改良してある。このため、ヒータ回路のような始動時間の長い負荷がある場合でも、 unnecessary 警報を出さず信頼性が向上する。電子式漏電遮断器には、オプション取付可能としている。

#### 2.2.5 フィールドテスト機能

PSS のデジタル ETR には、図15に示すように、テストコネクタが用意されており、長限時引き外し・短限時引き外し・瞬時引き外し・プレアラームの各動作特性を、別売りのポータブルテストによってチェックできる。またこのとき、遮断器本体に装備の負荷電流表示 LED・プレアラーム表示 LED・過電流表示 LED の点灯により、デジタル ETR の動作状況を容易に把握できる。

#### 2.3 1 フレーム・1 サイズの標準化

同一アンペアフレームの遮断器の外形サイズを、同一寸法に標準化した。この結果、30～225 A フレームにおいて、外形サイズが従来の10種類から3種類にモジュール化できた。しかもこの中には漏電遮断器のみでなく、次の9種類の

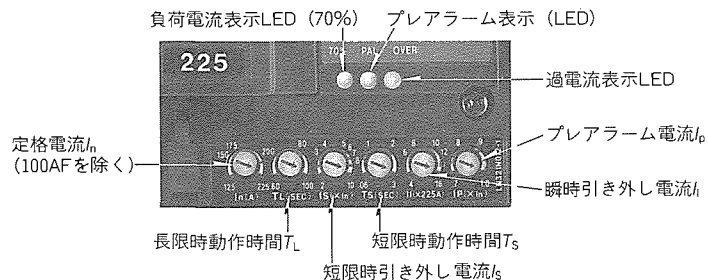


図12. マルチ可調整部

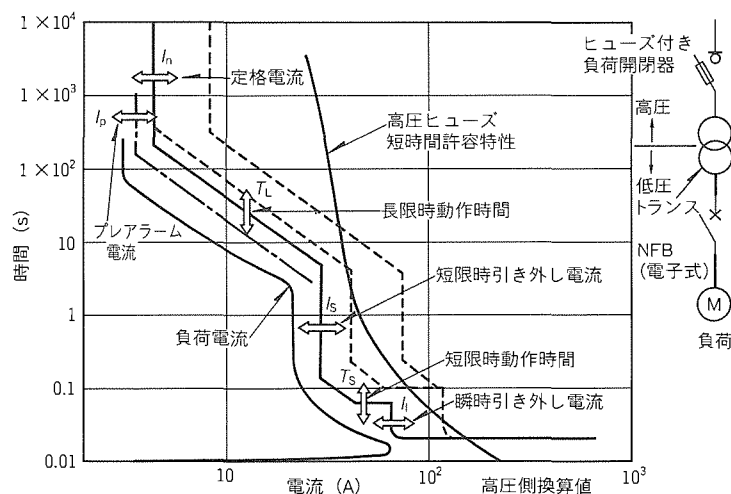


図13. 高圧協調例

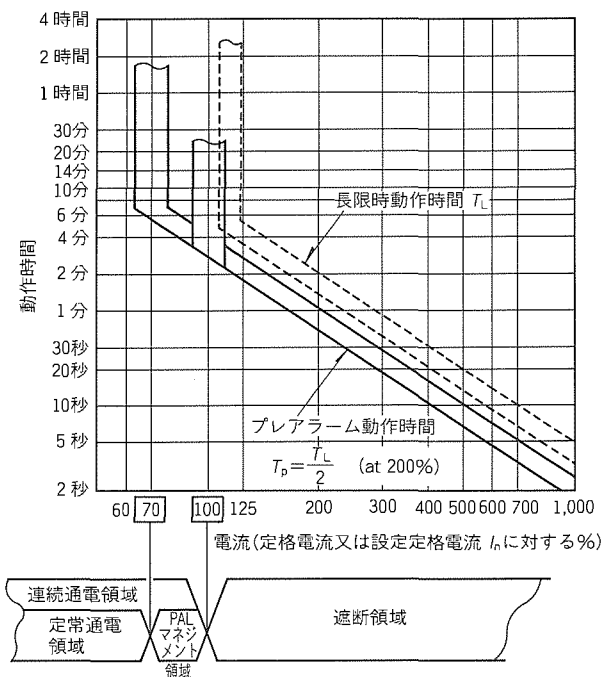


図14. プレアラーム動作特性

シリーズを含んでいる。これらの標準化は、ISTAC 新遮断技術によるところが大きい。

$$[NF-C] = [NF-S] = [NV-C] = [NV-S] = [MB] = [MN] = [NF-Z] = [NF-N] = [NV-N]$$

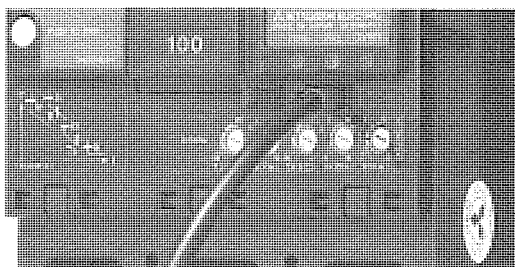


図15. フィールドテスト

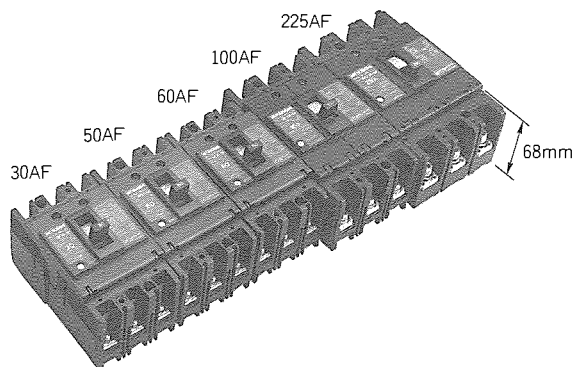


図16. 高さ統一

これにより、遮断容量の変更のみでなく、ノーヒューズ遮断器から漏電アラーム遮断器への変更等、保護機能の仕様変更にも、盤の仕様を変更することなく対応できる。さらに、4極品も3極品モジュール寸法を基準とした寸法にしてあるので、盤設計が効率的である。

また、これら多彩な製品群の高さを、30～225 A フレームにおいて68mmに小型化統一してあり、特に225 A フレームでは、大きな小型化効果が得られている(図16、図17)。

#### 2.4 カセット付属装置

仕様変更への柔軟な対応、発注の簡素化を可能とするユーザ取付可能なカセット付属装置(図18)を、全機種に用意した。二重カバー方式で、主回路充電部に対する絶縁を確保し、しかもワンタッチで装着可能である。カセット付属の種類(表1)は、

- (1) 警報スイッチ(AL)
- (2) 補助スイッチ(AX)
- (3) 電圧引き外し装置(SHT)

であり、この3種類を30～60 A フレーム、100 A フレーム、225 A フレームの各 A フレームごとに用意している。組込み出荷又は部品販売も可能である。カセット付属装置の装着は、遮断器をトリップさせてから行う。

#### 2.5 国際規格対応

PSS のノーヒューズ遮断器では、標準品で IEC 947-2 か EN 60947-2 に適合できるよう設計してある。JIS C 8370 と IEC 947-2 の主な違いは遮断試験であり、新遮断技術 ISTAC の開発が重要なポイントとなった。図19にノーヒューズ遮断器の名板例を示すが、標準で EN 60942-2 に適

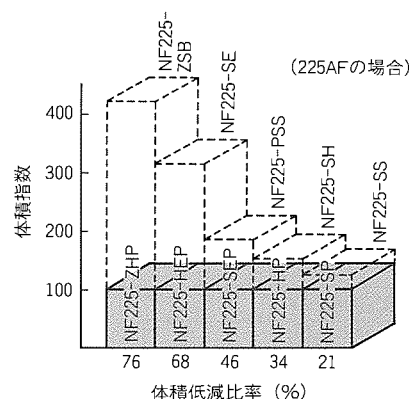


図17. 小型化統一

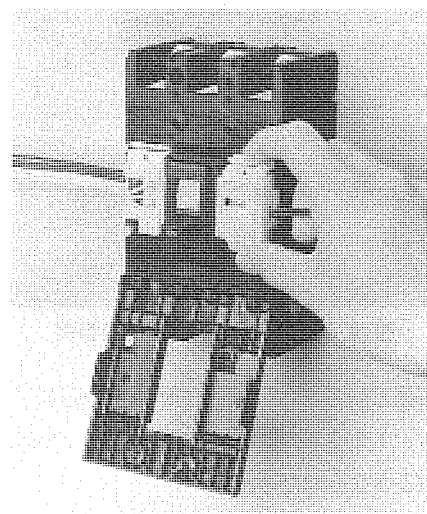


図18. カセット付属装着

合しているので、ヨーロッパ輸出用の機械設備の電源装置用としても最適である。

漏電遮断器では、JIS C 8371 と IEC 947-2・EN 60947-2 Appendix B とで相反する規定があり、共用化はできない。主に異なる点は、高速形の動作時間、定格感度電流標準値、テストボタン色である。この中で、IEC 947-2 での高速形の動作時間は、定格感度電流の5倍で0.04倍以内でなければならない。国内用漏電遮断器の高調波・サージ対応ICでは、DPDC サージ判別回路(Dual Polarity Digital Counter)で40 ms 掛かるため、電磁引き外し装置の動作時間を含めると、漏電遮断器として動作時間を0.04秒以下にすることはできない。

このため、PSS では IEC 規格適合用の専用 IC を開発し、0.04秒以内の動作時間と高調波・サージ対応の両立を達成した。この IEC 適合漏電遮断器は、JIS 品とは異なり専用品で、その概略仕様は表2のようになる。

#### 2.6 充実の用途別遮断器

今回の PSS では、各種用途別遮断器についても、同時に開発を進めてきた。

##### 2.6.1 漏電アラーム遮断器

表 1. カセット付属装置の種類

付属装置の種類		リード線引出し		縦形リード線端子台(SLT)付き	
		右極用	左極用	右極用	左極用
警報スイッチ (AL)		○	○	○	○
補助スイッチ (AX)		○	○	○	○
警報スイッチ+補助スイッチ (AL+AX)		○	○	○	○
電圧引き外し装置 (SHT)	AC100-120V	○	—	○	—
	AC200-240V	○		○	
	AC380-450V	○		○	
	DC100V	○		○	

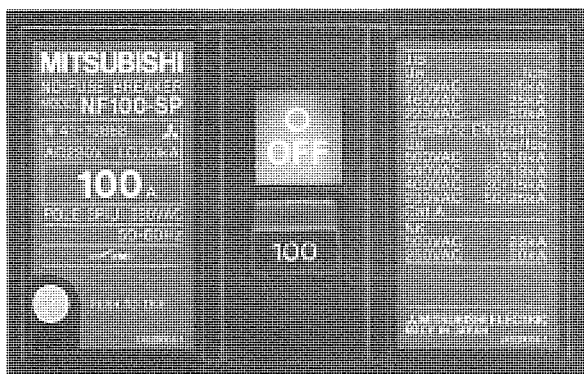


図19. ノーヒューズ遮断器名板例

漏電遮断器と同じく、“高調波・サージ対応IC”を搭載し、1フレーム・1サイズの標準化で再登場した。主な改良項目には、次のようなものがある。

- (1) AC110-220-460Vの3電圧共用化
- (2) 定格感度電流3段切換えで、しかも動作時間を高速-時延切換え可能なため、 $3 \times 3 = 9$ 通りの漏電検出設定が可能(100～225Aフレーム)
- (3) 50・100Aフレームでは、電圧引き外し装置SHTをオプション設定。AL・AXと同時に取付け可能とした(図20)。

#### 2.6.2 単3中性線欠相保護付きノーヒューズ遮断器・漏電遮断器

50～225Aフレームにおいて、NF/NV同一サイズで機種充実を行い、また使いやすさを向上させた。

- (1) 100～225Aフレームの過電圧検出リードを、800mmに延長し、配線作業を容易にした。
- (2) ノーヒューズ遮断器に、過電圧テストボタンと過電圧表示を標準装備した。
- (3) 100～225Aフレームの漏電遮断器に、時延形(0.3秒)を追加した(図21)。

#### 2.6.3 B/NET伝送付き遮断器新登場

配電制御ネットワークB/NETの伝送ラインへ接続可能なB/NETモジュールを遮断器の左側面に装着しているので、遮断器の状態監視やON・OFF制御をB/NETの省配線のメリットを生かして行える。コントローラとしては、シーケンサやパソコンが使用でき、シーケンサ言語やBASIC

表 2. IEC適合漏電遮断器概略仕様

製作機種		NV-C・S・Uシリーズ
極数		3・4
定格電圧 (AC V)		230-400-440共用
高速形	定格感度電流 (mA)	30・100・500切換え
	動作時間 (s以内) at 51ΔN	0.04
時延形	定格感度電流 (mA)	100・300・500切換え
	最大動作時間 (s)	0.45・1.0・2.0切換え
	慣性不動作時間 (s以上)	0.1・0.5・1.0

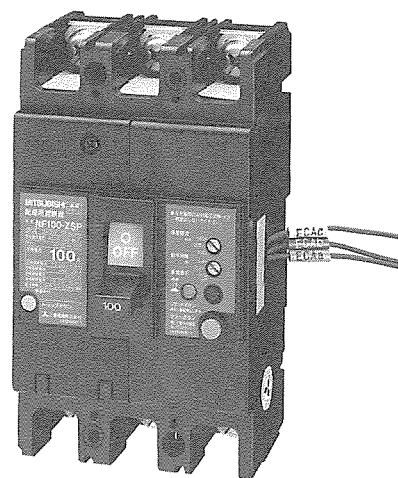


図20. 漏電アラーム遮断器外観

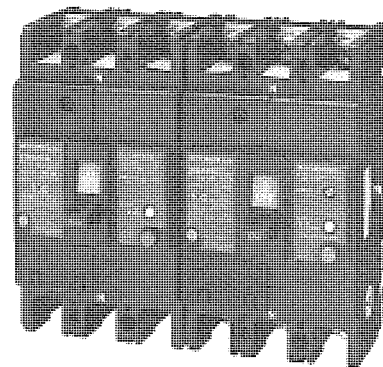


図21. 単3中性線欠相保護シリーズ外観

言語でプログラムを組むことにより、例えば、漏電遮断器の始業前点検等が遠隔で自動的に行える。

### 3. む す び

当社は、ノーヒューズ遮断器・漏電遮断器において“Super SCRUM & NV”シリーズを基本シリーズとして“Wide Selection & Better Performance”をテーマに時代のニーズに対応した製品開発を行ってきた。最近の高機能化・小型化・標準化・使いやすさの重視といった市場ニーズの変化を踏まえ、要素技術開発を行い新型ノーヒューズ遮断器・漏電遮断器PSSシリーズを製品化した。

# 新型ノーヒューズ遮断器・漏電遮断器の新遮断技術“ISTAC”

高橋 貢\*  
三橋孝夫\*  
和田勇一\*

## 1. ま え が き

新型ノーヒューズ遮断器・漏電遮断器“PSS” (Progressive Super Series) のために、優れた限流遮断性能を発揮する新しい遮断技術“ISTAC” (Impulsive Slot Type Accelerator) を開発した。限流遮断とは、短絡遮断時に流れる電流を小さく絞って (以下“限流”という。) 遮断することである。限流遮断性能が向上すれば、短絡事故時の短絡電流が減少するため配電系統の被害を軽減できる。

また、遮断すべき電流が減少するのでノーヒューズ遮断器・漏電遮断器の高遮断容量化や小型化にも有利となる。高性能な新型ノーヒューズ遮断器・漏電遮断器を実現するために、限流遮断性能の優れた新遮断技術が求められていた。

ISTACは、従来の当社ノーヒューズ遮断器・漏電遮断器の中心的な遮断技術である VJC (Vapor Jet Control) 技術<sup>(1)</sup>と磁界を利用した新技術を融合することで、さらに限流遮断性能の向上を図った遮断技術である。限流遮断性能を向上させるには、遮断時のアーク電圧を高める必要がある。このために独自に開発したのが VJC 技術であり、これは有機絶縁物の分解ガスでアークを冷却してアーク電圧を高める方式である。このほかに磁界を利用してアークを長く引き伸ばし、アーク電圧を高める方法がある。これは、磁界による電磁力で電極を高速に開極して電極間に発生するアークを長くするとともに、同じ磁界によってアークを湾曲させアークの実効長を長くする方法である。このために、従来から U ターン固定子とグリッドを組み合わせた消弧室<sup>(2)</sup>が広く使われているが、限流遮断性能の向上のためには、さらに強磁界を発生できる消弧室構造が必要である。

この論文では新遮断技術の開発の基となった大電流気中アーク現象の研究及び新遮断技術 ISTAC の概要について述べる。2 章では磁界中の大電流気中アークの研究の一端を述べる。3 章でノーヒューズ遮断器・漏電遮断器の消弧室での発生磁界に関する研究について述べ、4 章で ISTAC の原理、作用効果を明らかにする。5 章では総括と ISTAC の新型ノーヒューズ遮断器・漏電遮断器への適用に簡単に触れる。

## 2. 磁界中大電流気中アークの電流電圧特性

アーク電圧に対する磁界の効果を調べるために、磁界中の電極間距離一定の気中アークの電流電圧特性を測定した。図

1 に実験配置を示す。電極は側面を絶縁した直径 5 mm の銅タングステン焼結合金 (銅 70 %, タングステン 30 %) で、電極間距離は 5, 10 mm の 2 種類である。電極間にあらかじめ張った直径 0.16 mm の銅の細線の溶断でアークを発弧させた。アーク電流は、波高値約 10 kA, 時間幅約 8 ms の交流 60 Hz の半波である。磁界は、最大約 1 T の定常磁界が発生できる空心コイルによって電極の軸に対して直角方向に印加した。また、アークの外観を高速カメラ (こま (駒) 速度 6,000 fps, 露出 3  $\mu$ s) で撮影した。

図 2 は磁界中アークの電流電圧波形の例で、比較のため磁界のない場合も示す。波形から磁界は小電流領域でしかアーク電圧に影響を及ぼさないことが分かる。発弧後、小電流領域では磁界により大きなアーク電圧が発生している。しかし、電流が増加するとともにアーク電圧は減少し、電流が大きな領域ではアーク電圧は磁界がない場合とほぼ同じ大きくなり、磁界の影響がなくなっている。条件を変えた実験によれば、磁界がアーク電圧を高めることのできる電流領域の上限は、磁界が強いほど、また電極間距離が大きいほど大きい<sup>(3)</sup>。

図 3 はアークの電流電圧特性の一例である。アークの外観も示した。図から磁界中のアークでは、発弧後の小電流領域で電流電圧特性が負特性を示すとともに、電極から噴出する電極蒸気流<sup>(4)</sup>が磁界によって曲げられアークの実効長が長く伸びているのが分かる (写真 A, B)。電流が大きくなると電流電圧特性は正特性を示し、前に述べたようにアーク電圧は磁界のない場合とほぼ等しい。正特性領域では、電極蒸気流の曲がり方が少なく両電極からの電極蒸気流が直線的につな (繋) がっている (写真 C)。したがって、正特性領域では

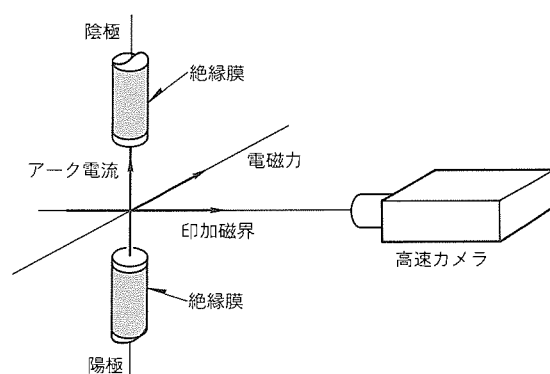


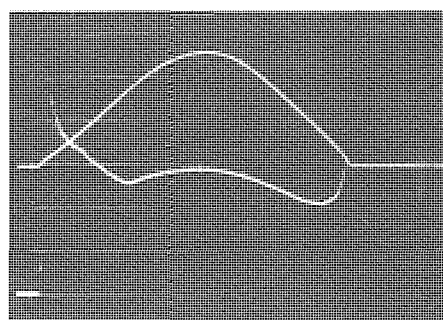
図 1. 実験配置

アークの実効長は電極間距離と等しくなり、これは磁界のない場合と同じである。大電流において磁界を掛けてもアーク電圧が高くない原因はこれである。

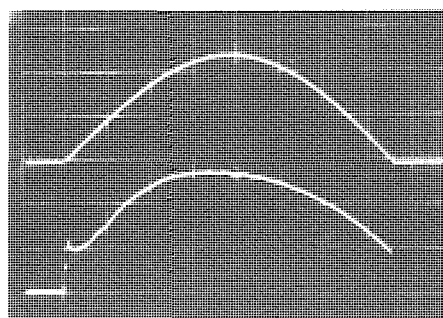
以上の結果から、磁界を利用してアーク電圧を高めるための重要な示唆が得られる。第一は磁界の効果があるのはアーク電流がまだ小さいうちだけであること、第二は大電流になったら強いて磁界を印加しても効果がないこと、第三は大電流まで磁界の効果を保たせるには、磁界を強くするのは当然として電極間距離を大きくすることの3点である。

### 3. 消弧室内の磁界発生要因

ノーヒューズ遮断器・漏電遮断器の消弧室では、電極を構成する可動子と固定子、それにグリッドと呼ばれる強磁性体（一般に鉄）が広く用いられている。電流遮断時に可動子と



(a) 磁束密度  $B=1.1\text{T}$



(b) 磁界なし

上の波形：電流4.5kA/div, 下の波形：電圧45V/div  
横軸：時間 (1ms/div)

図2. 電流電圧波形(電極間距離  $L=5\text{mm}$ )

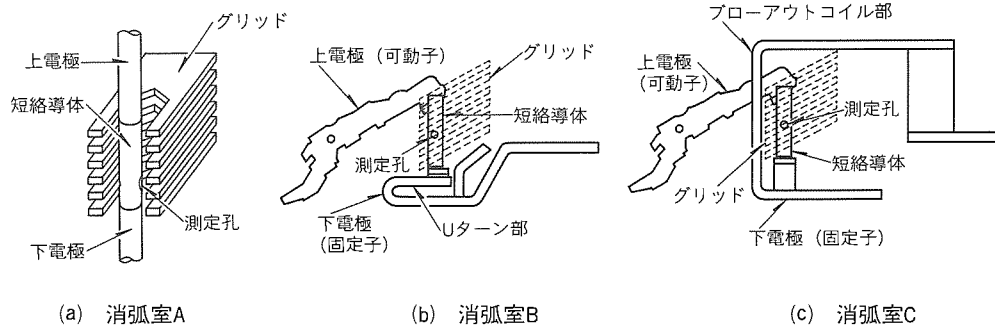


図4. 消弧室形状

固定子の間に生じたアークは、グリッドの強磁性性に起因する磁界によってグリッド方向に長く引き伸ばされる。この磁界（以下“駆動磁界”という。）は、グリッドのほかに電極に流れる電流（以下“電極電流”という。）によっても発生し、前に述べたように可動子を高速開極させることにも利用される。

グリッドと電極電流のうち、どちらが駆動磁界発生に支配的な要因であるかを明らかにする実験を行った。駆動磁界の測定は図4に示す3種類の消弧室A, B, Cで行った。グリッドは、馬てい(蹄)形をした厚さ1.6mmの冷間圧延鋼板を間げき(隙)を持たせて積層したものである。実際にアークを発生させての磁界の測定は困難なので、直径6mmの短絡導体でアークを模擬し、短絡導体に設けた測定孔内の磁界を測定した。消弧室A, B, Cでグリッドと短絡導体及び測定孔の形状、配置はすべて同一である。短絡導体の両端にはそれぞれ上電極、下電極が設けられている。図の(a)は電極電流による影響を除くため、長さ250mmの直線状の電極を用いてグリッドのみの発生磁界を測定するための消弧室である。図(b), (c)は開極状態の消弧室を模擬したもの

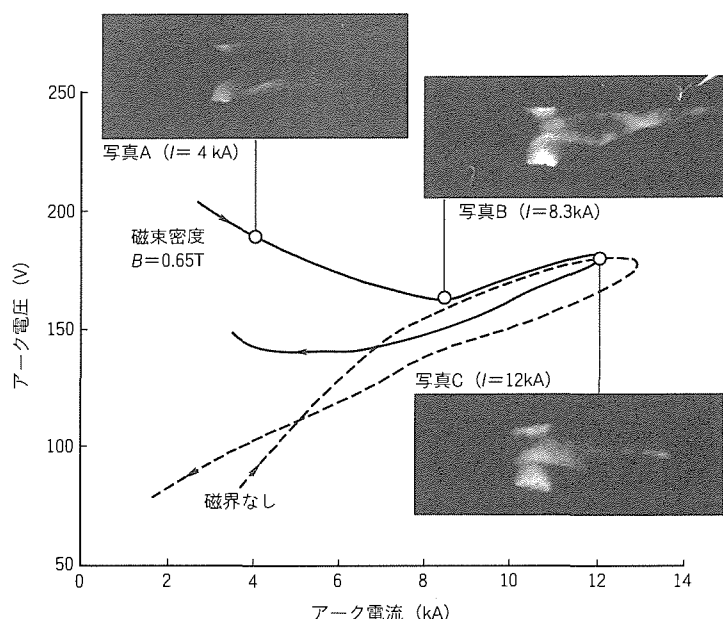


図3. 電流電圧特性(電極間距離  $L=10\text{mm}$ )

のであり、上電極は可動子に相当する。(b)はUターン固定子を持つ消弧室、(c)はブローアウト固定子を持つ消弧室を模擬している。これらの消弧室では、可動子及び固定子Uターン部又はブローアウトコイル部の電流も駆動磁界を発生する。測定孔は直径3mmで、ここにガウスメータ(F. W. Bell製, Model 9200)のプローブを挿入して、交流60Hzの電流を流して駆動磁界を測定した<sup>(5)</sup>。

駆動磁界は、交流60Hzの電流に対してグリッドの強磁性に起因するとみられる遅れを持つので、電流ピーク値と駆動磁界最大値の関係を求めた。消弧室B、Cではグリッドがない状態でも測定した。結果を図5に示す。

小電流領域(<2kA)では、図からグリッドがある場合、駆動磁界はどの消弧室形状でもほぼ等しく電極形状による差はないことが分かる。これは電極電流による磁界が強磁性体であるグリッドによって磁気遮へい(蔽)されており、グリッドによる駆動磁界しか現れないためである。また、グリッドがない場合の測定結果が示すように電極電流の磁界は、グリッドによる磁界に比べて小さく、特にUターン固定子の発生磁界は小さい。

一方、大電流になると電極形状による差が現れてきている。これはグリッドが磁氣的に飽和したため電極電流による駆動磁界が顕著になってきたためである。消弧室Aの直線状電

極では電極電流は駆動磁界を発生しないため、グリッドが飽和すると駆動磁界も飽和する。消弧室Bでは電極電流による駆動磁界が小さいため、グリッドが飽和した後は駆動磁界の電流に対する増加率が激減している。消弧室Cでは電極電流の発生する駆動磁界が大きいため、駆動磁界の電流に対する増加率は小電流領域でも大電流領域とほぼ同じである。以上の結果はアークに作用する駆動磁界の測定結果であるが、可動子を駆動する磁界に関しても同様であると推測できる。

以上のことから、限流遮断性能を向上させるには、電極電流の駆動磁界を強化する必要があることが分かる。グリッドは、小電流、ほぼ過負荷電流領域までは大きな駆動磁界を発生するが、大電流、過負荷電流を越える領域で飽和してしまう。したがって、グリッドは短絡遮断時に飽和してしまい、それ以上の駆動磁界を発生できなくなる。また、従来のUターン固定子の発生磁界は予想外に小さいことが分かる。

#### 4. 新遮断技術 ISTAC

磁界を利用して限流遮断性能を向上させるには、大きな駆動磁界を発生できる電極構造が必要である。Uターン固定子では駆動磁界を発生するのは図4(b)に示すUターン部だけで、他の導体の電流が発生する磁界は駆動磁界とは逆方向すなわち逆駆動磁界である。これがUターン固定子の発生する駆動磁界が小さい原因である。ブローアウト固定子では消弧室全体、すなわち可動子が開極した後の電極間アーク全体に大きな駆動磁界を作用させることを目的に、消弧室全体をブローアウトコイルで囲んでいる。したがって、駆動磁界

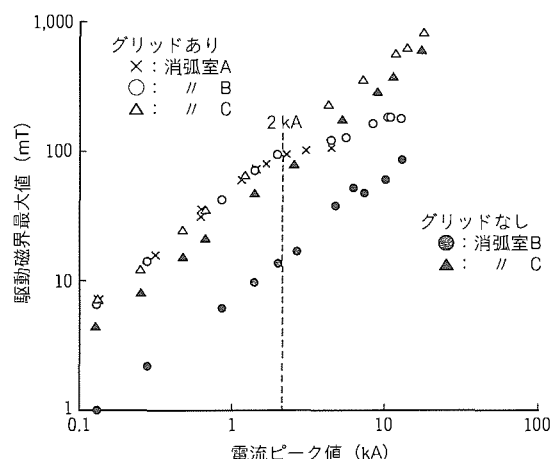


図5. 駆動磁界

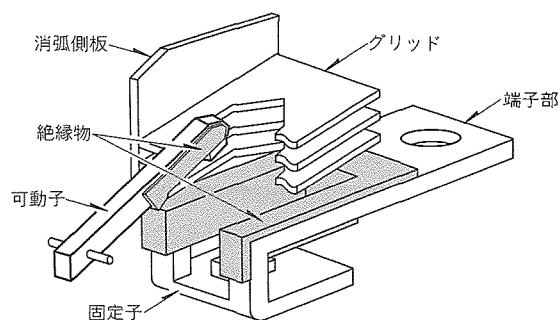
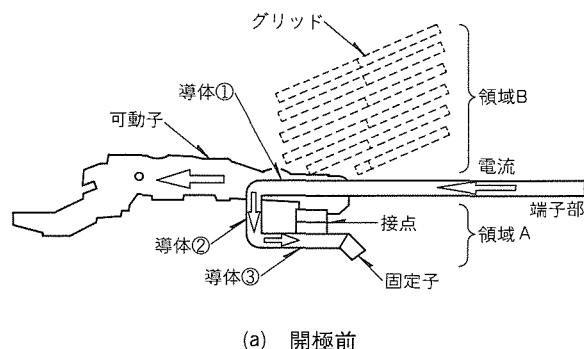
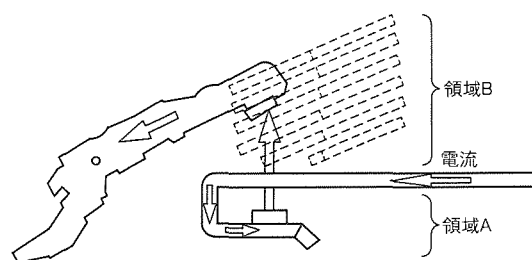


図6. ISTAC消弧室構造



(a) 開極前



(b) 開極後

図7. 試作消弧室側面図

は強いが、そのため余分なスペースが必要になり、小型化が著しいノーヒューズ遮断器・漏電遮断器では実用性に乏しい。しかし、2章で得られた示唆から、必ずしも開極後の電極間アーク全体に駆動磁界を掛ける必要はないことが予想される。

この考えに基づいて開発したのがISTACである。図6及び図7は、それぞれ消弧室の原理的構造及び試作した消弧室の側面である。図7(a)に示すように消弧室は二つの領域A、Bに分かれている。電流遮断時の初期に、可動子が閉極状態から開極し始めたとき、可動子の一部と接点間に発生したアークは領域Aにある。ISTACの固定子に図に示す電流が流れたとき、導体①、②、③の電流が発生する磁界は領域Aでは紙面に垂直となり、これらはすべて駆動磁界となる。これがUターン固定子との大きな違いである。さらに、この駆動磁界は電流によって発生するため、大電流でも飽和せず、電流に比例して増大する。このため、遮断初期の領域Aにあるアークと可動子には強力な駆動磁界が作用する。

一方、図7(b)に示す可動子開極後(遮断中後期)は、領域Bでは固定子の導体①の電流による磁界は、実は逆駆動磁界となる。しかし、領域Bは消弧グリッドに囲まれているため、グリッドが磁的に飽和しない過負荷電流以下では3章で述べたように駆動磁界はグリッドだけで決まる。また、短絡遮断時、グリッドが飽和して領域Bに逆駆動磁界が作用しても、この領域に達した可動子は既に開極後のため遮断初期の可動子の高速開極には関係ない。また、この領域のアークは開極後の大電流アークであり、2章で述べたように磁界はアーク電圧に影響を及ぼさない。したがって、この逆駆動磁界は限流遮断に悪影響を及ぼさないことが期待できる。

ISTACでは可動子が固定子の中を運動するので、実用上は図6に示したように固定子の導体の一部分を絶縁する必要がある。これは開極後のアークが導体に移行するのを防ぐためである。さらに、この絶縁物はVJC効果も発揮する。通常、絶縁物に触れたアークは絶縁物が放出する熱分解ガスによって押し戻されてしまうが、ISTACでは領域Aのアークが強力な駆動磁界で絶縁物に強制的に押し付けられる。この結果、絶縁物によるアーク冷却効果すなわちVJC効果も大きくなると予想される。

以下、実際に試作したISTAC消弧室と従来型の消弧室(Uターン固定子+グリッド+VJC技術)との比較結果を述べる<sup>(6)</sup>。

図8に3章と同様な方法で測定したISTAC消弧室の領域AとBの駆動磁界と従来型消弧室の同位置での駆動磁界を示す。予想したとおり、領域Aの駆動磁界は電流に比例して増加しており、大電流では従来型に比べて圧倒的に大きい。また、小電流でも従来型と同程度の駆動磁界が発生できている。領域Bでは、小電流では予想どおり固定子の作る逆駆動磁界の影響はないが、予想に反して大電流でも従来型消弧室の駆動磁界と大差ない。これは可動子の電流が発生する駆動磁界が大きく寄与しているためと考えられる。

図9はISTAC消弧室と従来型消弧室による短絡遮断時の電流電圧波形の例である。アーク電圧による限流を避けるために、単相60Hz、電源電圧330Vrms、短絡電流19kArmsの高インピーダンス回路での遮断波形である。ISTACでは波形から分かるように、従来型に比べてアーク電圧のピーク値が大きく、また電流零点前の消弧ピークも顕著である。限流に重要な遮断初期のアーク電圧の立ち上がりと比較するために、電流の流れ始めから2ms( $\Delta t$ )までのアーク電圧の平均上昇率を求めた。従来型が48V/msに対してISTACでは76V/msであり、約1.6倍の電圧上昇率を示している。これは、遮断初期の強力な駆動磁界によるアークの伸長と可動子の高速開極及びVJC効果の融合の結果である。

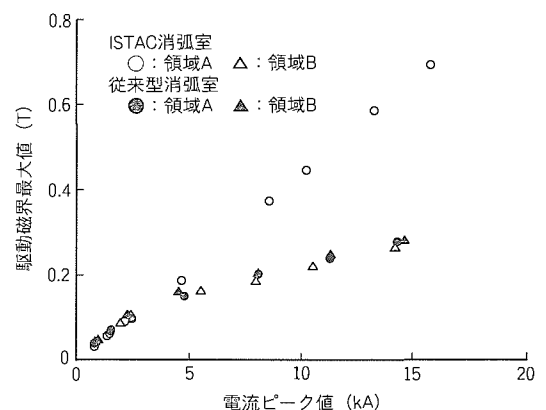
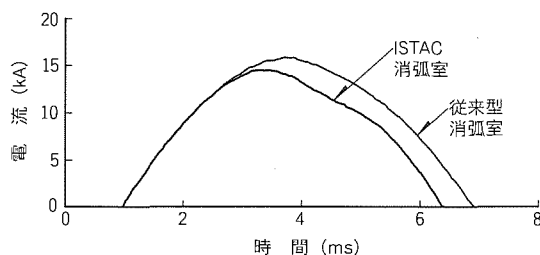
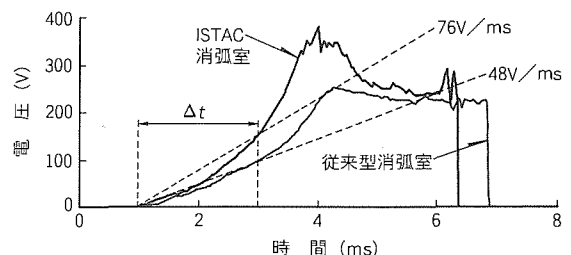


図8. アーク駆動磁界の比較



(a) 電流波形



(b) 電圧波形

図9. 遮断波形

## 5. む す び

以上述べてきたように、新遮断技術 ISTAC は磁界中の大電流気中アークの基礎研究と消弧室内における発生磁界の研究から生まれた。ISTAC は独自の電極構造を持っており、限流遮断性能の向上に必要な遮断初期の(アークと可動子に対する)駆動磁界を飛躍的に高めることができる。また、従来の当社ノーヒューズ遮断器・漏電遮断器の中心的遮断技術である VJC 技術も継承している。これら二つの技術の融合により、試作した ISTAC 消弧室では遮断初期のアーク電圧の上昇速度が従来型消弧室の1.6倍に達し、限流遮断性能の大幅な向上が可能である。さらに、ISTAC の消弧室構造では電流が大きいほど駆動磁界が大きくなるため、大電流遮断になるほど大きな効果を発揮すると考えられる。

新遮断技術 ISTAC は、新型ノーヒューズ遮断器・漏電遮断器に搭載されており、その高性能化(保護性能の強化、小型標準化、高機能化)に寄与している。ISTAC の適用に際しては、消弧室構造の最適化のために三次元磁界解析の適用、また固定子の絶縁で必要となる耐アーク性に優れた新消弧絶縁材料や短絡遮断後の絶縁抵抗の低下を抑制する新材料の開発もなされている。

新型ノーヒューズ遮断器・漏電遮断器では限流遮断性能の向上により、保護性能の強化はもちろん、遮断に必要な消弧

室スペースも半減している。これにより、外形寸法の小型標準化、空いたスペースへの付加機能の搭載による高機能化にも貢献している。

## 参 考 文 献

- (1) 吉安 一, 高橋 貢, 村井 裕, 和田勇一, 石井勇雄, 村田土郎: 新限流技術“VJC”, 三菱電機技報, **60**, No. 4, 230~232 (1986)
- (2) Browne, T. E., Jr 編: Circuit Interruption, 527~563, Marcel Dekker, Inc., N. Y. (1984)
- (3) 高橋 貢, 三橋孝夫, 和田勇一: 横磁場中の棒状電極間アークの光学的観測, 平成元年電気学会全大, No. 201
- (4) 吉安 一, 高橋 貢, 村井 裕, 和田勇一: 絶縁物による電極面積の制限が気中アークの電圧に及ぼす影響, 電学論, **106-A**, No. 5, 217~224 (1986)
- (5) 高橋 貢, 三橋孝夫, 和田勇一, 小林義昭, 仁科健一, 福谷和則: 配線用遮断器における消弧グリッドの磁気的作用, 平成6年電気学会関西支連大, No. G4-11
- (6) 高橋 貢, 三橋孝夫, 和田勇一, 福谷和則, 仁科健一, 小林義昭: 消弧室内磁場特性の改善による配線用遮断器の限流遮断性能の向上, 平成6年電気学会関西支連大, No. G4-7

# 新型ノーヒューズ遮断器・漏電遮断器の 消弧室における三次元磁界解析

三橋孝夫\*  
高橋 貢\*  
和田勇一\*

## 1. ま え が き

ノーヒューズ遮断器・漏電遮断器では、接点間に発生したアークを伸長・駆動させ、グリッドで分断・冷却し、アーク電圧を上昇させて電流を遮断する。一方、限流性能を向上させるには、開極直後のアーク電圧上昇速度を高める必要がある。それには、電磁力によって可動子を高速開極させ、接点間に発生したアークを強力な駆動磁界で素早く引き伸ばすことが重要である<sup>(1)</sup>。したがって、限流性能を向上させるには、消弧室内の磁界分布を最適化することが求められる。消弧室内の磁界分布は、主に磁性体のグリッドと消弧室内の導体部を流れる電流によって決定される。そこで、電流経路の引き回しによって必要な磁界を発生させる場合、磁性体に起因する非線形性を十分考慮する必要がある。

ところが、消弧室内磁界分布の最適化のため電流遮断動作時の磁界分布を直接実測することは、高温、高圧のアークが発生するため困難である。さらに、計算機を用いた磁界解析においても、消弧室の構造が複雑なこと、非線形性があることなどから、十分な磁界解析が行われてきたとは言い難い状況であった。そこで、我々は最適な磁界分布を持つ消弧室を効率的に設計するため、消弧室をモデル化し、三次元非線形磁界解析を実施した。この解析から消弧室内の磁界特性が明らかになった。以下にその概要を述べる。

## 2. 磁界解析の有効性

磁界解析には、主に英国ラザフォード研究所によって開発された汎用三次元静磁界解析ソフトウェア TOSCA<sup>(2)</sup>を用いた。TOSCA を用いる利点は、内蔵されているコイル(電流経路)の基本電流要素形状を組み合わせることにより、複雑

な形状の電流経路も容易に考慮できることである。さらに、電流経路を磁性体に関する要素分割とは独立に設定できるので、複雑な消弧室のモデル構築が極めて簡単にできる。

以下において、TOSCA で計算した結果を実測値と比較し、この解析の有効性を確認する。図1は、旧型のノーヒューズ遮断器 NF100-SS の消弧室の断面である。消弧室内には、磁性体として鉄製のグリッド、電流経路として固定子、可動子等が配置されている。この消弧室を図2のようにモデル化した<sup>(3)</sup>。図のモデル1では、解析を効率的に行うために、グリッドの枚数を減らすことにより、ノード数を減らしている。ただし、グリッド全体の容積は、グリッド1枚当たりの厚みを厚くして実際の値とほぼ等しくし、グリッドの B-H 特性は SPCC 系の鉄の値を用いた。また、電流経路は、直方体と円弧状の基本電流要素を組み合わせる構成した。

このモデル1を用いた解析結果の一例を図3に示す。なお、以下においてアークをグリッド側へ駆動する磁界成分を“ア

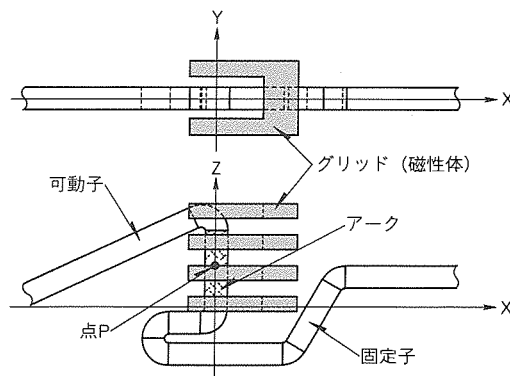


図2. モデル1

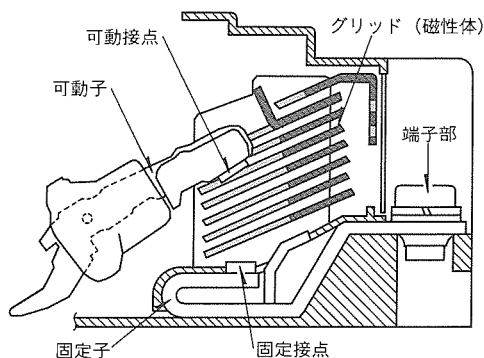


図1. 消弧室の構成

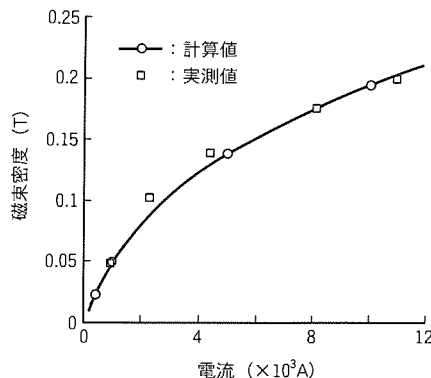


図3. アーク駆動磁界

ーク駆動磁界”と呼ぶ。図3では、計算で得られた最大開極時のアーク柱の中心点Pにおけるアーク駆動磁界を実測値と比較している。図中の実測値は、接点間を導体で短絡して測定した値である<sup>(4)</sup>。図3から分かるように、計算値と実測値は、広い電流範囲で非常によく一致しており、簡略化されたモデルを用いた解析の有効性を示している。

### 3. 磁気飽和の影響

図3では、電流の増加とともにアーク駆動磁界の増率が減少している。これは、磁性体のグリッドが磁気飽和するためである。この現象を更に検討するため、図4に示す基礎モデルを用いて解析を行った。基礎モデルでは、消弧室を更に単純化し、アークに相当する直線電流、モデル1と同一形状のグリッド、グリッドの外側に位置する一対の外部コイルで構成されている。この外部コイルは、アークをグリッドへ駆動する方向の磁界を発生し、消弧室内のアーク以外の電流経路に相当する。

この基礎モデルにおいて、外部コイルを流れる電流が零の場合、アーク駆動磁界は馬蹄形(蹄)形のグリッドのみによって生じる。このとき、図5に示すように、アーク柱の中心に相当する点P1のアーク駆動磁界は、グリッド内の点P2の磁界とほぼ同様な変化をし、電流の増加とともに飽和する。これらから、アーク駆動磁界の増率の減少は、グリッドの磁気飽和に起因するといえる。この磁気飽和は、電流約1.5k

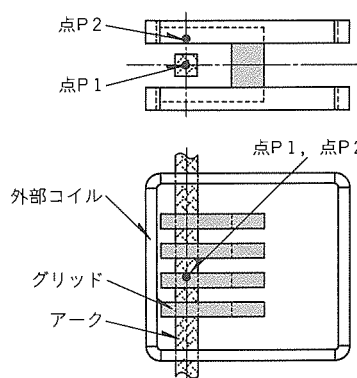


図4．基礎モデル

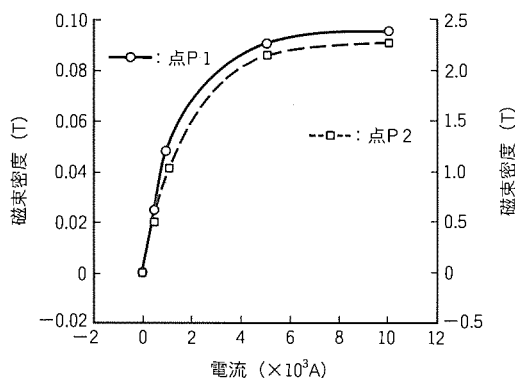


図5．磁気飽和現象

A から生じており、これはほぼ100 A フレームのノーヒューズ遮断器・漏電遮断器の瞬時動作電流値に相当する。

図6には、基礎モデルにおいて、外部コイルに電流を流した場合のアーク駆動磁界の変化を示す。外部コイルにアークと等しい電流を流した場合、約1 kA 以下の比較的小さな電流領域(以下“過負荷電流領域”という)では、アーク駆動磁界はグリッドのみの場合とほぼ等しい。さらに、外部コイルに流れる電流を増やしてアークの4 倍の電流を流した場合でも、過負荷電流領域ではアーク駆動磁界はグリッドのみの場合とほぼ等しい。しかし、約1 kA より大きい電流領域(以下“短絡電流領域”という)では、アーク駆動磁界はグリッドのみの場合より大きくなる。これらは、瞬時動作電流値以下の過負荷電流領域では、アーク駆動磁界が磁性体のグリッドによってほぼ決定されており、磁性体が磁気飽和する短絡電流領域では、消弧室内の導体を流れる電流の影響が顕著になることを示している。

ところで、図6には図2に示す旧型ノーヒューズ遮断器のモデル1の点Pにおけるアーク駆動磁界を同時に表している。図6から、モデル1では短絡電流領域においても、基礎モデルのグリッドのみの場合と比較してアーク駆動磁界がさほど増加していないことが分かる。よって、旧型ノーヒューズ遮断器では、アーク以外の電流経路を流れる電流が、あまり効果的にアーク駆動磁界を発生していないといえる。

以上、アーク駆動磁界について述べたが、グリッドの磁気

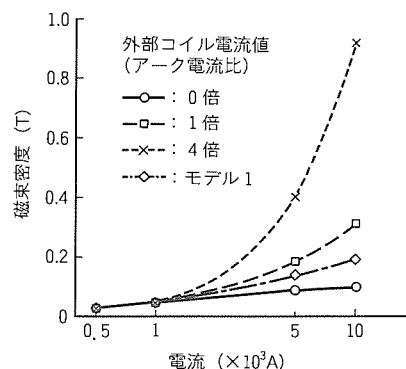


図6．アーク駆動磁界に対する外部コイル電流の影響

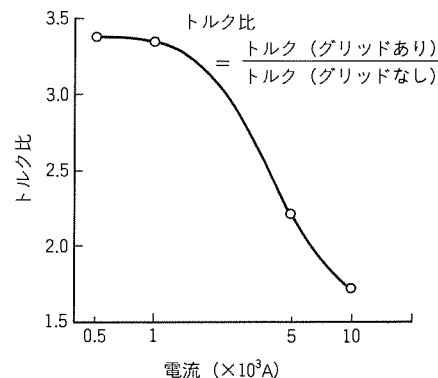


図7．可動子開極トルク比

飽和の影響は、アーク駆動磁界のみならず可動子の開極トルクにも現れる。図7には、図2のモデル1において、磁性体のグリッドを用いた場合と取り除いた場合の開極直後における可動子の開極トルクの比率を示している。この比率は、電流5kAで約2.2であるが、電流10kAで約1.7と電流の増加とともに小さくなっている。電流が更に大きくなると、磁性体の影響が一層小さくなり、開極トルクの比率は1.0に近づいていく。

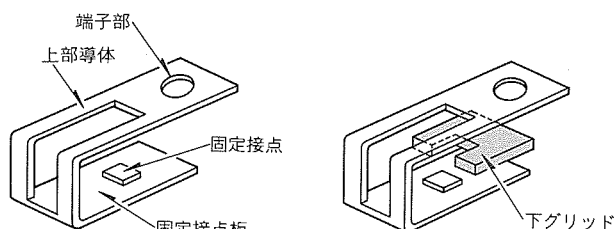
このような電流の増加とともに飽和傾向を示す磁界特性を向上させるには、磁性体の容積を増やし、磁性体の磁気飽和を防ぐ方法が考えられる。しかし、限られた容積の消弧室では限界がある。したがって、短絡電流領域の磁界特性を一層向上させるには、もう一つの磁界分布を決定する要因である消弧室内を流れる電流の経路、つまり導体の引き回しを工夫する必要があるといえる。

#### 4. 固定子構造による磁界特性の向上

##### 4.1 新固定子による磁界特性の向上

前述のように、磁性体が磁気飽和を起こす短絡電流領域では、磁性体を利用してアーク駆動磁界及び可動子の開極トルクを増強することは難しい。そこで、新遮断方式 ISTAC (Impulsive Slot Type Accelerator) を適用した新型ノーヒューズ遮断器・漏電遮断器 PSS (Progressive Super Series) では、図8に示すような固定子(以下“新固定子”という)構造を採用し、短絡電流領域の磁界特性の改善を図っている。この新固定子は、短絡電流遮断時の限流性能の向上をねらったものであり、新固定子の適用により、可動子を高速開極する開極トルクと、開極直後のアークを引き伸ばす強力なアーク駆動磁界とが得られる。その結果、従来の固定子に比べて開極直後のアーク電圧の上昇速度が大幅に改善される<sup>(5)</sup>。

以下において、新固定子を採用した消弧室の磁界特性について検討する<sup>(6)</sup>。旧型と同一容積の消弧室に新固定子を適用した場合、グリッド枚数が減少する。そこで、新固定子におけるグリッドの影響を明らかにするため、図8に示す二つの構成の消弧室について解析を行った。同図(a)には、端子部と固定接点の間にグリッドを設けない場合、(b)には、端子



(a) 下グリッドなし (モデル2に対応) (b) 下グリッドあり (モデル3に対応)

図8. 新固定子構造

部と固定接点の間に磁性体のグリッド(以下“下グリッド”という)を設けた場合をそれぞれ示している。この二つの固定子構造を、100Aフレームのノーヒューズ遮断器・漏電遮断器に適用したときの計算モデルを、それぞれ“モデル2”、“モデル3”とする。この両モデルの磁界特性と、図2に示した旧型ノーヒューズ遮断器のモデル1の磁界特性を比較する。

各モデルの開極直後のアーク駆動磁界は、図9のように変化する。短絡電流領域では、モデル1に比べてモデル2、3のアーク駆動磁界が大きく、その差は電流の増加とともに大きくなる。例えば、電流値10kAでモデル3のアーク駆動磁界は、モデル1の約1.5倍となる。図9に示す電流領域より更に大きな電流領域では、電流の増加に伴いグリッドの影響が一層小さくなり、モデル2、3とモデル1のアーク駆動磁界の比率が約1.6(磁性体の影響が全くない場合のアーク駆動磁界の比率)へと近づいていく。

また、図10に示すように、開極直後の可動子の開極トルクに関しても、短絡電流領域ではモデル1に比べてモデル2、3の方が大きく、その差は電流の増加とともに大きくなる。例えば、電流10kAでモデル3の開極トルクは、モデル1の約1.5倍となる。図10に示す電流領域より更に大きな電流領域では、電流の増加とともに、モデル2、3とモデル1との開極トルクの比率が約2.0(磁性体の影響が全くない場合の開極トルクの比率)へと近づいていく。

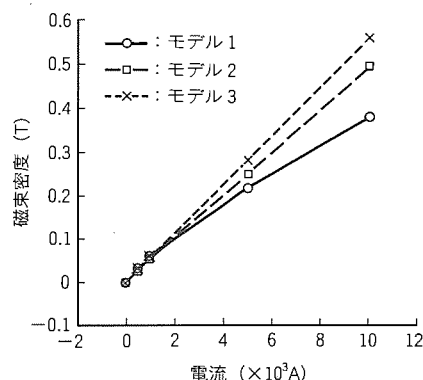


図9. 固定子によるアーク駆動磁界の違い

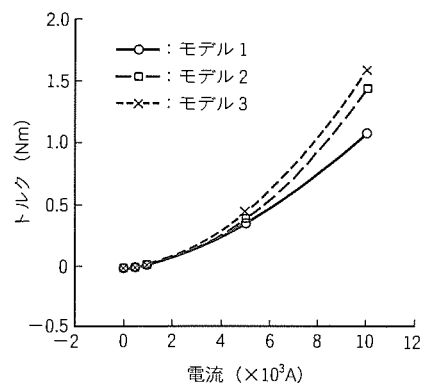


図10. 固定子による可動子開極トルクの違い

以上から、新固定子を適用した消弧室では、より大きな事故電流の遮断になるほど、旧型より優れた磁界特性を示すといえる。

また、図9、図10から分かるように、下グリッドを持つモデル3のアーキ駆動磁界及び可動子の開極トルクは、モデル2に比べて1～2割大きい。このことから、下グリッドは、新固定子を用いた消弧室の磁界特性を一層改善させるのに有効であるといえる。なお、下グリッドは、新型ノーヒューズ遮断器・漏電遮断器(例えば、NF225-HP)に適用されている。

#### 4.2 新固定子上部空間における磁界特性

新固定子では、固定接点の上方に端子部から伸びる導体(以下“上部導体”という)が配置されており、この上部導体には可動子の回転を妨げないように溝が設けられている。上部導体を流れる電流が発生する磁界は、上部導体から下方ではアーキ駆動磁界となるが、上部導体から上方ではアーキ駆動磁界と反対方向の磁界となる。したがって、新固定子を適用する場合、上部導体から上方の空間で、アーキが逆駆動されるおそれがある。ところが、実際に磁界解析を行うと、上部導体から上方の空間においても、アーキはグリッド側へと電磁力を受けることが分かった。図11では、モデル2における最大開極時の磁界分布(アーキ柱中心線を含み、かつ上部導体の電流に垂直な面上の磁界分布)を示している。図から、上部導体から上方の空間においても、アーキ柱中心線上ではアーキ駆動磁界が得られることが分かる。これは、一つは上部導体から上方の空間には磁性体のグリッドが設けられており、グリッドがアーキを逆駆動させる磁界成分を吸収す

るためである。もう一つは、新固定子では上部導体がアーキ柱の左右にずれた所に位置し、固定接点板や可動子などを流れる電流の影響から、上部導体を流れる電流の影響が相対的に現れにくいためである。

以上のように、新固定子を用いた消弧室内の磁界特性を最適化する場合、従来の消弧室以上に二次元的な位置関係だけでなく三次元的な位置関係を十分考慮する必要があるといえる。

#### 5. 磁性体配置

消弧室内の磁性体は、アーキ駆動磁界や可動子の開極トルクを発生させる要因である。しかし、磁性体を適切に配置しないと磁界特性が悪化することがある。例えば、反発子を持つノーヒューズ遮断器・漏電遮断器において、反発子を保持する保持部品を磁性体とした場合、反発子の電磁反発力が減少することがある。図12は、新固定子を適用した両反発タイプの試作器の消弧室である。この消弧室の計算モデルを“モデル4”とする。モデル4において、保持部品を磁性体とした場合と非磁性体とした場合の反発子の反発トルクをそれぞれ計算すると、表1のようになる。表から、例えば電流5kAでは、保持部品を磁性体とした場合、非磁性体とした場合より反発トルクが約15%ほど減少していることが分かる。

ところで、図13に示すようにモデル4では、反発子を基本電流要素1～4で構成しており、反発子の回転中心は基本電流要素3と4の間に位置する。したがって、基本電流要素1～3と基本電流要素4に同じ方向の磁界が印加されると、基本電流要素1～3と基本電流要素4では反対方向のトルク

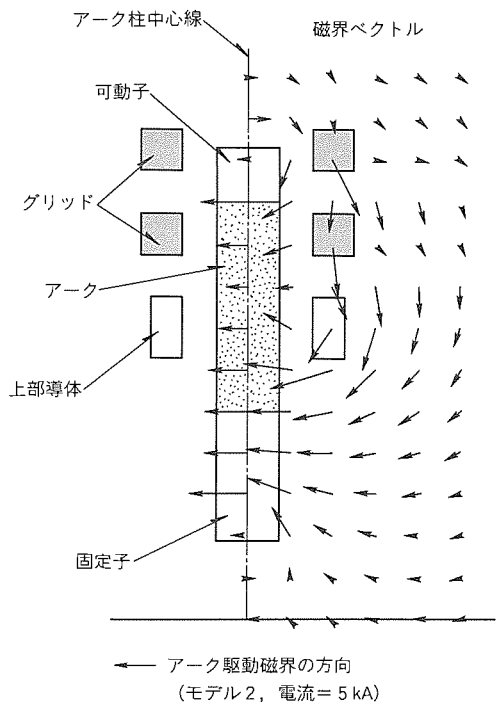


図11. 新消弧室の磁界分布

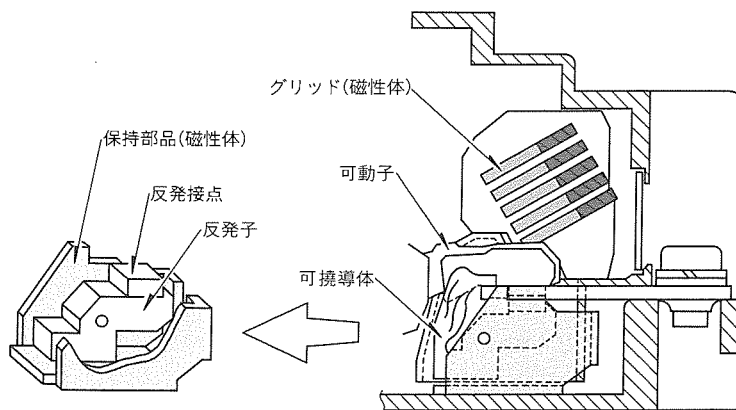


図12. 両反発タイプ消弧室の構成 (モデル4に対応)

表1. 反発トルク

電 流 (kA)	反発トルク (Nm)	
	磁性体	非磁性体
5.0	0.061 (0.86)	0.071
10.0	0.26 (0.93)	0.28

注 ( ) の値は、非磁性体の値を1.00としたときの比率

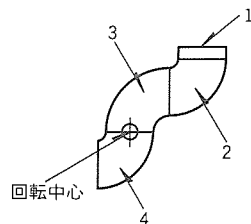


図13. 反発子の基本電流要素

を発生する。つまり、基本電流要素1～3が反発子を反発させるトルク（以下“正反発力”という。）を発生し、基本電流要素4が反発を妨げるトルク（以下“負反発力”という。）を発生している。この正反発力と負反発力は、保持部品を非磁性体から磁性体に変えることにより、表2に示すように変化する。表から、保持部品を磁性体にするると正反発力が約1割程度減少し、負反発力が2割程度増加することが分かる。これは、モデル4では、保持部品が下方から反発子を抱えるように配置されているので、保持部品を磁性体にするによって磁束分布が下方へとシフトするためである。

この磁性体の保持部品による反発子の電磁反発力の減少を防ぐ方法としては、保持部品を非磁性にすること、反発子を端子部側から抱えるように保持部品形状を変更することなどが考えられる。また、反発子の回転中心から反発接点側に可とう（撓）導体を接続し、基本電流要素4に相当する電流成分が生じないようにしてもよい。なお、新型ノーヒューズ遮断器・漏電遮断器の反発子を持つ機種（例えば、NF100-H P）では、この可撓導体の接続方法が適用されている。

## 6. む す び

最適な磁界分布を持つ消弧室を効率的に設計するため実施した三次元非線形磁界解析、及びこの解析から明らかになった消弧室内の磁界特性について述べた。新固定子を用いた新型ノーヒューズ遮断器・漏電遮断器の消弧室内の磁界特性を最適化する場合、従来の消弧室以上に、二次元的な位置関係だけでなく三次元的な位置関係を十分考慮する必要がある。さらに、磁界特性が非線形性を持っているため、直観的に磁

表2. 反発力の変化

電 流 (kA)	正反発力 (磁性体)	負反発力 (磁性体)
	正反発力 (非磁性体)	負反発力 (非磁性体)
5.0	0.93	1.20
10.0	0.97	1.21

界分布を捕え、磁界特性を改善する方向を見いだすのは困難である。よって、計算機による三次元非線形磁界解析が、消弧室構成の最適化に非常に有効な手段となる。この解析は、新型ノーヒューズ遮断器・漏電遮断器の開発において、基本的設計パラメータの決定を支援し、開発の効率化に寄与した。

## 参 考 文 献

- (1) 三橋孝夫, 仁科健一, 高橋 貢: 配線用遮断器におけるアークの転流, 平成6年電気学会全国大会講演論文集, 11～131 (1994)
- (2) Trowbridge, C. W.: An Introduction to Computer Aided Electromagnetic Analysis, Vector Fields Ltd., 125～142 (1990)
- (3) 三橋孝夫, 高橋 貢, 和田勇一: 配線用遮断器消弧室内磁場分布シミュレーションのためのモデル化, 平成6年電気関係学会関西支部連合大会講演論文集, G123 (1994)
- (4) 高橋 貢, 三橋孝夫, 和田勇一, 小林義昭, 仁科健一, 福谷和則: 配線用遮断器における消弧グリッドの磁気的作用, 平成6年電気関係学会関西支部連合大会講演論文集, G126 (1994)
- (5) 高橋 貢, 三橋孝夫, 和田勇一, 福谷和則, 仁科健一, 小林義昭: 消弧室内磁場特性の改善による配線用遮断器の限流遮断性能の向上, 平成6年電気関係学会関西支部連合大会講演論文集, G122 (1994)
- (6) 三橋孝夫, 高橋 貢, 和田勇一: 配線用遮断器消弧室内磁場分布のシミュレーションによる比較検討, 平成6年電気関係学会関西支部連合大会講演論文集, G124 (1994)

# 新型ノーヒューズ遮断器・漏電遮断器の機構・構造設計におけるCAE技術

今村 剛\* 福本 宏\*\*\*  
丸山晋一郎\*\* 宇治川康治+  
美能義照\*\* 河村正広++

## 1. ま え が き

配電保護機器であるノーヒューズ遮断器・漏電遮断器は、受電容量のアップ、給電の連続性の確保、盤設計の合理化のための標準化などのニーズをねらった製品開発が活発な中、従来機種に比べて高遮断容量、選択・カスケード遮断性能の向上、小型モジュール化などを実現した新製品が求められている。これらを実現するためには、従来の開発手法（設計ツール）のみでは、多大の労力と時間を要することになる。

また、機能設計・試作・試験を何度も繰り返している開発設計業務を見直し、試作・評価試験回数の削減による開発期間の短縮、開発コストの削減及び最適設計による設計品質の確保なども同時に重要な事柄である。

当社は、このような状況及び近年のコンピュータの H/W (Hardware), S/W (Software), N/W (Network) 環境及び周辺機器の発達と普及による CAE システム (Computer Aided Engineering System) の構築により、設計技術力、製品開発力の向上を目的に設計ツールを開発、導入す

ることが特に重要であると考えている。

なお、ここでの CAE システムとは、CAD (Computer Aided Design), CAM (Computer Aided Manufacturing), CAE (Computer Aided Engineering) などを含む。

本稿では、この設計技術力、製品開発力の向上を目的に開発を行ってきた CAE システムとしてノーヒューズ遮断器設計統合化支援システムを紹介する。特に、PSS (Progressive Super Series) の開発に適用した下記項目について紹介する。

- (1) 機構設計システム
- (2) 3DCAD システム
- (3) 機構解析システム

以下に各システムの開発のねらい、特徴、適用効果などを述べる。

## 2. ノーヒューズ遮断器設計統合化支援システム

### 2.1 開発のねらい

ノーヒューズ遮断器・漏電遮断器の開発に寄与する技術としては、遮断要素技術として材料・絶縁・遮断技術、機能設

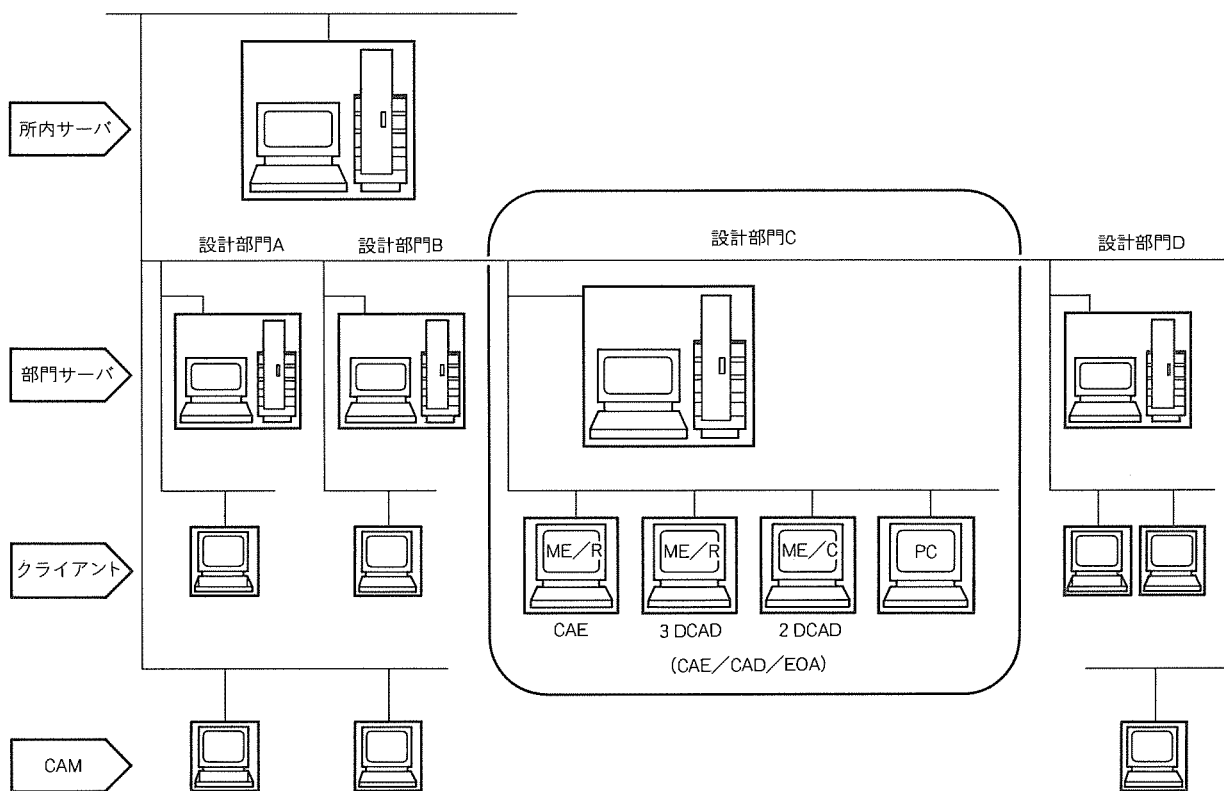


図1. ハードウェア構成

計技術として機構・構造・熱・電磁界解析などのシミュレーション技術、詳細設計技術としてCAD技術、試作・製造技術として成形・加工・組立技術などがある。そして、この遮断要素技術に関しては、VJC (Vapour Jet Control)・SJ-VJC (Split Jumping-Vapour Jet Control) 技術などを開発し、その都度、高遮断容量・高性能な製品として対応してきた。ところが、機能設計技術に関しては、設計者の基礎的な技術計算と経験に頼ることが多く最適設計を行うには非常に時間を費やし、シミュレーション技術は、不具合発生時にその不具合の原因究明、対策検討を行う手段として解析を実施することが多く、その不具合の発生を事前に防止するために効果的に利用するところまで至っていなかった。詳細設計技術に関しては、2D (Dimension) CADシステムを利用した二次元設計にとどまっており、3DCADシステムによる三次元設計にまで移行していなかった。また、試作・製造に関しても、まだまだマニュアル作業に頼ることが多いのが現状である。しかし、冒頭にも述べたように、近年のコンピュータ及び周辺機器の発達と普及により、この機能・詳細設計、試作・製造を飛躍的に前進させるCAEシステムの構築が可能になり、ノーヒューズ遮断器設計統合化支援システムを構築し、その成果をタイムリにPSS開発に適用することができた。

## 2.2 システム構成

### (1) H/W構成

当社のH/W構成は、図1のようになっておりEWS (Engineering Work Station) を中核にし、N/Wを介して部門間でデータの共有化が行える環境としている。

### (2) システム構成

構築するシステム構成の概念を図2に示す。これらのシステムは、ノーヒューズ遮断器・漏電遮断器開発に必要な各解析技術をカスタマイズ化することで解析技術を向上させるとともに各システム間を有機的に結び付けることで設計技術を向上させるシステムである。

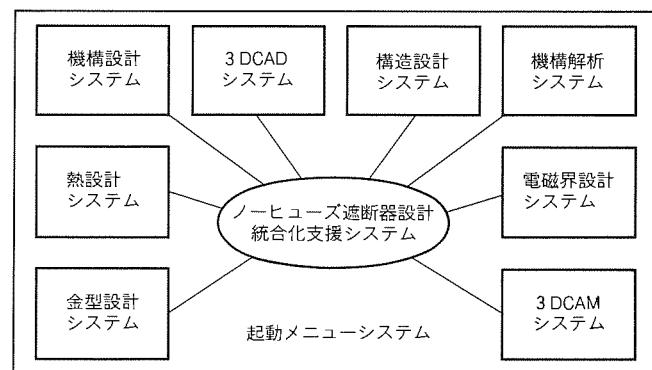


図2. システム構成概念

## 3. 機構設計システム

### 3.1 開発のねらい

PSS (30 ~ 225 A フレーム) の開発に際しては、従来機種より小型・コンパクトにすることが重要課題であり、この実現には、消弧室・機構 (機構構成としてトグルリンク機構を採用)・リレー部など各々が限られたスペースで最適設計を行うことが必要である。特に、トグルリンク機構部については、熟練した設計者が①オン、オフ、トリップなどの各状態によるオン・オフ・投入余裕などの位置解析、②接点圧力や可動子つり (吊) 上げ力条件を満足するメインスプリングばねの荷重解析などを経験によって行っているが、最適設計の実現には多大の労力と時間を費やしている。そこで、トグルリンク機構の最適設計を短時間に、しかも経験の浅い設計者でも容易に利用できるシステムの開発が必要になった。

### 3.2 特徴

#### 3.2.1 開発内容

開発内容は、以下の2項目である。

#### (1) 自動最適設計システムの開発

トグルリンク機構の設計品質を最低限確保し、かつ、設計諸量間でのバランスをとるためにオン・オフ・投入余裕、及び可動子吊上げ力などの条件は、特定の値ではなく範囲で指定する。これらの条件を満足し、限られたトグルリンク機構の設計スペースに各リンクの位置座標、ハンドルアーム・レバーピン回転中心の座標範囲、メインスプリングばね設計仕様などの適合解 (最適設計) を算出するS/Wを開発する。

#### (2) 設計検証システムの開発

前項(1)の自動最適設計システムで算出された適合解を基準にトグルリンク機構の詳細設計を行う。詳細設計に際しては、リンク係合部にガタを持たせたり、可動子の開離距離を大きく取り遮断能力を高めるためにクロスバーの回転中心と可動子の回転中心を変えたりすることがある。このような場合、自動最適設計システムによって算出した適合解、つまり

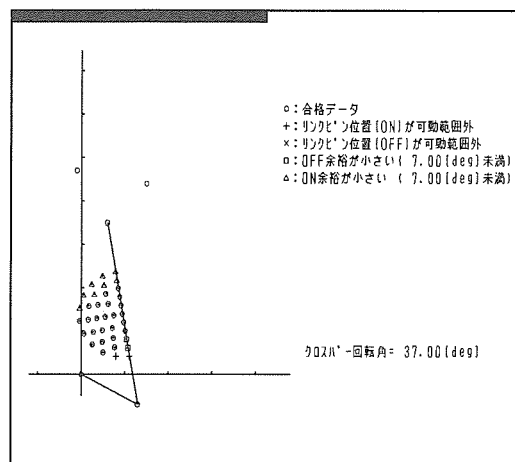


図3. リンクピン位置座標範囲

詳細設計前に採用した位置座標と異なってくる。そこで、最終的に詳細設計されたトグルリンク機構の位置座標が設計条件を満足しているかどうか確認するS/Wが必要になる。

### 3.2.2 各システムの特徴

各システムの主な特徴は、以下のとおりである。

#### (1) 共通した特徴

(a) 利用環境については、当社の2DCADシステム搭載のCISC (Complex Instruction Set Computer) 機上で稼働し、2DCADシステムメニューにこのシステムの実行コマンドを組み込み、設計者に利用しやすい環境を提供している。

(b) 位置座標以外のデータ入力については、TTY (Teletypewriter) 画面でキー入力、また、位置座標については、2DCADシステム画面上からカーソル選択もできる。

(c) 計算は対話形式で実行でき、マンマシンインタフェースに優れている。

#### (2) 自動最適設計システムの特徴

(a) 自動計算モードにより、初期設定した設計条件から複数の適合解を同時に算出できる。

(b) 対話計算モードによって自動計算モードで適合解が出

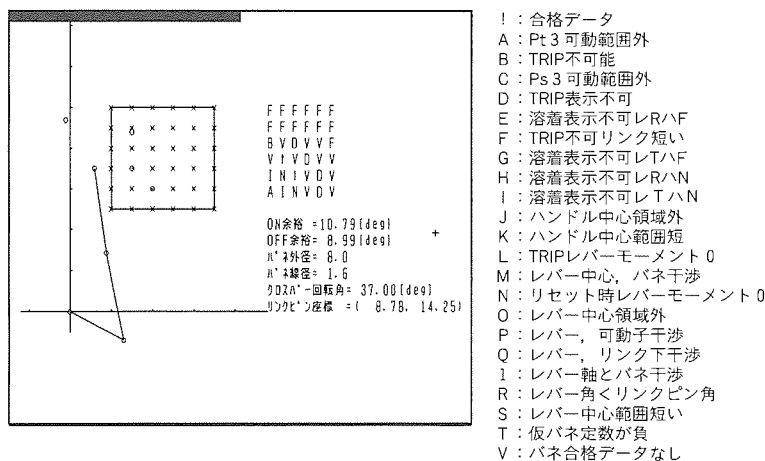


図4. レバピン位置座標範囲

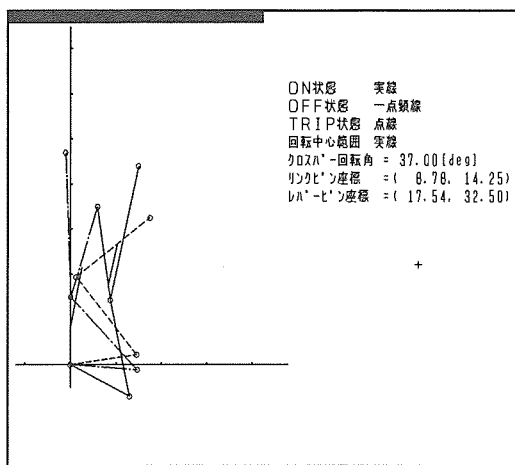


図5. オン・オフ・トリップ図

た設計条件を基準に、そのときのクロスバー回転角度をキー入力し、順にオン・オフ余裕を満足するリンクピンの位置座標範囲を2DCADシステム画面上(図3)に表示し、その適合解の中から任意のリンクピン座標をカーソル選択する。次に、投入余裕・可動子吊上げ力・メインスプリングばね条件などを満足するレバピン座標範囲を同様に2DCADシステム画面上(図4)に表示し、最終的に、この適合解の中から任意のレバピン座標をカーソル選択し、図5に示すオン・オフ・トリップ図を図面として出力できる。また、同時にメインスプリングばね設計仕様表も図面として出力できる。

(c) メインスプリングばね本数が2本まで考慮できる。

(d) レバ回転中心軸とメインスプリングばねの干渉の有無やレバ回転中心軸とリンクピンの干渉の有無が考慮で

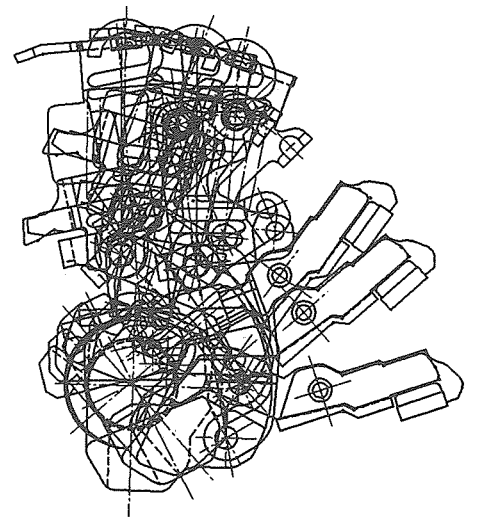


図6. トグルリンク機構組立て

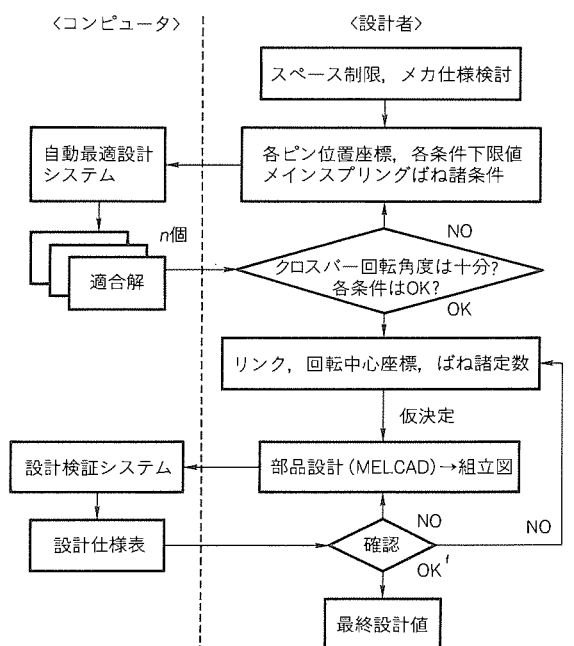


図7. トグルリンク機構設計手順

表 1. 設計仕様表

ON余裕	(°)	6.80
OFF余裕	(°)	9.34
レバー回転角 [RISET→TRIP]	(°)	27.69
リンクピンストップ角 [OFF→TRIP]	(°)	22.82
投入余裕 [CONTACT状態]		1.66
投入余裕 [ON状態]		15.31
TRIP時の可動子吊上げ力	(kgf)	0.97
レバー回転モーメント [ON状態]	(kgf・mm)	105.67
ハンドルアーム回転角 [ON→TRIP] ストップなし	(°)	24.67
ハンドルアーム回転角 [OFF→TRIP] ストップなし	(°)	0.00

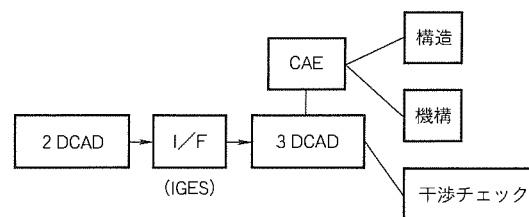


図 8. 現状の 3 DCAD システム

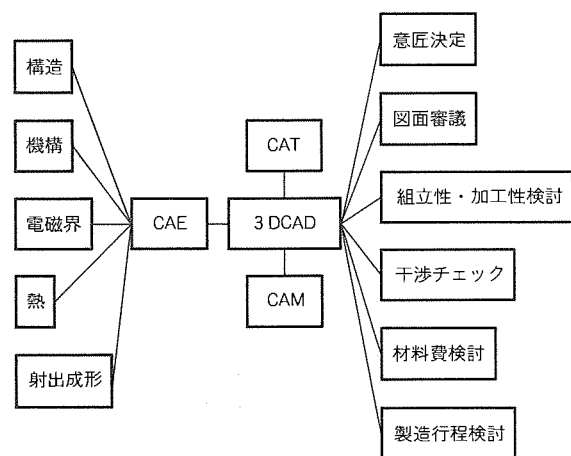


図 9. 将来の 3 DCAD システム

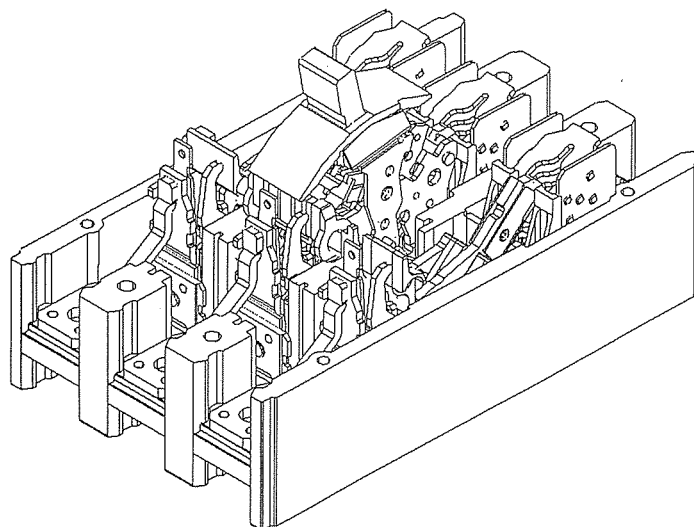


図 10. 干渉チェック用モデル (例)

- きる。
- (e) メインスプリングばねのフック形状を標準フックと分割フックとに考慮できる。
  - (f) オン・オフ・トリップ図を元に図 6 のような詳細なトグルリンク機構組立てを設計できる。
- (3) 設計検証システムの特徴
- (a) オンとトリップ時のクロスバー回転中心のズレを考慮できる。
  - (b) 計算結果は、表 1 に示す設計仕様表として 2 DCAD システムに図面として出力できる。

### 3.3 適用効果

このシステムは、平成 5 年度から開発を開始し、PSS の開発状況に応じて機能拡張を図り、今回のシステムとして開発を完了した。このシステムの適用効果として以下のことが挙げられる。

#### 3.3.1 製品適用

- (1) PSS (30 ~ 225 A フレーム) の機種構成を従来機種の 10 種類から 3 種類に小型モジュール化した。
- (2) 外形の高さ寸法 68mm を達成した。
- (3) 最適設計の実現により、設計品質が向上した。

#### 3.3.2 その他

- (1) トグルリンク機構設計手順を図 7 のように標準化した。
- (2) トグルリンク機構設計時間が従来の約 1/5 に短縮した。

- (3) 入社 1 ~ 2 年の設計者でも数週間の教育により、トグルリンク機構の最適設計が可能になった。

## 4. 3 DCAD システム

### 4.1 開発のねらい

近年、3 DCAD システムの急速な台頭によるトップダウン設計、PDM (Product Data Management System) による統合型管理設計へのアプローチなど、製品開発手法を根本から変革しようとする動きが急速に起こっている。現在当社では図 8 に示すように、2 DCAD システムの図形情報を IGES 変換し、汎用 3 DCAD システムに取り込み、このシステム上で 3D モデルとして構築し、構造・機構解析、干渉チェックなど実施している。将来的には、図 9 に示すように最初から汎用 3 DCAD システムで構築した 3 DCAD モデルを用い、そのモデルを元に CAE・CAM・CAT (Computer Aided Testing)、意匠決定、図面審議、組立性・加工性検討、干渉チェック、材料費検討、製造行程検討などがコンピュータ上ですべて行えるようにすることを理想と考えている。この中で、特に今回の PSS 開発に適用した事例について以下に紹介する。

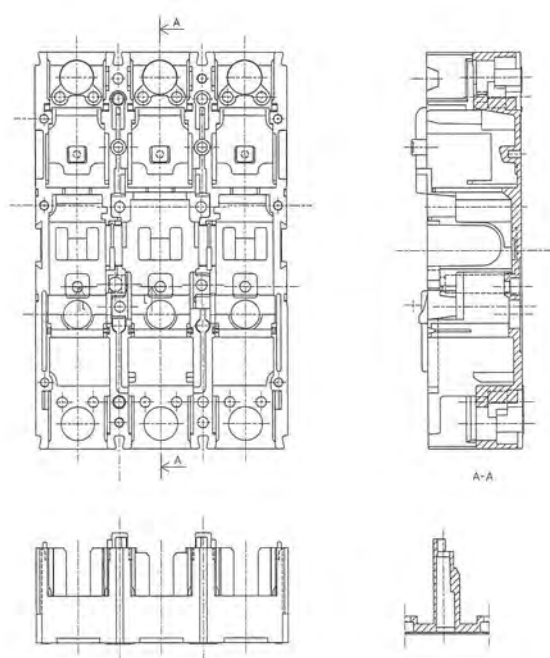
### 4.2 特徴

- (1) 市販の機能・拡張性に優れたシステムを導入し、カスタマイズすることでノーヒューズ遮断器・漏電遮断器専用システムとする。
- (2) EWS 導入汎用 3DCAD システムは、米国 SDRC 社製 CAE ソフトウェア I-DEAS とする。
- (3) このシステムを中心にコンカレントエンジニアリングを実現する。ここでのコンカレントとは、3DCAD モデルを正にして意匠検討、解析、試験、金型設計など一つのデータを用い短期間にコンピュータ上で仮想検討・生産を行うことである。

#### 4.3 適用効果

##### (1) 3DCAD モデル

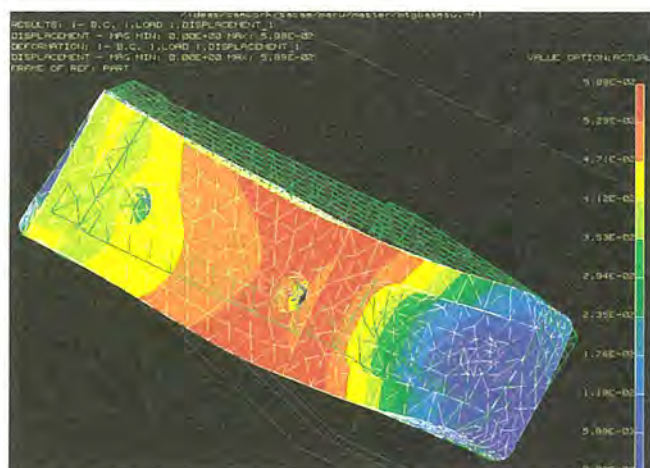
図 10 に干渉チェックに用いたものを示す。これにより、



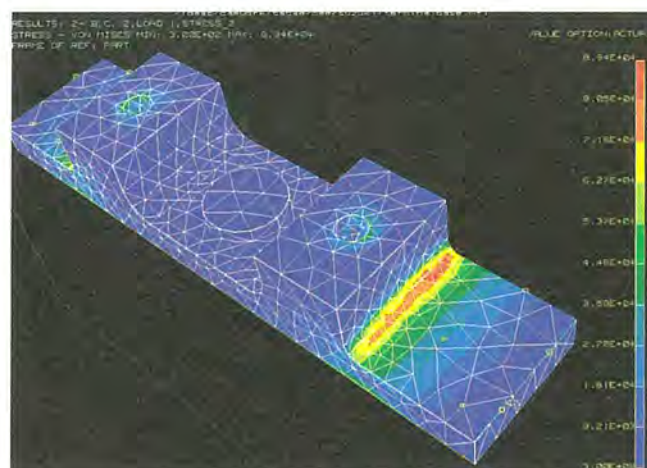
(a) 2DCAD 図面

(b) 3DCAD モデル

図 11. ベース



(a) MTG ベース



(b) ターミナルベース

図 12. 応力解析結果 (例)

試作することなく事前に干渉チェックが行え試作回数を大幅に減少することができる。また、例えば、図 11(a) のような 2DCAD 図面から形状を理解しなければならなかったのが、(b) に示すように 3DCAD 化することで形状理解が容易になり、設計者同士、部門間などでの意志の疎通が容易になる。

##### (2) 3DFEM (Finite Element Method) モデル

主要部品の応力解析により、最適強度設計を行った。例として、図 12(a) に MTG ベース、(b) にターミナルベースの応力解析の結果を示す。

#### 5. 機構解析システム

##### 5.1 開発のねらい

ノーヒューズ遮断器・漏電遮断器のオン・オフ・トリップ・遮断などの可動子及び機構部各部材の動作特性 (例えば、可動子の開離速度など) は、製品機能、遮断能力を決定する重要な要因の一つである。ところで、従来、この動作特性は、実機試験でしか確認がとれなかった。オン・オフ・トリップ

動作については、可動子などの動く部材に反射板などを張り、非接触の変位計やドップラー計を用い、速度、加速度を測定するという方法が一般的である。また、リンク係合部などの各部材に加わる荷重や衝突箇所の衝撃力については、ひずみゲージを着目点の近傍に張り等価的にひずみとして測定していた。遮断時の機構の動作、特に可動子の動作は、モールドケース外壁を透明のアクリル板にして撮影側のグリッド側板を取り除いて高速度カメラで撮影し、視覚的に捕らえていた。しかし、この方法だとグリッド側板が片側のみにしか設置されていないという実機との条件の違いがあることはもちろん、アーク発光が大きいため撮影が非常に困難であり、3極のすべての動作の把握は不可能である。また、機構部各部材の動作の把握も困難である。遮断時の通過電流、通過 $I^2t$ 、アーク電圧などの遮断性能に対しては実際の遮断試験を行うという方法がとられていた。

そこで、試作・検証時間の大幅な効率アップ、可動子及び機構部各部材の動作確認、構造解析などへの展開による最適設計、設計品質の向上並びに遮断性能の把握などを目的として、コンピュータ上の3DCADモデルが仮想運動するシステムの開発が必要になった。

## 5.2 特徴

- (1) EWS用の市販の機能・拡張性に優れたシステムを導入し、カスタマイズ化をすることでノーヒューズ遮断器・漏電遮断器専用のシステムとする。
- (2) EWS導入システムは、米国MDI社製機構解析ソフトウェアADAMSとする。
- (3) 汎用CAEソフトウェアI-DEASをカスタマイズ化し、図13に示す解析フローに従って機構解析ソフトウェアAD

AMSを自動実行させる。

- (4) 遮断時に可動子及び固定子に作用する電磁反発力を計算する電磁反発力算出サブルーチンを組み込み、遮断時の機構の動作解析ができる<sup>(1)~(3)</sup>。
- (5) 遮断時のアーク電圧、通過電流、通過 $I^2t$ 、電磁反発力などの限流解析(可動子及び固定子に作用する電磁反発力による機構の運動とアーク電圧、通過電流などの電気現象を複合して解くもの)波形が出力できる。
- (6) 解析に必要な条件は、すべてI-DEASで構築できる。
- (7) 容易な操作性、専門知識の必要がないなど、設計者が利用しやすいシステムとする。

## 5.3 適用効果

- (1) オン・オフ・トリップ・遮断動作などのアニメーションにより、可動子及び機構部各部材の動作状態の把握が可能になった。
- (2) 遮断動作解析による限流解析によって遮断性能予測が行え、最適遮断を実現する機構の最適化を行った。
- (3) 機構の最適化による最適遮断の限流解析波形(図14(a))のアーク電圧(V)、通過電流(I)に相当する遮断試験実測波形が図(b)である。
- (4) 可動子吊上げ力、開極速度などを解析し、機構の最適化を行った。
- (5) 部材間の衝突力を解析し、最適強度設計を行った。

## 6. むすび

以上、ノーヒューズ遮断器・漏電遮断器の開発における設計技術力、製品開発力の向上を目的に開発、導入しているノーヒューズ遮断器設計統合化支援システムの中で、PSSの

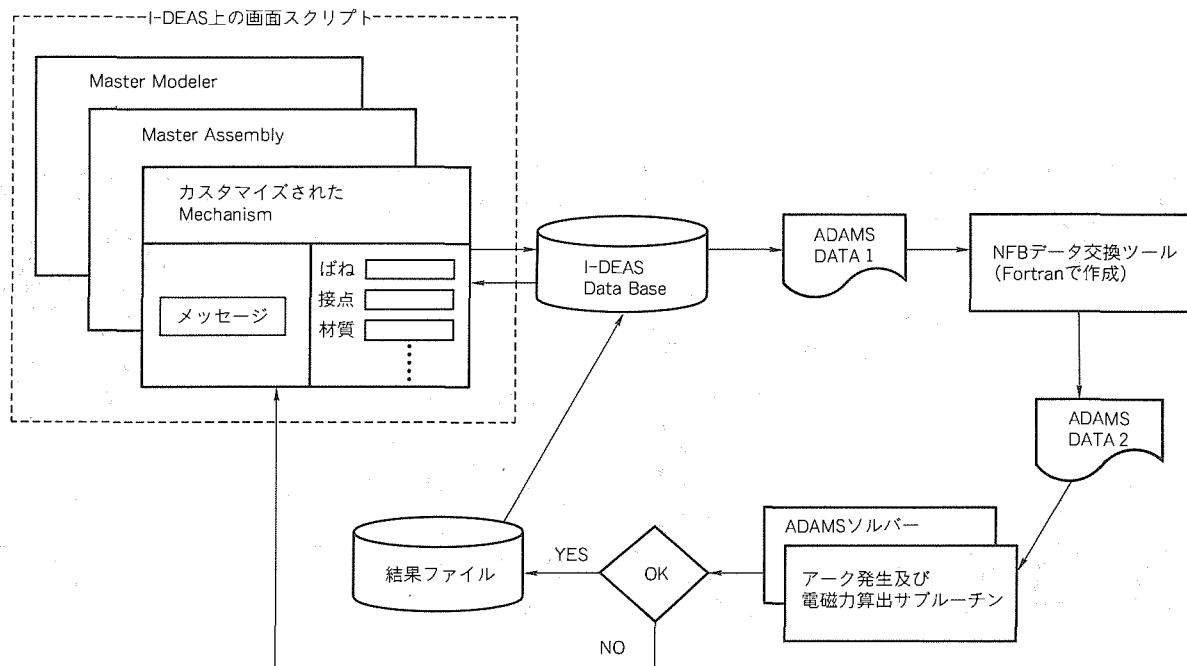


図13. 機構解析フロー

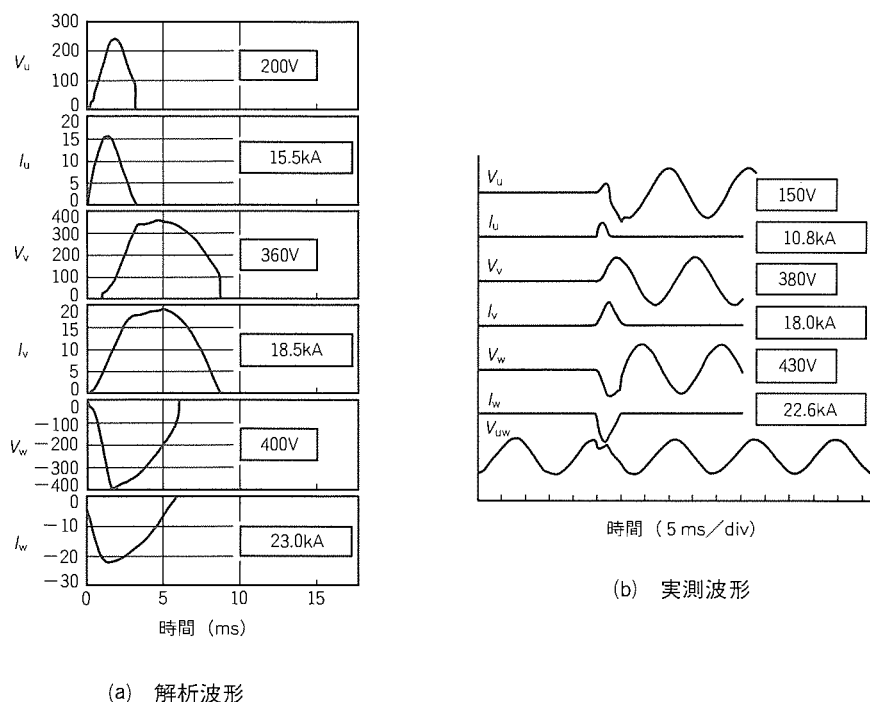


図14. 遮断性能 (460V, 50kA遮断例)

開発に際してシステム開発した①機構設計システム, ②3DCADシステム, ③機構解析システム, について開発のねらい, 特徴, 適用効果などを述べた。これらのシステムにより, PSS開発では, 機構, 構造などの最適化が図れた。

今後は, ますます発展するコンピュータ技術を基盤として, 今回のシステムに加えて熱設計システム, 電磁界設計システム, 金型設計システム, 3DCAMシステムなどのシステムの開発, 適用が更に重要になってくる。

また, 現在は各システムが独立して設計検討段階で活用され, 独立して効果をだしてきたが, 将来的にはすべてのシステムを複合させて総合的に設計検討できる総合CAEシステム

の開発が必要になってくる。これにより, 真の意味での設計技術力, 製品開発力の向上が実現すると考える。

#### 参考文献

- (1) 吉安 一, 高橋 貢, 佐久間秀一, 和田勇一: 昭和60年電気関係学会関西支部連合大会講演論文集 G1-24
- (2) 吉安 一, 高橋 貢, 村井 裕, 和田勇一: 昭和61年電気学会論文誌, 106-A, No.5
- (3) 今村 剛, 福本 宏, 小林義昭: 平成元年電気関係学会関西支部連合大会講演論文集 G3-13

# 新型ノーヒューズ遮断器・ 漏電遮断器のモールド材料

勝部俊一\*  
上元利和\*  
山崎 悟\*

## 1. ま え が き

今回の新型ノーヒューズ遮断器・漏電遮断器の開発コンセプトは、基本機能の追求・フレキシブル高機能化などであるが、開発コンセプトを実現する手段として“小型モジュール化”“高遮断容量化”“付属部品ワンタッチ挿入化による利便性向上”などが挙げられる。

これらの機能を具現化するには、新遮断方式の開発、新消弧技術及び新消弧材料の開発並びに新モールド材料の開発など、様々な新規技術の開発及びそれらの融合が不可欠となる。

加えて、上記コンセプトを具現化するとともに、ノーヒューズ遮断器・漏電遮断器の本質である遮断性能、安全性なども兼ね備えなければならないことは言うまでもない。安全性については、回路保護のみならず、遮断時の安全性、遮断後の安全性も重要である。特に“高遮断容量化”“製品の小型化”に伴い、遮断器の大電流遮断時の発生圧力は、従来と比較してばく(莫)大なものとなるため、これに耐えられるきょう(筐)体(カバー、ベース)設計、筐体用材料開発が求められる。

この項目では、新型ノーヒューズ遮断器・漏電遮断器に採用した機能性構造材料、すなわち大電流遮断時において、筐体に破損やき(亀)裂を発生しない強度と耐衝撃性を持ち、かつ短絡後の絶縁抵抗低下を抑制する機能を付加した新規開発の機能性構造材料について述べる。

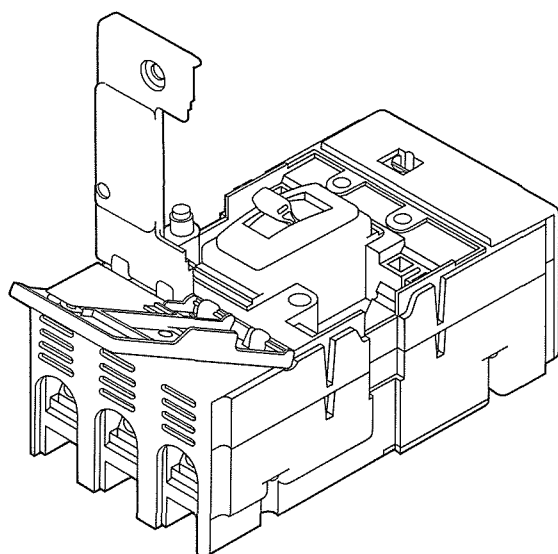


図1. 新型製品の上部のカバーを開離させた斜視図

## 2. カバー材料の開発

### 2.1 開発のねらい

#### 2.1.1 カバーの熱可塑性化

新型ノーヒューズ遮断器・漏電遮断器は、図1に示すとおり、カバーが上下に分離している。製品がコンパクトに小型化されているため、上部のカバー・下部のカバーいずれも薄肉になっている。その上、上部のカバーを開離させることにより、ワンタッチで付属部品の挿入ができるように、下部のカバーは複雑な形状である。新型ノーヒューズ遮断器・漏電遮断器の機能とカバーへの要求特性との相関を図2に示す。カバーへの主な要求特性は、高強度化・機能化(カバー上下分離)・薄肉化・複雑形状化である。

従来の製品のカバーに用いられていたフェノール樹脂、ポリエステルなどの熱硬化性樹脂では、これら要求特性を十分に満足できない。特に機能化・薄肉化・複雑形状化が技術的かつ原理的に困難である。さらに、将来的な環境問題の観点からすると、現状の技術では、熱硬化性樹脂のリサイクルが困難である点、また、今後の工場のオフィス化の観点から、配電保護機器類筐体などの脱黒色化を考えても、代表的熱硬化性樹脂の一つであるフェノール樹脂はフルカラー対応着色ができない点が不都合となる。

したがって、現状のニーズ、将来展望を考慮してカバー材料は熱可塑性樹脂を選定した。

#### 2.1.2 マトリックス樹脂選定

マトリックス樹脂は、長期信頼性、耐環境性、コストパフ

新製品開発 コンセプト	カバー 要求事項	熱硬化性樹脂		熱可塑性 樹脂
		フェノール樹脂	ポリエステル	
小型 モジュール化	高強度化	○	○	◎
	機能化 カバー分離	×	×	○
	薄肉化	×	×	○
	複雑形状化	×	×	○
高遮断容量化				
付属部品 ワンタッチ挿入				
+				
	リサイクル	×	×	○
	フルカラー 着色性	×	○	○

注 ◎…最適 ○…可能 ×…不適

図2. 新製品の機能とカバー材料要求特性との相関

フォーマンス、一部実用化されている業界実績を考慮すれば“ポリエチレンテレフタレート (PET) に代表されるエステル系樹脂”と“ナイロン樹脂 (PA)”となる。いずれも結晶性樹脂である。これらの比較を表1に示す。以下に PET と PA との特性比較について説明する。

#### (1) 成形の簡易性

一般論として、成形時の水分管理は、PET は0.01%の管理が必要なのに対し、PA は0.10%の管理で十分である。また、樹脂の結晶化に必要な金型温度は、PET は110℃以上の管理が必要なのに対し、PA は60℃以上で十分結晶化可能である。

したがって、成形の簡易性は、PA が良好である。

#### (2) 成形後の管理

PET は成形後、使用時の寸法安定性と機械的強度の安定化のために加熱処理による後結晶化が必要である。一方、PA は不必要である。ただし、PA は吸湿による寸法変化、機械的特性の変化が生じる。

#### (3) 長期信頼性

耐熱性は電気用品認定温度で、いずれも120℃以上あり実用上問題は無い。ただし、PET はポリエステルであるため、本質的に加水分解を生じる点で、耐湿性に不安がある。PA は吸湿はするが、分子鎖の分解に起因する特性低下は発生しない。

#### (4) 短絡後の絶縁低下防止効果

PET は分子構造内に芳香環を持つが、PA にはない。両者を構造的に比較すると、短絡後に発生する“すす”の量は、PA が少ない。つまり、短絡後の筐体内部の絶縁低下防止効果は、PET と比較するとPA が有利となる。

以上を主体に総合的に判断し、マトリックス樹脂はPAを選定した。

### 2.1.3 材料の開発思想

#### (1) ナイロンの吸湿抑制

カバー材料のマトリックス樹脂をPAに選定するに当たり、最も留意しなければならない点は、前項で説明したPAの本質的課題である吸湿性である。

表1. PETとPAとの特性比較

カバー熱可塑性候補材料		ポリエチレン テレフタレート (PET)	ナイロン樹脂 (PA)
成形簡易性	水分管理	△	○
	金型温度管理	△	○
成形の後管理	加熱処理での後結晶化	△	○
	吸湿性	○	△
長期信頼性	耐熱性	○	○
	耐湿性	△	○

注 ○…良好 △…やや劣る

PAの吸湿メカニズムの概略を図3に示す。PAは、分子構造内にアミド基 $[-NHCO-]$ を持っているが、この非結晶部のアミド基2個当たり、水分子が3個配位することによって吸湿を生じる。

したがって、PAの吸湿をいかに抑制した材料組成にするかがポイントである。

#### (2) 高強度・高耐衝撃性

上述したとおり、新製品は“高遮断容量化”“小型モジュール化”がされており、遮断時の内部圧力を直接受けるカバーにとってはいずれも不利な条件となる。その上、これらの実現に伴って部品は“薄肉化”され、カバー材料の高強度・高耐衝撃性への要求は一層高いものとなる。

したがって、開発材料は強化材と衝撃緩和成分との併用により、高強度と高耐衝撃性とを兼ね備えた材料組成とする必要がある。

#### (3) 外観光沢性

前述のとおり、開発材料への強化材の添加は必要不可欠であるため、従来の熱硬化性樹脂からなるカバーと比較して、部品外観が劣ることが予測される。

この対策としては、カバー表層が非結晶質となるようにマトリックス樹脂であるPAの組成を改質することにより、外観光沢性を保つ技術開発が必要である。

## 2.2 開発材料

### 2.2.1 開発材料組成

開発材料は、特殊ナイロンと衝撃緩和成分と強化材からなる組成である。

マトリックス樹脂となる特殊ナイロンとは、各種ナイロンを特定の割合で組み合わせたものである。この技術により、

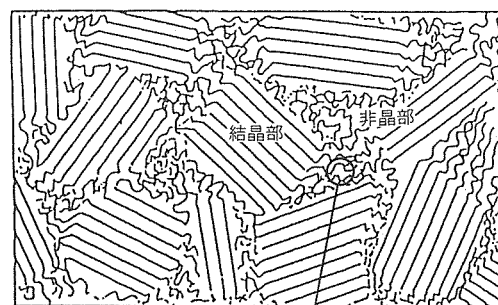


図3. PAの吸湿メカニズム

マトリックス樹脂の結晶化速度が低下し、結果的にカバー表層が非結晶質となり、成形部品の外観光沢性が保たれる。

衝撃緩和成分とは、オレフィン系弾性体である。これを与えることによって主に耐衝撃性・高伸度性が得られる。

強化材とは、ガラス繊維であり、従来のノーヒューズ遮断器・漏電遮断器に使用されているハンドル材料に含有されている量の約1.5倍の量を含有しており、主に高強度(高剛性)、耐衝撃性が得られる。

図4は、同一特殊ナイロンにガラス繊維の量と衝撃緩和成分の量を変えた様々な組成を持つ材料の“アイゾット衝撃強度”と“曲げ破壊エネルギー”との相関性を示した図である。

図4の組成Aと組成Bとを比較すると、ガラス繊維量が10%増加することにより、アイゾット衝撃強度が約40%、曲げ破壊エネルギーが約20%向上しており、ガラス繊維量の増加による高強度化、高耐衝撃性の効果が認められる。

図4の組成Aと組成Cとを比較すると、同一特殊ナイロン、同一ガラス繊維量の組成に衝撃緩和成分を含有させることにより、アイゾット衝撃強度が約125%、曲げ破壊エネルギーが約30%向上している。衝撃緩和成分による高強度化、高耐衝撃性の効果が認められる。この場合、特に短絡時の遮断エネルギーと相関性があると考えられるアイゾット衝撃強度の向上が著しい。ただし、衝撃成分は多量に含有すると、材料全体の剛性が低下するため、耐衝撃性・高伸度性・剛性などのバランスを保つ適正な配合が必要となる。

これらを踏まえ、新型ノーヒューズ遮断器・漏電遮断器のカバーには、図4の組成Dを適用している。

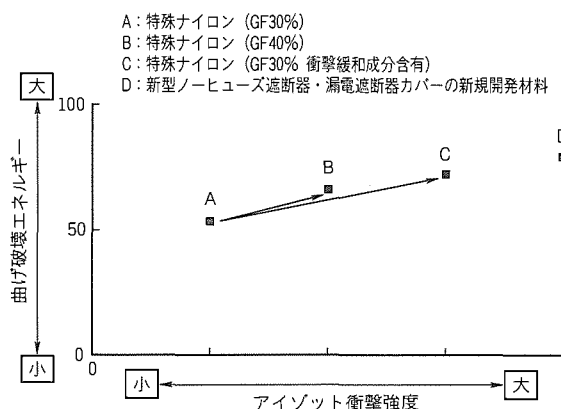


図4. 特殊ナイロンの衝撃強度と曲げ破壊エネルギーの相関

表2. 新規開発材料と従来材料との諸特性比較

区 分	カバー用新規開発材料	従来のカバー材料
比 重	1.46	1.89
引 張 強 度(MPa)	167	50
引張伸び率 (%)	3	—
曲 げ 強 度(MPa)	265	118
曲げ弾性率 (MPa)	10,100	12,260
C T I 値 (V)	600以上	600以上
熱変形温度 (°C)	200以上	200以上

また、衝撃緩和成分、強化材は、いずれも吸湿性が極めて少なく、これらの含有によって開発材料全体の吸湿性も極力抑制される。

以上のように新型ノーヒューズ遮断器・漏電遮断器のカバー用開発材料は、高強度・高耐衝撃性・低吸湿性・外観光沢性を兼ね備えた新規開発材料である。

“従来の熱硬化性樹脂”と“カバー用新規開発材料”の諸特性の比較を表2に示す。

## 2.2.2 開発材料の信頼性

ノーヒューズ遮断器・漏電遮断器は、様々な環境下で使用され、半永久的な製品保証を要求される。多湿な場所や特殊なガス雰囲気下など過酷な環境でも用いられている。

当社では、様々な環境を想定して、製品信頼性試験を実施しているが、新型ノーヒューズ遮断器・漏電遮断器の新規カバー用開発材料も例外ではない。

新規カバー用開発材料の耐熱処理(120°C)、耐湿処理(85°C, 85%)、各種ガス処理後の引張強度保持率の変化を図4～図7に示す。

いずれも初期強度を保持しており、新規カバー用開発材料は様々な環境下で用いられても十分信頼性を持つものであることが分かる。

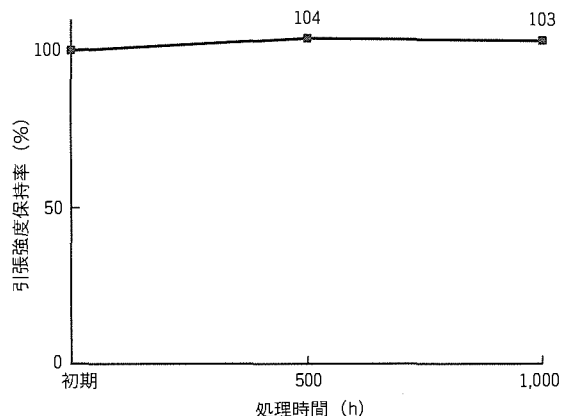


図5. 新規カバー用開発材料の耐熱処理後の引張強度保持率

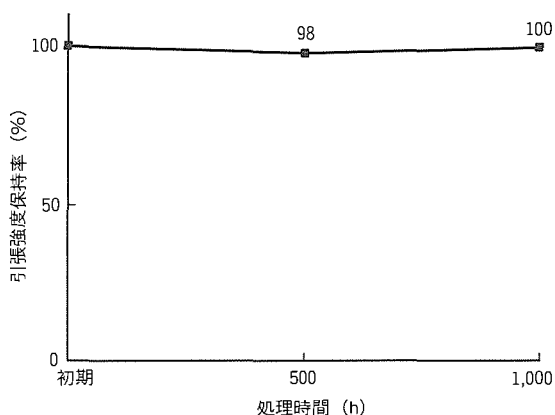


図6. 新規カバー用開発材料の耐湿処理後の引張強度保持率

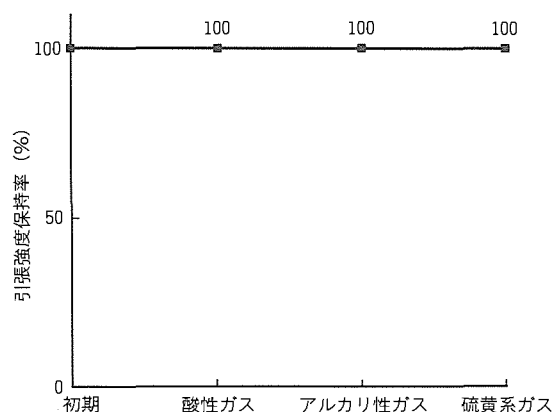


図7. 新規カバー用開発材料のガス処理後の引張強度保持率

### 3. ベース材料の開発

#### 3.1 開発のねらい

##### 3.1.1 機能性構造材料の開発の要求

新型ノーヒューズ遮断器・漏電遮断器のベースへの主要要求特性は、寸法精度・外観光沢性に加え、高遮断容量化に対応可能な高強度・高耐衝撃性である。これらは、構造部品としてのベースへの要求である。

さらに、小型化・高遮断容量化に伴い、短絡遮断後に筐体内部へ付着する導電性物質に起因する絶縁抵抗低下を防止する機能が新たに要求される。

つまり、従来は構造部品であったベースが機能性構造部品へと脱皮させるための技術開発が必要である。

##### 3.1.2 材料開発思想

ベースには導電部が取り付けられるため、異常発熱による筐体の形状保持性を考慮して、熱溶解しない熱硬化性樹脂を用いる。主要組成は樹脂分、強化材、充てん（填）材である。

##### (1) 高強度・高耐衝撃性

高強度・高耐衝撃性化は、強化材となるガラス繊維の量と繊維長を変えることや樹脂を高分子量化することによって対応する。

##### (2) 短絡後の絶縁低下防止機能

従来、成形品の低収縮性や低線膨脹性などのために充填されていた炭酸カルシウムを始めとする充填材を金属水酸化物に置換することにより、短絡後の絶縁低下防止機能を持つ技術を当社で開発した。当該機能は、この特集の別論文“新型ノーヒューズ遮断器・漏電遮断器の遮断後の絶縁性能低下抑制材料”で詳細に解説しているので、原理などの説明は省略する。

金属水酸化物を熱硬化性樹脂へ充填する場合、熱硬化性材料の混練温度や成形金型温度が約150℃以下の比較的低温で実施されるため、これら金属酸化物を熱可塑性樹脂に充填する場合に比べて、金属水酸化物の選択幅が広くなり、同時に

表3. 新規開発材料と従来材料の諸特性比較

区 分	従来のベース材料	ベース用新規開発材料①	ベース用新規開発材料②
充 填 材	炭酸カルシウム	金属水酸化物	金属水酸化物
成形収縮率 (%)	0.10	0.10	0.06
引 張 強 度 (MPa)	37	60	66
衝 撃 強 度 (kg・cm/cm <sup>2</sup> )	23	63	90
短絡後の絶縁抵抗値 (MΩ)	1～1.5	10以上	10以上

多量の充填が可能である。

したがって、熱硬化性樹脂に金属酸化物を多量に充填した組成物で形成された製品は、短絡後の絶縁抵抗低下防止効果が、大いに期待できる。

#### 3.2 開 発 材 料

開発材料の諸特性を表3に示す。開発材料は従来材料と比較して、引張強度で約1.6～1.8倍、シャルピー衝撃強度で約3～4倍の強度を持っている。

短絡後の絶縁抵抗値は、従来材料の場合、1.0～1.5 MΩであるが、開発材料の場合、いずれも10 MΩ以上と飛躍的な効果が認められた。

開発材料は、当初の目標である“高強度・高耐衝撃性”“短絡後の絶縁低下防止機能の保持”を具現化できた。

### 4. 開発材料(カバー、ベース)の特長

新型ノーヒューズ遮断器・漏電遮断器の筐体用の新規開発材料は、以下の特長がある。

- (1) 機械的特性に優れる。  
(特に高強度、高耐衝撃性に優れる。)
- (2) 電気的特性に優れる。  
(特に耐トラッキング性に優れる。)
- (3) 成形品は外観光沢性がある。
- (4) 短絡後の絶縁低下防止機能がある。  
(特にベース材料は、優れた効果を持つ。)
- (5) 低吸湿性である。
- (6) 耐環境性がある。
- (7) 長期信頼性がある。

### 5. む す び

新型ノーヒューズ遮断器・漏電遮断器の筐体（カバー、ベース）用の新規開発材料について述べた。今後更に最適組成の追求、信頼性向上、中型～大型遮断器への技術の水平展開及びその応用技術の開発に取り組んでいく。

# 新型ノーヒューズ遮断器・ 漏電遮断器の消弧絶縁材料

山口昌二\* 高橋 貢\*\*  
西山逸雄\* 加藤和晴\*\*  
馬場文明\*

## 1. ま え が き

近年、低圧配電系統の大容量化、大規模化が進み、低圧配電系統の保護に用いられるノーヒューズ遮断器・漏電遮断器の高遮断容量化及び小型化が求められている。これを実現するためには、電極開離時に発生するアーク電流の遮断性能に優れた消弧絶縁材料の開発が重要である。

この論文では、遮断性能を大きく向上させた新有機系消弧絶縁材料の開発について述べる。なお、図1は新型ノーヒューズ遮断器の消弧室断面であり、今回開発した消弧絶縁材料を適用している。

## 2. 従来の消弧絶縁材料

消弧絶縁材料は、消弧室内に配置されて、アーク電圧を急しゅん（峻）に上昇させ、速やかに電流を遮断するために用いられる。この消弧絶縁材料には、従来、耐熱性に優れた無機系材料が適用されてきたが、最近では有機系材料が多く用いられている。これは、アークの高熱によって有機物表面で分解して発生するガスが、そのガス圧力によってアーク径を細めてアーク抵抗を高めるためである。さらに、有機物は熱分解時にアークエネルギーを吸収し、アークを冷却するためにアーク抵抗を高める効果も持っている。これまで有機系消弧絶縁材料としては、消弧室内の温度上昇に十分対応できる耐熱性を持つメラミン樹脂などの熱硬化性樹脂系材料、又は耐熱性と機械強度に優れたガラス繊維強化ポリブチレンテレフタレート（PBT）やガラス繊維強化液晶ポリマ（LCP）などのエンジニアリングプラスチックが用いられてきた。しかし、最近ではノーヒューズ遮断器・漏電遮断器の小型化に伴い、消弧絶縁材料には次のような課題が新たに生じている。

(1) アークと消弧絶縁材料との距離が減少し、従来材料では

沿面電流が流れて遮断性能が低下する。

(2) 消弧室内容積が減少し、短絡電流遮断時における消弧室内の発生圧力が高まるため、耐衝撃性の劣る熱硬化性樹脂系材料では破壊・き（亀）裂が発生しやすい。

特に、細げき（隙）構造の電極を持つ新型ノーヒューズ遮断器・漏電遮断器 PSS (Progressive Super Series) では、こうした課題の解決が必要不可欠となっている。

## 3. 新有機系消弧絶縁材料の開発

### 3.1 要求特性

PSS に適用される消弧絶縁材料には、次のような特性が要求される。

- (1) 消弧室部品としての耐熱性を持ち、250℃以上の高温雰囲気下で変形しないこと
- (2) 規定回数の電流遮断を実現するため、高温時の沿面抵抗に優れ、電流遮断後の表面絶縁抵抗の低下が小さいこと
- (3) 短絡電流遮断時に発生する圧力できょう（筐）体や他の部品に亀裂発生や破壊を生じさせないために、発生ガス圧力の最適化が図られていること
- (4) 短絡電流遮断時に発生する圧力で亀裂発生や破壊を生じない機械強度を持つこと
- (5) 耐アーク消耗性に優れること

これらの特性を満たす有機系消弧絶縁材料として、樹脂単独材料では、機械特性・耐アーク消耗性の点から要求を満足することは困難である。このため、樹脂と無機強化材からなる複合材料を開発した。

### 3.2 樹脂の被アーク試験

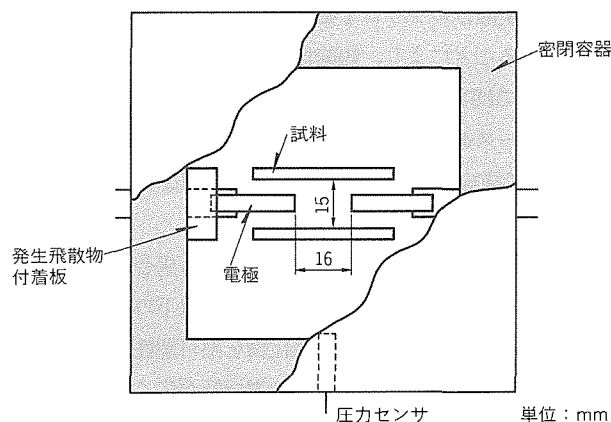


図2. 被アーク試験用密閉容器の内部配置

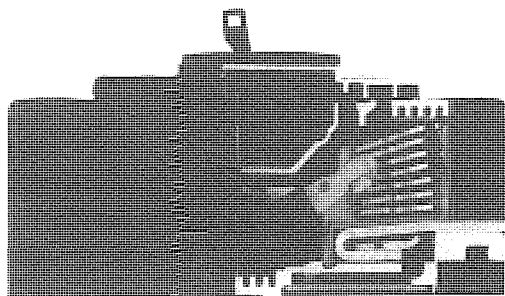


図1. 新型ノーヒューズ遮断器の消弧室断面

樹脂の被アーク時の発生ガス圧力及び被アーク後の表面絶縁抵抗について、熱分解挙動との関係を検討した。

樹脂の被アーク試験は、図2に示した密閉容器（内容積約1,000 cm<sup>3</sup>）の電極近傍に板状の樹脂（表1）を試料として配置し、14kAのアーク電流を発生させて行った。このとき、電極間電圧は200 V、電極間距離は16 mm、電極材は銀-タングステン-カーボンの合金（直径5 mm）を用いた。試料間距離は15 mm、試料形状は長さ70 mm × 幅55 mm × 厚さ2 mmとした。発生ガス圧力の測定は、密閉容器内に設置した圧力センサを用いて行い、試料表面の被アーク後の絶縁抵抗の測定はJIS C 8370に準じて絶縁抵抗計を用いて行った。

熱分解挙動は、熱重量分析装置を用いて昇温速度10℃/minで測定し、熱重量減少曲線の50%重量減少温度を重量半減温度とした。

発生ガス圧力と重量半減温度の関係を図3に示すが、両者の関係はほぼ直線的であり、重量半減温度が高くなるほど発生ガス圧力は低い。

また、図4には被アーク後の絶縁抵抗と重量半減温度の関係を示す。重量半減温度が500℃を超えると被アーク後の絶縁抵抗が著しく低下した。

図5は、被アーク後の絶縁抵抗が良好であったポリアセタール（POM）と絶縁抵抗の低下が大きかったポリエーテルサルホン（PES）の被アーク試験後の表面写真である。POMの表面は試験前と同様に平滑であるのに対して、PESの表面は、凹凸が激しく、炭化層が形成されている。POMは、熱分解温度が低いために、表面が炭化せずに熱分解して良好な絶縁抵抗を示した。これに対してPESは、熱分解温度が高いため、被アーク後の表面に炭化層が残り、絶縁抵抗低下の原因となった。

以上のことから、被アーク後の試料表面の絶縁抵抗値は、熱分解挙動と大きく関係していることが判明した。すなわち、炭化層が形成される前に熱分解する樹脂は、表面炭化しない

ために絶縁抵抗は良好となる。これに対して、分解温度が高い樹脂は炭化層が十分に熱分解せずに残り、絶縁抵抗の低下をもたらす。今回の被アーク試験では、重量半減温度の500℃付近を境として、絶縁抵抗の良好な樹脂と絶縁抵抗低下の大きい樹脂とに分かれた。

また、消弧絶縁材料には消弧室部品として、250℃以上の雰囲気下で変形しない耐熱性が要求される。POMは被アーク試験では優れた結果を示したが、表1に示すように融点が低くPSSには適用できない。融点及び被アーク試験の結果から、ナイロン46（PA46）・ナイロン6T（PA6T）が優れていることが分かる。

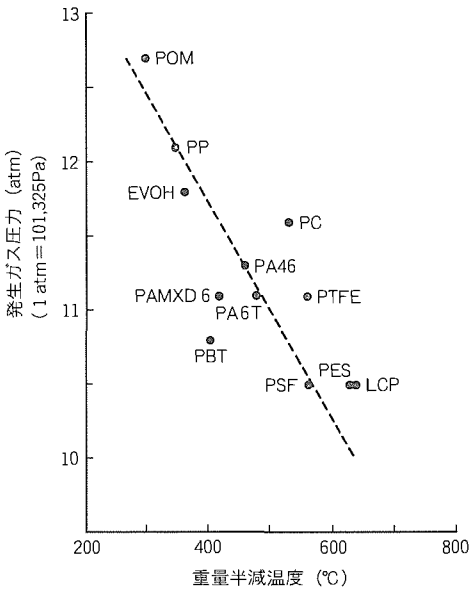


図3．発生ガス圧力と重量半減温度の関係

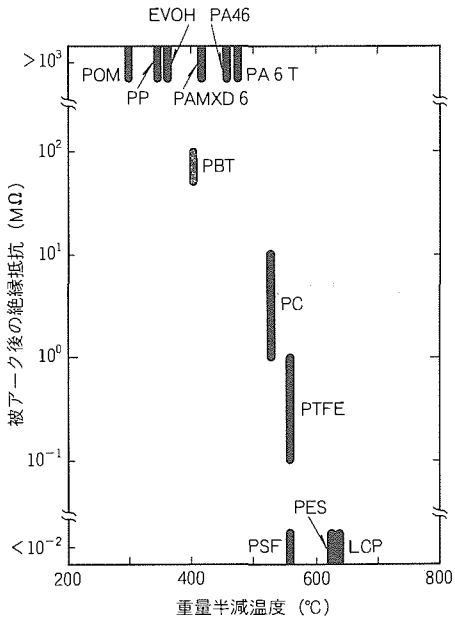


図4．被アーク後の絶縁抵抗と重量半減温度の関係

表1．被アーク試験に用いた樹脂とその熱分解挙動

樹脂	融点 (°C)	重量半減温度 (°C)
ポリアセタール (POM)	165	297
ポリプロピレン (PP)	163	346
エチレン-ビニルアルコール共重合体 (EVOH)	180	361
ポリブチレンテレフタレート (PBT)	228	403
ナイロンMXD 6 (PAMXD 6)	243	417
ナイロン46 (PA46)	290	458
ナイロン6 T (PA 6 T)	320	476
ポリカーボネート (PC)	230	528
ポリテトラフルオロエチレン (PTFE)	327	558
ポリサルホン (PSF)	(181) *	560
ポリエーテルサルホン (PES)	(252) *	626
液晶ポリマ (LCP)	330	637

注 \* ( )内は非晶性樹脂の軟化点

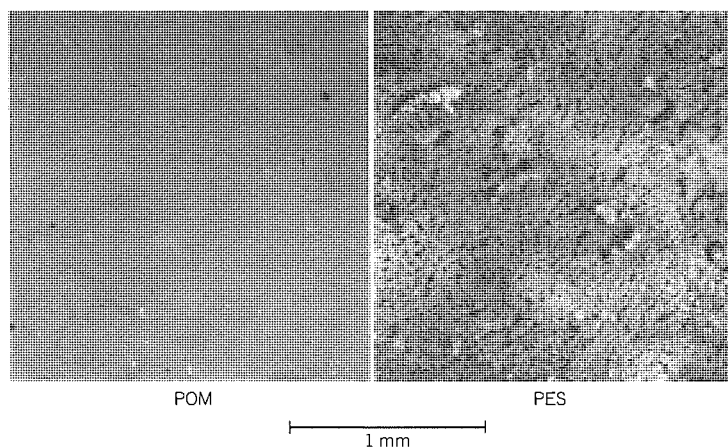


図 5. POMとPESの被アーク試験後の表面状態

表 2. 電流遮断試験でPA46に充填した無機強化材

無機強化材	組 成
ホウ酸アルミニウムウイスカ	$9 \text{ Al}_2\text{O}_3 \cdot 2 \text{ B}_2\text{O}_3$
ケイ酸アルミニウム繊維	$\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$
Eガラス繊維 (Eガラス)	$6 \text{ SiO}_2 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2 \text{ CaO} \cdot \text{MgO} \cdot \text{B}_2\text{O}_3$
珪 灰 石	$\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$
イ ラ イ ト	$\text{K}_2\text{O} \cdot 3 \text{ Al}_2\text{O}_3 \cdot 6 \text{ SiO}_2 \cdot 2 \text{ H}_2\text{O}$
マ イ カ	$\text{K}_2\text{O} \cdot 3 \text{ Al}_2\text{O}_3 \cdot 6 \text{ SiO}_2 \cdot 2 \text{ H}_2\text{O}$
チタン酸カリウムウイスカ	$\text{K}_2\text{O} \cdot 8 \text{ TiO}_2$

### 3.3 無機強化材

電流遮断試験及び曲げ試験により、無機強化材の消弧性及び機械強度の評価を行った。試料は、ナイロン 46 に無機強化材を充てん (填) した複合材料を用いた。

表 2 は電流遮断試験に用いた無機強化材である。電流遮断試験は、図 6 に示したように電極の周囲に試料を配置し、電極の開離によってアークを発生させて行った。試験は、定格電流遮断試験を行った後、過負荷電流遮断試験を実施した。試験条件は次のとおりである。

#### (1) 電流遮断試験 1

- (a) 定格電流遮断試験：690 V, 100 A の電流遮断を 1,500 回
- (b) 過負荷電流遮断試験：420 V, 600 A の電流遮断を 20 回

#### (2) 電流遮断試験 2

- (a) 定格電流遮断試験：690 V, 250 A の電流遮断を 1,000 回
- (b) 過負荷電流遮断試験：420 V, 1,500 A の電流遮断を 20 回

電流遮断試験 1 及び 2 の定格電流遮断試験では、すべての試料が良好な結果を示した。過負荷電流遮断試験では、表 3 に示したように、無機強化材の種類によって差が生じた。

樹脂用無機強化材として一般的であるガラス繊維 (E ガラス) と比較して、ホウ酸アルミニウムウイスカ・ケイ酸アルミニウム繊維・けい (珪) 灰石は遮断回数が多く、優れた特

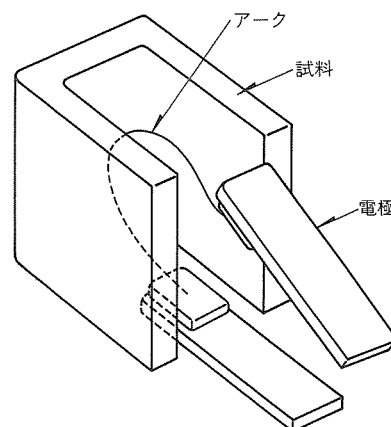


図 6. 電流遮断試験の電極と試料の配置

表 3. 過負荷電流遮断試験の遮断回路

試 料	試験 1	試験 2
PA46/ホウ酸アルミニウム30%	20	20
PA46/ケイ酸アルミニウム30%	20	20
PA46/ガラス15%/珪灰石20%	20	5
PA46/ガラス30%	20	0 ~ 1
PA46/ガラス15%/イライト20%	6	—
PA46/チタン酸カリウム30%	2	—
PA46/ガラス15%/マイカ25%	0 ~ 1	—

性を示した。一方、チタン酸カリウムウイスカやマイカは、遮断回数が少ない。

被アーク後のガラス繊維 (軟化点 850℃) について元素分析を行ったところ、消弧室の金属部品である接点・アークランナ・グリッドから飛散したと考えられる銀・銅・鉄などの金属が検出された。電流遮断を繰り返すことによってガラスに取り込まれる飛散金属の量が増え、沿面抵抗の低下をもたらした。これに対して、ホウ酸アルミニウムウイスカ (融点 1,440℃)・ケイ酸アルミニウム繊維 (融点 1,700℃) では、飛散金属は検出されなかった。これらの結果から無機強化材では、軟化して飛散金属を取り込まないために、融点又は軟化点が高いことが重要となる。

チタン酸カリウムウイスカは、融点が 1,310℃ と高いにもかかわらず、ガラス繊維よりも遮断回数が少ない。同様に、マイカやイライトを含む系においても遮断回数が少ない。これらの無機強化材に共通するのは、酸化カリウムを主な組成要素として含んでいることである。このため、アークエネルギーによってカリウムイオンが単離され、導電性をもたらすことが考えられる。また、カリウムを含む系と同様のことが、ナトリウムなど他のアルカリ金属を含む系でも推測できる。ホウ酸アルミニウムウイスカ・珪灰石は、X 線回折による分析ではアルカリ金属化合物を含んでおらず、ケイ酸アルミニウム繊維のアルカリ金属化合物は約 0.15% であった。これに対し、ガラス繊維は酸化ナトリウムを約 0.6% 含んでいることから、ナトリウムイオンによる電流遮断の妨害が考え

表 4. ナイロン樹脂系複合材料の曲げ強度・曲げ弾性率

ナイロン樹脂系複合材料	強 度 (MPa)	弾 性 率 (GPa)
PA46/ガラス30%	320	11.0
PA46/ホウ酸アルミニウム30%	200	9.2
PA46/チタン酸カリウム30%	200	8.5
PA46/珪灰石30%	130	5.5
PA46/ケイ酸アルミニウム30%	110	5.0

表 5. 大気圧下と減圧下における被アーク後の絶縁抵抗

	試料表面 (MΩ)		発生飛散物付着板表面 (MΩ)	
	大気圧	減 圧	大気圧	減 圧
PEO	>100	10~50	10~50	0.1~1
PEO/Al(OH) <sub>3</sub>	>100	>100	50~100	10~50
PEO/Mg(OH) <sub>2</sub>	>100	>100	50~100	10~50

られる。

また、JIS K 7203に基づいて曲げ試験を行い、無機強化材の補強効果を評価した。表 4 の曲げ破壊強度及び曲げ弾性率から、ガラス繊維が強度、弾性率ともに最も高く、優れた補強効果を示している。ホウ酸アルミニウムウイスカ・チタン酸カリウムウイスカがこれに次ぐ補強効果を示し、ケイ酸アルミニウム繊維・珪灰石の補強効果は非常に小さい。

電流遮断試験と曲げ試験の結果から、ホウ酸アルミニウムウイスカが、消弧絶縁材料の無機強化材として最も優れた特性を示した。

3.4 水酸化物系充填材

3.2 節で述べた被アーク試験後の密閉容器内の酸素濃度は 3 % 以下であり、空気中のほとんどの酸素が消費されていた。また、被アーク試験を 10 Torr 以下の減圧下で行うと、表 5 のように試料表面及び発生飛散物付着板表面の絶縁抵抗値が低下した。これは、雰囲気中の酸素が少ないために炭素や金属の酸化が不十分で、大気圧下の試験と比較して、試料表面及び発生飛散物中の導電性物質が多いためである。この現象から、被アーク後の絶縁抵抗の低下抑制には、導電性物質を酸素と反応させることが効果的であると考えられる。水酸化物は加熱されて脱水反応を起こし、発生した水分が導電性物質を酸化する効果が期待される。この効果を確認するために、低融点のポリエチレンオキサ이드 (PEO) に水酸化物を充填して被アーク試験を行った。この結果、表 5 に示すように被アーク後の絶縁抵抗の低下抑制が確認された。

図 7 は、熱重量分析装置において 10℃/min で昇温したときの水酸化物の熱重量減少曲線を示す。脱水量の多い水酸化アルミニウム、水酸化マグネシウムが絶縁抵抗の低下抑制効果が大きいと考えられる。

水酸化物を樹脂へ充填する場合、水酸化物の分解温度が樹

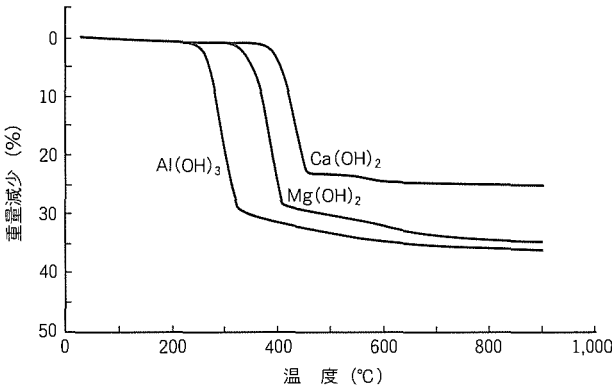


図 7. 水酸化物の熱重量減少曲線

表 6. 水酸化マグネシウムによる相間絶縁抵抗の改善効果

高充填Mg(OH) <sub>2</sub>	相間絶縁抵抗 (MΩ)		
	左極-中極	中極-右極	左極-右極
消弧室に設置	0.7	1.4	1.5
な し	0.2	0.2	0.3

脂の成形温度より十分高いことが要求される。図 7 に示した熱重量減少曲線における 10 % 重量減少温度は、水酸化アルミニウムが 281℃、水酸化マグネシウムが 369℃である。ナイロン 46 の成形温度は約 300℃、ナイロン 66 は約 280℃であるから、水酸化アルミニウムの充填は困難となる。そのため、絶縁抵抗低下抑制を目的として、ナイロン 46 など高融点ナイロン樹脂へ充填できる水酸化物は水酸化マグネシウムに限定される。

水酸化マグネシウムを高充填した試料を、消弧室内 (試作機) に配置して短絡電流遮断試験 (460 V, 25 kA) を実施した後、相間絶縁抵抗を測定した。その結果、表 6 に示すように絶縁抵抗の低下抑制に水酸化マグネシウムは大きな効果を示した。

4. む す び

当社の PSS は、小型化及び高遮断容量化を実現した新型ノーヒューズ遮断器・漏電遮断器であり、今回開発したナイロン樹脂系複合材料からなる新しい消弧絶縁材料を適用している。

ナイロン樹脂は、消弧室の高温雰囲気下で変形しない高融点のナイロン樹脂を選定した。無機強化材としてホウ酸アルミニウムウイスカを用いることにより、小型化によって要求が厳しくなった遮断性能を満足させることができた。さらに、水酸化マグネシウムを高充填化したナイロン樹脂系複合材料の適用により、消弧室から発生する導電性物質による絶縁性能の低下を抑制した。これにより、短絡電流遮断後の相間絶縁抵抗が改善され、ノーヒューズ遮断器・漏電遮断器の絶縁信頼性が大幅に向上した。

# 新型ノーヒューズ遮断器・漏電遮断器の 遮断後の絶縁性能低下抑制材料

加藤和晴\* 村上忠禧\*\*\*  
足達廣士\*\* 西山逸雄†  
高橋 貢\* 山口昌二†

## 1. ま え が き

近年、配電系統の大容量化・大規模化が進む中で、ノーヒューズ遮断器・漏電遮断器に対しては高遮断容量化及び小型化が求められている。これら大気中で遮断を行う開閉機器は、遮断時に耐アーク材料からなる消弧室の中でアークを冷却することで電流遮断を確実に進めるようにしている。その際、高温のアークにさらされた内部構成部品から種々のガスが発生する。ところで小型化は、遮断器消弧室のアークエネルギー負荷量の増大を伴い、ガス発生量も増加する。このため、きょう（筐）体内部表面に導電性付着物量が増加し、短絡遮断後の絶縁性能（電源負荷間、相間の絶縁抵抗及び筐体内部の表面絶縁抵抗）が低下する傾向が顕著になってきている。

そこで、小型モジュール化・高遮断容量化の実現をねらった新型ノーヒューズ遮断器・漏電遮断器の開発に当たり、短絡電流遮断後の絶縁性能が低下する現象を解明し、それに基づいた絶縁性能低下抑制材料の開発が必ず（須）であった。

ここでは、絶縁性能低下の原因の解明、絶縁性能低下抑制方法の検討<sup>(1)</sup>、及び開発材料適用例について述べる。

## 2. 絶縁性能低下現象の解明

### 2.1 経 緯

ノーヒューズ遮断器・漏電遮断器では限流性能を高めるため細げき（隙）遮断方式を採用しているが、これは、遮断時に高温アークにさらされた有機絶縁物表面から消弧性ガスを発生させ、アークを冷却することで消弧性能の向上を図るのである。しかし、遮断後にはこの消弧性ガスが黒色の分解物として消弧室の壁面のみならず筐体内部の構成部品表面に“すす”状に付着し、遮断直後の絶縁性能を低下させる傾向があった。今までは、このすすには、有機物の熱分解によって生成したカーボン（遊離炭素）が含まれており、導電層を形成することが原因と考えられていた。

ノーヒューズ遮断器・漏電遮断器の小型化・高遮断容量化を進めると、筐体内部の圧力増加に伴い、この低下傾向が顕著になってきた。これは、有機物の熱分解によって生成した消弧性ガスの発生量の増加が、内部圧力の増加を引き起こし、ひいては筐体内部へのカーボン（遊離炭素）を主体とする導電性物質の付着量・面積の増加、すなわち絶縁性能の低下を誘引するためとされてきた。

このため、絶縁性能の低下を防ぐ方法としては、炭素の多

い芳香環を含まず、水素を多く含む有機物を使用して発生カーボン量を少なくする方法<sup>(2)</sup>や、無機充てん（填）剤の水酸化アルミニウムから解離した結晶水と有機基とを反応させ、一酸化炭素や揮発性の炭化水素を形成<sup>(3)</sup>させて、導電性付着物の形成を防止する方法が考案されている<sup>(4)</sup>。

現行のノーヒューズ遮断器・漏電遮断器では、アークエネルギー冷却のために、ガラス繊維強化ポリエステル樹脂に水酸化アルミニウムを複合したものをグリッド側板に使用している。水酸化アルミニウムの結晶水の脱水・気化による吸熱反応を消弧に利用するとともに、この解離結晶水が絶縁性能の低下抑制にも作用してきたと考えられる。

ところで、水酸化アルミニウムは、有機系材料に複合すると、多すぎる場合アーク暴露時に結晶水の急激な気化に伴う膨脹作用によって有機系材料に亀裂が発生したり、その結晶水の気化ガスや有機物の熱分解ガスにより筐体内の圧力が上昇し筐体が破損する現象が見られた。このことは、アーク暴露時に機械強度を維持でき得る許容範囲内でしか複合できないことを示している。したがって、この方法では、遮断容量が大きくなると筐体内部表面への導電性付着物量の増加を抑制しきれず、十分な絶縁性能低下防止効果が得られなくなった。

一方で発生したガスを筐体外部に排出する排気孔を設けたり、消弧室外への飛散を防ぐための隔壁設置、グリス塗布といった構造的な対策も併用されたが、顕著な効果は認められなかった。

筐体内部表面への導電性付着物、いわゆるすす量の増加と絶縁性能低下との間には前述したように相関があることは以前から知られていたが、金属（銅、鉄等）も付着しており、主原因は解明されていなかったのが実情である。

そこで、まず付着物の分析を行い、どの構成部品から発生したどのような物質（元素）が絶縁性能低下に影響しているかを明らかにした。

### 2.2 表面付着物の分析

ここでは、実機（銀-WC 系接点、銅導体、鉄グリッド）の短絡試験後の筐体内部の絶縁性能低下部分の付着物について、X線回折装置、走査型電子顕微鏡観察、X線マイクロアナライザによる組織分析を行った。

#### 2.2.1 X線回折による同定

付着物の結晶性（結晶質か非晶質か）、結晶相の同定及び結晶粒径の判定をするために、X線回折を行った。

図1に典型的なX線回折結果の一例を示した。20°付近のブロードなピークは、下地部材(カバー材)中に複合されているガラスファイバ(E-ガラス45wt%)によるものと思われる。遮断後のアークガス暴露による付着物としては、銀の(110)、(200)回折線と銅の(111)、(200)回折線が同定された。また、X線プロファイルは、付着物が結晶性の高い金属状態であることを示している。鉄の(110)回折線は、銀の(200)回折線と重なっており、同定不可能であったが存在量は少ないと思われる。結晶性のカーボンの回折線は検出されなかった。非晶質のカーボンについては、下地部材(カバー材)中の樹脂と区別がつかないため存在判定は不可能であった。

Scherrerの式として知られているように、X線回折線の半値幅の広がり、結晶子の大きさに反比例する<sup>(5)</sup>。したが

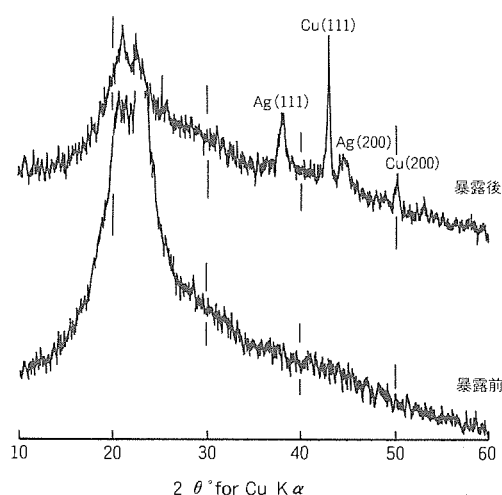


図1. 実機筐体内部付着物のX線回折結果

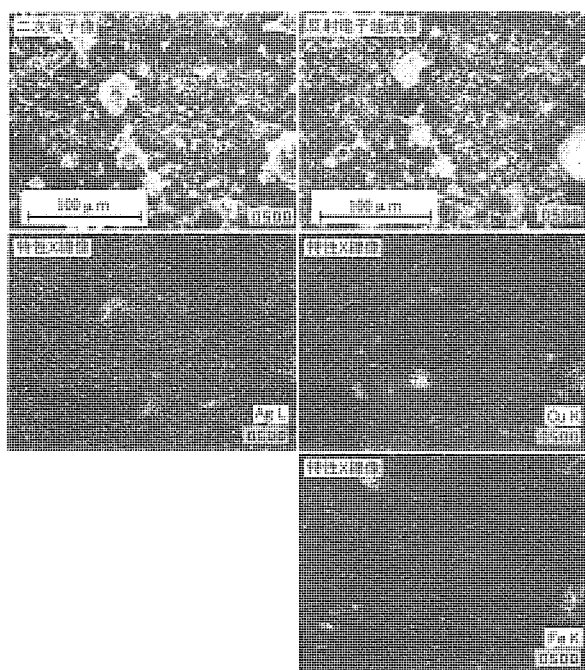


図2. 実機筐体内部付着物の走査型電子顕微鏡分析結果

って、銀の(111)回折線と銅の(111)回折線の半値幅は、銀>銅であり、結晶子径は銀<銅であることを示している。

## 2.2.2 粒子形状観察及び組織分析

付着物のたい(堆)積状態、粒子形状を判定するために走査型電子顕微鏡観察を、付着物粒子の元素帰属による元素組織分析のためにX線マイクロアナライザによる分析を行った。

走査型電子顕微鏡による堆積付着物の表面方向からの粒子形状観察結果の代表例を図2に示す。その領域でのX線マイクロアナライザによる面分析の結果(銀、銅、鉄の特性X線像)も併せて示した。さらに、同一領域での定性分析結果(同定元素のX線エネルギーレンジプロファイル)を図3に示した。

定性分析で検出された元素で存在量の多いものは、けい素、カルシウム、銀、銅、鉄である。このうち、けい素、カルシウムは下地部材(カバー材)中に複合されているガラスファイバに帰属され、銀、銅は接点、導体金属に、鉄はグリッド部金属に帰属される。

堆積付着物の形状は大部分が球状(粒径:  $\leq 40 \mu\text{m}$ )をしており、その間隙を不定形物が埋めている。反射電子組成像のコントラストは、平均原子番号に依存する(輝度の高いほど原子番号の大きい元素が存在する)。したがって、金属元素が非金属元素(C)より輝度が高く観察されることから、量比は金属 $\geq$ 非金属である。面分析との対比から比較的大きな球状粒子が銅、鉄(粒径では銅 $\leq$ 鉄)で、銀は粒子帰属ができず全面に均一に存在しているといえる。これは、X線回折の結果とも一致している。また、その存在量は、銀 $\geq$ 銅 $\geq$ 鉄であった。

次に、金属部分の影響度を解析するために積層方向(横断面)の分析を、試料として付着物の多いカバー部材を選択して行った(図4)。下地のカバー上に3~8  $\mu\text{m}$ の付着物が堆積している。これは、反射電子組成像から金属 $\gg$ 非金属と

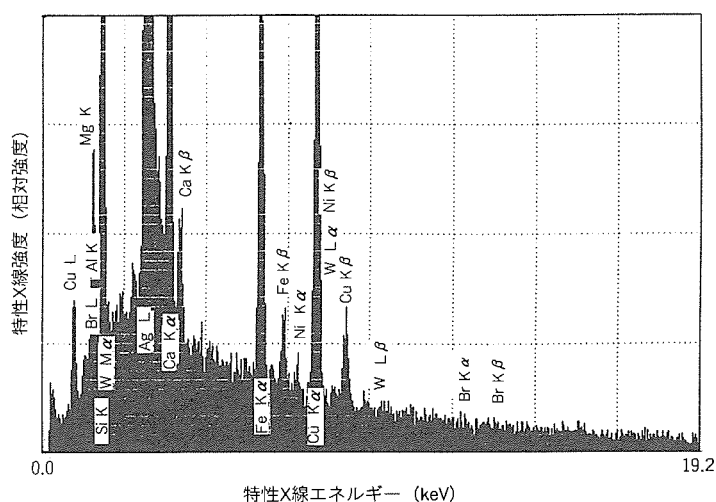


図3. 実機筐体内部付着物のX線マイクロアナライザ定性分析結果

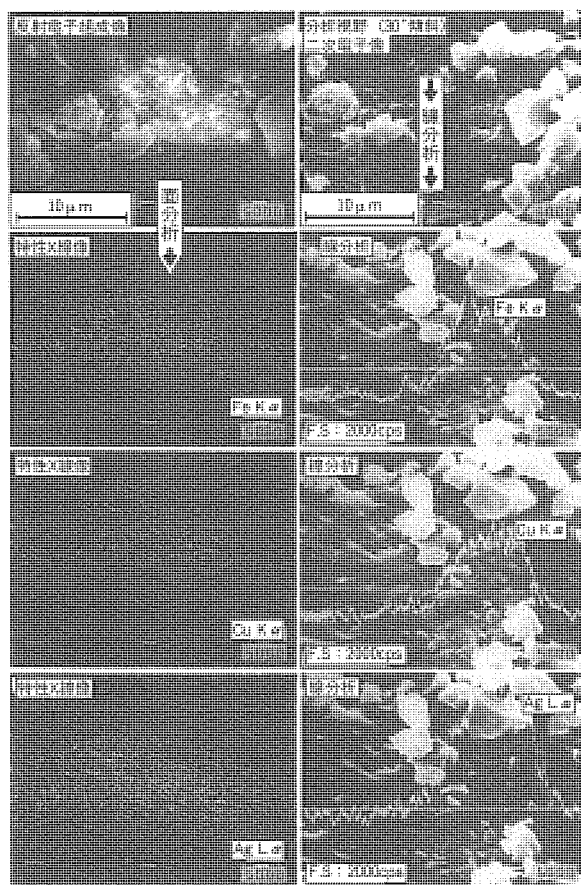


図4．実機筐体内部付着物の積層方向からのX線マイクロアナライザ分析結果

予想される層を形成しており、内部にサブミクロンオーダの金属粒子を包含している。非金属 (C、輝度の低い部分) は層中にはわずかに不連続に偏在している。面分析 (特性 X 線像) の結果は、層が金属元素 (鉄、銅、銀) から構成されていることを示している。この層の金属元素の線分析結果と考えると、その存在量は銀>銅>鉄である。

### 2.3 絶縁性能低下の原因

短絡遮断後の絶縁性能低下の原因である付着物、いわゆるすすは、従来有機物が蒸発した炭素が主要物とされてきたが、以下のことが分かった。

- (1) 付着物の大部分は金属元素で、数  $\mu\text{m}$  の層を形成する。特に接点、導体から蒸発飛散した金属 (銀、銅) の影響が大きい。
- (2) 銀は全面に均一に分布し、粒子帰属困難であり、鉄及び銅は球状粒子として存在する。
- (3) 非金属成分 (C) は、金属成分 (銀、銅、鉄) の間隙に不連続に偏在する。

以上の分析結果から、絶縁性能の低下は、①遮断時のアークにさらされた接点や導体から銀や銅といった金属が溶融・蒸発飛散し、②筐体内部に金属を主成分とする導体層が形成されることによって生じる現象であると結論できる。

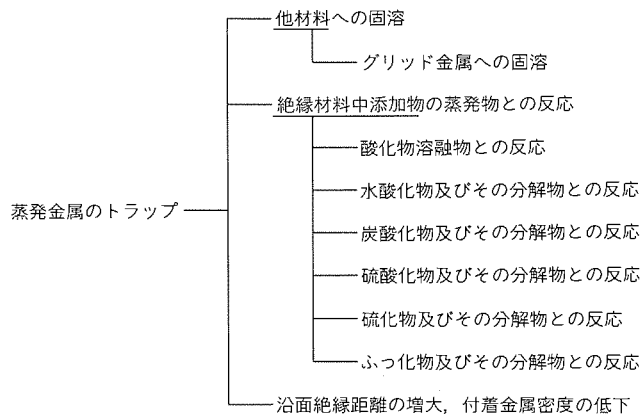


図5．絶縁性能低下抑制対策手段樹枝図

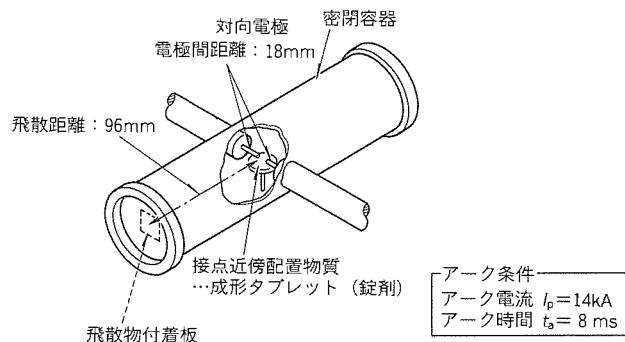


図6．アーク暴露用モデル試験器

## 3. 絶縁性能低下抑制方法の開発

### 3.1 開発のねらい

付着金属層 (特に銀主体の導体層) が短絡電流遮断後の沿面絶縁抵抗の低下に大きく関与していることから、従来の遊離炭素の付着抑制だけでは絶縁性能回復は不可能である。そこで接点、導体から蒸発飛散した金属 (銀、銅) のトラップが絶縁性能低下への対策に有効と考え、その手段を樹枝図に整理した (図5)。他材料への固溶、沿面絶縁距離の増大では著しい効果が実現できなかったため、絶縁材料添加物からの蒸発物との反応を検討することにした。検討するに際して、実機での有機系各構成部品からのカーボンの影響を除き、接点材料との反応のみを模擬するため、単純化したモデルを立案して反応現象の解析を進めた。

### 3.2 アーク暴露モデル試験

単純化したモデルとして図6に示すような、対向電極と飛散物付着板を備えた密閉容器 (内容積約  $1,000\text{cm}^3$ ) からなるアーク暴露用モデル試験器を作製した。電極先端の接点は実機を模擬した銀-WC系とし、飛散物付着板はアークの熱的影響を受けにくい、絶縁体であるスライドガラスを使用した。電極間距離を  $18\text{mm}$  とし、 $14\text{kA}$  のアーク電流を発生させ、密閉容器中の雰囲気を変えて、アーク暴露時の接点蒸発ガスとの反応性について解析した。

付着板上の飛散積層物について絶縁抵抗測定 (DC  $500\text{V}$ )、

表 1. 接点蒸発ガスへの雰囲気の影響

雰囲気	絶縁抵抗 (MΩ) 付着板上	付着板上の反応生成物 (粉末X線回折分析同定相)
大気中	∞	Ag < α-Ag <sub>2</sub> WO <sub>4</sub> , WC
酸素中	∞	Ag < α-Ag <sub>2</sub> WO <sub>4</sub>
窒素中	0.1	Ag, W
減圧中	0	Ag, W

表 2. 接点近傍配置物質の絶縁抵抗に及ぼす効果

配置物質 (暴露後)	絶縁抵抗 (MΩ) 付着板上	付着板上の反応生成物
Mg(OH) <sub>2</sub> (∞)	∞	Ag, W, Ag <sub>2</sub> O
Al(OH) <sub>3</sub> (∞)	∞	Ag, W
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (0)	1	Ag, W, u. k
CaCO <sub>3</sub> (∞)	∞	CaO, Ca(OH) <sub>2</sub> , Ag, W

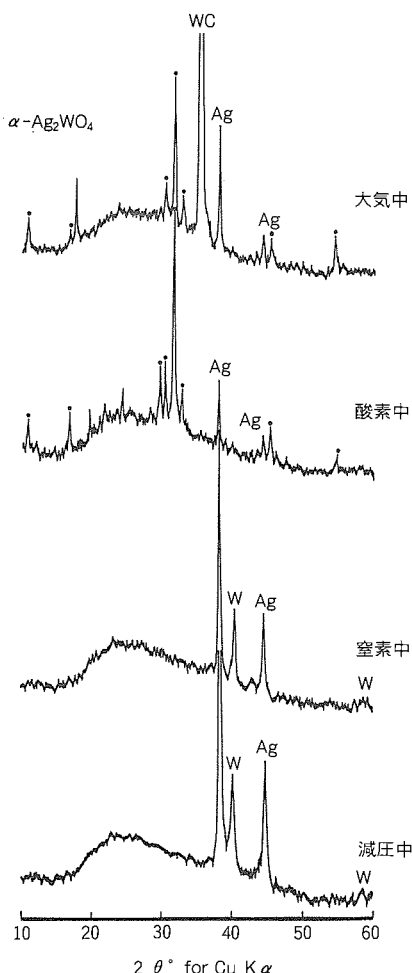


図 7. 付着物の X 線回折結果：  
モデル試験器内部雰囲気の影響

生成物の同定を行った結果を表 1, X 線回折結果を図 7 に示す。絶縁抵抗は、大気中、酸素中では∞で、飛散積層物には接点材料 (銀, WC) 以外の生成物が同定された。窒素中、減圧中では 0.1 MΩ, 0 MΩ となり、接点金属以外の生成物は観察されなかった。X 線回折における特性 X 線の強度は、大気中、酸素中では接点と酸素の反応物 (α-Ag<sub>2</sub>WO<sub>4</sub>) が銀より多く生成することを示している。これに対して、窒素中、減圧中の X 線プロファイルは、酸化反応が起きていないことを示している。この結果、大気中、酸素中では絶縁抵抗が∞になり、窒素中、減圧中では絶縁抵抗は小さくなったと考えられる。すなわち、絶縁性能の低下抑制には酸素の存在が効果的であることが分かった。

一方、実機では前章の結果から、遮断時にはブレーカケー

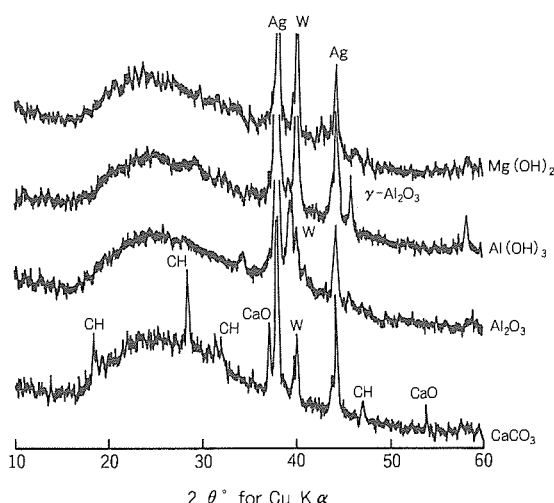


図 8. 付着物の X 線回折結果：  
接点近傍配置物質の効果

ス内部の大気 (酸素) が高温・高圧のアーカガスによって排除され、溶融・蒸発金属は酸化することなく内面各部に付着するため付着物の絶縁抵抗は低下することになる。この点を考慮して、単純化モデル雰囲気として窒素中を選択した。

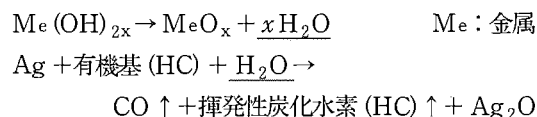
### 3.3 反応性物質の探索

アーカ暴露時に金属蒸気と反応しうる分解ガスを発生する材料添加物質として水酸化物、炭酸化物、反応性の低い物質としてアルミナを接点下に配置 (図 6) して、窒素雰囲気中で絶縁抵抗に及ぼす効果を検討した。接点近傍配置物質は、いずれも粉末試薬をプレス成形したものを用いた。

付着板上の飛散積層物について絶縁抵抗測定 (DC 500 V)、生成物の同定を行った結果を表 2, X 線回折結果を図 8 に示す。反応性が低いと予想したアルミナを除いて、いずれも高い絶縁抵抗値を示したが、反応生成物 α-Ag<sub>2</sub>WO<sub>4</sub> は検出されなかった。銀、タングステンの特性 X 線プロファイル分析は、これら金属の結晶性が低下して酸化されていることを示していた。特に水酸化マグネシウムを使用した場合には、赤外吸収スペクトルに Ag<sub>2</sub>O に帰属される吸収 (550 cm<sup>-1</sup>) が検出され、金属粒子のごく表層部分の酸化層の形成が確認された。

### 3.4 絶縁性能の低下抑制方法

接点、導体から蒸発飛散した金属 (銀, 銅) をトラップする手段として、接点近くの絶縁材料添加物の蒸発物との反応が有効であることが判明した。これは、溶融・蒸発金属とアーカ発生時の高温下で反応しうるガスを発生する物質を接点近傍に配置し、蒸発金属ガスを絶縁体化 (酸化物化) することで絶縁抵抗を向上させる新しい方法である。その機構は、銀を例に挙げると



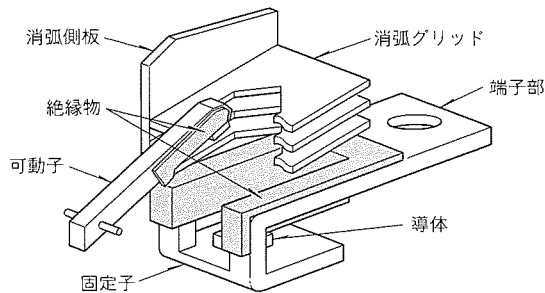


図9. ISTAC消弧室構造

という反応が作用していると考えられる。すなわち、①アークによって接点金属（特に銀）が蒸発、②同時に接点近傍に配置した金属水酸化物から水が発生、③この水が瞬時に酸素・水素プラズマとなって金属蒸気と反応して、蒸気粒子表面が酸化される。④また、有機物の分解によって発生する遊離炭素の発生も抑えて筐体内部に付着・堆積する時点では絶縁体化されているという機構が考えられる。

#### 4. 絶縁性能低下抑制方法の材料への適用

##### 4.1 消弧室構造への適用

図9に示したISTAC消弧室構造の有機系絶縁材料に、ナイロン樹脂と金属水酸化物から構成した射出成形品を使用した結果を図10に示す。短絡遮断後の電源-負荷間絶縁抵抗が従来の有機系消弧材料単独の場合（0.6～1.5 MΩ）と比較して2～3倍となり、相当に絶縁抵抗の低下が抑制されている結果が得られた。また、金属水酸化物の含有量に比例して抑制効果が増大することも確認した。

##### 4.2 筐体への適用

下部筐体（ベース）は炭酸カルシウムを始めとする充填材が添加されたガラス繊維強化ポリエステル成形体であったが、その充填材を金属水酸化物で置換・高添加したものを適用した。その結果、短絡遮断後の絶縁抵抗は電源側中央極においても10 MΩという格段な効果を達成した（図11）。

### 5. 特 長

開発した絶縁性能低下抑制材料は、板状形状や成形品として使用できる絶縁材料で、以下の特長を持っている。

- (1) 絶縁性能低下抑制効果が優れる。
- (2) 耐アーク性・電気絶縁性に優れる。
- (3) 複雑形状品が成形可能である。

なお、機械的特性、長期信頼性についてはこの特集論文中の“モールド材料”“消弧絶縁材料”で詳細に解説されているので参照されたい。

### 6. む す び

新型ノーヒューズ遮断器の短絡遮断後の絶縁性能低下抑制方法・材料について述べた。この絶縁性能低下抑制材料は、

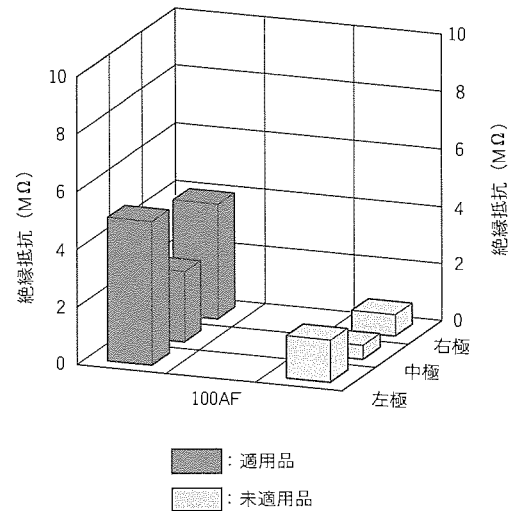


図10. 消弧室構造へ適用した場合の絶縁性能の向上

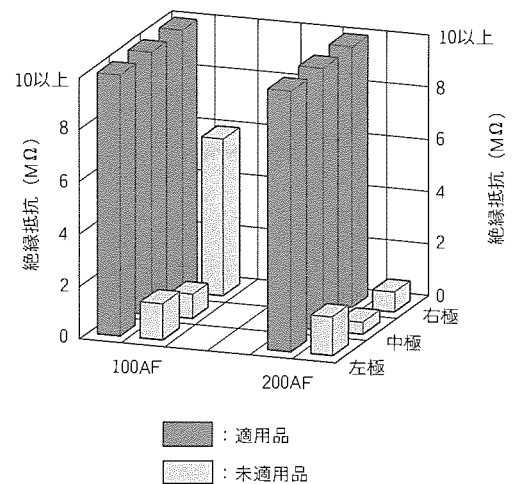


図11. 筐体へ適用した場合の絶縁性能の向上

大容量のノーヒューズ遮断器、さらには他の気中遮断器、開閉器などアークが発生する機器に適用可能である。

今後、複合する材料の種類の拡張、最適組成の追求、製造プロセスの適正化を進め、これら機器の小型化、信頼性向上を図る。

### 参 考 文 献

- (1) 加藤和晴, 高橋 貢, 西山逸雄, 足達廣士: 平成6年電気関係学会関西支部連合大会講演論文集 G231 (1994)
- (2) 岡田健彦: 消弧装置, 公開特許公報, 特開昭63-310534 (1988)
- (3) Norman, R. S., Kessel, A. A: Internal Oxidation Mechanism for Nontracking Insulations, Trans. AIEE, Pt. III, 77 632～636 (1958)
- (4) 岡田健彦: 消弧体および回路しゃ断器, 公開特許公報, 特開平2-144811 (1990)
- (5) 山中高光: 粉末X線回折による材料分析, 92～94, 講談社サイエンティフィック (1993)

# 新型ノーヒューズ遮断器・ 漏電遮断器のデジタル ETR

石井和宏\* 金高修子\*  
土本雄二\*  
山崎晴彦\*

## 1. ま え が き

電気を使用するビル・工場などのシステム化・インテリジェント化は急激に進んでおり、そこに使用されるノーヒューズ遮断器・漏電遮断器に対しても、給電の信頼性を向上させるための遮断器単品の信頼性向上のみでなく、給電システム全体の信頼性を向上させる事前警報などの高機能化が求められている。

ここでは、新型ノーヒューズ遮断器・漏電遮断器PSSシリーズ (Progressive Super Series) の信頼性向上や、高機能化を実現したデジタル ETR (Electronic Trip Relay) 用 IC について述べる。

## 2. デジタルETRについて

### 2.1 過電流引き外し機能へのニーズ

給電システムの信頼性向上のために電子式遮断器に求められているものは、引き外し特性のマルチ可調整化、プレアラーム標準装備化、保全性向上、実効値検出方式化等である。

#### (1) マルチ可調整化

定格電流、長限時動作時間、短限時引き外し電流、短限時動作時間、瞬時引き外し電流を可調整にすることにより、高圧側 OCR やヒューズとの協調や、低圧側遮断器間の選択協調が容易に得られ、事故遮断時の停電範囲を最小にすることができる。

#### (2) プレアラーム標準装備化

コンセント回路等の負荷電流の増加を、負荷電流が定格電流を超える前に知ることができる。これにより、重要度の低い負荷を切ることができ、重要回路の停電回避処置を行うことができる。

#### (3) 保全性向上

遮断器の動作状態を LED で表示することにより、事故遮断時の原因調査時間の短縮化や、定期点検時の動作チェックが容易となる。

#### (4) 実効値検出方式化

負荷機器の電子化が進んでおり、これによって負荷電流のひずみが増加している。このようなフィールドでの不必要なトリッ

プを防ぐため、今までの当社大型電子式遮断器と同じように、実効値検出方式が必要不可欠である。

以上のようなニーズを、100 A フレームという小型の遮断器で実現するため、従来のアナログ専用 IC は採用せず、今後の発展性のあるデジタル方式の IC を開発した。

### 2.2 デジタルETRの構成

電子式遮断器の過電流引き外し回路は、外部制御電源の使用禁止のため検出対象である負荷電流から動作エネルギーを得て、しかも、負荷電流の大きさを監視しなければならないという、特殊な回路方式となっている。また、変流器を経由して負荷電流から動作エネルギーを得るため、変流器の外形上の制約で、許容消費電力は 100 mW 程度となり、低消費電力形の回路方式が要求される。さらにこれらの回路は、事故電流が流れ始めてから、すなわち動作エネルギーが供給され始めてから数 ms で動作可能となる必要があり、高速の初期応答性が要求される。

以上の特殊性及び 2.1 節での高機能化のニーズを満たすため、マイクロコンピュータと専用 IC の二つの IC で構成することとした。この中で、マイクロコンピュータは高機能化

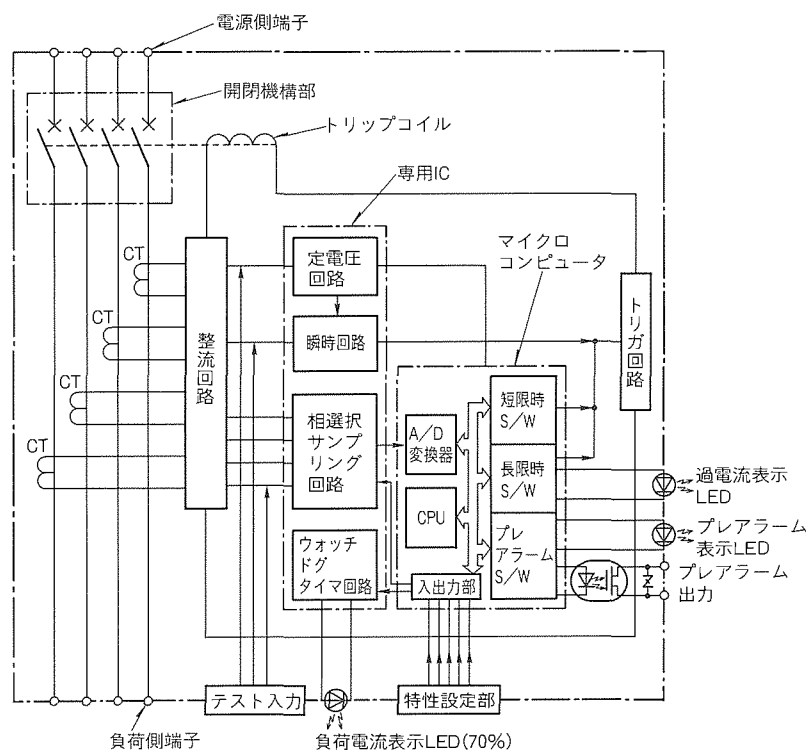


図 1. デジタル ETR のブロック図

を、専用ICはマイクロコンピュータの動作環境作りと過電流引き外し回路の特殊性に対応するものとした。このデジタルETRのブロック図は図1に示すもので、この中の二つのICの役割分担は次のようになる。

(1) マイクロコンピュータの機能

- (a) マルチ可調整 (長限時及び短限時引き外し)
- (b) デジタル実効値検出 (長限時及びプレアラーム)
- (c) プレアラーム
- (d) 各種 LED 表示

(2) 専用ICの機能

- (a) 各種定電圧供給及びシステムリセット
- (b) 瞬時引き外し
- (c) 相選択サンプリング
- (d) ウォッチドグタイマ

2.3 デジタルETRの各部の動作

デジタルETRの動作の概略について、図1で説明する。

(1) 遮断器に負荷電流が流れると、内蔵の変流器CTにより、負荷電流に比例した二次電流が各相ごとにデジタルETRに流れ込む。

(2) 整流回路は、各相CTの交流二次電流を全波整流し、定電圧回路へ動作エネルギーを送ると同時に、過電流引き外しに必要な負荷電流に比例したアナログ信号を、瞬時回路や

相選択サンプリング回路へ送る。

(3) 定電圧回路は、専用IC自らの制御電源を作ると同時に、マイクロコンピュータに5V電源やA/D変換基準電圧やシステムリセット信号を送る。

(4) 瞬時回路は、マイクロコンピュータの立ち上がりを待つことなく、数msで動作可能となり、事故電流が瞬時引き外し電流より大きい場合は、瞬時にトリガ回路を導通させ、トリップコイルをCTの二次出力で励磁して遮断器を引き外し、事故電流を遮断する。

(5) 相選択サンプリング回路は、各相CTの負荷電流信号を切り換えながらサンプリングし、マイクロコンピュータのA/D変換器にアナログ信号を送る。

(6) マイクロコンピュータは、アナログ信号をデジタル信号に変換し、各相ごとに100ms間の実効値演算を行い、長限時引き外しやプレアラーム特性処理を行う。短限時引き外し領域では、時間遅れが問題となるため、20msごとにピーク値演算処理を行って、短限時引き外しを行う。

(7) マイクロコンピュータは、そのほかにも、引き外し特性の設定や、過電流表示LEDやプレアラーム表示LED、負荷電流表示LED(70%)の制御も行う。

(8) 専用IC内のウォッチドグタイマ(WDT)は、マイクロコンピュータの動作を監視し、定期的なマイクロコンピュータからの信号がない場合はシステムリセットをすると同時に、

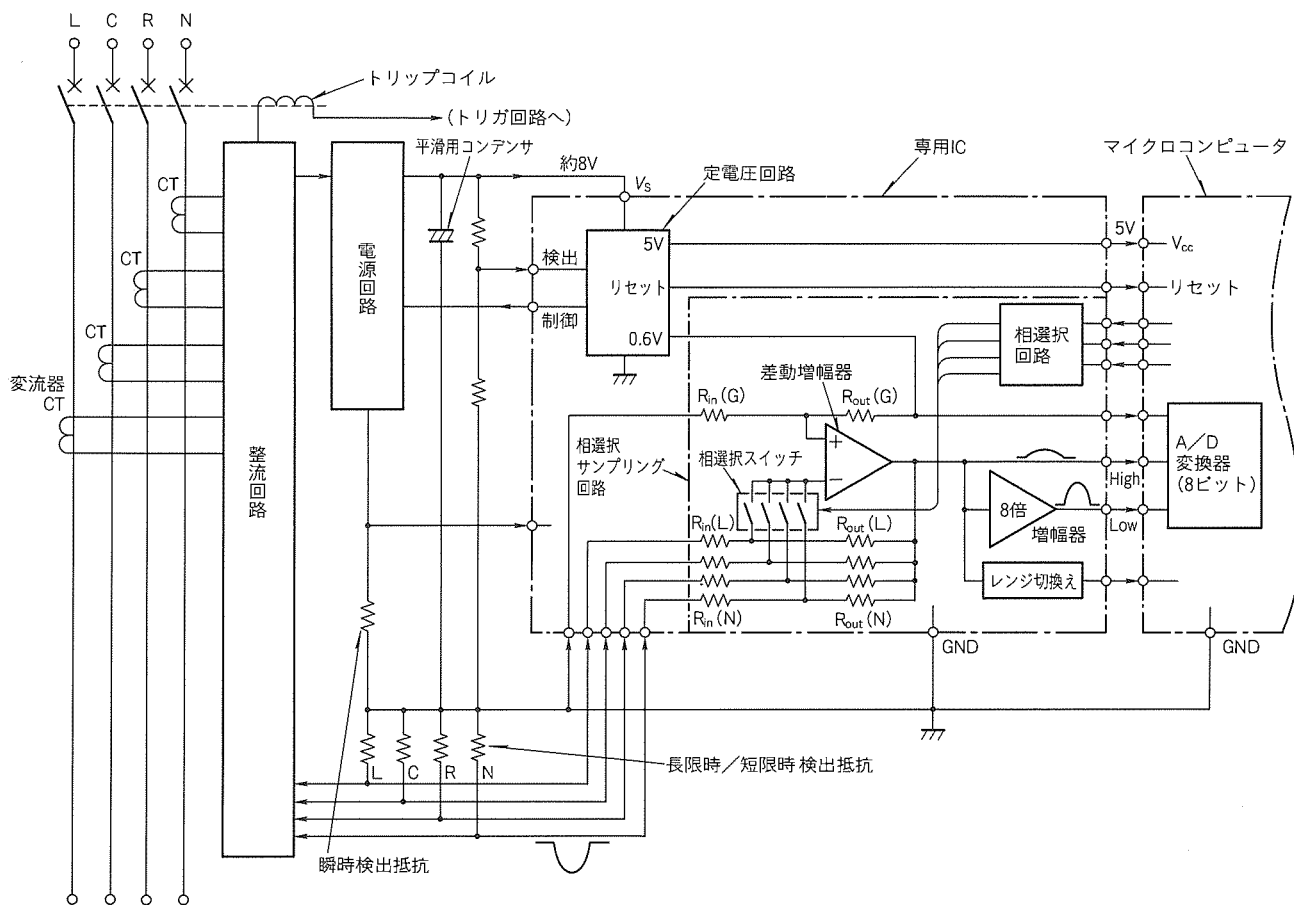


図2. 専用ICの内部回路図

負荷電流表示 LED (70%) を消灯させ、外部に異常を知らせる。

(9) デジタル ETR にはフィールドテストが可能のようにテスト入力コネクタを設けてあり、ブレーカテスト Y-250 を用いてテスト電源やテスト信号を入力することにより、長限時・短限時・瞬時引き外し・プレアラームの各動作特性をチェックできる。

### 3. デジタル ETR 用 IC

#### 3.1 専用 IC

今回開発した専用 IC は、過電流引き外し回路の特殊性に対応したアナログ IC であり、製造プロセスはバイポーラである。図 2 に専用 IC の内部回路図の一部を示す。一般的な IC では、マイクロコンピュータも含めて、その IC の電源電圧範囲外の信号処理は、IC 内部素子のアイソレーション (素

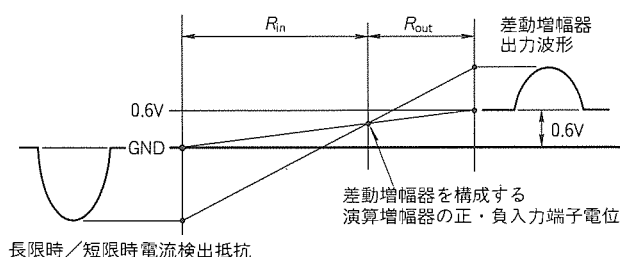


図 3. 負信号の取込み

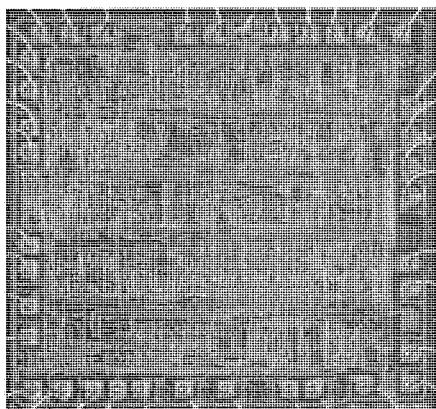


図 4. 専用 IC チップ写真

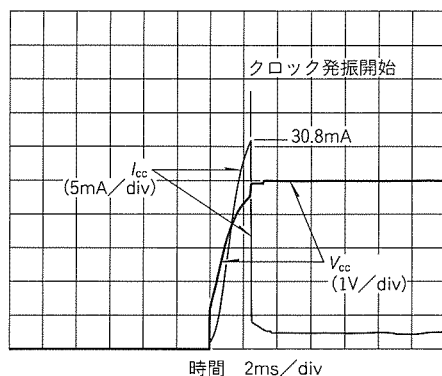


図 5. マイクロコンピュータ電源立上り時の貫通電流

子間の絶縁) の関係で行えないが、専用 IC では内部素子間のアイソレーションを特別に設計し、IC の GND レベルよりも低い信号入力を可能としてある。これにより、検出対象である CT 二次電流から動作電源を得ながら、しかも CT 二次電流の大きさが検出可能である。

図において、整流回路で全波整流された CT 二次電流は、トランジスタ等で構成された電源回路に流れ込み、専用 IC の定電圧回路は専用 IC 自らの電源電圧  $V_S$  が約 8V に保たれるように電源回路を制御し、さらにマイクロコンピュータ等の動作に必要な各種電圧を作る。一方、専用 IC やマイクロコンピュータに分流した CT 二次電流は、各 IC を動作させながら、GND レベルに再び集まり、各相の長限時/短限時検出抵抗を通して各相 CT へ帰っていく。このとき、長限時/短限時検出抵抗には CT 二次電流に比例した電圧が発生するが、その電圧信号は GND レベルより負側の信号である。

専用 IC の差動増幅器は、図 3 に示すように負の信号を 0.6V を基準とした正の信号に変換する。このとき差動増幅器出力を 0.6V を基準にしたのは、差動増幅器を構成する演算増幅器の正・負入力端子電位を GND レベルより少し正の電位とし、演算増幅器を飽和しにくくするためである。

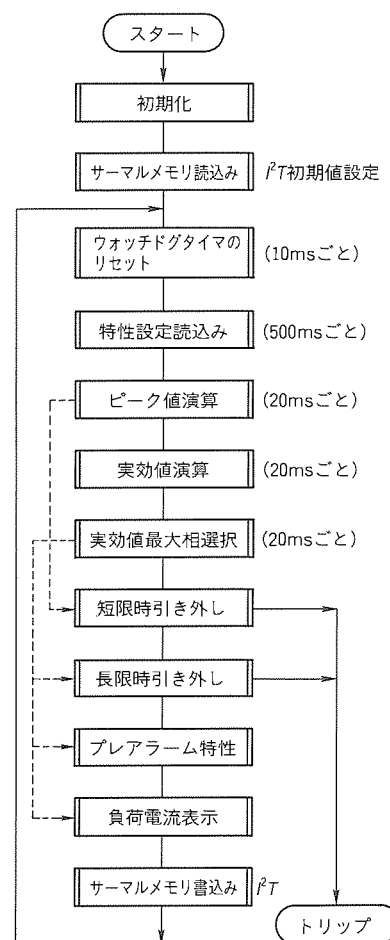


図 6. メインプログラム

また、差動増幅器はマイクロコンピュータからの指示により、取り込む信号の相選択をできるように構成しており、15  $\mu$ sで相切換えが可能である。差動増幅器の出力は、そのままの信号と8倍に増幅された信号がマイクロコンピュータのA/D変換入力端子に接続されており、Highレンジ(1倍信号)とLowレンジ(8倍信号)のどちらをA/D変換すべきかを伝える“レンジ切換信号”と組み合わせることにより、A/D変換器8ビット+レンジ切換え3ビット=11ビットの総合分解能が得られる。これにより、一般的な8ビットのA/D変換器を用いても、プレアラム領域から短限時引き外し領域までカバーできる。図4は、以上の特長を述べた専用ICのチップ写真である。

### 3.2 マイクロコンピュータとソフトウェア

デジタルETR用のマイクロコンピュータに要求される

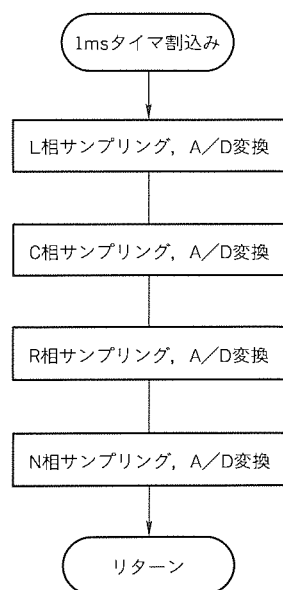


図7. サンプルングフローチャート

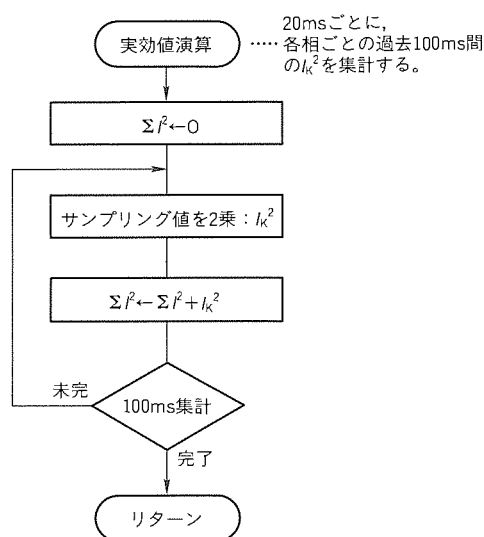


図8. 実効値演算フローチャート

事項は、小型、クロック周波数8MHz以上、A/D変換器付き、メモリ容量8Kバイト以上というような一般的事項以外に、低消費電力という重要な条件がある。2.2節で述べたように、デジタルETR全体で許容消費電力は約100mWであり、マイクロコンピュータに許される消費電力は、5V・10mA程度となる。さらに、この消費電力は、常に5V・10mA以下であるべきであるが、マイクロコンピュータの種類によっては、電源立ち上り時に大きな貫通電流が流れる場合があり、選定時に注意を要する。図5は大きな貫通電流約30mAの流れるマイクロコンピュータを、十分な容量のある電源で立ち上げた場合の例である。

このようなマイクロコンピュータをデジタルETRで使うと、供給電流が不足し、システムとして立ち上がり不能となる。今回は、定常的な消費電流が小さいだけでなく、電源立ち上がり時の貫通電流や貫通電流の流れる時間の小さい三菱マイクロコンピュータを選んである。

このマイクロコンピュータのソフトウェアのメインプログラムは図6に示すものである。サンプルングは定期的に行う必要があるため、図7のように1msのタイマ割込みを使って、各相ごとにサンプルングとA/D変換を行う。

$$\text{電流の実効値} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i^2 dt} \dots\dots\dots (1)$$

であるが、演算時間を短くするため  $\sqrt{\quad}$  処理はせず、実効値の2乗相当で、後処理の比較等を行う。

$$\begin{aligned} (\text{電流実効値})^2 &= \frac{1}{T} \int_0^T i^2 dt \doteq \frac{1}{T} \sum_{k=1}^{100} I_k^2 \Delta T \\ &\doteq \frac{1}{T} (I_1^2 + I_2^2 + I_3^2 + \dots\dots \\ &\quad + I_{99}^2 + I_{100}^2) \Delta T \dots\dots\dots (2) \end{aligned}$$

$\Delta T = 1\text{ms}$ , 積分時間  $T = 100\text{ms}$  とすると、

$$\begin{aligned} (\text{電流実効値})^2 &\doteq \frac{1}{100} (I_1^2 + I_2^2 + I_3^2 + \dots\dots \\ &\quad + I_{99}^2 + I_{100}^2) \dots\dots\dots (3) \end{aligned}$$

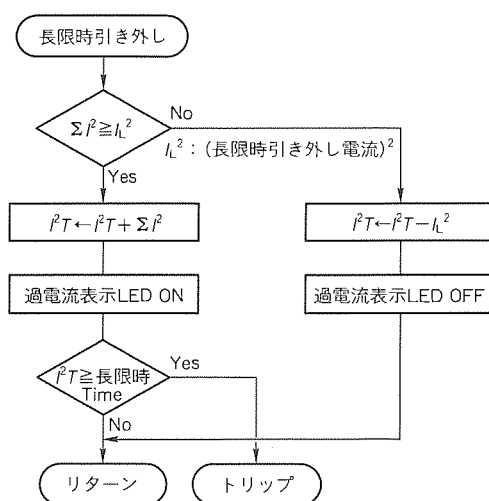


図9. 長限時引き外しフローチャート

となり、(電流実効値)<sup>2</sup>は $\sum_{K=1}^{100} I_K^2$ に比例することとなる。この実効値演算のフローチャートを図8に示すが、20msごとに、過去100ms間の $I_K^2$ を、各相それぞれで集計する方法としてあり、各相独立で(電流実効値)<sup>2</sup>を求めた後、最大相を選択する。長限時引き外しは、最大相の(電流実効値)<sup>2</sup>で、図9のフローチャートのように処理し、負荷電流が長限時引き外し電流より大きくなると、過電流表示LEDを点灯させ、所定の時間を経過すると遮断器を引き外す。プレアラーム特性も、最大相の(電流実効値)<sup>2</sup>で、長限時引き外しと同様な処理をするので、反限時特性となる。短限時引き外し

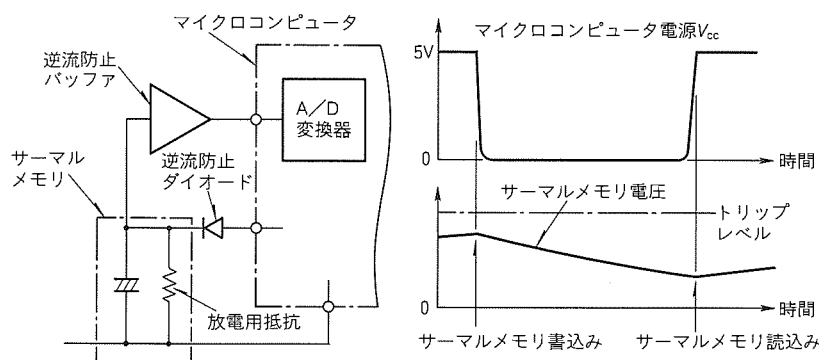


図10. サーマルメモリ構成と動作

は、全相分の20ms間の最大値で、引き外し特性の処理をする。また、従来のアナログETRも断続負荷で動作するよう構成していたが、今回のデジタルETRも断続的に流れる負荷電流でも、電線を保護できるよう構成してある。

図10に示すようにコンデンサと放電抵抗の並列回路からなる“サーマルメモリ”を設け、内部の $I^2T$ カウンタの値を、マイクロコンピュータの電源がOFFとなる前にサーマルメモリに書き込む。サーマルメモリの電圧は、外部の電線の温度が下がるのと同じように下がる。次に負荷電流が流れ始めたとき、サーマルメモリの電圧を読み込み、その値を内部 $I^2T$ カウンタの初期値とする。図に示す逆流防止用ダイオードとバッファは、マイクロコンピュータの電源がOFFしたときに、サーマルメモリの電荷がマイクロコンピュータに逆流するのを防ぐためのものである。

表1. NF100-SEP測定例

特性 波形	長限時引き外し電流 (定格電流に対する%)	200%動作時間 (s)
正弦波	111.1	101.3
ひずみ波形	109.5	100.4

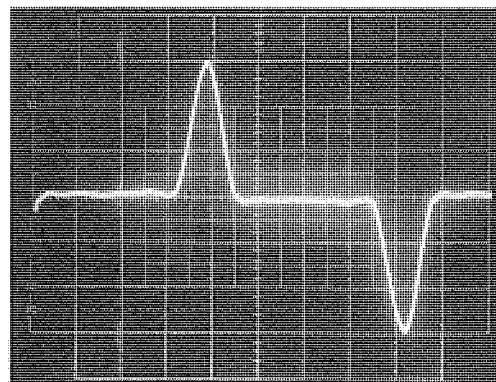
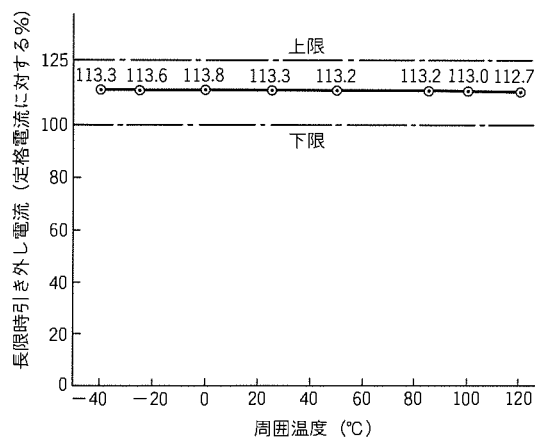
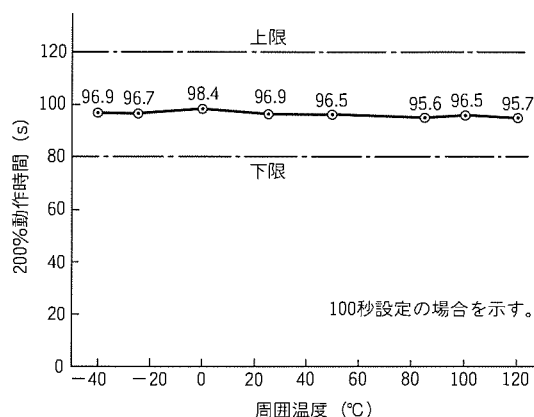


図11. ひずみ波形負荷電流



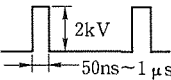
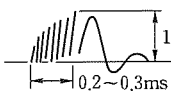
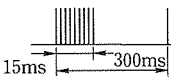

(a) 引き外し電流



(b) 動作時間

図12. 周囲温度特性

表2. サージ, ノイズ試験の例

No.	評価試験	試験条件	判定基準
1	耐電波	市販の5Wのトランシーバ(27, 150, 450, 900MHz)で, 遮断器から10cmの距離で電波を発射する。	トリップしないこと 破損しないこと
2	ノイズシミュレータ	 左記のノイズを印加する。	トリップしないこと 破損しないこと
3	電磁リレーノイズ	 電磁リレーノイズを印加する。	トリップしないこと 破損しないこと
4	ファーストトランジェントバースト (IEC801-4 レベル4)	 4kV	トリップしないこと 破損しないこと
5	サージイミュニティ (IEC801-5 レベルX)	 $8 \times 20 \mu s$ 3,000 A <sub>O-P</sub> を各極に正負各10回流す。	トリップしないこと 破損しないこと

#### 4. デジタルETRの性能と信頼性

以上説明したデジタルETRのひずみ波形負荷電流に対する特性を調べた結果が、表1である。この測定例によると、正弦波での長限時引き外し電流が111.1%であるのに対し、図11のひずみ波形での長限時引き外し電流は109.5%であり、ほとんど変わらない良好な結果が得られた。同様に動作時間についても良好な結果が得られている。

周囲温度に対する特性は図12のようになっているおり、-40℃から120℃まで長限時引き外し電流・動作時間ともほぼフラットな特性が得られている。

また、フィールドでの遮断器に加わるサージ、ノイズには様々なものがあり、一定レベル以上の性能を持つ必要がある。

当社では、従来からフィールドの実情に合った各種サージ、ノイズ試験を実施し、性能向上に努めてきた。さらに、今回のPSSシリーズでは、IEC 801に規定の各種耐ノイズ試験も追加実施し、それらにも耐えるようにしてある。表2にサージ、ノイズ試験の例を示す。

#### 5. む す び

ノーヒューズ遮断器・漏電遮断器用過電流引き外し回路のデジタル化に重要な役割を果たす、専用ICとマイクロコンピュータについて述べた。今回の専用ICは、条件さえ合えばマイクロコンピュータを選ばないので、引き外し特性の変更や機能追加が容易である。今後の様々な機能向上の敏速化に役立つものと考ええる。

# 新型ノーヒューズ遮断器・ 漏電遮断器の生産管理システム

寺沢雅美\* 平川哲真\*  
梅本 昇\* 安藤裕太郎\*  
木村幸雄\*

## 1. ま え が き

近年のノーヒューズ遮断器・漏電遮断器の市場ニーズは、ますます低価格・短納期が求められており、これを満足するためには生産設備、金型等ハード面で合理化の推進による生産性向上は必ず(須)であるが、生産管理情報を含めたトータルの生産合理化を図る必要がある。

したがって、新型ノーヒューズ遮断器・漏電遮断器の開発、市場投入時期に合わせて営業からの組立順序指示に基づいて物と情報の流れを一元化させた生産管理システムを開発する必要が生じてきた。

この生産管理システムでは、自動化ラインに対応した組立日程計画作成、部品加工指示、納入指示、組立ラインへの部品キitting投入指示を行う。部品進ちょく(捗)・在庫情報、品質情報、設備情報等の生産管理情報を一括管理しライン生産性向上と生産管理密度向上をねらってシステムを構築した。これらを自動客先納期回答に結びつけ、より一層の顧客サービス向上を実現させる。

また、新型ノーヒューズ遮断器・漏電遮断器開発のねらいである全シリーズ、フレーム別外形寸法の統一化と小型・標準化に対応した自動化設備とライン制御システムを結びつけることにより、全シリーズ混流組立ラインを実現させた。

今後、ライン対応の生産管理業務をシステム化し、ライン全体の生産性向上に向けて検討されている部門の一つのモデルケースとして、システム概要・運用、及びライン対応のライン制御システム・自動化設備について紹介する。

## 2. 生産管理システムの概要

このシステムは、情報システムと高度 FA 製造ラインを統合化するライン総括制御システムであり、顧客情報に基づいて製造・品管部門までの生産情報を一元的に管理することをねらいとしている。すなわち、トータル情報システムの構築と徹底した製造の自動化からリードタイムの短縮及びコストダウンを実現するものである。

### 2.1 システム構築の基本思想

- (1) システムの調和ある集中と分散
- (2) クライアントサーバ化によるダウンサイジング指向
- (3) 高速 LAN によるネットワークコンピューティング
- (4) リアルタイムな情報収集と共有化
- (5) オープンシステム化による拡張性と柔軟性

### 2.2 システムの概要説明

今回開発した新型遮断器生産管理システムは、新型ノーヒューズ遮断器を中心に“必要なときに、必要な量だけ、迅速にお客様の元にお届けし、お客様に満足していただく”ことをねらいとした。この目的を達成するために、自動化生産設備とその設備にダイレクトインできる組立順序指示情報を自動生成するコンピュータソフトを開発した。

その生産管理システムの構成を図1に示す。

生産管理システムの特長として、次の内容が挙げられる。

#### 2.2.1 受注情報に即応した多品種・混流・小ロット生産

(1) お客様の要求納期に基づき組立日程と順序を決定し、部品加工・組立作業を行うタイミングに合わせて情報伝達する。

また、関連会社への部品供給指示も組立に同期して情報を伝える。

(2) 組立順序指示に基づく生産品種の切換え情報は、IDカードに自動書込みして組立ラインへ情報を伝える。各自動化設備は、IDカードを読み取って自動的に段取替えを行い、フレキシブルな生産が行える仕組みを実現した。

#### 2.2.2 生産情報・設備情報・品質情報の共有化

生産に必要な各種情報は、リアルタイムに収集・モニタリングを行い、お客様の納期照会に迅速に対応することが可能となっている。

また、設備の運転状況や製品の品質情報については、異常を素早くキャッチし、対処することができる。

## 3. 組立日程計画システム

### (1) 組立計画と順序指示

お客様からの注文情報を引き金にした後工程引き取り方式によるジャストインタイム生産をコンセプトにして“組立日程指示”を厳守することを前提とした生産管理システムとなっている。

標準品の製品在庫レベル・特殊品の客先要求納期を基準情報としてライン能力・部品引当てを考慮した平準化計画を行うとともに、設備段取替えを最少とする組立順序をコンピュータが立案し、組立順序を決定する。

組立指示は日別確定方式を採用しており、確定先行期間が短い期間で加工が可能な部品は同期生産指示を行う。

一方、長い部品は適正な部品在庫をキットセンターで確保して運営する。

### (2) 組立ての総合進捗管理

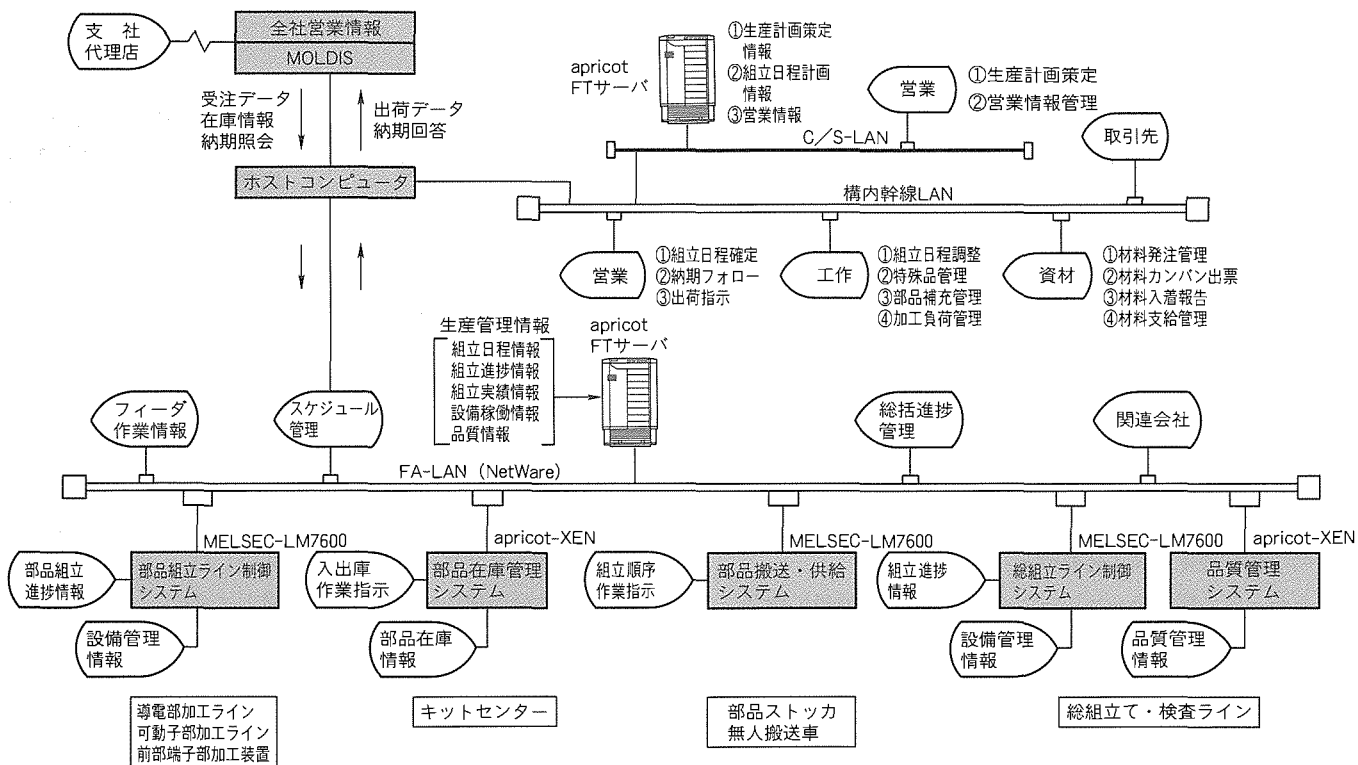


図1. 生産管理システム構成

組立計画された加工指示は、生産設備が管理する進捗管理ポイントごとに作業着手と完了情報を自動収集して営業・工作などの関係部門へ情報を提供する。

また、制御システムからは、生産状況・設備稼働状況や品質管理状況をモニタリングサービスしてビジブルな生産管理を実現する。

一方、関連会社にもネットワークを構築して情報提供を行う仕組みを完成し、企業集団としての生産管理運用体制を確立した。

#### (3) 客先への納期回答

組立ラインの組立順序指示にリンクした客先自動納期回答により、納期回答精度の向上を図る。

### 4. 部品管理システム

このシステムの部品管理の特長は、組立日程指示によって作成された指示に同期して、総組立て、部品組立て、(関連会社を含む。)に欠品なく部品供給するために、キットセンターを設置して部品の集中管理を行うことである。これにより、客先納期回答精度の向上、欠品によるラインストップを削減し、ライン稼働を向上、過剰在庫の抑制、進捗管理業務の軽減を図る。キットセンターを中心とした部品と情報の流れを図2に示す。

#### 4.1 キットセンターの概要

組立日程指示に同期して指示されるキットリストにより、指示数を指示時間にキットして払出しをする。また、工期の長い部品は必要量の在庫を持ち、出入庫処理を行い、組立日

程指示に対する引当て処理を行う。一方、確実な入出処理を行い、リアルタイムに在庫量を把握する。

#### 4.2 キットセンターの業務

##### 4.2.1 各情報とその運用方法

##### (1) 総組立キット情報

総組立ての4時間前に2時間分の総組立キットリストをアウトプットする。総組立キットリストは、部品名・数量・投入順序等を指示し、このリストによってキット作業を行う。

##### (2) 部品組立キット情報

総組立ての3日前に1日分の部品組立キットリストをアウトプットする。部品組立キットリストは、部品名・数量等を指示し、このリストによってキット作業を行う。

##### (3) 納入指示情報

購入品及び外注納入品で当日が納入指示日となっているものをアウトプットする。このリストによって購入品及び外注納入品の管理を行う。

##### (4) 不足部品情報

組立日程指示の作成時点で在庫管理部品が必要数量に対して不足となったときに、該当部品をアウトプットし、このリストによって緊急部品の手配を行う。

##### (5) 発注点切れ情報

在庫管理部品で発注点を切った部品をアウトプットする。このリストにより、部品加工部門に部品加工及び供給指示を行う。

##### 4.2.2 キット作業

アウトプットされたキットリストに従い、指示された部品

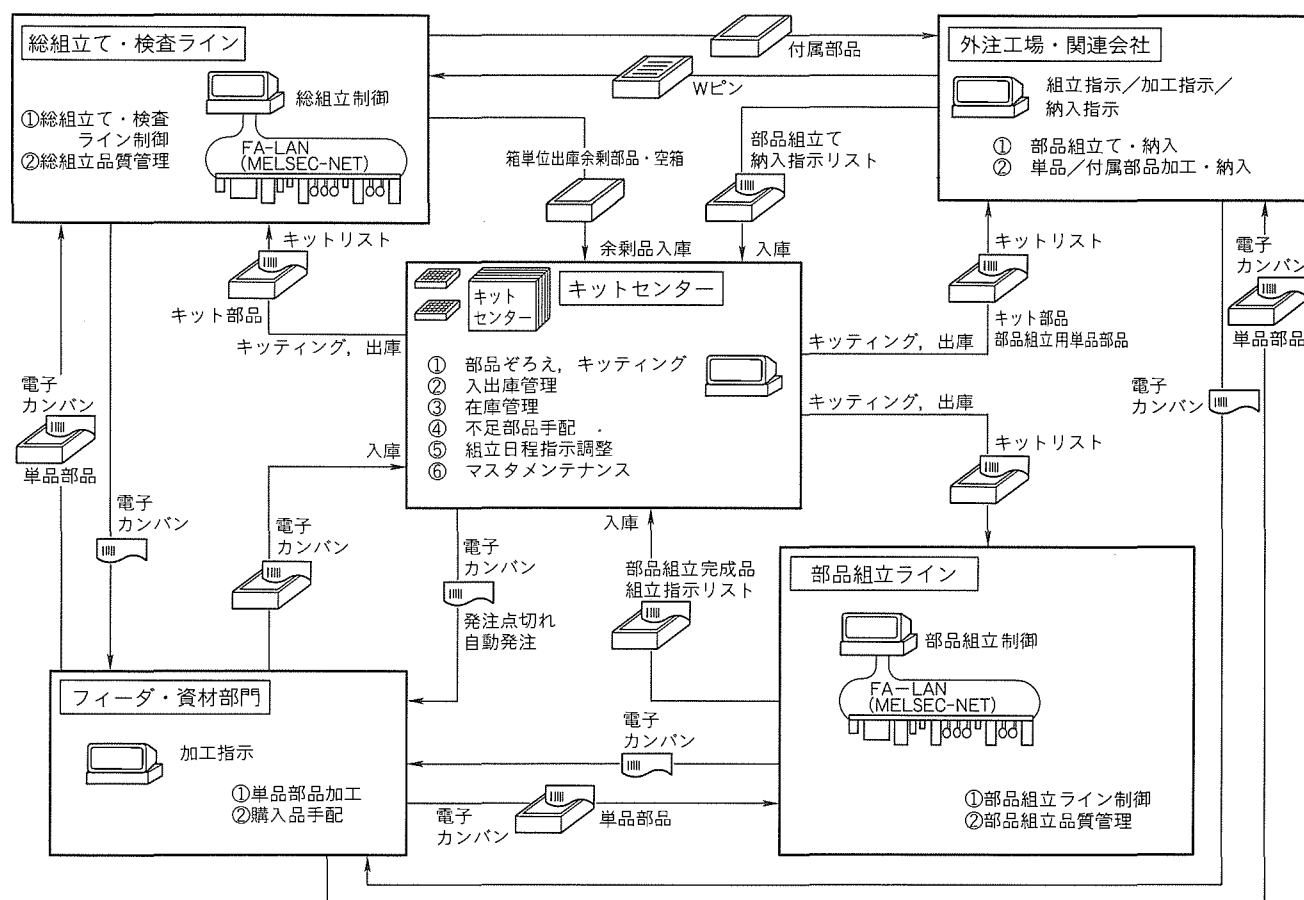


図 2. 部品と情報の流れ

を指示された順序・数量で、決められた時間内にキットして発送置場に置く。

#### 4.2.3 入出庫作業

入庫作業は計数器を使って計数し、在庫数量を更新する。また、部品の収納は所定のアドレスの部品棚に収納する。一方、出庫作業はキットリストの全部品を発送置場に置いた時点で端末機を使って一括出庫処理する。

#### 4.2.4 部品手配

在庫管理部品は発注点管理を行い、発注点を切った部品は発注点切れリストをアウトプットする。該当部品があれば、端末機によって部品加工及び供給指示を行う。

#### 4.2.5 総合進捗

キットセンターの運用状況は、キットセンターのモニタに最新状況がすべて表示される。このモニタを監視することで正常に動いているかの確認ができる。

#### 4.2.6 組立日程指示調整

部品組立品・関連会社納入部品の入着遅延又は在庫数誤差により、総組立キットができなくなる場合、その調整方法としては以下の方法をとる。

- ケース 1：不足部品が到着するまで待つ。
- ケース 2：当日の最後尾指示へ変更する。
- ケース 3：翌日の同一機種・極数・定格の指示の後へ変更する。

ケース 4：翌々日以降に再度計画する。

### 5. FAライン制御システム

総組立ラインにおける製造フローは図 3 のとおりであり、あらかじめ各部品組立ラインで組み立てられた前部端子導電部などのユニット部品と単品で供給される部品を自動組立する。組み立てられた製品の品質は、工程間の要所に配置した各検査装置と、完成品での機構・出荷検査で全数確認をする。

#### 5.1 FAライン制御システムの役割

FAライン制御システムは、図 4 のように総組立て・検査ラインや部品組立ラインを制御、管理する総組立ライン制御システム及び部品組立ライン制御システム、部品の自動供給を行う部品供給システム、品質データの収集・統計処理を行う品質管理システム等から構成される。

このシステムは、ホストコンピュータで作成された組立日程計画に基づいて、組立進捗状況を監視しながら各生産ラインへ投入指示を行うとともに、組立進捗状況や設備稼働状況及び品質検査データをリアルタイムで収集し、統計処理してサーバへ登録する。また、生産設備への部品供給を組立進捗及び部品残量に合わせて自動で行う。

#### 5.2 FAライン制御システムの機能

この制御システムの主な機能とその特長を以下に示す。

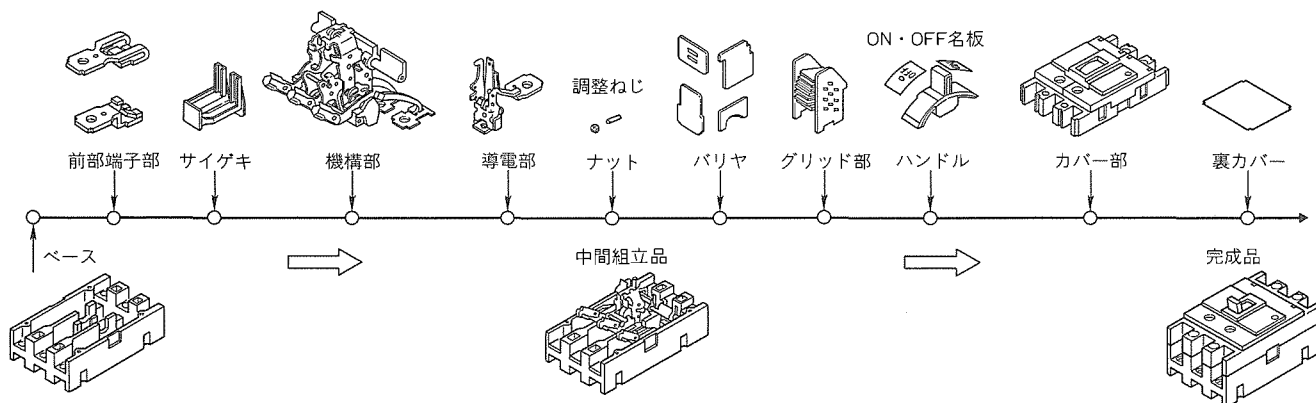


図 3. 総組立ライン製造フロー

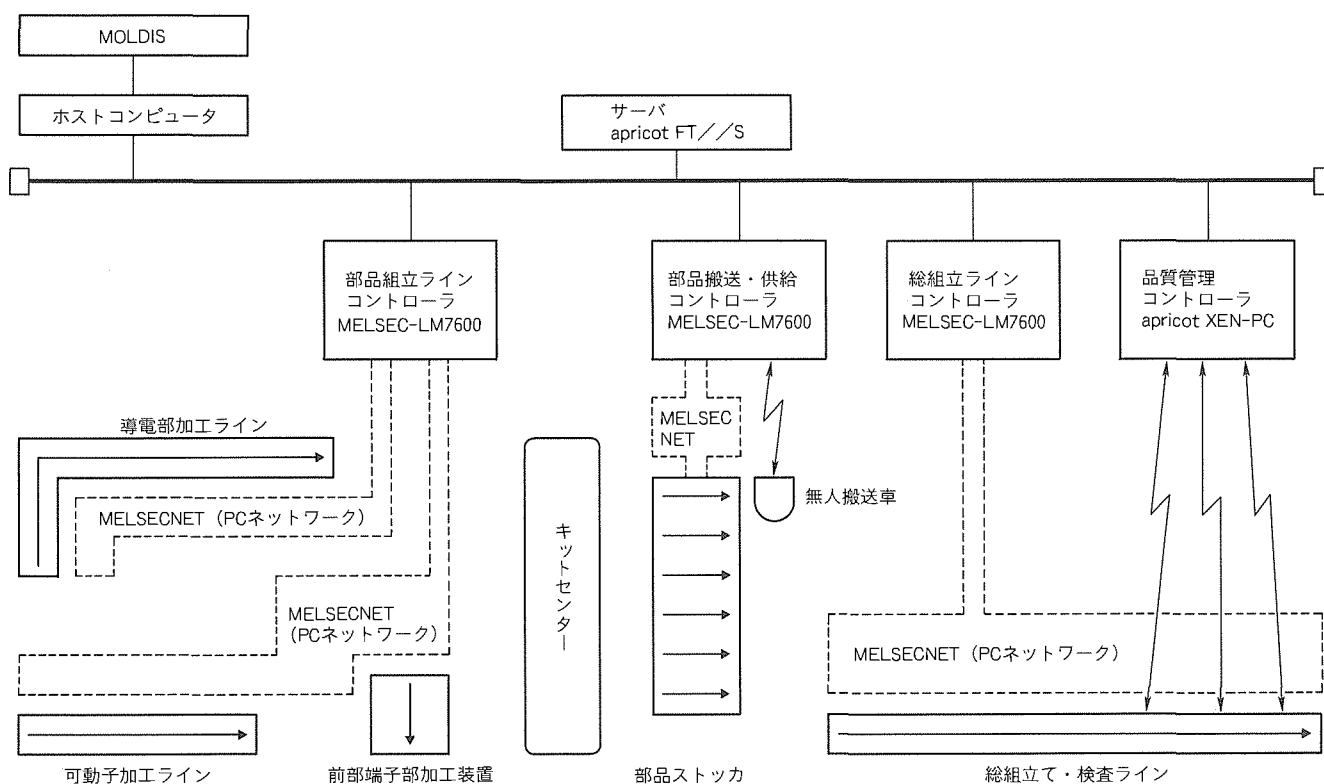


図 4. FAライン制御システム

- (1) 組立日程計画に基づき、組立進捗状況を考慮して各生産ラインへの投入指示を行う。特に、総組立ラインについては、各ロットの先頭から流すダミーワーク内の ID カードに、ロットの組立情報や段取情報を書き込み、自動でラインに投入して投入指示を行う。各生産設備は、ID カードの情報を読み取り、自動で品種切換えを行う。
- (2) 各生産設備の組立進捗状況は、MELSECNET (PCネットワーク) を介して各システムの制御を行う MELSEC-LM7600 (FA コントローラ) が収集し、サーバ内でリアルタイム管理する。
- (3) 機構・出荷検査のデータは、製品 1 台ごとに品質管理システムで収集、統計処理を行い、サーバ内でリアルタイム一括管理する。
- (4) 設備稼働状況は、PC ネットワークを通じて常時監視し

時系列に管理する。設備トラブル発生時の発生要因を分析することにより、ライン稼働率向上のための TPM 活動に活用する。

- (5) 各生産設備への部品供給は、設備からの部品要求を PC ネットワークを介して各システムの制御を行っている FA コントローラが受信し、無人搬送車又は作業者に供給指示を行う。無人搬送車は、搬送指示に従って部品ストックから部品を設備へ自動搬送すると同時に、使用済みパレットの自動回収を行う。

### 5.3 制御の階層化と分散化

このライン制御システムは、各生産ラインの投入制御、組立進捗管理、品質データの収集・管理、設備診断・管理、部品自動搬送制御などの機能を持ち、トラブルに柔軟に対応するとともに、段階的なラインの拡張に合わせたシステム構築

が可能なように、階層化・分散化構造とした。特にIDカードの活用により、物に情報を持たせることで制御の分散化を図った。

#### 5.4 自動化生産設備

多品種混流生産を行うために、自動化生産設備の具備すべき条件である“決定された組立順序指示に従って、最小ロット1台でも品種切換えロスが発生することなく、生産できる量産設備”を実現するために、以下の技術を生産設備に織り込んだ。

- (1) ライントクト内品種切換えが可能な自動段取替え技術
- (2) 画像処理技術等を利用したインライン自動調整・検査技術
- (3) 自動化による信頼性の高い機構・出荷検査技術
- (4) 溶接、かしめ、組合せ等をライン化した複合加工技術
- (5) ろう付け電極の段取替えを自動化した自動電極交換技術
- (6) 無人搬送車を利用した自動搬送・供給技術

### 6. む す び

この生産管理システムは、現在当社において稼働中の各種

システム（生産計画システム、受注情報システム、電子カンバンシステム、図面管理システム、物流入出庫システム等）と各種データを共有し、データを有効に活用できるよう加工する。同時に、ライン制御システムからの組立ライン情報を加えて生産活動が効率良く行えるようにした。平成7年1月の新型ノーヒューズ遮断器・漏電遮断器発売に合わせて実稼働に入り、当社内でのノーヒューズ遮断器生産管理に対する考え方を変えていく上では大きなインパクトを与える。

また、このシステムの機能をより有効に生かすためには、以下に示す環境整備が重要である。

- 精度の高い生産計画の作成システムの構築
- 組立ラインへの部品供給物流改善
- 生産計画に対応した資材調達システムの構築

今後の展開としては、このシステムの稼働結果を見極め、他のノーヒューズ遮断器に対して適用すべく、それぞれの機種の特徴に合わせた生産管理システムにアレンジして適用範囲を拡大する計画である。

システムの完成を可能とした関係各位の御協力に深く感謝するものである。

# デジタル制御スイッチギヤ—MA形—

植主雅史\* 細谷亮造\* 綾田久和\* 野間元暢\* 橋本 正\*\* 沼倉 弘\*\*\*

## 1. ま え が き

近年の情報化社会の基盤を支えるコンピュータの浸透はスイッチギヤにおいても例外ではなく、搭載制御機器のデジタル化、複機能化への要求となって現れ、スイッチギヤの形態を大きく変えようとしている。また、現地据付け・調整試験、製品納入後の保守運営に従事する熟練者・経験者の確保が困難という問題があり、現地据付け・調整試験の行いやすさを図る、又は、保守運営に対する配慮を高めるといったことが急務である。

このようなニーズ、技術動向を踏まえ、スイッチギヤの制御系のデジタル化を指向し、情報の多重伝送による現地配線作業を容易にし、予測保全を含めた自己監視を可能とすることによって保守運営機能を高め、また、構造に対しては、主要素部のユニット化を図り、このユニットの組合せでスイッチギヤの最適化と生産性向上を達成した“デジタル制御スイッチギヤ”を開発した。

本稿では、このスイッチギヤの製品及び開発の概要について紹介する。

## 2. 特長と仕様・定格

### 2.1 特 長

#### (1) 保守運営に対する配慮

保守運営に関する特長を以下に示す。

##### (a) シーケンス変更が容易

- 広範囲の電流定格、制御回路、保護回路をスイッチ切換えとソフトウェアによって実現
- 限時特性の選択、タップ、ダイヤルの整定範囲が広く、保護協調が容易

##### (b) 信頼性の向上

- 無接点化指向による長寿命化と耐衝撃・耐振性の向上

##### (c) 保守業務の向上

- 保護特性自動試験による定期点検時間短縮と周期延長
- 制御・保護・計測回路の自己診断による日常点検の省力化
- ヒンジ付き保護カバー化による取外し作業の削減
- 扉開き角度の拡大、1枚扉の最大寸法の縮小化による前面保守スペースの拡大

##### (d) 予測保全機能の搭載

- 開極・閉極時間異常検出

- トリップコイル断線検出

- 開閉動作要因分析

- 開閉回数管理

- 累積遮断電流管理 (主回路接点寿命検出)

#### (e) 監視システム化に対応

- 信号伝送機能によって受配電データを中央監視・広域監視システムにインタフェース

#### (2) 現地据付け・調整試験に対する配慮

現地据付け・調整試験に関する特長を以下に示す。

##### (a) 現地据付け作業の削減

- 信号伝送機能による制御ケーブル配線数の大幅削減
- 信号伝送機能によるリモートステーションパネルの削減
- スイッチギヤ間配線をコネクタ接続方式とすることによって現地接続作業時間の短縮
- 床板の強化によるコロ引き性など現地据付け作業の改善

##### (b) 現地調整試験が容易

- 保護特性自動試験による現地調整試験時間短縮
- 制御・保護・計測回路の自己診断によるシーケンス試験の省力化

#### (3) 工場生産性の向上

工場生産性に関する特長を以下に示す。

- 高所作業の削減、及び軽作業とするための横倒し生産
- 調整作業等のない構造による作業時間の短縮
- 複機能化による部品点数削減

### 2.2 仕様・定格

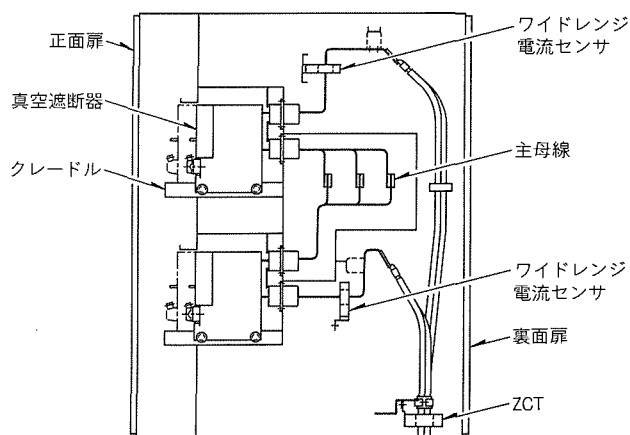


図1. 側断面図

図1のこのスイッチギヤの側断面図と、図2の今回のスイッチギヤと従来のスイッチギヤの扉正面写真に示すとおり、近代ビルにマッチしたシンプルデザインである。

また、表1に定格、表2に仕様一覧、表3に各定格に対するスイッチギヤの外形寸法、を示す。

### 3. 保守運営に対する配慮

#### 3.1 多様化するシーケンスへの適合

このスイッチギヤのシーケンス構築方法は、配線を標準化し、各モジュール内の切換スイッチによってソフトウェアを選択する方式としているため、多様化するシーケンスへの対応が容易である。

図3にこのスイッチギヤ制御回路の機器構成を示す。

#### 3.2 機器構成

##### (1) 配線モジュール

スイッチギヤ列盤間の電源、及び情報配線をこのスイッチギヤに引き込むT分岐点のモジュールであり、制御・保護・計測モジュールのマザーボードとなる。

##### (2) 制御・保護・計測モジュール

主回路の1機能回路(受電機能回路など)に対して制御・保護・計測モジュール1台が担当する。図4

にこのモジュールの入出力フローを示す。

配線モジュールを介して送受する遠方制御情報、保護・計測演算結果、及び開閉器情報の伝達には多重伝送を採用しており、このモジュールに伝送子局を内蔵している。

##### (3) 操作・表示モジュール

制御・保護・計測モジュール1台に対し、操作・表示モジュール1台が取り付けられる。このモジュールは、スイッチギヤ正面で保守員が操作及び監視を実施する場合に使用され、位置付けとしては、制御・保護・計測モジュールのマンマシンインタフェースである。

##### (4) パワー変換モジュール

開閉器1台に対し、パワー変換モジュール1台が取り付けられ、制御・保護・計測モジュールと開閉器間のインタフェースを行う。したがって、配線モジュールからの制御電源引き込みも含み、パワー系回路はすべてこのモジュールに集約し

表1. 定 格

基準規格		JEM-1425 (1990)	
定格電圧 (kV)		3.6	7.2
定格耐電圧 (kV)	雷インパルス	45 (52) *	60 (70) *
	商用周波	16 (19) *	22 (25) *
定格周波数 (Hz)		50・60	
定格母線電流 (A)		400, 600, 1,200, 1,600, 2,000, 2,500, 3,000	
定格短時間電流 (kA)		8, 16, 25, 31.5, 40	8, 12.5, 20, 31.5, 40
定格制御電圧		AC/DC 100V	
制御回路商用周波耐電圧		AC2,000V 1分間 (伝送回路を除く)	

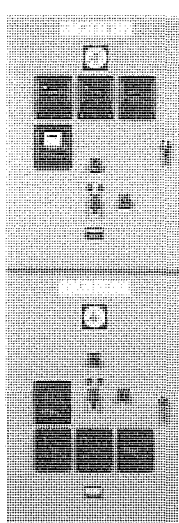
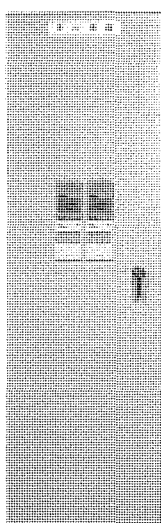
注 \*の( )は極間耐電圧

表2. 仕 様

スイッチギヤの形名		MW/MWG, PW/PWG, CW, CY, CX形
制 御 要 素	計測要素 (注1)	A, V, W, var, PF, F, Wh var h, $V_0$ , $V_{0max}$ 高調波電流 (~15次)
	保護要素 (注2)	50, 51, 67, 27, 59, 64, 51G, (87)
	制御要素	遠方/直接操作 各種自動回路(常用/予備回線自動切換え, 自動力率調整)
	伝送要素	計測/保護/制御に関する全データ
伝 送 仕 様	伝送方式	時分割多重
	トポロジー	1:N マルチドロップ
	変調方式	ベースバンド変調, NRZ符号
伝送手順		ポーリング+CSMA/CD

(注1)  $V_0$ ,  $V_{0max}$ 表示は、GPT入力時のみ対応

(注2) 87要素は、従来品と組み合わせて適用



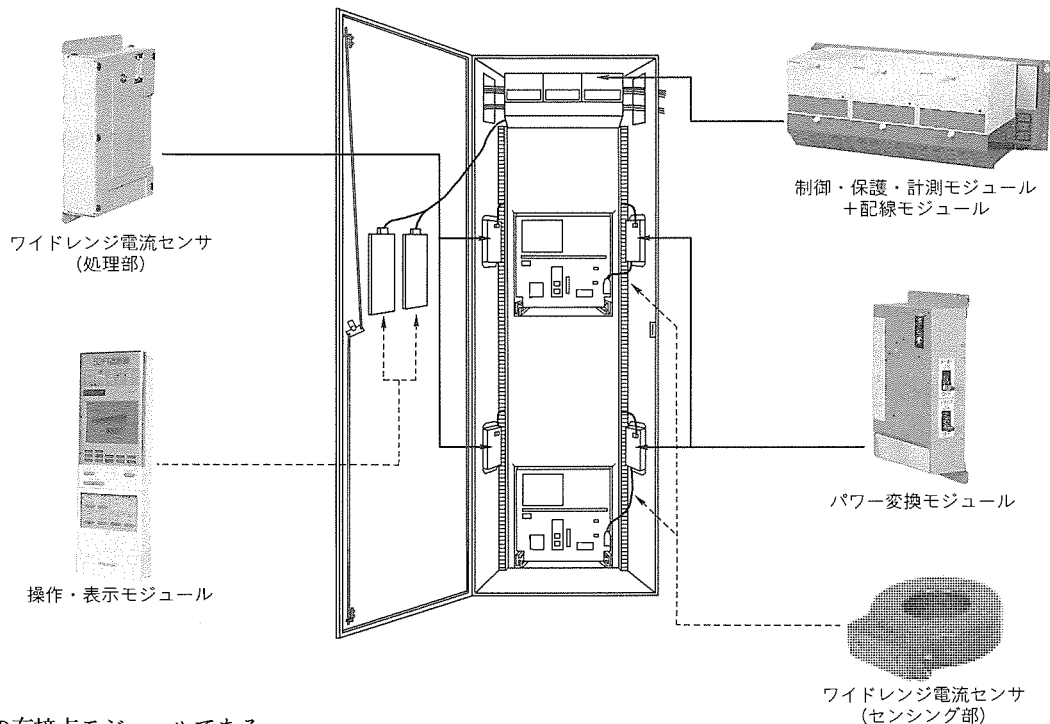
(a) 今回のスイッチギヤ (b) 従来のスイッチギヤ

図2. 扉正面写真

表3. 各定格と外形寸法

W×D×H(mm)

定格短時間電流 (kA)	8, 12.5	16, 20, 25	31.5, 40
定格電流 (A)			
400	800×2,000×2,300	800×2,000×2,300 (700×1,700×2,300)	800×2,300×2,300
600	(700×1,700×2,300)		
1,200		800×2,000×2,300	1,000×2,300×2,300
2,000			
3,000			



ており、唯一の有接点モジュールである。

#### (5) ワイドレンジ電流センサ

このセンサの検出原理は、図5に示すように一般的なCT法とアンプの組合せであり、センシング部と処理部で構成され、センシング部2～3台が主回路ユニットに、処理部1台が制御ユニットに取り付けられる。

表4にこのセンサの定格を示す。

### 3.3 システム構成

図6は、図3に対応する高圧フィード2段階みスイッチギヤのシステム構成である。

配線モジュールが、隣接スイッチギヤに対して共通電源及びインタロック信号を配線するとともに、多重伝送によってネットワークを構成する。したがって、各制御・保護・計測モジュールが子局となり、変電所内の監視制御パネル内に収納するプログラマブルコントローラ(以下“PC”という。)が親局となる。

### 3.4 保守支援

今回開発したスイッチギヤが標準装備している保守支援項目とねらいを図7に示す。これらは、従来、オプション扱いであったが、今回、標準装備とした。

以下、主な保守支援項目について簡単に紹介する。

#### (1) 保護特性自動試験

オフライン状態で、各制御・保護・計測モジュールは、親局からの指令によって使用されている保護要素の特性試験を自動で行い、測定結果を親局に送る。

#### (2) 開閉動作要因分析

図8に簡略化した遮断器の開閉回路を示す。投入コイルとトリップコイルの励磁電流を検出するCBCリレー(パワー変換モジュールに内蔵)の動作を常時、制御・保護・計測モ

図3. 機器構成

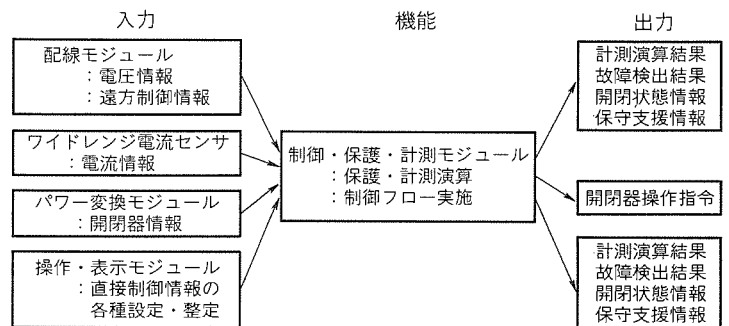


図4. 制御・保護・計測モジュールの入出力フロー

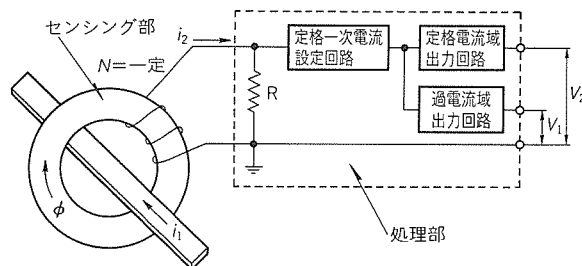


図5. ワイドレンジ電流センサの検出原理

ジュールで監視し、遮断器が動作したときに、正常及び異常動作を判定する。異常動作の場合には、異常箇所(遮断器側又はスイッチギヤ側)の特定ができ、操作・表示モジュールに故障表示するとともに、異常箇所を親局に送る。

#### (3) トリップコイル断線検出

図8に示すとおり、トリップコイル断線を検出するTCCリレー(パワー変換モジュールに内蔵)の動作を常時、制御・

保護・計測モジュールで監視し、異常があれば操作・表示モジュールに故障表示するとともに、結果を親局に送る。

#### (4) 開極・閉極時間異常検出

図8に示すとおり、遮断器を操作することにより、遮断器の開極及び閉極時間としてCBCリレーの動作時間を制御・保護・計測モジュールで計測し、測定結果が異常であれば、操作・

表示モジュールに故障表示するとともに、測定値と結果を親局に送る。

#### 4. 現地据付け・調整試験に対する配慮

##### 4.1 情報リンクの構築

現地据付け・調整試験に対する改善は、スイッチギヤ単体だけでなく、主変電所、サブ変電所、中央監視制御室を含めた全体系で考慮する必要がある。

その代表例である情報リンクは、図9に示すとおり、主変電所内では各制御・保護・計測モジュールが子局(図中のLS)、監視制御パネル内に収納するPCが親局となり、各スイッチギヤ、変圧器をLANで結ぶ。さらに、中央監視制御室・サブ変電所がある場合には、中央監視制御室のPCを親局とし、各変電所のPCを子局とすることで、上位のLANとの階層化されたシステム構成とすることができる。

##### 4.2 据付け作業時間の短縮

以下に、4.1節の情報リンクによる効果を含め、この

表4. ワイドレンジ電流センサの定格

	50~300A用	300~1,200A用
定格一次電流 (A)	50, 60, 75, 80, 100, 150, 200, 300	300, 400, 500, 600, 750, 800, 1,000, 1,200
定格電流域出力	AC 0~7.2Vrms/0~1.2×定格一次電流	
過電流域出力	AC 0~7.2Vrms/0~24×定格一次電流	
残留電流出力	AC 0~6Vrms/0~20A	
精 度	1PS級	
定格耐電流	40kA 1秒	
定格周波数	50, 60Hz共用	
過電流定数	$n > 24$	
センシング部外形 (mm)	(内径) (外径) (高さ) 80 × 160 × 45	(内径) (外径) (高さ) 99 × 185 × 46

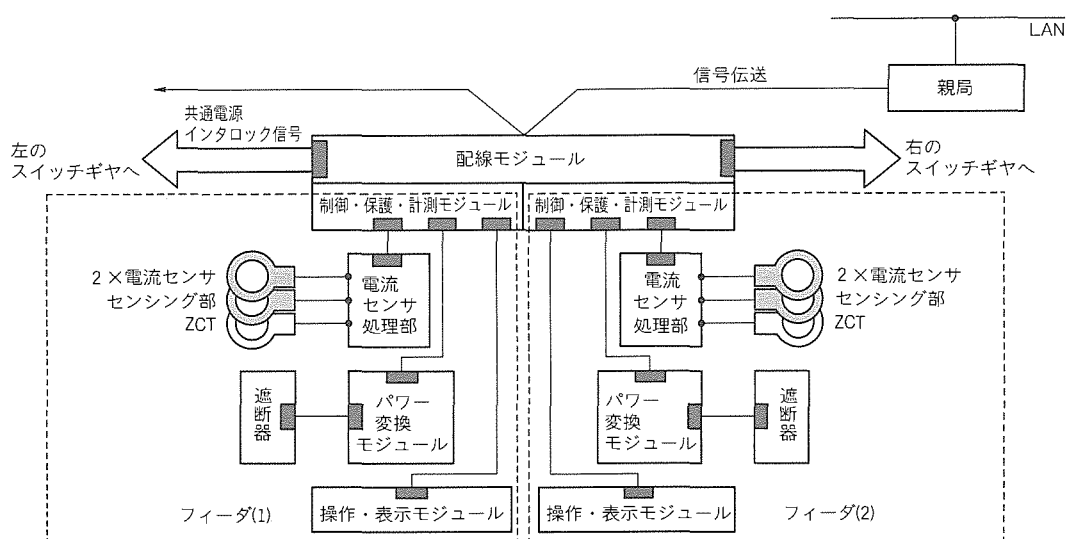


図6. システム構成

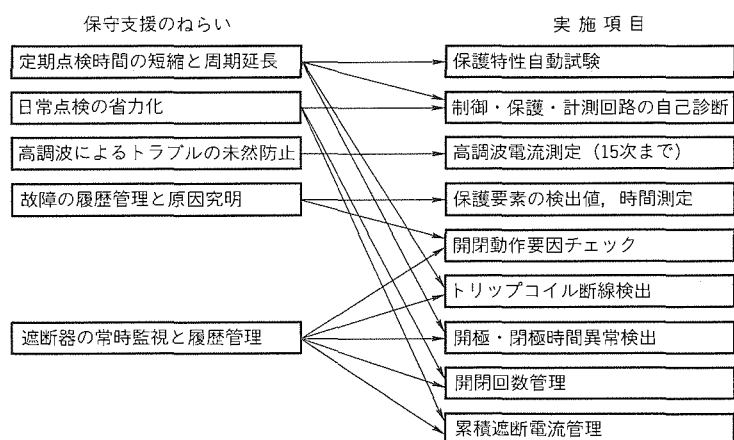


図7. 保守支援のねらいと項目

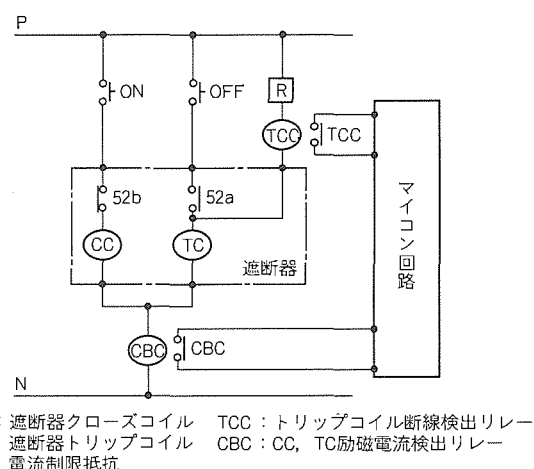


図8. 遮断器の開閉回路

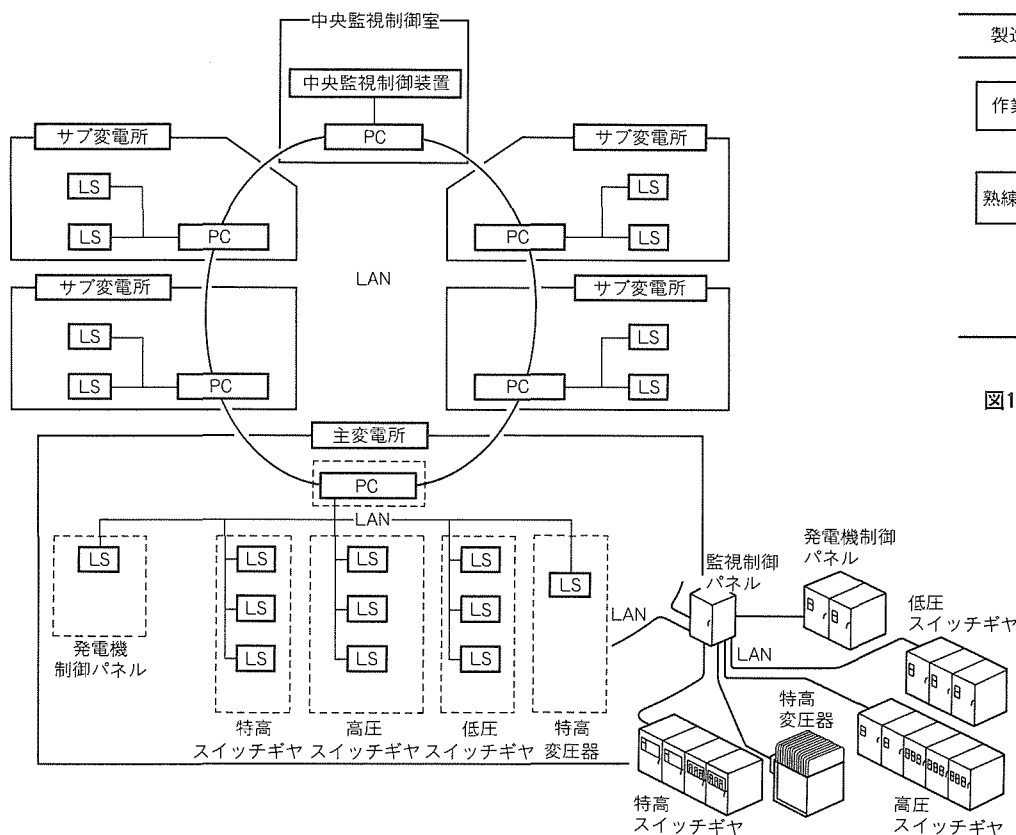


図9. LANによる情報リンク

スイッチギヤの現地据付けに対する効果を示す。

#### (1) 制御ケーブル配線数の大幅削減

信号伝送機能を設けることで、個別配線によっていた制御ケーブル配線数が従来の数百本から数十本に大幅に削減することができる。

#### (2) リモートステーションパネルの削減

さらに、信号伝送機能により、リモートステーションパネル（監視制御パネルに集合した情報をLANに接続する機能を持つ。）を設ける必要がなくなり、このパネルの据付け作業がなくなる。

#### (3) スwitchギヤ据付けの省力化

スイッチギヤの据付け作業は、主にコロ引き搬入、主回路接続、制御回路接続である。

まず搬入については、スイッチギヤの床板を曲げ構造とする（厚み25mm）ことで、強度・剛性を高め、コロ引きの際に変形のない構造としている（修繕不要）。

次に、列盤となるスイッチギヤ間の主母線接続については、母線サポートをスイッチギヤの中間に置き、接続スペースを広く取ることにより、作業性を向上させた。

さらに、スイッチギヤ間の制御配線については、コネクタ接続方式とすることにより、現地での接続時間の短縮ができ、誤接続も防止できる。

### 4.3 調整試験時間の短縮

従来、調整試験の中で、主回路に比べて制御回路に要する

作業時間の比率が高かった。以下、当該スイッチギヤの調整試験に対する効果を示す。

#### (1) 制御回路の耐電圧試験の省力化

試験用端子付きの端子台とすることで、制御回路一括の耐電圧試験を実施する際の端子短絡の着脱を容易とし、かつ、試験後の短絡の外し忘れを防止できるものとした。

#### (2) シーケンス試験の省力化

電流・電力量等のアナログ情報、保護要素の検出接点等のデジタル情報の模擬出力が、特別な試験装置を設置することなく容易に実施できるため、試験時間が大幅に削減できる。

また、保護要素の特性データについても、保守支援の保護特性自動試験によって容易に実施・取得でき、試験時間の短縮が図れる。

## 5. 工場生産性の向上

製造業を取り巻く環境として、作業者の高齢化、熟練者の確保困難という問題点があり、これらの対策として、職場環境面での整備や、製品面での調整作業のない製品形態、及び部品点数削減を推進する必要がある（図10）。

### 5.1 横倒し生産

スイッチギヤの組立生産において、高所作業の削減及び軽作業化の具体的対策として、図11に示すとおり、スイッチギヤを前後方向に制御・主回路・ケーブルの各ユニットに3分割し、横倒し生産とした。この生産方式とすることで、一

製造環境の問題点	対応策
作業者の高齢化	横倒し生産
熟練者の確保困難	調整作業のない製品形態
	部品点数の削減

図10. 製造環境の問題点と対応策

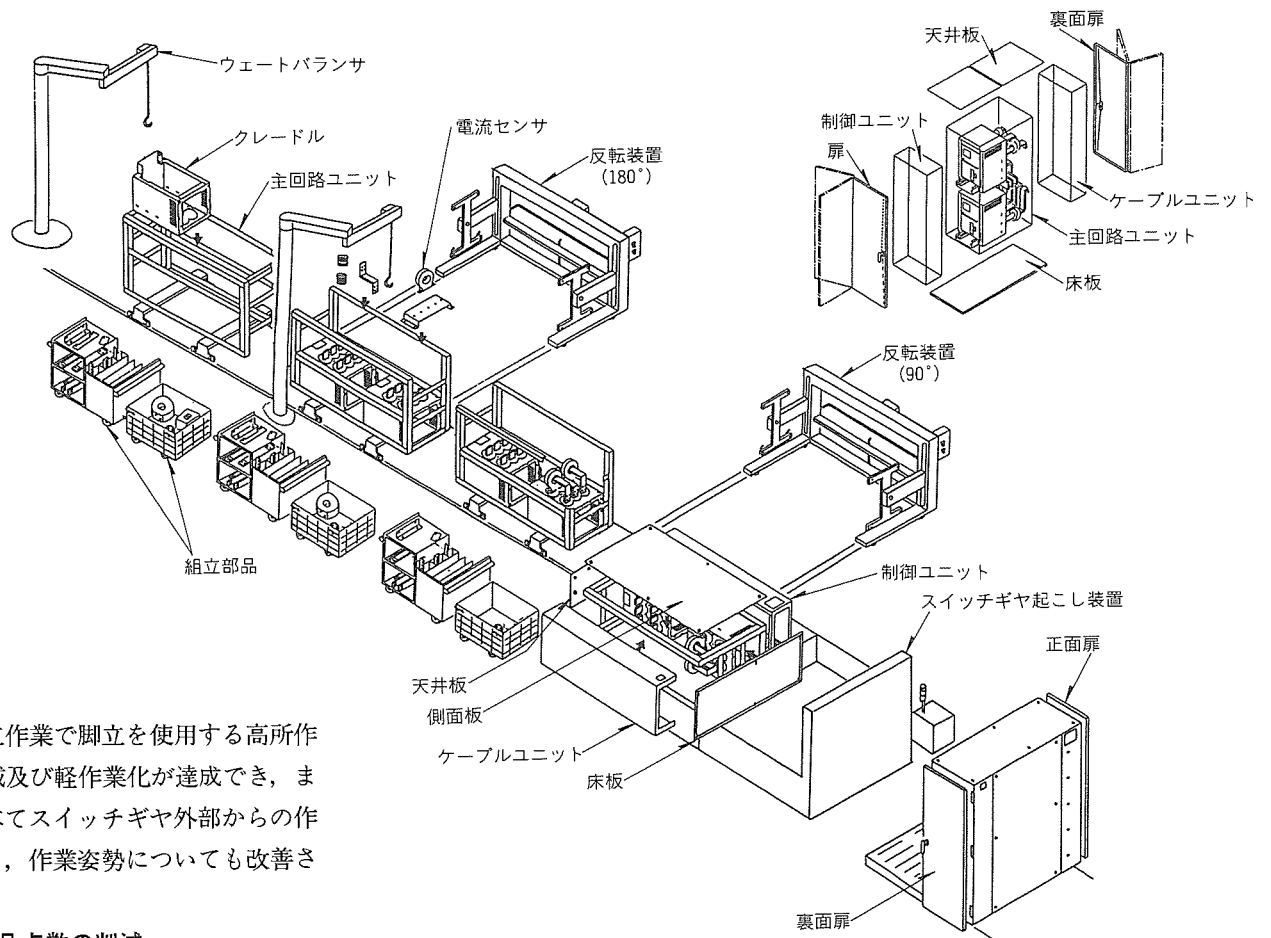


図11. 横倒し生産ライン

連の組立作業で脚立を使用する高所作業の削減及び軽作業化が達成でき、また、すべてスイッチギヤ外部からの作業となり、作業姿勢についても改善された。

## 5.2 部品点数の削減

部品点数の削減の代表例として、引出し形遮断器と係合するスイッチギヤ側固定枠部分のクレードルがある。このスイッチギヤではクレードル自体に更にコンパートメント（各主回路の要素区分）の役割を持たせ、このクレードルをスイッチギヤ内に収納することで遮断器コンパートメントが構成されるような構造とした。クレードルの部品点数は、従来品の59%になった。図12にこのスイッチギヤのクレードルを示す。また、この考え方を他のコンパートメントにも適用することで、遮断器2段積みスイッチギヤにおいて、主回路関係の全部品点数は従来品の48%になった。

## 5.3 調整作業のない製品形態

スイッチギヤの生産で最も熟練度を要する作業は調整であり、溶接・組立作業において大きなウェートを占める。今回のスイッチギヤにおいては、差込み構造を採用することで調整作業時間の短縮を図り、かつ、習熟度にかかわらず個人差の出ないものとした。なお、この構造は、制御・主回路・ケーブルの各ユニットにも用いられている。

## 6. む す び

スイッチギヤへのデジタル技術の応用は、今後ますます加速化されると考える。その技術を活用し、制御・構造に関しても、保守運営や現地据付け・調整試験に対する配慮をより一層図る所存である。

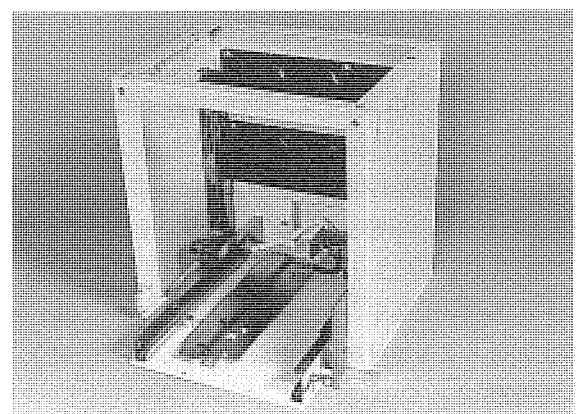


図12. クレードルの外観

# Cアーム型ラジオサージェリシステム

後藤正治\* 岸本 健\* 黒川正明\*\* 鈴木保恒\* 田中常稔\* 藤田勝三\*\*\*

## 1. ま え が き

近年、世界的にがんの発生率が増加する中で、日本では“対がん撲滅10ヵ年総合戦略”が推進されて久しく、その一環として、科学技術庁放射線医学総合研究所に重粒子線がん治療装置が設置され、新たながん治療機として運用に入っている。また、従来からX線、電子線を用いたがん治療機として医療用ライナックが世界的に普及しており、最近では放射線治療技術の研究によって治癒(癒)率も向上し、QOL(Quality of Life: 予後の生活の充実)の観点から、外傷を与えない治療機として医療用ライナックの重要性が見直されている。

一方、外科治療が中心であった頭部しゅよう(腫瘍)等の治療分野においても、最近、QOLの観点から放射線治療が注目を集めている。既にγユニット放射線治療機が市販され、頭部の集光性放射線治療においてその効果が認められている。しかし、このγユニットは201個に及ぶ $\text{Co}^{60}$ を使用しており、保守及び取扱いの面で難しいこと、かつ高価であることから一般には普及しにくい装置である。

そこで当社は、集光性放射線治療をより普及させるために、 $\text{Co}^{60}$ 等のRI(Radio Isotope: 放射性同位元素)を使用しない、取扱いが容易で、かつ安価な装置である“ラジオサージェリシステム”(仮称)の開発を進めてきた。この装置は、医療用ライナックの技術を応用し、X線発生部を直交する2軸に対して回転駆動させることにより、治療すべき患部に三次元的に放射線を集中させ、正常組織への被ばく(曝)を最少限に抑えることを可能にしたものである(この駆動を“三次元的駆動”という)。

以下に、ラジオサージェリシステムの概要、開発のポイントである機械的精度(構造設計)、制御システム、及び三次元治療に欠かせない三次元放射線治療計画装置について記述する。

## 2. ラジオサージェリシステムの概要

### 2.1 ラジオサージェリの概要

頭部の腫瘍、血管奇形に対しては開頭手術が主流であるが、患部の位置によっては外科手術が困難な場合があり、また出血多量、感染症などの危険もあるため、 $\text{Co}^{60}$ のγ線又はライナックによるX線を患部に照射することによる治療が注目されている。この治療法を、放射線を用いた手術であるこ

とからラジオサージェリと言う。頭部のラジオサージェリでは、患部の周りの正常組織に照射する放射線の量を可能な限り少なくし、放射線が正常組織に照射されるために生じる後遺症をなくすることが最大の課題となっている。このため、患部に対して三次元的に放射線を集中照射し、患部の周りへの放射線の線量を少なくすることが行われている。

### 2.2 現行のラジオサージェリ装置

$\text{Co}^{60}$ を用いた装置は、常にγ線が漏えい(洩)しているために患者・医者・技師及び看護婦等が被曝すること、 $\text{Co}^{60}$ の半減期が短いため約5年で線源の交換が必要なこと、さらに、装置及び $\text{Co}^{60}$ が高価であること等の問題がある。現在、これらの問題を解決するために、がんの治療に使われているライナックを使用したラジオサージェリが行われている。これは、現行の一般治療用ライナックを用い、患者を乗せる治療台の水平回転とX線発生部を垂直平面上で回転させるガントリ回転とを組み合わせ、三次元的にX線を患部に照射する方法である。しかし、この方法はライナックの機械精度が±1mmであり、しかも回転させる治療台の回転精度も重要な問題となっており、より精度の高い装置の開発が待たれている。

### 2.3 製品仕様

新しく頭部専用のラジオサージェリ装置を開発するに当たって、次の2点を基本構想とした。

#### (1) 患者を固定したままでX線源を三次元的に駆動

患部を治療台に固定することで、治療台を回転させることによる患部位置の誤差をなくすることができる。

#### (2) 一般治療用ライナックの機能を併せ持った装置

装置の有効利用を考慮し、ラジオサージェリ装置として最も重要な性能であるアイソセンタ精度を良くするとともに、従来ライナックの仕様であるアイソセンタ高さ、ターゲットとアイソセンタ間の距離、一般治療時の照射野の大きさ等を同じ値とした。

さらに、X線のエネルギー、照射線量、照射角度等を求めるための三次元RTP(Radiotherapy Treatment Planning: 放射線治療計画装置)も併せて開発し、パラメータの自動設定機能を持たせ、安全で迅速に治療が行えるようにした。今回開発したCアーム型ラジオサージェリシステムの性能を表1に示す。

### 2.4 特 長

#### (1) Cアーム三次元照射: 患者を動かさずにラジオサージェ

りが可能

- (2) 高アイソセンタ精度：±0.5mm 以下
- (3) 照射可能範囲が広い：全立体角の86.6%の方向から照射可能
- (4) 一般放射線治療可能：X線及び電子線による一般放射線治療が可能
- (5) X線遮へい（蔽）が容易：可動ビームストップによってX線遮蔽追加なしで既設ライナック室に設置可能
- (6) 安全性が高い：パラメータ設定時に干渉防止機能が働き安全な治療が可能

### 3. 構造設計

#### 3.1 構成

この装置は照射部本体と患者が乗る治療台に分けられる。図1に照射部本体及び治療台の構造図を、図2にその外観を示す。照射部本体は、Cアーム、ガントリ、スタンド及びバルサから構成される。

Cアームは名称が示すとおり“C”の字形状をしており、

マグネトロン・電子銃・加速管・偏向電磁石・ターゲットなど主要な放射線発生用部品を内蔵し、Cアーム先端部には一般放射線治療にも対応可能なコリメータを装着している。また、Cアームの他端には放射線遮蔽のためのRBST (Retractable Beam Stopper: 可動ビームストップ) が収納されている。

ガントリはCアームを保持するための“コ”の字形状の構造部材であり、円弧ガイドレールを介してCアームを回転可能のように結合している。

スタンドは床にアンカボルトで固定され、旋回ベアリングを介してガントリを回転可能に保持している。

バルサは放射線発生のための高電圧を発生する電源装置であり、スタンドに固定されている。

治療台は当社の従来製品シリーズと寸法互換性を保ちつつ電動自動化を図っている。治療台は上下・左右・前後・水平回転の合計4軸の駆動軸を持ち、更にもう1軸手でアイソセンタを中心とする水平回転をさせることが可能である。

#### 3.2 照射部本体の駆動機構

この装置は放射線照射部がアイソセンタを中心に直交2軸に回転可能なため、三次元的に集光照射ができるのが最大の特長である。従来の当社ライナックは、スタンドに固定された旋回ベアリングでガントリを回転させる水平回転軸（ $\varphi$ 方向）のみであったが、この装置ではCアーム両側面に円弧ガイドレールを配し、ガントリからCアームを分離することによって前記回転軸に直交する第二の水平回転軸（ $\psi$ 方向）回りにも回転できる。円弧ガイドレールを2本使用することにより、ガタのない高剛性・高精度の駆動を可能にするとともに、駆動源として両軸ともACサーボモータを使用して高精度な位置決めや速度可変を実現している。

#### 3.3 RBST

この装置は強力な放射線発生装置であるため、治療室外部に放射線が漏洩しないように遮蔽が必要である。従来の当社ライナックは、放射線を平面的に放射するので放射線が当たる壁面部分のみ鉄板等で遮蔽を強化しているが、この装置は放射線を三次元的に放射するので、遮蔽に必要な面積が飛躍的に増大し建築コストの増加を招く。これを避けるため、アイソセンタを挟んで放射線照射部と反対側にタングステン合金によるビームストップを設けている。ビームストップは放

表1. Cアーム型ラジオサージェリシステムの性能

項目	性能	備考
X線エネルギー	4 / 6 MV	4 MV又は6 MV指定
X線出力	0.6 ~ 3 Gy/min (4 MV) 0.9 ~ 4.5 Gy/min (6 MV)	アイソセンタにおいて
X線照射野の大きさ	直径5 ~ 40 mm 5 mm間隔8種類	アイソセンタ平面において
照射部本体 回転角度範囲	$\varphi$ : ±195° $\psi$ : 0 ~ 60°	真上のとき $\varphi = 0^\circ$ , $\psi = 0^\circ$ $\varphi$ : 体軸を中心とするガントリ回転 $\psi$ : ヘッドからガン方向への回転
回転速度	$\varphi$ : 0.1 ~ 1.0 r/min $\psi$ : 0.2, 0.5 r/min	
ターゲット- アイソセンタ間距離	100 cm	一般治療用と同じ値
アイソセンタ床上高さ	128 cm	同上
アイソセンタ精度	±0.5 mm	
ビームストップ	可動ビームストップ	

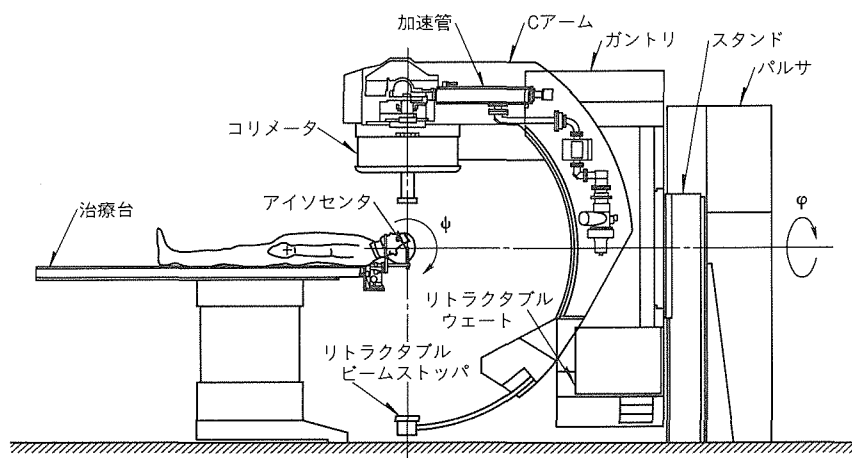


図1. 照射部本体及び治療台の構造

射線を発生しないときは、患者の昇降、付属品の取付けなどの邪魔になるため、退避するようになっている。放射線発生時は正規位置に進出するが、そのままこの装置を回転させると治療台に干渉、衝突するので、回転角度に応じて適宜ビームストップの進出位置を制御している。

### 3.4 リトラクタブルバランスウェイト

回転体を駆動するとき、モータ動力の低減や安全性の確保

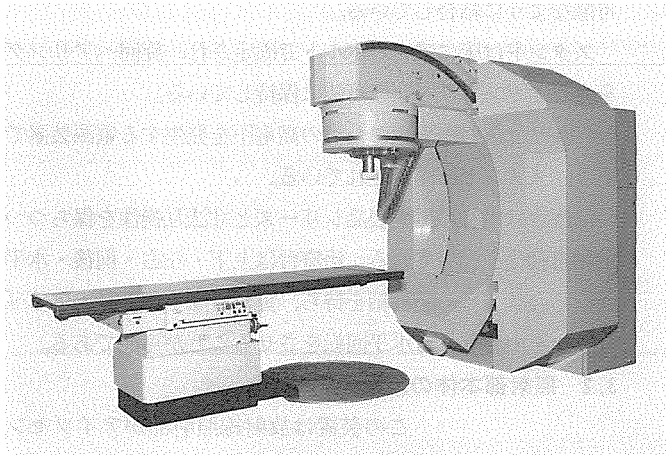


図2. 照射部本体及び治療台の外観

のため回転バランスをとるのが望ましい。従来の当社ライナックではコリメータ等を搭載した照射部（先端部）が重く、極端な $\varphi$ 方向回転アンバランスが生じており、これをガントリ反対部のカウンタウェイトで解消している。この装置はCアーム方式であるため、 $\varphi$ 方向回転アンバランスに加えて $\psi$ 方向回転アンバランスも発生する。さらに、Cアームが回転すると重心の位置が変動するため、 $\varphi$ 方向の回転アンバランス量も変動する。この2方向の回転アンバランスを解消するため、図3に示すリトラクタブルバランスウェイトを装着した。

各回転バランスに関する釣合い方程式は、

$$\varphi = 0 \sim 360 \text{ 度}$$

$$\psi = 0 \sim 60 \text{ 度 において}$$

$$M_C(\varphi) = M_W(\varphi)$$

$$M_C(\psi) = M_W(\psi)$$

ここで  $M_C$ : Cアーム重心の回転モーメント

$M_W$ : リトラクタブルバランスウェイトの  
回転モーメント

これらの条件を満たすため、下記の設計を実施した。

(1) ガントリのみ (Cアームを装着しない状態) で完全に $\varphi$ 方向回転バランスがとれる設計をする。

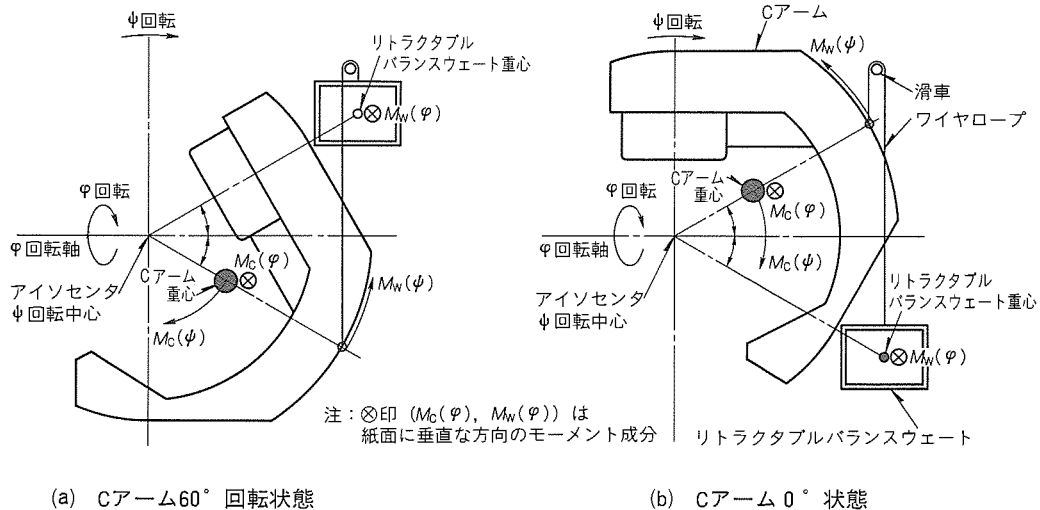


図3. リトラクタブルバランスウェイト

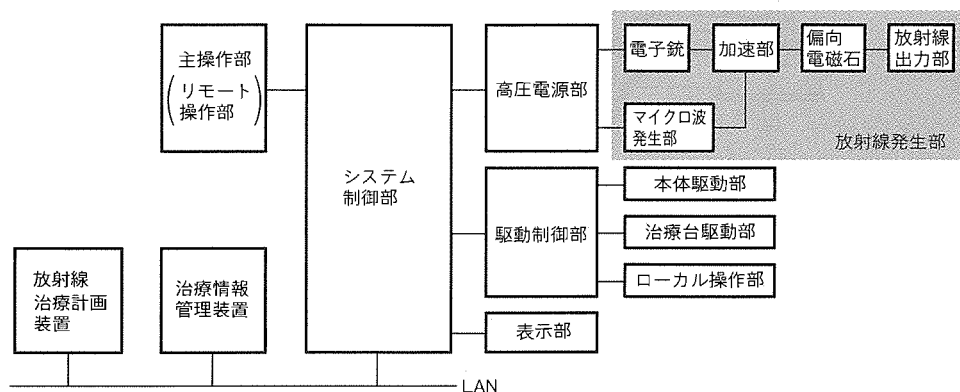


図4. 全体制御系ブロック図

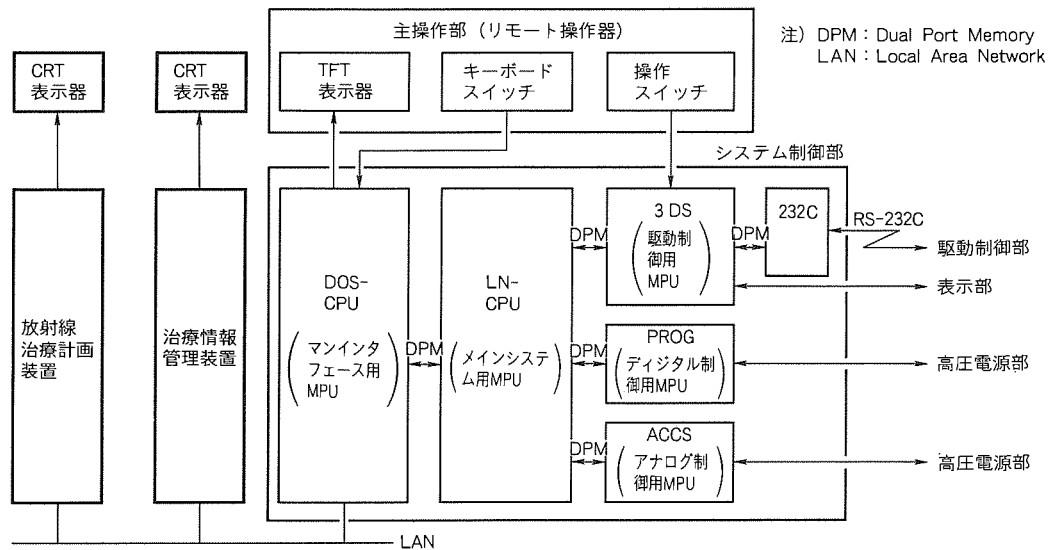


図 5. システム制御ブロック図

- (2) Cアームの重心位置が $\phi$ 方向可動範囲の中間点で $\varphi$ 方向回転軸上に位置するように、重心配置設計をする。
  - (3)  $\phi$ 方向回転バランスをとるためにガントリ両側面にリトラクタブルバランスウェイトを設置し、ワイヤロープを用い滑車を介してCアームとつなぎ、Cアームの動きと逆方向に連動させる。Cアームとつなぎ位置は、 $\phi$ 方向回転中心とCアーム重心位置を結ぶ直線の延長線上にする。
  - (4)  $\varphi$ 方向回転バランスをとるために、リトラクタブルバランスウェイトの重心位置は、 $\phi$ 方向回転中心とCアーム重心位置を結ぶ直線と水平面に対して対称な直線の延長上に位置させる。
  - (5) リトラクタブルバランスウェイトの質量は、上記2式を満足する値に設定する。
- 以上の設計により、Cアーム及びガントリがいかなる姿勢においても、概略回転バランスがとれた二軸回転機構が成立する。

#### 4. システム制御

##### 4.1 構成

この装置は、図4に示すようにシステム制御部、駆動制御部、放射線発生部、放射線治療計画装置(RTP)、治療情報管理装置(Data Management Equipment : DME)等で構成されている。

##### 4.2 システム制御部(図5)

放射線治療計画装置で計画された治療パラメータは、治療情報管理装置で管理され、治療ごとに主操作部のキーボードスイッチの選択入力によってシステム制御部のDOS-CPUにセットされる。DOS-CPUにセットされた治療パラメータは、このシステムのメインCPUであるLN-CPUで放

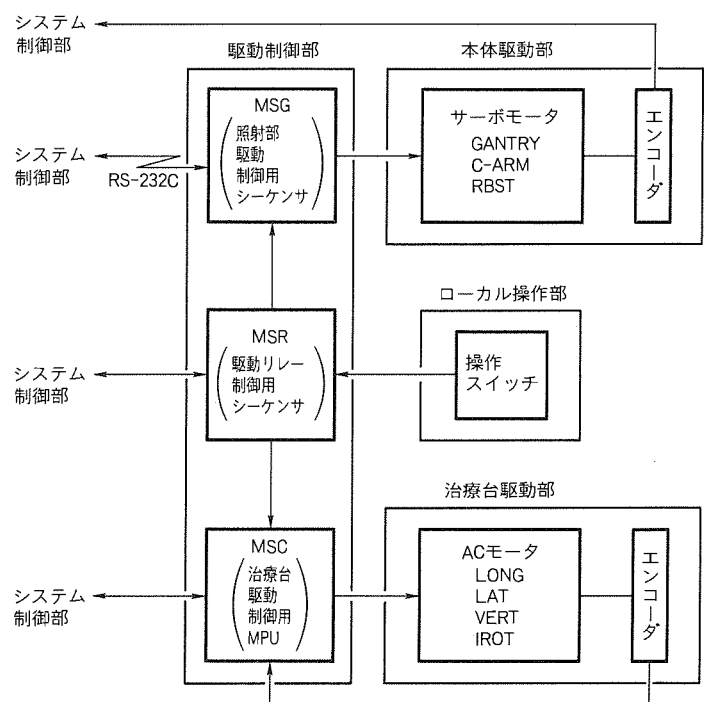


図 6. 駆動制御ブロック図

射線発生部制御用のデジタルパラメータ、アナログパラメータ、駆動制御用のデジタルパラメータに分けられ、各部にセットされる。

##### 4.3 駆動制御部(図6)

三次元治療に必要な主要駆動軸(GANTRY, C-ARM, RBST)は、ACサーボモータを用いてセットされた治療パラメータに向かって高精度の自動セットアップ制御を行っている。この装置では、従来のライナックと比べてCアームやリトラクタブルビームストップなど可動部分が多く、無制限に運転すると治療台又は患者と衝突する。これを防止するため、三次元機械解析ソフトウェア(IDEAS)を用いて衝突

を起こす危険領域をコンピュータシミュレーションによって求め、データテーブルを作成した。Cアーム及びリトラクタブルビームストップの駆動は、このテーブルを参照しながらマイクロプロセッサによるリアルタイム干渉防止制御をし、ハードワイヤードによるインタロックと合わせ安全性を確保している。

## 5. 三次元RTP

### 5.1 概 要

RTPとは、放射線発生装置によって放射線を照射したとき、人体に吸収される線量分布を算出し、照射線量、照射方向等の照射条件の最適化等を行うためのものである。図7にRTPを含めた放射線治療システムの構成を示す。ラジオサージェリでは治療方法が複雑になるため、特にRTPの重要性は高くなる。

また、Cアーム型ラジオサージェリシステムは照射方向が特殊であるため、これに対応したRTPを開発する必要があり、既存の三菱放射線治療計画装置“RPS-700U”を三次元に拡張することによってこの開発を行った。図8に三次元RTPの出力画面を示す。

### 5.2 三菱三次元RTPの特長

最新の計算機によって処理の高速化・自動化を図り、汎用のGUI (Graphical Users Interface) による操作性の良さと最適化のやりやすさを目指した。また、放射線発生装置側とのシステム化を基に設計されており、組合せによって精度の高い治療を可能としている。

- (1) 多機能の三次元グラフィックにより、立体的に患部と照射条件の把握が可能
  - ワイヤフレーム、サーフェース立体表示
  - BEV (Beams Eye View : 線源から患者方向を見た画像) による照射野と臓器との把握
  - DRR (Digital Reconstruction Radiography : CT画像から BEV 対応の画像を構成) 表示
- (2) 時間の掛かる輪郭入力の自動輪郭抽出化
- (3) 線量計算及び画像表示の高速化 (20秒以内の表示)
- (4) Cアームでの照射条件の最適化処理 (分布を治療対象領域に合わせる。)
  - 各アーク (Cアーム角に対応) 間の相対線量の最適化
  - 治療対象領域に線量分布が合うように照射野を自動設定
- (5) 高精度線量計算
  - CT画像から電子密度を算出し高精度密度補正
  - 散乱線を考慮した高精度線量計算
  - 計算マトリックスの小サイズ化によって位置精度を確保

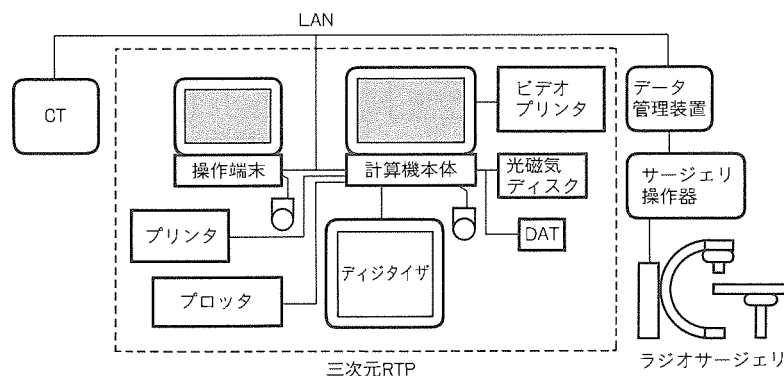


図7. 放射線治療システムの構成

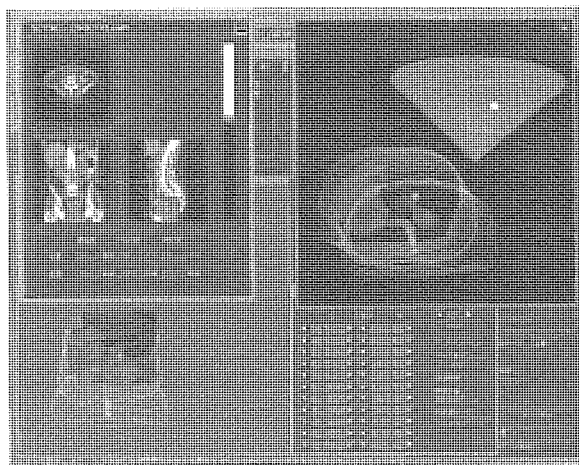


図8. 三次元RTPの出力画面

- (6) 他の照射法との組合せによる高度な治療計画 (原体照射, 内照射, RALS (Remote After Loading System))
- (7) 容易な操作性 (操作の統一, 日本語表示, デフォルト処理)
- (8) ガントリ回転・Cアーム回転に対する衝突防止確認機能
- (9) 光磁気ディスク (1.3G バイト) への治療計画データの保管・再現機能

## 6. む す び

集光性放射線治療は、頭部だけではなく全身にも適用される方向で展開していくことが予想され、装置としては更に小型・軽量化、高機能化へ進むであろう。位置決め、照合を含めた更なる高精度化、高効率化が要求され、診断から治療、アフタフォローも含めたシステム化が今後の開発の課題である。

また、忘れてならぬことは、これらが人に優しいシステムであることを前提にしたものでなければならないということである。この意味において、患者に接する部分、例えば治療台・固定具・付属品も併せて検討・開発を進めていく必要がある。

# 東京電力(株)納め衛星利用ITVシステム

安田和弘\* 坂戸美朝\*\* 億本智子\*\* 金正利和\*\*

## 1. ま え が き

東京電力(株)では、送電線建設において、鉄塔建設現場の施工の品質・安全性の向上及び省力化のために、鉄塔建設現場の画像を含めた情報をリアルタイムに現場事務所に送ることを目的とした情報伝送網を試用してきた。この情報伝送網は、これまで光ファイバや50GHz簡易無線等の伝送路を試みてきたが、光ファイバは設置、保守及び移設等の点で、また、50GHz簡易無線は降雨等による回線断等の信頼性の点で改善が求められていた。

一方、東京電力(株)は、衛星通信の特長である広域性、同報性、耐災害性及びネットワーク構成の容易さに注目し、平成元年から民間通信衛星スーパーバードを利用した衛星通信ネットワークを構築・運用しており、現在建設中であるUHV北栃木幹線においても、現場施工支援システムとして回線設定の容易さから衛星を利用して準動画・音声・データの双方向通信を行うことになった。

三菱電機(株)は、このシステムの機器一式及び回線制御用ソフトウェアを受注し、平成6年3月に納入した。

本稿では、衛星を利用したITVシステムの構成、提供サービス及び運用形態について述べる。

## 2. システムの概要

### 2.1 目 的

衛星を利用したITVシステムの主な目的は、通信路の確保が困難な山中などの建設現場と建設現場を監督管理する現場事務所との間に、映像情報を含めた通信路を提供することである。

### 2.2 条 件

上記の目的のほか、システム構築に当たっては次の条件を満足する必要があった。

- (1) 建設現場、事務所に設置される地球局の運用は、無線従事者を必要とせず、通常の作業員が運用できること。
- (2) 操作に当たっては、特別な知識を必要としない簡易な操

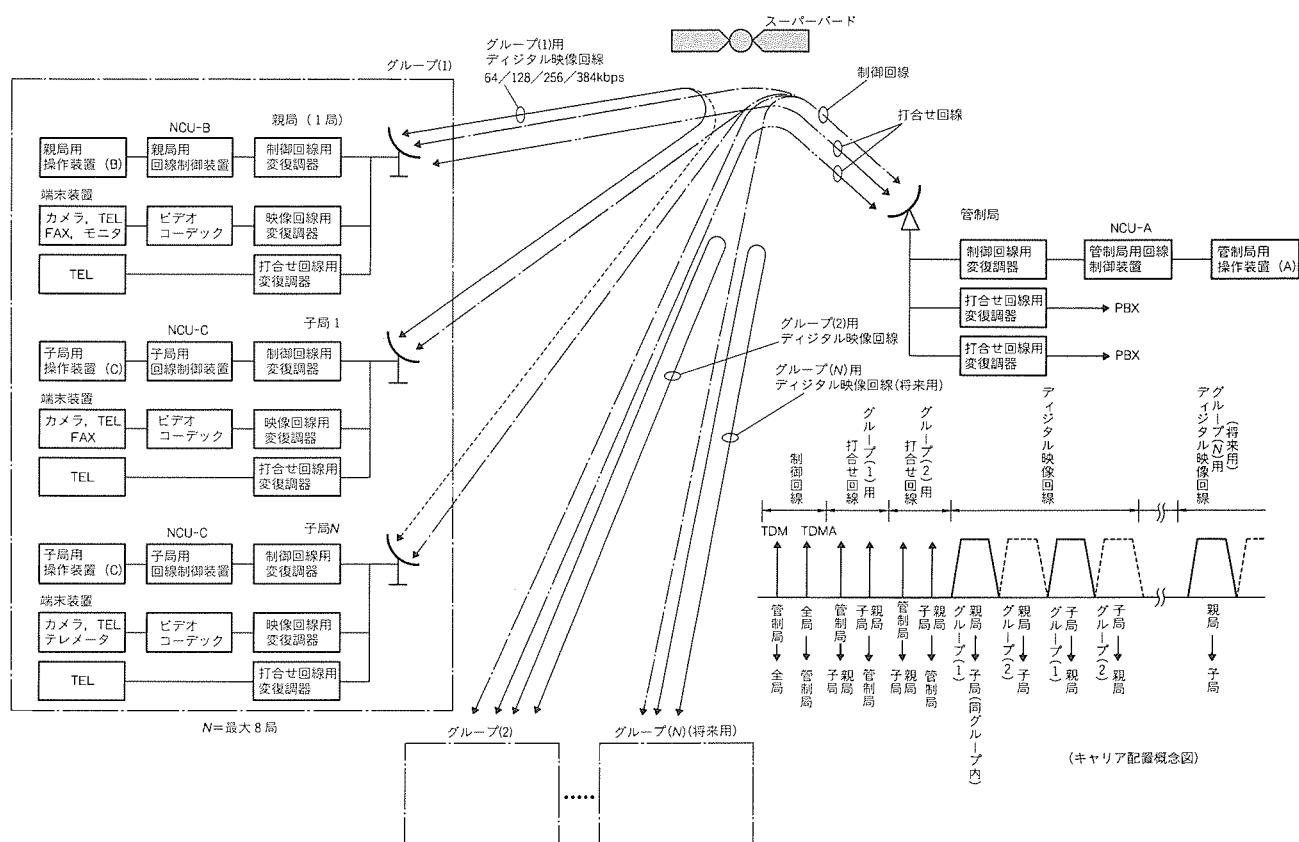


図1. ITVシステム概念図

表 1. システムの収容局数及び構成回線

項 目	初 期 数	拡張可能最大数
グループ数	2	32
1グループ当たりの親局数	1	2
1グループ当たりの子局数	8	31
システム全局数	18	256
回線構成		
制御回線	1 ch	1 ch
デジタル映像回線	2 ch	32 ch
打合せ回線	2 ch	32 ch

表 2. 各地球局の機能

地球局名称	機 能
管 制 局	●このシステムのリ線制御及び地球局の監視制御を行う。
親 局	●グループ内に1局登録され、工事事務所に設置される。 ●グループ内の子局と対向し、通信路を設定する。
子 局	●グループ内に複数局登録され、工事現場に設置される。 ●グループの親局との間に通信路を設定する。

表 3. 提供サービスと概要

項 目	区 間	概 要
1. 映 像 伝 送	親局-子局間	●準動画映像の双方向(又は片方向)通信 ●工事状況の映像伝送やTV会議に使用可能
2. 電 話	親局-子局間	●親局-子局間の打合せ用に使用
3. F A X	親局-子局間	●親局-子局間の打合せ用に使用(書類、図面の伝送)
4. イ ン カ ム	親局-子局間	●子局でカメラ撮影時にカメラマンとの通話に使用
5. マイク音声伝送	親局-子局間	●カメラ撮影時のマイク音声を伝送
6. データモデム	親局-子局間	●データモデムを介したデータ通信が可能 ●気象観測データの伝送等を使用
7. データ伝送	親局-子局間	●低速度データの双方向通信 ●ITVカメラの制御等を使用
8. 映像、音声の一斉送信	親局-子局間	●親局からグループ内の全子局に対して映像と音声の一斉送信が可能 ●工事開始前の朝礼や緊急時の放送に利用可能
9. 内線電話接続	管制局-親局/子局	●親局、子局から東京電力(株)本店の内線電話交換機に接続し、内線電話が使用可能 ●公衆回線等の通信路が設定されていない場所に設置される子局の非常連絡用としての位置付けで使用

注 2～6は切換えにより、いずれか一つの選択使用となる。

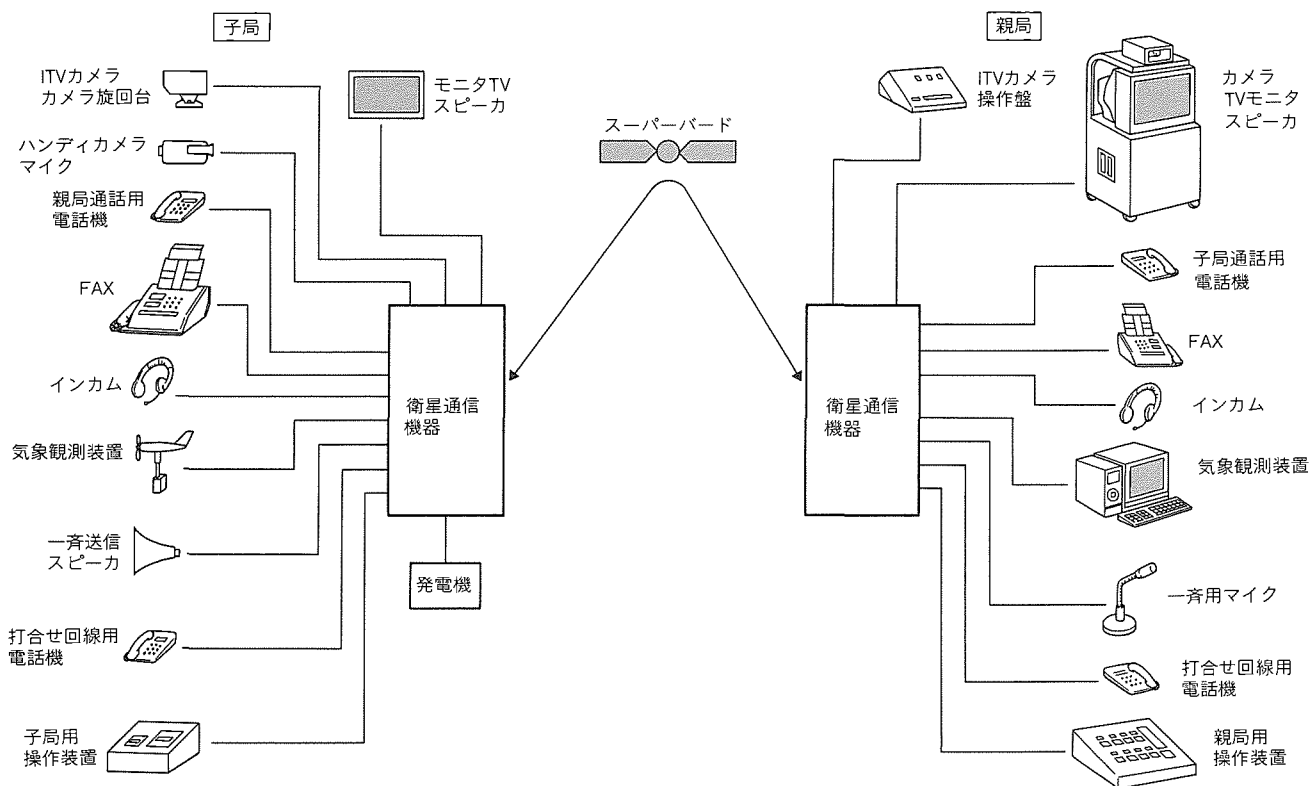


図 2. 端末機器接続イメージ

作性を持つこと。

(3) 複数のグループに対し個別に工事現場—事務所間の通信路を設定し、独立して運用できること。

(4) 建設現場に設置する地球局は、工事現場の移動に伴って移設するため、移設作業を容易にすること。

## 2.3 概略構成

図1にシステムの概念図を示す。システムを構成する地球

局は“管制局”“親局”“子局”に分類され、親局1局と複数子局によってグループを構成する。

このシステムの収容局数及び構成回線を表1に、各地球局の機能を表2に示す。

## 3. サービス・機能

このシステムでは、親局と子局間及び管制局と親局/子局

表4. 各地球局の主要諸元

項 目	管 制 局	親 局	子 局
アンテナ	φ5mカセグレン	φ1.8mオフセットグレゴリアン	φ1.4m相当オフセットグレゴリアン
送信機	300W TWT	4 W SSPA	4 W SSPA
受信機	140K LNA	200K LNA	200K LNA
回線数	制御回線：1ch 打合せ回線：2ch	制御回線：1ch デジタル映像回線：1ch 打合せ回線：1ch	制御回線：1ch デジタル映像回線：1ch 打合せ回線：1ch
主要機能	<ul style="list-style-type: none"> <li>●VSAT(親局、子局)の監視制御</li> <li>●デジタル映像回線、打合せ回線の制御</li> <li>●打合せ回線の送受信及び内線交換機への接続</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●グループ内子局の状態監視</li> <li>●子局とのデジタル映像回線接続、解除操作</li> <li>●デジタル映像回線の接続モード切換え</li> <li>●デジタル映像回線音声信号端末の切換え操作</li> <li>●打合せ回線の接続要求、解除操作</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●デジタル映像回線の接続要求、解除操作</li> <li>●打合せ回線の接続要求、解除操作</li> </ul>

注 管制局はこのシステムに関連する部分の諸元を示す。

SSPA : Solid State Power Amplifier

TWT : Traveling Wave Tube

LNA : Low Noise Amplifier

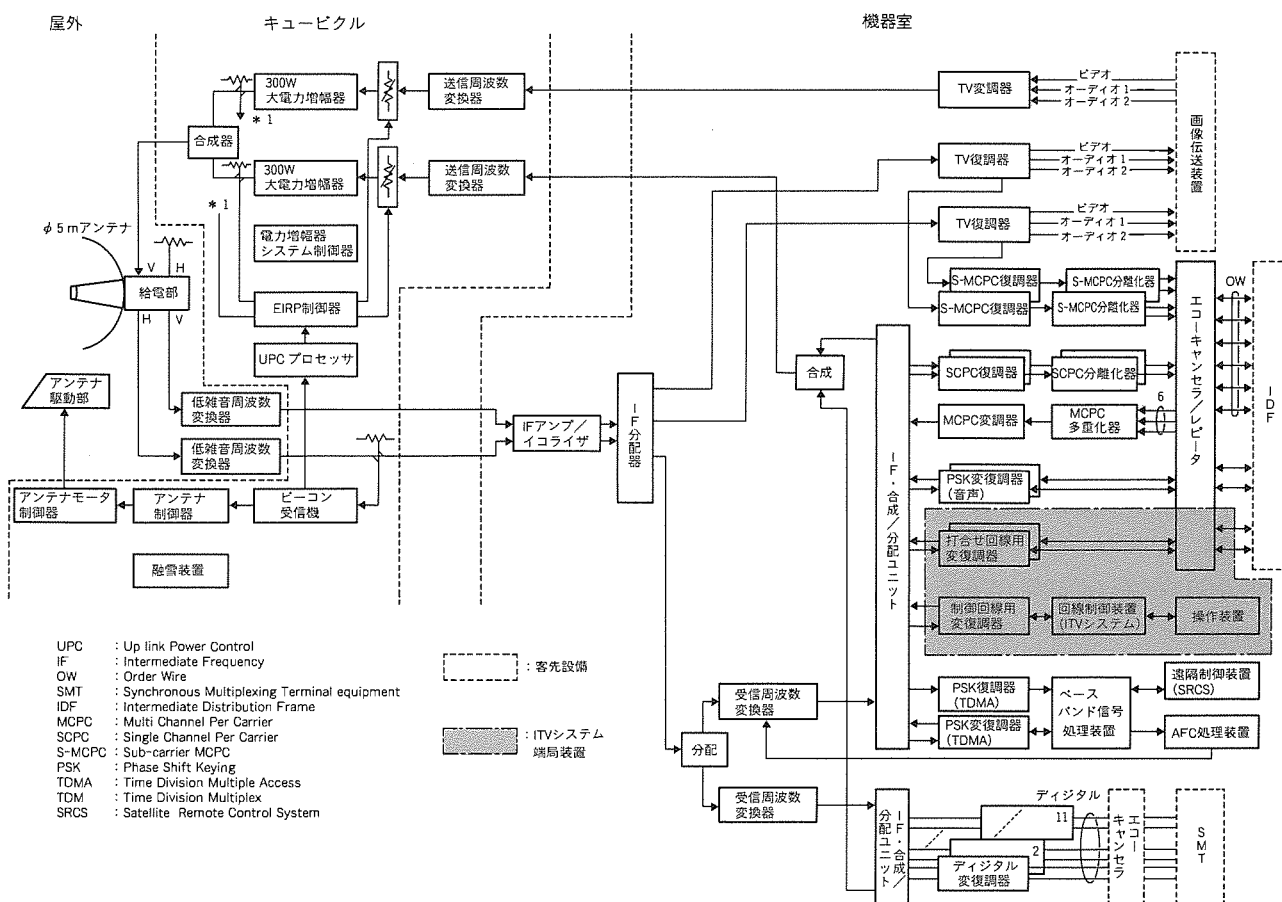


図3. 新橋地球局の系統図

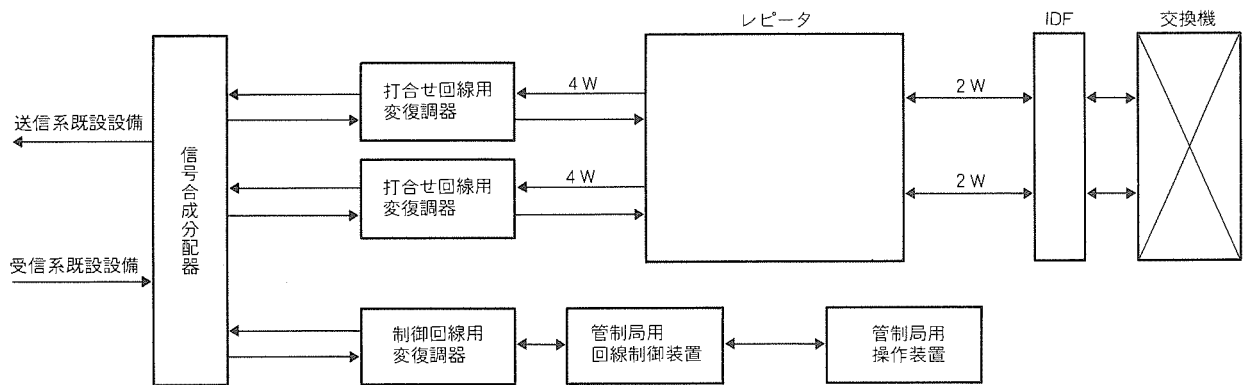


図 4. 管制局用端局装置の系統図

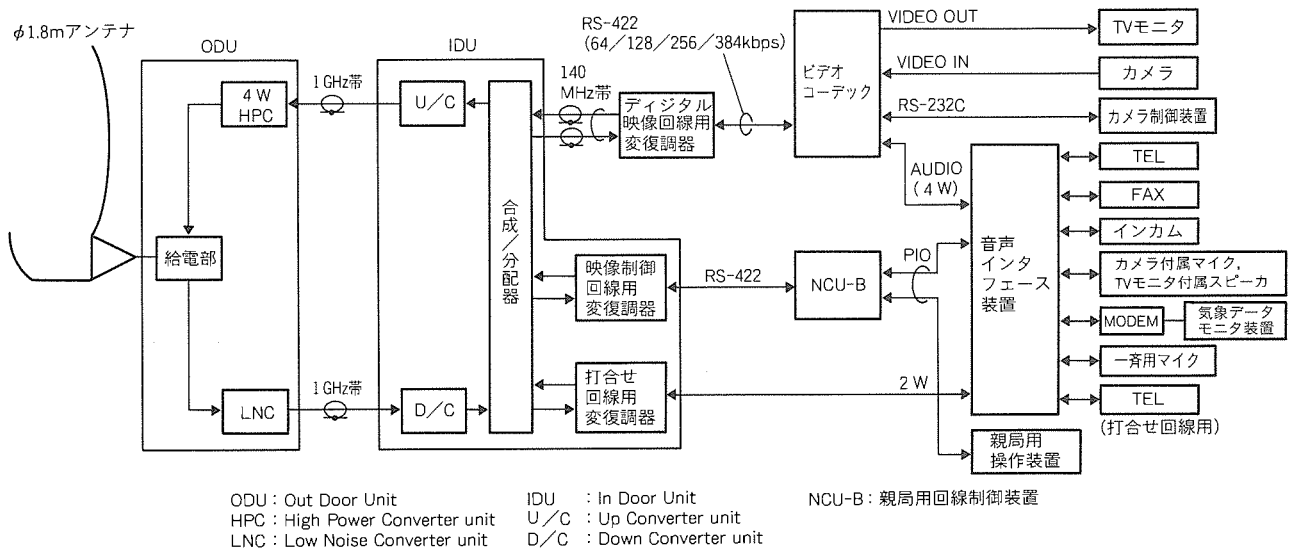


図 5. 親局の系統図

間において多様なサービスを提供できる。提供サービス及び概要を表 3 に示す。

また、図 2 に親局と子局で使用される端末機器のイメージ図を示す。

#### 4. システム構成

##### 4.1 地球局の概要

このシステムを構成する各地球局の主要諸元及び機能を表 4 に示す。また、各地球局の概要、特長を以下に示す。

###### (1) 管制局

管制局は既設の新橋地球局（東京電力（株）本店に設置）に設置され、このシステムに必要な端局設備（変復調器、回線制御装置等）の増設によって実現した。図 3 に新橋地球局の系統図を、図 4 にこのシステム端局装置の系統図を示す。

管制局の回線制御装置は簡易な構成とし、スイッチ、LED を用いた操作盤を採用してシステムの運用状況の確認及び制御を容易にしている。

###### (2) 親局

親局の系統図を図 5 に、屋外装置の外観を図 6 に示す。

親局は、技術適合基準に適合した VSAT (Very Small

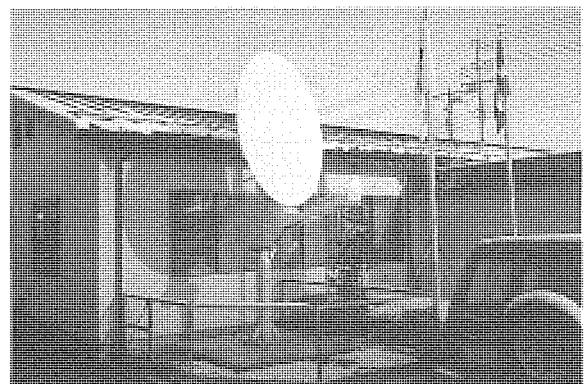


図 6. 親局の屋外装置外観

Aperture Terminal) で、無線従事者を必要とせずに運用が可能であり、次の点を考慮して設計されている。

- (a) 屋内装置は、一般の事務所に設置されることを考慮したコンパクトな設計
- (b) 装置は、TV 会議用ビデオコーデックなど汎用的な機器によって構成
- (3) 子局  
子局の系統図を図 7 に、外観を図 8 に示す。



び回線の状態の表示が可能である。

図9に親局用操作装置の外観を、図10に子局用操作装置の外観を示す。

## 5.2 運用方法

接続解除制御は、親局又は子局の操作装置のボタンを押すことにより、接続解除要求信号が制御回線を通して管制局に送られ、回線制御される。

映像回線は各グループで1回線のみ使用されるため、回線が使用中の場合、他の子局が接続の予約を行える機能を備えている。また、映像回線をグループ内のどの子局に接続するかを選択権は親局にあり、操作装置の該当子局のボタンを押すことによって接続される子局選択がなされる。

## 6. システム導入の効果

このシステムは冒頭で述べたとおり送電線鉄塔建設の現場支援を目的に構築され、導入によって次の効果がある。

### (1) 工事検査の省力化

工事現場が事務所から離れた山中にあるため、工事完了検査等を行うために長時間をかけて移動していたものが、このシステムを利用して工事状況などの映像を工事事務所に送信することによって検査員の移動が省略でき、短時間で数箇所の検査が行え、大幅な検査の省力化が図れる。

### (2) コミュニケーションの円滑化

これまで現地作業員は工事事務所とのコミュニケーションが不足がちであったが、システムの導入によって十分な意思疎通が行える。

### (3) 気象情報の収集

工事現場が山中であるため、工事事務所での現場の気象状況の把握は作業員の安全確保・工程管理の上で重要な業務であったが、これまでは工事事務所での予想のみで、作業員が工事現場に移動するまで状況を知ることができなかった。

このシステムの気象観測用子局の利用によって作業員が現場へ移動する前に現地の気象状況が映像とともに気象データが送られるため、いち早く正確な状況を把握することが可能となり、有用に利用されている。

## 7. むすび

以上、衛星を利用したITVシステムの概要を示した。このシステムは、山中など特殊な環境の場所からの映像・音声・データの通信が実現でき、送電線鉄塔建設の作業効率化及び省力化が図れる。

このシステムは今後、システム規模の拡張、機能の拡張に

表5. 各回線の通信方式

通信方式	映像制御回線		打合せ回線	デジタル映像回線
	上り回線	下り回線		
多重方式	PA-TDMA	PA-TDM	PA-FDMA	PA-FDMA
変調方式	QPSK (バースト)	QPSK (連続)	QPSK (連続)	QPSK (連続)
情報速度 ( )は伝送速度	32kbps (70kbps)	32kbps (70kbps)	32kbps (70kbps)	64/128/256/ 384kbps (128/256/512/ 768kbps)
誤り訂正方式	畳込み符号* ビタビ復号	畳込み符号* ビタビ復号	畳込み符号* ビタビ復号	畳込み符号* ビタビ復号
符号化方式	—	—	32kbps ADPCM	TTCに準拠

\* 符号化率1/2, 拘束長7

PA-FDMA : PreAssign-Frequency Division Multiple Access

QPSK : Quadrature Phase Shift Keying

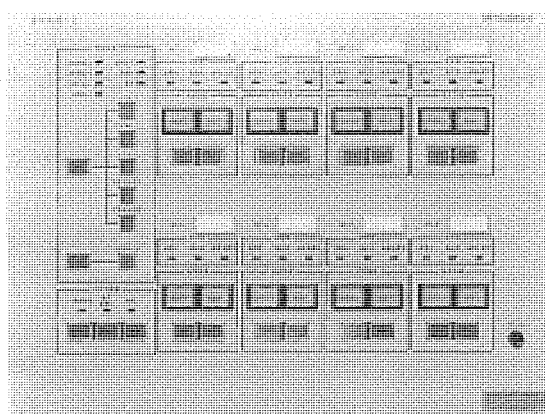


図9. 親局用操作装置の外観

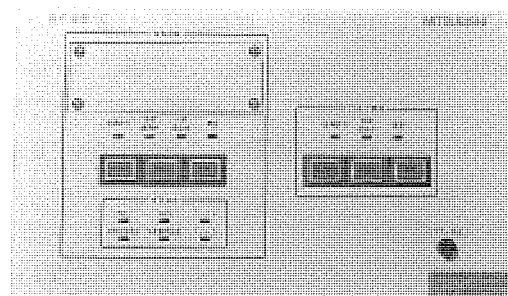


図10. 子局用操作装置の外観

より、工事支援に更に利用されていくものと考えられる。また、将来においては、グループ数の拡大に伴う周波数の有効利用改善のために、回線制御にデマンドアサイン方式の採用等の機能拡張が考えられる。

他分野への利用としては、このシステムを基本にダム監視等の映像を用いた遠隔地の監視等への利用拡大も考えられる。

最後に、この衛星を利用したITVシステムの開発にご協力いただいた各位に深謝する。

# 地域防災無線システム

南條正則\* 億本智子\* 佐々木英文\* 森本薫雄\*\* 白田幸雄\*

## 1. ま え が き

地域防災無線システムは、市町村の行政機関が設置主体である従来の防災行政無線システムの移動系を充実・強化する形で制度化したもので、昭和63年1月に郵政省の免許方針が策定され、新たなシステムとして全国の市町村で導入が始まったものである。

本稿では、これらのユーザのニーズにこたえるために開発した、三菱地域防災無線システムを構成する製品について紹介する。

## 2. システムの概要

### 2.1 システムの位置付け

従来の防災行政無線システムは、①市町村役場から地域住民に対する情報伝達のための固定系（同報系）と、②市町村役場と市町村職員が操作する車両などと相互連絡するための移動系が主体である。

これに対して地域防災無線システムは、③市町村の災害

対策本部を中心として防災関係機関と生活関連機関とを網羅する通信連絡網を構成して、災害時の情報収集及び通信連絡などの充実を図ることを目的として、新たに“地域防災系”として位置付けられるものである（図1）。

### 2.2 システムの特長

地域防災無線システムは、耐災害性に優れた高機能のシステムであり、主な特長は次のとおりである。

- (1) 800MHz帯の周波数を使用したMCA (Multi Channel Access) 方式を採用し、災害時に通信がふくそう（輻輳）しても60の通話用チャンネル（平常時には30チャンネル）から空きチャンネルを自動的に選定して、通信を行うことができる。
- (2) 中継を介さない場合でも、見通しで10km程度の通信距離が確保できる。
- (3) 広範囲のサービスエリアを確保するために中継方式による通信が可能であり、各無線設備は直接通信と中継通信の両方の機能を備えている。中継局は最大4局まで設置可能である。
- (4) 発信局の識別表示が可能で、常に通信相手が確認できる。

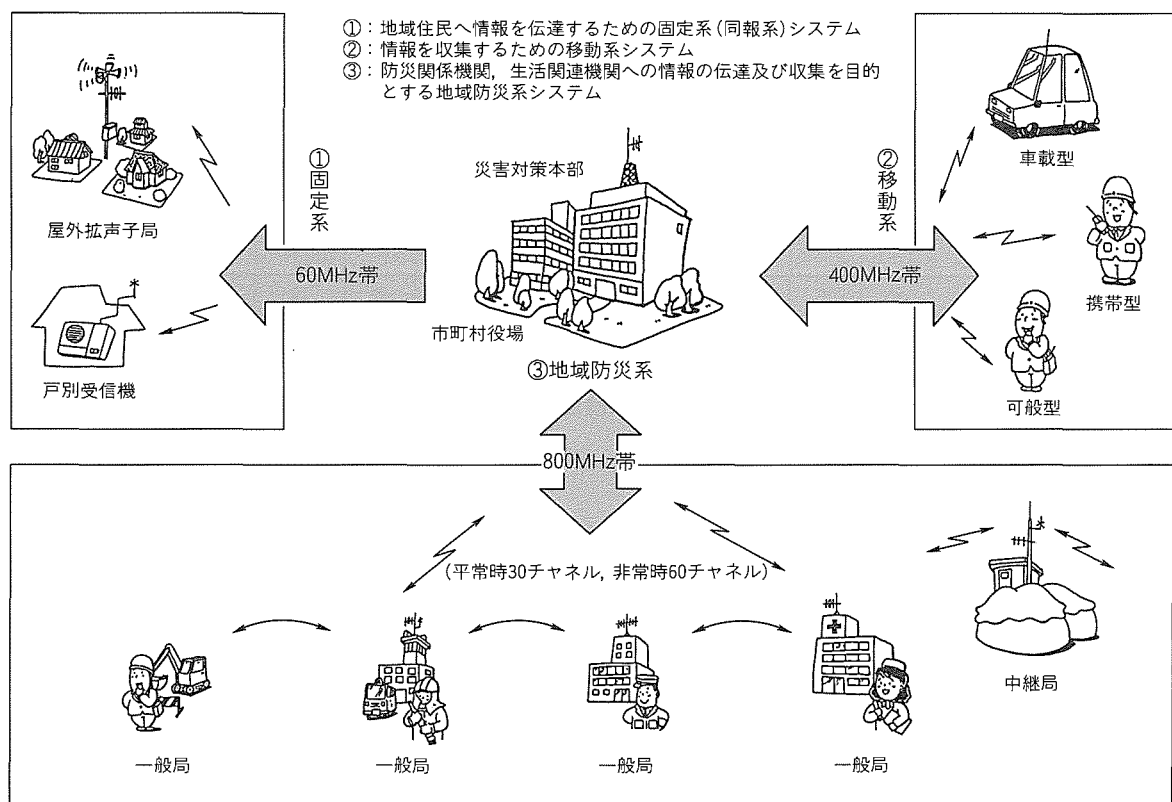


図1. 地域防災無線システムの位置付け

- (5) 1回の通話時間(回線占有時間)は、一斉通報及び統制通信を除き3分以内である。
- (6) ファクシミリ装置、データ伝送装置を接続することにより、非音声系の通信が可能である。

(平常時：30、非常時：60)

- (e) 中継用 16群のうちの1群  
(上下：各4チャンネル)

### 3. システムの仕様

#### 3.1 システムの主要諸元

- (1) 周波数帯 846～850MHz  
901～903MHz
- (2) 電波の形式 F2C、F2D、F2F、F3C、F3E
- (3) 送信電力 統制局及び一般局：5W以下  
中継局：10W以下
- (4) チャンネル間隔 25kHz
- (5) 通信方式
  - (a) 直接通信 1波単信方式
  - (b) 中継通信 2波単信方式
- (6) 制御信号
  - (a) 符号形式 NRZ (Non Return Zero) 符号
  - (b) 信号速度 1,200bps
  - (c) 変調方式 サブキャリア MSK (Minimum Shift Keying) 変調方式
- (7) チャンネル構成
  - (a) 制御用 1チャンネル(全国共通)
  - (b) 中継制御用 1チャンネル(全国共通)
  - (c) 一斉通報用 16チャンネルのうちの1チャンネル
  - (d) 通話用 60チャンネル(全国共通)

#### 3.2 システムの制御信号の構成

- (1) 制御信号の構成
 

地域防災無線システムの回線制御用信号は、回線接続信号、中継局選択信号、送信局識別信号の3種類で構成される。

これらの制御信号構成を図2に示す。
- (2) 信号の用途
  - (a) 回線接続信号
 

発呼、捕そく(捉)、再発呼、肯定応答、否定応答、監視要求、通信開始、通信終了など、回線接続時に使用する。
  - (b) 中継局選択信号
 

中継通信を行うとき、中継ルートを指定する。
  - (c) 送信局識別信号
 

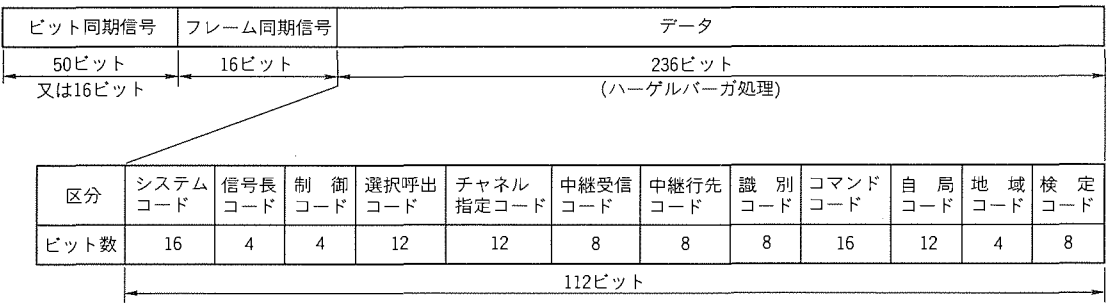
無線局を識別できるように、通信終了時に送出する。

#### 3.3 システムの構成

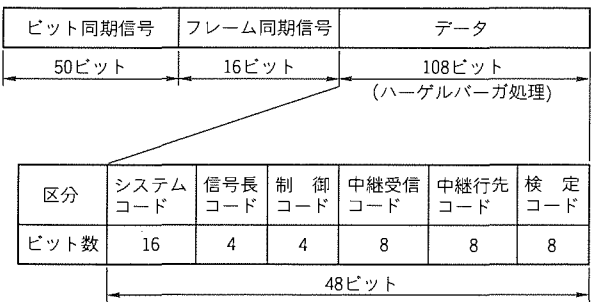
- 地域防災無線システムは、統制局、一般局、中継局で構成される。
- (1) 統制局
 

災害対策本部となる市町村役場に設置し、すべての一般局に対する一斉通報及び通信統制、一般局からの緊急連絡の受信などの機能がある。
  - (2) 一般局(陸上移動局)
 

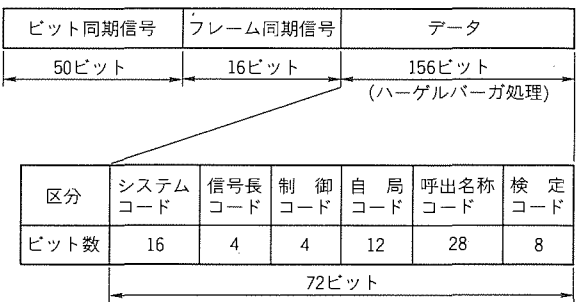
一般局は、消防、水防、警察などの防災関係機関、及び医療、電気、ガス、通信、運輸、金融、教育などの生活関連機



(a) 回線接続信号の構成



(b) 中継局選択信号の構成



(c) 送信局識別信号の構成

図2. 制御信号構成

関に設置する。

用途、目的によって使い分ける半固定型、可搬型、車載型がある。

### (3) 中継局

統制局と一般局間、及び一般局相互間で直接に通信できない場合、そのサービスエリアを確保するために設置する。

## 3.4 通信の種類

通信の種類には次のものがある。

### (1) 一斉通報

統制局からすべての一般局、又は特定の一般局に対して一斉に通報ができる。

### (2) 統制通信

統制局と一般局（グループ又は個別）との間で優先的に通信を確保する機能で、一般局が通信中であっても強制的に割り込むことができる

### (3) 緊急連絡

非常災害時において、一般局から一般通信よりも優先的に統制局に連絡することができる。

### (4) 一般通信

統制局と一般局間及び一般局相互間で行う通信で、複数の一般局と通信を行うグループ通信、任意の一般局と通信を行う個別通信がある。

### (5) 他系通信

非常災害時に、隣接市区町村との相互応援などを目的とした通信であり、システムコードの切換えと帯域指定解除の指定で一般通信を行うことができる。

### (6) 非音声通信

ファクシミリ装置、静止画伝送装置、データ伝送装置などを接続することで、音声以外の通信も行うことができる。

## 4. 三菱地域防災無線システム

### 4.1 システムの機器構成例

地域防災無線システムの機器構成例を図3に、主要構成機器の外観を図4に示す。また、システムの主要構成機器の機能と特長を表1に示す。

### 4.2 統制局機器の特長

(1) 統制局用無線装置はスリムラックの中に現用、予備、緊急用の3台の無線機を収容させ、制御はすべて統制台から行うようにした。

(2) 統制台は卓上型とし、統制局内の制御及び一斉通報、統制通信、一般通信などシステム全体の指令、操作などを集中させた。

(3) 統制台の操作手順、一般局の識別番号、通信ルート、緊急連絡の着信、監視制御（中継局）、通信記録など各種情報をディスプレイ装置に表示させて操作を容易にした。

(4) 遠隔制御装置は役場内の各課に設置する機器で、通常この遠隔制御装置から通話を行う。テンキー、表示などの通話に必要な操作機能はすべてハンドマイクから行えるようにした。遠隔制御装置は10台まで接続可能である。

### 4.3 一般局の特長

用途、目的によって使い分ける半固定型、可搬型、車載型がある。

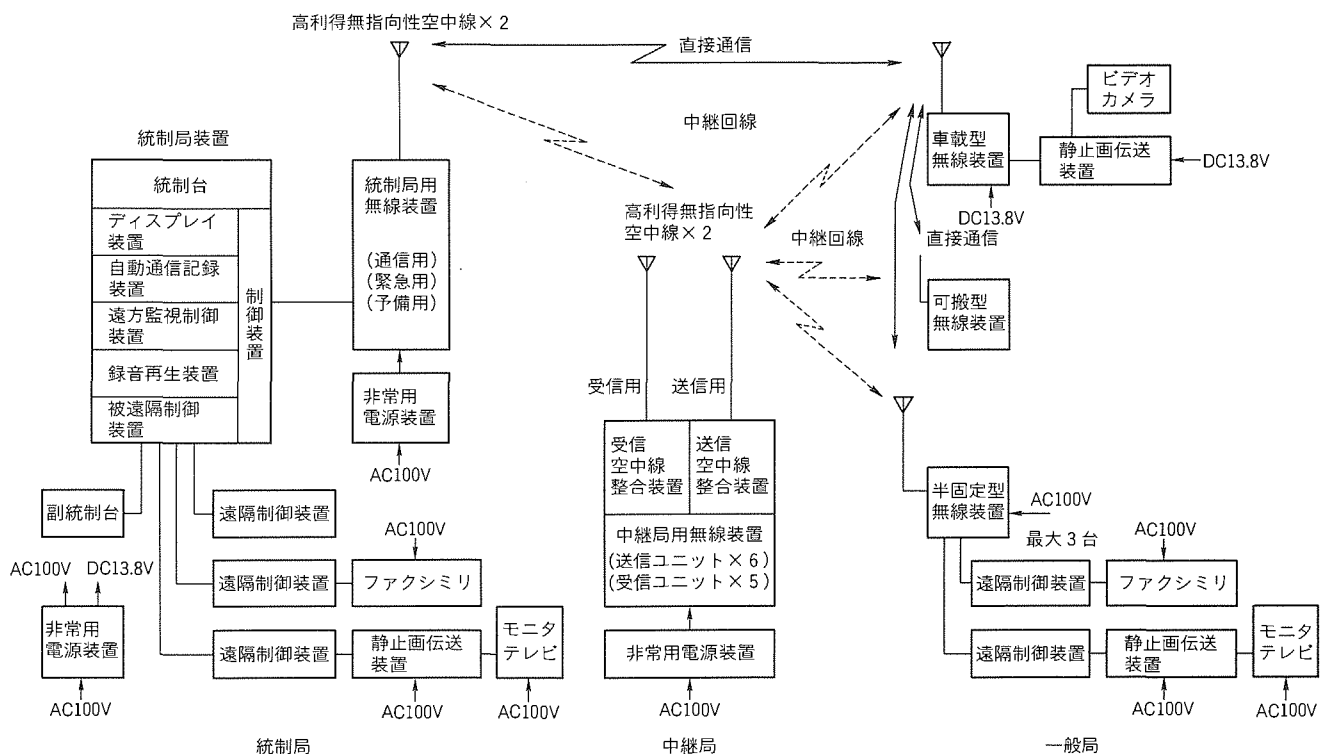
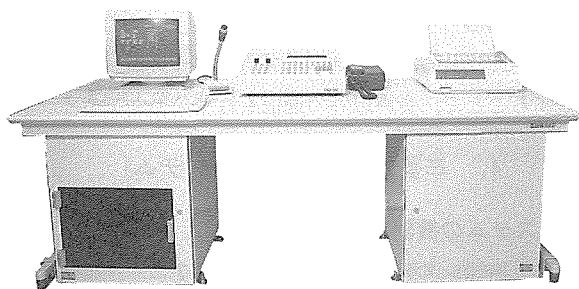
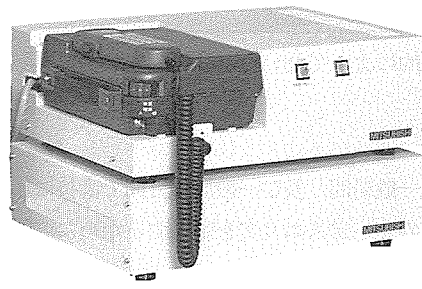


図3. 地域防災無線システムの機器構成例



(a) 統制局（統制局装置を構成する機器）



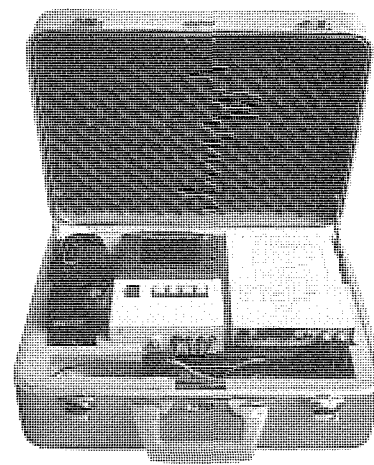
(b) 一般局（半固定型無線装置）



(c) 一般局（可搬型無線装置）



(d) 一般局（車載型無線装置）



(e) 静止画伝送装置  
（キャリングケースに収納）

図 4. 主要構成機器の外観

表 1. 三菱地域防災無線システム主要構成機器の機能・特長

	機 器 名 称	機 能 ・ 特 長
統制局設備	統制局装置	統制台は卓上型で、各通信機能の操作は盤面のスイッチで対応 自動通信記録装置による業務日誌の作成 ディスプレイ装置による運用表示と操作ガイダンス機能 録音再生装置による通信の録音と再生 遠方監視制御装置による中継局設備の監視・制御、中継局経由の通信回数の計測 被遠隔制御装置は、最大10台の遠隔制御器が接続可能
	統制局用無線装置	スリムラック型、現用予備方式、出力 5 W
	副 統 制 台	統制台と同等の機能を持ち、統制台と切り換えて運用
	遠隔制御装置	常設／3桁ダイヤル等の発呼機能、液晶による表示（番号／文字） オプションとしてファクシミリ装置、静止画伝送装置が接続可能
	ファクシミリ装置	通信方式（半二重方式）、通信速度（9,600～2,400bps）、用紙A 4 判
	静止画伝送装置	通信方式（半二重方式）、通信速度（9,600～2,400bps）、用紙A 4 判
中継局設備	中継局用無線装置	送信10W 6 台、受信 5 台、中継制御機能、被遠方監視機能、受信空中線整合装置を 1 架に収容
	送信空中線整合装置	送信 6 チャンネル用（制御 1、一斉指令 1、下り中継用 4）
一般局設備	半固定型無線装置	出力 5 W、非常用電源装置が接続可能（20時間以上使用可能） 無線機部を取り外し可搬型として運用可能（5 時間以上使用可能） 電源装置は卓上型で充電器内蔵、半固定アダプタを装着
	可搬型無線装置	出力 5 W、充電式バッテリー内蔵（5 時間以上使用可能）、半固定局の無線機部と同じ、防滴構造 オプションとしてファクシミリ装置、静止画伝送装置が接続可能
	車載型無線装置	出力 5 W、電源はカーバッテリーを使用 静止画伝送装置を接続することで、カラー静止画像をワンタッチで伝送可能
	ファクシミリ装置	統制局設備のファクシミリ装置と同じ
	静止画伝送装置	統制局設備の静止画伝送装置と同じ

#### (1) 半固定型

- (a) 可搬型無線装置を半固定用電源装置に装着することで半固定型無線装置として使用する。無線装置の着脱は容易に行うことが可能で、必要時には可搬型として運用できる。
- (b) 運用に応じて遠隔制御装置を最大3台まで接続することができる。
- (c) 音声以外の通信として、ファクシミリ装置、静止画伝送装置の接続が可能である。

#### (2) 可搬型

充電式電池パックを内蔵し、ショルダベルトやキャリングハンドルを備え、雨中で携行して使用できる防滴構造としている。

#### (3) 車載型

静止画伝送装置を接続することで、カラー静止画像をワンタッチで伝送することができる。

#### (4) ハンドマイク

- (a) 音声通信、非音声通信に必要なすべてのボタン操作、表示などはハンドマイクで行えるようにした。
- (b) ハンドマイクは操作性の統一を図り、半固定型、可搬型、車載型に同一のハンドマイクの使用を可能にした。
- (c) 雨中でも使用できる防滴構造にした。

#### (5) 発信操作機能

##### (a) 常設ダイヤル発信機能

日常、最もよく呼び出す相手局(1局)をメモリに登録することで、登録した相手局は、ハンドマイクの常設ボタンを操作するだけで簡単に呼出しができる。

##### (b) 3けた(桁)ダイヤル発信機能

あらかじめ通話の相手局と接続ルート(直接通信又は中継通信)の設定をメモリに登録することで、3桁ダイヤルで呼び出すことができる(登録容量:100)。

##### (c) 短縮ダイヤル発信機能

通話の相手局を10局までメモリに登録することが可能で、登録した局は、ハンドマイクの短縮ダイヤルを操作するだけで簡単に呼出しができる。

##### (d) リダイヤル発信機能

リダイヤルボタンを操作することで、最後に通信した相手局を再度呼び出すことができる。

#### (6) その他の付加機能

##### (a) 不在設定機能

不在時に呼出しがあっても、あらかじめ録音した伝言を自動的に相手に伝えることができる。

##### (b) 伝言録音機能

相手局が不在のとき、相手局への伝言を録音させることができる。伝言内容は再生で確認できる。

##### (c) 通話録音と再生機能

録音ボタンを操作することで通話内容が録音でき、再生ボタンを操作することで録音内容が確認できる。

##### (d) 通信残時間表示

一般通信のとき、3分で通信を切るが、その通信残時間を電子音と表示で確認できる。

##### (e) ファクシミリ電送・静止画伝送機能

非音声通信のシステムとしてファクシミリ装置、静止画伝送装置を容易に付加することが可能で、あらかじめハンドマイクに相手局番号を登録しておくことでファクシミリ、静止画像をワンタッチで伝送することができるようにした。

## 5. む す び

本稿では、地域防災無線システムの概要及び仕様、並びに当社製品の機能及び特長などの内容について述べた。

今後は、ファクシミリを始め、静止画伝送等の非音声系通信を主体としたシステムの需要が予想されるので、更に用途の拡大、機器の小型化・高機能化を促進していく予定である。

## 参 考 文 献

- (1) 電気通信技術審議会答申：諮問第28号地域防災無線網を構成する無線局の無線設備の技術的条件 (1986-10)
- (2) 財電波システム開発センター：地域防災無線通信を行う無線局の無線設備標準規格(RCR STD-7) (1987-11)

# 高機能型多地点テレビ会議システム

松田茂信\* 松室昌宏\* 野田忠義\* 秋田康貴\*\* 三尾武史\*\*

## 1. ま え が き

近年、ISDN (Integrated Services Digital Network) 等のデジタル通信網の急速な普及に伴い、テレビ会議システムのサービス形態においても、より一層の高機能化が要求されるようになってきた。従来のテレビ会議システムは相手端末との間を1:1で接続して会議を行っていたが、昨今では同システムの普及に伴い、本社・支社・営業所・工場など複数地点を同時に結ぶ多地点テレビ会議システムの導入が当然のことようになってきた。

現在、当社では多地点通信制御装置 (Multipoint Control Unit: MCU) MP-2000を製品化し、このニーズにこたえているが<sup>(1)(2)</sup>、一般に多地点テレビ会議システムは映像切替方式を採用しているため、各地点の表示映像は参加地点のうちの1地点のみである。このため、参加地点すべての映像を同時に見ることができる多画面表示機能に対するニーズが高まってきた。

この新たなニーズにこたえるため、画面合成装置 (Multipoint Media Service Unit: MMS) MS-1000 (図1) を日本電信電話(株)と共同で開発し、MP-2000と組み合わせることで多地点テレビ会議に参加しているすべての地点の映像を合成し、各端末に表示するサービスの提供を可能にした。

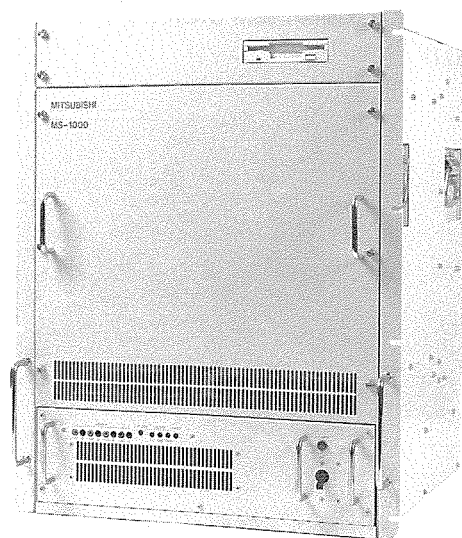


図1. 画面合成装置 MS-1000の外観

本稿では、この多地点テレビ会議システムにおける画面合成のサービス、機能及び構成について紹介する。

## 2. MS-1000の概要

MS-1000の主要諸元を表1に示す。主な特長は次のとおりである。

### (1) 画面合成機能

多地点テレビ会議に参加している各地点の符号化映像データをMP-2000から受け取り、復号した後、縮小して画面合成を行う。合成した映像は符号化され、MP-2000を介して各地点のテレビ会議端末へ分配される。

### (2) 合成画面パターンの自動選択

MS-1000における合成画面は、4、9、16分割の3パターンがあり、会議の参加地点数に応じて自動的に合成画面パターンが選択される。また、9、16分割画面については全地点表示モードと発言者拡大表示モードの二つがあり、いずれかのモードを選択することが可能である。

### (3) 複数会議への対応

MP-2000では多地点テレビ会議を最大4会議まで同時に開催することができ、これに対応してMS-1000においても

表1. MS-1000の主要諸元

項 目	内 容
外 形 寸 法	(W) 480×(H) 600×(D) 520 (mm)
質 量	70 (kg)
消 費 電 力	700 (W)
最大参加地点数	最大16地点 (MS-1000を2台カスケード接続した場合)
同時開催会議数	最大4会議
映 像 処 理	①映像フレーム終端機能により、映像フレームを保持したままの単一映像切換えが可能 ②国際標準 (ITU-T H.261) に従って合成した映像の符号化、及び映像データの復号 ③多地点会議参加端末から送信されてきた映像を、デジタル合成して各端末に送信 ④合成画面は、4、9、16分割の3種類。会議参加地点数によって自動的に合成画面を選択。9、16分割画面は全地点表示モード、発言者拡大表示モードのいずれかを選択可能 ⑤合成画面は1会議で1種類 ⑥合成/単一画面切換えは当社テレビ会議端末から可能 ⑦テレビ会議端末から送信されてきた単一画面映像、又は合成画面映像をNTSC映像信号に変換して外部に出力することが可能 (オプション)
音 声 処 理	最初に開催した会議の音声のアナログの音声信号として外部に出力可能

4会議まで独立に画面合成を行うことが可能である。

#### (4) 多画面映像・音声出力機能

映像・音声信号を直接外部に出力する機能を備え、各地点の映像を複数モニタを使用して多画面表示することや、合成画面として表示することが可能である。また、音声は会議に参加している各地点の音声をミキシングして出力する。

### 3. システム構成

MS-1000は、MP-2000のバックエンドプロセッサとして各メディア情報(映像・音声)を処理する。すなわち、各地点に設置されたテレビ会議端末との通信はMP-2000で行い、MP-2000で分離されたメディア情報を受け取り、処理

する。つまり、通常の基本的な多地点テレビ会議サービスはMP-2000のみで提供が可能であり、より高度なサービス(画面合成、多画面出力)を行う場合にMS-1000を付加するシステム構成とする。

表2及び図2にMS-1000とMP-2000の機能分担を示す。また、図3にMS-1000、MP-2000を用いた多地点テレビ会議システムのシステム構成例を示す。

### 4. 各部の機能

MS-1000の機能ブロック図を図4に示す。MS-1000は以下に示す各処理部によって構成されている。

#### 4.1 システム制御部

表2. MS-1000とMP-2000の機能分担

項 目	MS-1000の機能	MP-2000の機能
システム管理		①端末情報管理 ②予約管理 ③通信履歴管理 ④リソース管理
会 議 制 御	①サービス制御	①会議開催制御 ②端末との通信制御 ③多地点会議制御
多重分離		①メディア(映像、音声、データ)多重分離
メ デ ィ ア 処 理	映像 ①映像フレーム終端(誤り制御) ②国際標準(H.261)に従った符号化・復号 ③画面縮小/切り出し、画面合成、合成画面の分配 ④多画面映像の外部出力	①単純映像切換え
音 声	①会議音声のD/A変換、外部出力	①国際標準(G.711, G.722)に従った符号化・復号 ②雑音制御・音声検出 ③音声加算
デ ー タ		①汎用データの単純分配

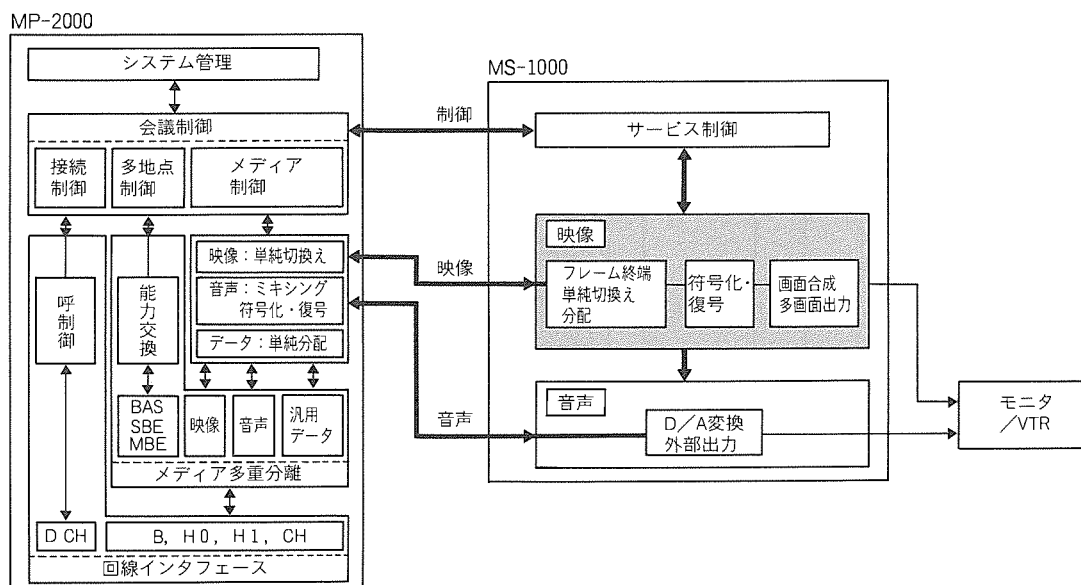


図2. MS-1000とMP-2000の機能分担

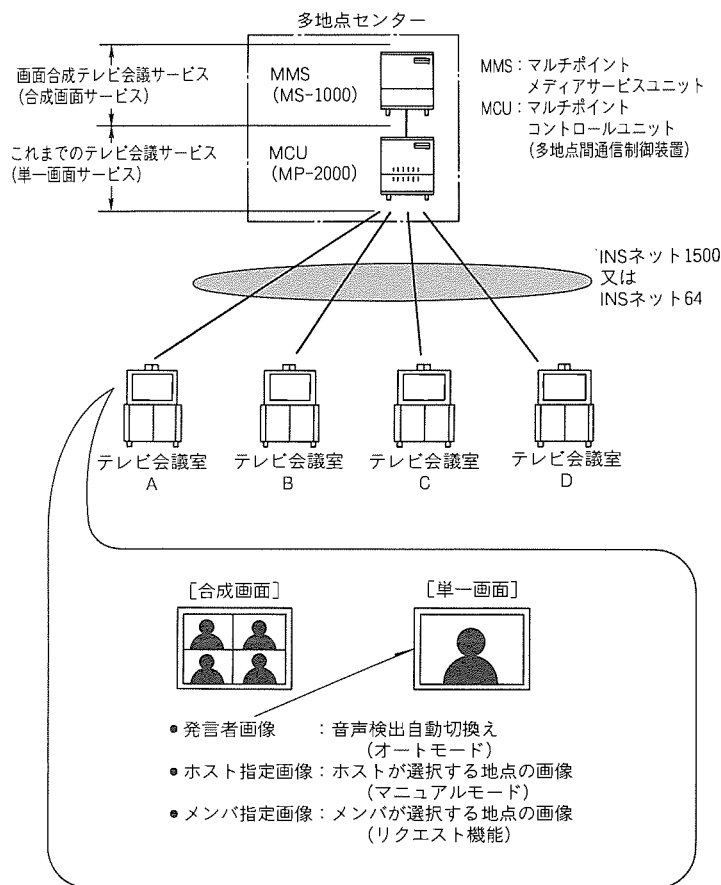


図 3. 高機能型多地点テレビ会議システム構成例

MS-1000内の各処理部の制御、及び映像の基準タイミングの生成を行う。そのほか MP-2000から会議情報を受け取り、会議の参加地点数に応じて画面合成パターン等を設定する。

#### 4.2 映像フレーム終端部

MP-2000から受け取った映像データは BCH 符号を用いた誤り訂正フレームを構成しており、映像フレーム終端部ではこの誤り訂正フレームの同期検出、誤り訂正、映像情報の抽出を行い、映像復号部へ出力する。

また逆に、映像符号化部で符号化された合成映像に対して、BCH 符号化同期ビットを付加して誤り訂正フレームを形成し、MP-2000へ送信する。

#### 4.3 映像符号化・復号部

この処理部では、まず ITU-T (国際電気通信連合 電気通信標準化部門) で勧告されているテレビ会議端末の符号化アルゴリズム (H. 261) に従って、符号化された映像データを復号する。さらに、各地点の映像データと合成する

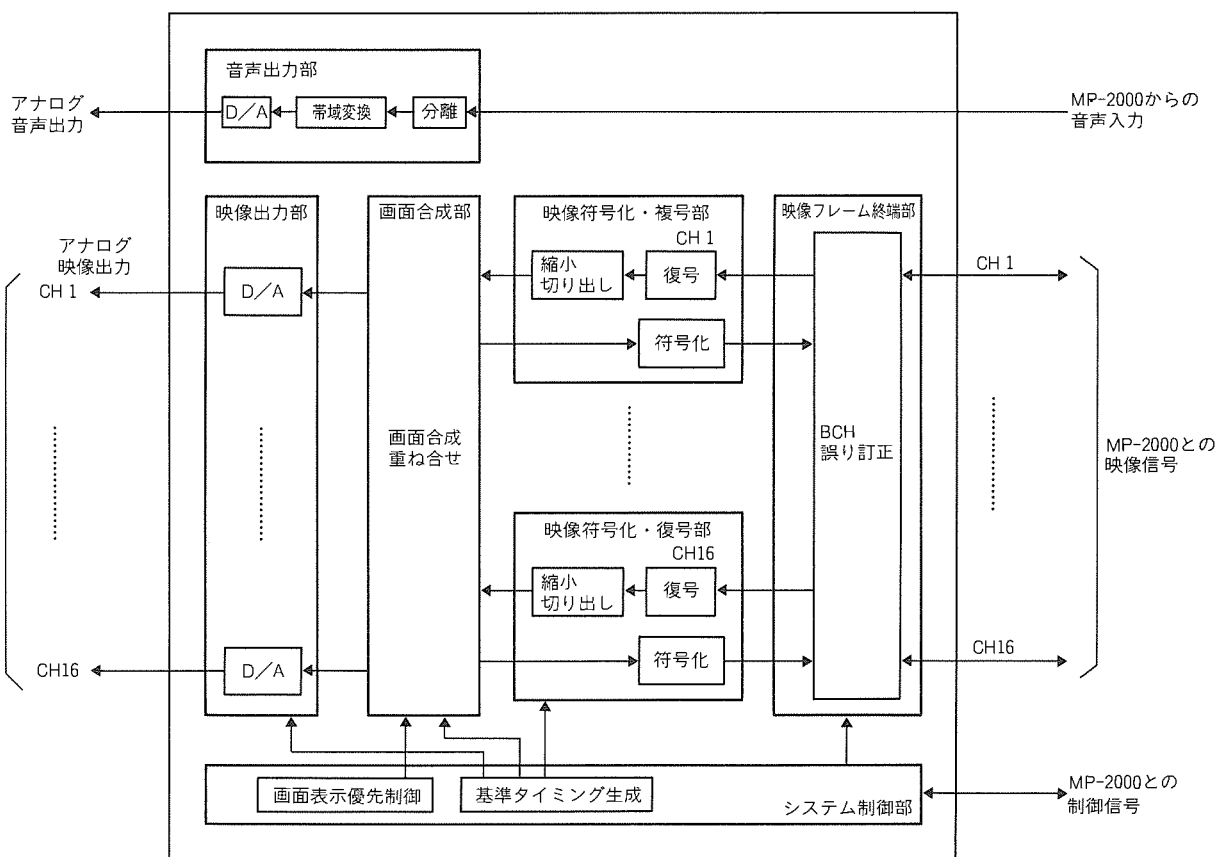


図 4. MS-1000の機能ブロック図

ために、復号された映像データに対して間引き処理及び切り出し処理を行い、画面サイズを1/4、1/9、1/16のいずれかに縮小する。

縮小された各地点の映像データはシステム制御部から指定されたタイミングで画面合成部に出力され、一つの合成画面が構成される。このようにして作成された合成画面は映像符号化部へ送り返され、H. 261に従って符号化され、映像フレーム終端部へ出力される。

#### 4.4 映像出力部

画面合成部からの出力は、デジタル NTSC のため、この映像データをデジタルからアナログへ変換することにより、MS-1000 に接続されたモニタ又は VTR へ、合成画面をローカル出力することが可能である。

また、映像復号部から縮小処理する前の復号映像データがこの処理部に対して直接出力されているため、各端末の映像を縮小・合成せずに、そのままモニタ又は VTR に出力することも可能である。

### 5. 画面合成パターン

MS-1000 で提供する合成画面には、次に示す3種類、5パターンがある。9、16画面については全地点表示モード、発言者拡大表示モードのいずれかを選択することが可能である。

#### (1) 4画面合成

会議の参加地点数が4地点以下の場合に選択される合成画面である。4画面合成の場合、全地点表示モード固定のため、会議に参加した順番によって画面の左上・右上・左下・右下に表示される。合成画面に表示される各地点の映像は、映像復号部で1/4サイズに縮小されている。また、MP-2000から話者検出情報を受け取り、発言のあった地点の映像に対して白枠を付加し、発言者を容易に認識することが可能である。

#### (2) 9画面合成

会議の参加地点数が5地点以上、9地点以下の場合に選択される合成画面である。9画面合成の場合、各地点の映像は映像復号部で1/4サイズに縮小した後、1/9サイズになるように画面中央から切り出しを行っている。1/9サイズまで縮小を行わないのは、縮小することによって会議参加者の表情が認識できなくなるのを防ぐためである。また、次に示す2パターンの画面のいずれかを選択することができる。

##### (a) 全地点表示モード

すべての地点に、映像が常時1/9サイズで表示される。

##### (b) 発言者拡大表示モード

発言していない地点の映像は1/9サイズで表示されるが、発言している地点の映像は1/4サイズ

に拡大表示され、白枠が付加される。

#### (3) 16画面合成

会議の参加地点数が10地点以上、16地点以下の場合に選択される合成画面である。各地点の映像は1/4に縮小された後、1/16サイズになるように画面中央から切り出しが行われる。また、9画面の場合と同様に(a)、(b)2パターンの表示方式のいずれかを選択することが可能である。

表3に合成画面の各パターンを示す。

### 6. 画面合成の実現方式

#### 6.1 画面縮小／切り出し

MP-2000から受信した符号化映像データは、映像フレーム終端部で映像情報のみが抽出され、映像復号部で復号され、Y、Cb、Cr各8ビットのデジタルのNTSCフォーマットに変換される。その後、1/4、1/9、1/16サイズに縮小・切り出しが行われた後で画面合成部に出力される。

図5に映像データの流れを示す。

映像データの縮小は、Y、Cb、Crの各データについて水平、垂直方向とも2:1のサブサンプリングを行うことで実現している。縮小された映像データは、4分割画面の場合はそのまま画面合成部へ出力され、9、16分割の場合は切り出し処理が行われる。縮小画面の切り出しのイメージを図6に示す。

表3. MS-1000における合成画面パターン

	全地点表示モード	発言者拡大表示モード																																
3地点 会議時 (Bが発言)	<table><tr><td>A</td><td>B</td></tr><tr><td>C</td><td></td></tr></table>	A	B	C		同左																												
A	B																																	
C																																		
4地点 会議時 (Cが発言)	<table><tr><td>A</td><td>B</td></tr><tr><td>C</td><td>D</td></tr></table>	A	B	C	D	同左																												
A	B																																	
C	D																																	
5地点 会議時 (Eが発言)	<table><tr><td>A</td><td>B</td><td>C</td></tr><tr><td>D</td><td>E</td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr></table>	A	B	C	D	E					<table><tr><td>A</td><td>B</td><td>C</td></tr><tr><td>D</td><td>E</td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr></table>	A	B	C	D	E																		
A	B	C																																
D	E																																	
A	B	C																																
D	E																																	
6～8地点	:	:																																
9地点 会議時 (Fが発言)	<table><tr><td>A</td><td>B</td><td>C</td></tr><tr><td>D</td><td>E</td><td>F</td></tr><tr><td>G</td><td>H</td><td>I</td></tr></table>	A	B	C	D	E	F	G	H	I	<table><tr><td>A</td><td>B</td><td>C</td></tr><tr><td>D</td><td></td><td>F</td></tr><tr><td>G</td><td>H</td><td>I</td></tr></table>	A	B	C	D		F	G	H	I														
A	B	C																																
D	E	F																																
G	H	I																																
A	B	C																																
D		F																																
G	H	I																																
10～15地点	:	:																																
16地点 会議時 (Gが発言)	<table><tr><td>A</td><td>B</td><td>C</td><td>D</td></tr><tr><td>E</td><td>F</td><td>G</td><td>H</td></tr><tr><td>I</td><td>J</td><td>K</td><td>L</td></tr><tr><td>M</td><td>N</td><td>O</td><td>P</td></tr></table>	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	<table><tr><td>A</td><td>B</td><td colspan="2">G</td></tr><tr><td>E</td><td>F</td><td></td><td></td></tr><tr><td>I</td><td>J</td><td>K</td><td>L</td></tr><tr><td>M</td><td>N</td><td>O</td><td>P</td></tr></table>	A	B	G		E	F			I	J	K	L	M	N	O	P
A	B	C	D																															
E	F	G	H																															
I	J	K	L																															
M	N	O	P																															
A	B	G																																
E	F																																	
I	J	K	L																															
M	N	O	P																															

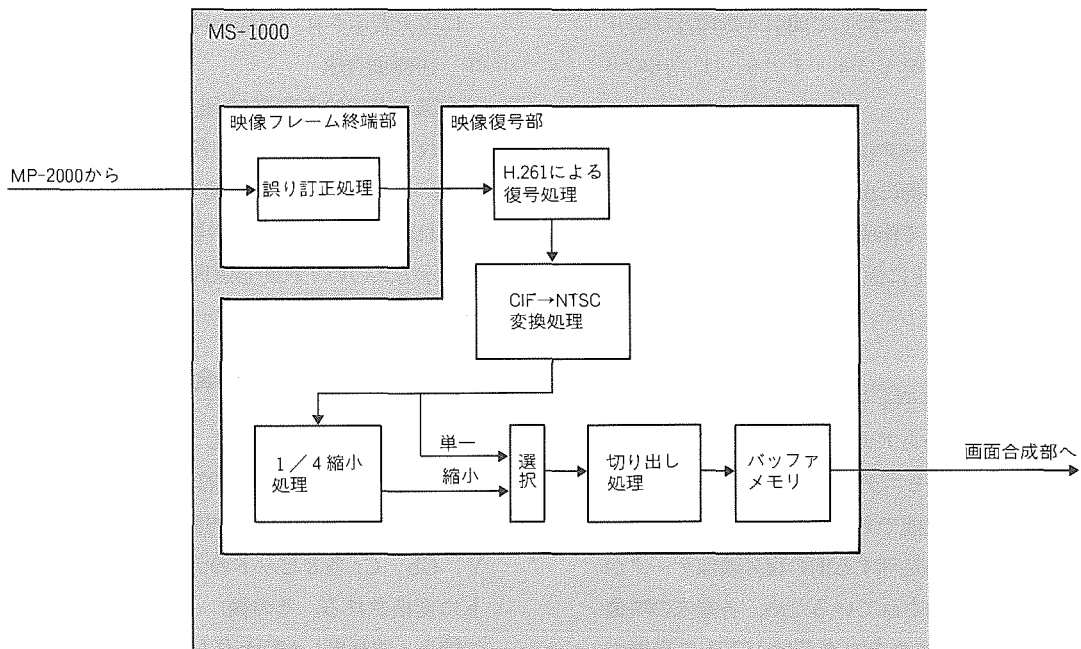


図5. 受信映像データの流れ

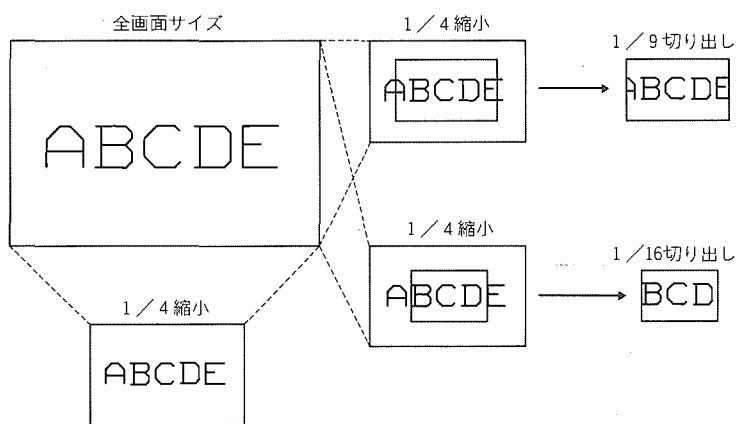


図6. 縮小画面の切り出し例

## 6.2 画面合成

縮小／切り出し処理された映像データはいったんバッファメモリに蓄積され、システム制御部から指定された表示領域に出力するタイミングで読み出され、一つの合成画面が構成される。

1／9、1／16画面の発言者拡大表示モードにおいて、強調された画面を他の画面に重ね合わせる場合にはシステム制御部が表示優先制御を行う。各映像の読出しタイミングを基に、合成画面データの出力タイミングを生成し、最終的な合成映像データを生成する。

## 7. 多地点会議サービス

MS-1000とMP-2000を用いた多地点テレビ会議システムにおいて提供される主なサービスを以下に示す。図7にMS-1000、MP-2000を用いた多地点会議サービスの例を

示す。

### (1) 会議の予約

MP-2000は予約管理機能を標準で装備しているため、外部に予約管理用の装置を追加する必要はない。また、予約時間になると自動的にMP-2000が各端末を呼び出すので、定刻通りに会議を開催することが可能である。

### (2) 会議開催

多地点会議におけるメンバ端末の呼出しは、MP-2000に接続されている制御用パソコン又はホストとなる地点のテレビ会議会議端末から行うことが可能である。会議はあらかじめ予約していた時間にMP-2000から端末を呼び

出す予約会議と、予約のない時間帯を利用して開催する即時会議がある。

### (3) 合成画面の生成

MS-1000による合成画面には4、9、16分割の3種類があり、参加地点数に応じて自動的に合成画面が選択される。

### (4) 画面選択

各テレビ端末に表示する映像は、テレビ会議端末から合成／単一画面を選択することが可能である。さらに単一画面については、オート／マニュアル／リクエストの三つのモードがある。

オートモードは発言者の映像を自動的に選択するモードであり、マニュアルモードはホスト端末が選択した地点の映像を分配するモード、リクエストモードは各端末が見たい地点を選択するモードである。

### (5) 多画面出力

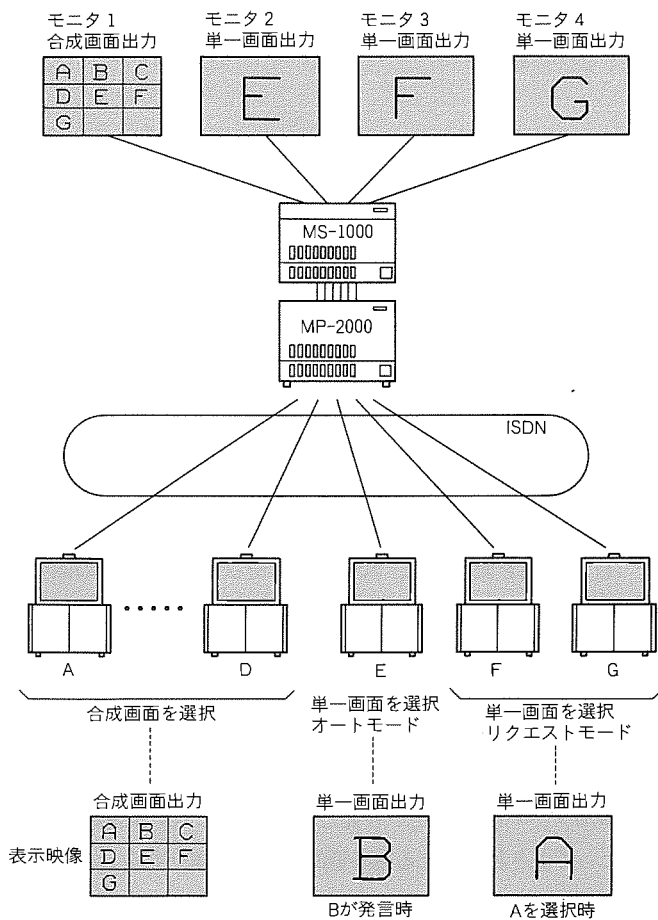


図 7. 多地点会議サービス例

MS-1000, MP-2000 のあるセンター地点では, MS-1000 に複数のモニタを接続することで合成/単一画面の多画面表示が可能である。

## 8. む す び

テレビ会議システムにおいては, 今後, 端末の低価格化・小型化・高機能化が進むにつれて, テレビ会議システムを導入するユーザが増え, それに伴って多地点テレビ会議に対するニーズの多様化・高機能化が進むものと予想される。

当社としてもこのようなニーズに対応し, 更に使いやすく, 付加価値の高い多地点テレビ会議システムを提供していく所存である。

## 参 考 文 献

- (1) 中井教詞, 松田茂信, 秋田康貴, 岡 進, 佐藤美穂子: 国際標準テレビ会議端末を収容する多地点テレビ会議システム, 三菱電機技報, 66, No.11, 1115~1119 (1992)
- (2) 大和真二, 松崎一博, 原田亜矢子, 鈴木光義, 高野広志: デスクトップテレビ会議システム, 三菱電機技報, 68, No.11, 945~949 (1994)

# 台所用洗浄機“クッキングウォッシャー”

門間 修\* 田口秀穂\* 亀石圭司\* 小川宏二\*

## 1. ま え が き

家事の合理化と負荷の軽減は、時間の有効活用という面からも重要なテーマである。しかし、台所での作業は家事の55%を占めるにもかかわらず、“洗い”を補助する機器は食器洗い機のみであり、洗いの面での合理化は進んでいない。

当社は従来の食器洗い機とは全く方式の異なる“クッキングウォッシャー”(図1)を開発し、平成6年7月から販売を開始した。これは、高速の水流によって洗浄し、高速の空気流によって水切りを行うもので、食器はもちろん食材・調理器具も、その都度手軽に片手で、洗剤を使用しなくても洗浄・水切りができる、いわば台所に“洗いの革新”をもたらす新商品である。

## 2. 開発の背景、ねらい

### 2.1 従来の食器洗い機の長所・短所

従来の食器洗い機は、使い終わった食器を入れておくときれいになって出てくる理想の機器に思われている反面、洗浄時間が長い、予洗いが必要、食器の並べ方に工夫が必要などの不満点があることが、市場の商品評価から明らかになった。

### 2.2 市場背景

社会環境の変化という面において、次の3点に注目した。

#### (1) 女性の社会進出による台所作業の合理化要求の増大

調理の仕方、調理器具の使い方に工夫をこらすと同時に、家族が家事を分担するようになってきた。

#### (2) 生活空間の質の向上要求の増大

システムキッチンの普及とあいまって、人に見せられるきれいな台所を求める気持ちが強まってきた。しかし、洗い作業は従来と変わっていないため、洗い物が後回しとなり汚れ物がたまってしまう。

#### (3) 環境問題のクローズアップ

生活排水による環境汚染や、洗剤が人体・環境へ及ぼす影

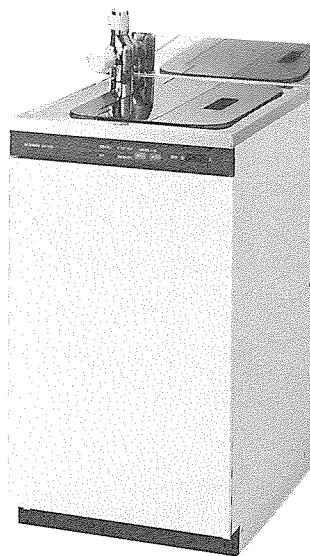


図1. クッキングウォッシャーの外観

響について消費者の意識が高まっている。

### 2.3 開発のねらい

台所作業の実態調査では、一日の洗いの時間は約50分あり、そのうち調理中の洗いが66%を占めていた。この結果から、従来の食器洗い機ではできない調理中の洗いに焦点を当て、三つのコンセプトを設定した。

(1) “洗剤を使わない、人や環境にやさしい”洗浄機の開発

(2) “その都度手軽に洗浄できる”洗浄機の開発

(3) “サッと水切りでき、すっきりキッチンを実現する”洗浄機の開発

これらを具現化するために、①洗浄性能の高い水ノズル、②水切り性能が良い低騒音の水切りノズル、③低コストの水ポンプの技術確立が必要となり、また、④高速の水流によって引き起こされる霧の低減という課題を克服しなければならなかった。

## 3. 洗 浄

洗浄に関しては、コンセプトに対応して表1のような技術課題があった。次節以降でそれぞれの技術課題について述べる。

### 3.1 洗浄原理

近年、高速水流技術を応用した機器が、産業界で多く見られるようになった。特に切削・切断を目的とした機械加工や土木分野を中心に適用例が多く、産学一体で技術蓄積がなされつつある。

ところが、洗浄分野、中でも食品類を対象にした適用例は少なく、技術的な報告例は筆者らが知る限りでは見当たらない。そこで、高速水流による洗浄の簡易式の作成を試みた。まず、洗浄実験結果に基づいて、基質に付着した汚れの洗浄過程を図2のように2段階にモデル化した。

水粒子が汚れに衝突することにより、汚れがはく(剥)離、分散して塊が基質から取り去られ(ブロック洗浄)、さらに、

表1. 技術課題

コンセプト	特 徴	技 術 課 題
洗剤を使わない	高速水流による洗浄	①洗浄技術 (洗浄原理) ②水流技術 (噴流・ノズル)
その都度、いろいろな物を洗うことができる	大きな開口を持つシンク	霧の吹き上がり

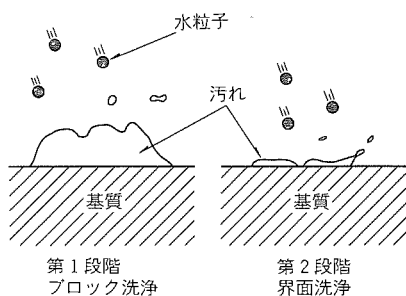


図 2. 洗浄モデル

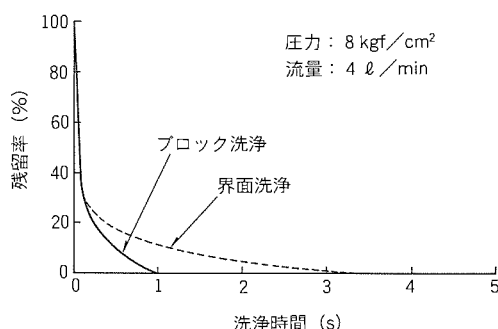


図 3. マヨネーズの洗浄後の残留率

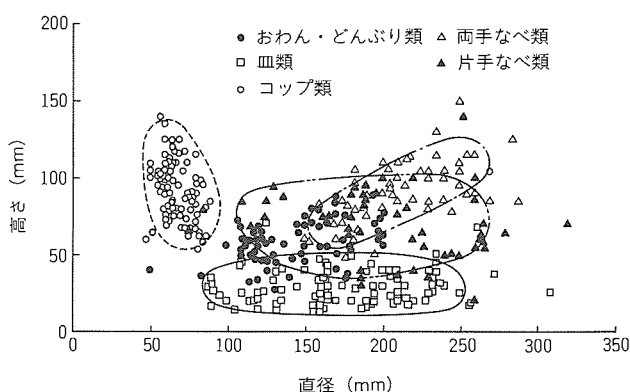


図 4. 食器及び調理器具類の寸法

基質上に極めて薄く付着している汚れが基質から剥離して洗浄（界面洗浄）が完了する。なお、両洗浄過程は同一噴流の下で連続して行われる。洗浄エネルギーは噴流の運動エネルギーによって供給されるとして、エネルギー収支に注目し、さらに、洗浄実験結果も用いて洗浄式を導出した。洗浄式を用い洗浄時間・物性値・噴流条件をパラメータにして汚れの残留率を算出する。図 3 にマヨネーズを洗浄した場合の計算結果を示す。

### 3.2 水流技術

開発のねらいに沿った洗浄の条件として、次の 3 点を設定した。

- (1) 手洗いと同程度以下の使用水量であること (8 l/min)
- (2) 手にさほど痛みを感じない水圧にとどめること (洗浄実験結果を基に 8 kgf/cm<sup>2</sup> に設定)
- (3) 家庭にある大部分の食器・調理器具類を洗浄できること

エネルギー密度	洗浄範囲
ストレーツ	×
フラツ	○
ホココソ	△
フルコソ	×

図 5. ノズルの種類

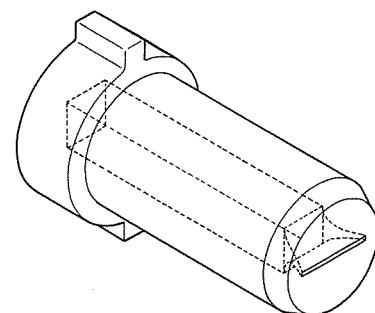


図 6. 新開発ノズル

図 4 はアンケート調査を行い、日常頻繁に使用する食器類の寸法をグルーピングしたものである。この結果、一般家庭のほとんどすべての食器類に対応できるように、直径 270 mm、高さ 150 mm 以下の食器及び調理器具類を洗浄できることを条件とした。

さらに噴流に要求される基本仕様は次の 3 項目であった。

- ① 洗浄能力が優れている。
- ② 被洗浄物の様々な形状に対し、洗浄作業が容易。
- ③ 霧の吹き上がり量が少なく、噴流自体が霧を遮断する。

ノズルは噴流形状によって図 5 の 4 種類に分類できる。例えば、ストレーツノズルは、エネルギー密度が極めて高く洗浄能力が優れている反面、噴流広がりがないため広範囲の洗浄には適さない。一方、フルコソノズルは、噴流広がりがある反面、エネルギー密度が低いため洗浄能力は低い。洗浄作業、被洗浄物の寸法等を考慮すると、フラツノズルが最適であった。

数種類のフラツノズルについて試作・評価を行い、諸条件をすべて満足する、図 6 に示すノズルを開発した。

### 3.3 霧の吹き上がり防止

クッキングウォッシャーは広い開口部を持っており、水噴流によって発生する霧状水微粒子が開口部から流出しないようにする必要があった。図 7 は霧の吹き上がり現象を示している。

まず、噴流がシンク壁面に衝突、分裂して微細な水粒子が発生する。一方、高速の噴流によって巻き込まれた大量の空気（エントレインメント空気）がシンク底部で反転し、シンク開口部へ流出しようとするが、その際、水粒子を選び、結果的にシンク開口部から霧が吹き上がる。

霧の吹き上がり量を低減するために下記の方法を採用した。

図 8 に構造を示す。

- (1) エントレインメント空気量の低減（新開発ノズル）

空気を巻き込む量は噴流厚みが厚いほど増加するので、噴流が薄くなるノズル形状とした。

- (2) 霧の吹き上がりの遮断（新開発ノズル）

吹き上がってくる霧を遮断するため、噴流の密度を上げ水膜を形成させた。

- (3) 霧の吹き上がりのバイパス化（二重構造シンク）

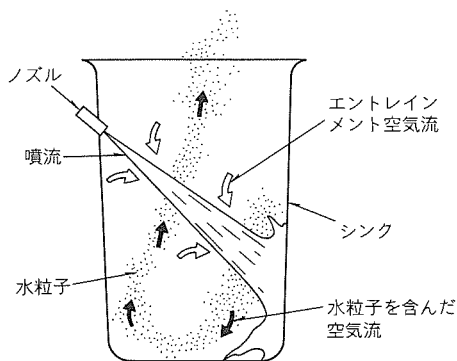


図7. 霧の吹き上がり

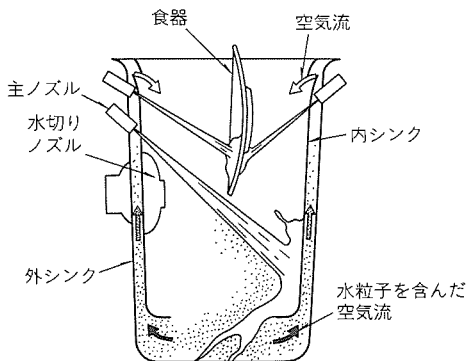


図8. 霧の吹き上がり対策

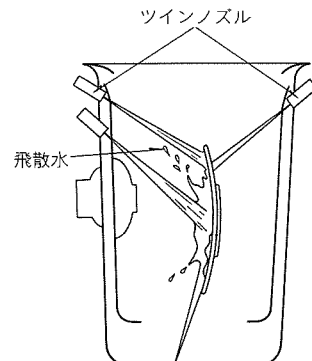


図9. 洗浄水の飛散対策

二重構造シンクにより、霧の吹き上がりをシンク内部で循環させる方法を考案した。霧を二重構造シンク内部で循環させると、大部分の水粒子がシンク壁面に付着して、空気のみがシンク上部から下方に吹き出す。

### 3.4 洗浄水の飛散防止

洗浄中、被洗浄物の形状によっては、洗浄水が上方に飛散する場合がある。

飛散しようとする水を遮断、抑止するために、主洗浄噴流の上方に一对のツイン噴流を設けた(図9)。このツイン噴流は自らの噴流によって水の飛散、及び霧の吹き上がりが発生しないように主噴流よりも低圧に設定されている。このため、傷つきやすい果物、葉菜類の洗浄にも適している。

## 4. 水 切 り

### 4.1 水切り方式の選定

食器・調理器具類に付着した水滴を除去する方法は、蒸発による乾燥や物理的な除去、及びその二つを複合化した方法に大別される。蒸発による乾燥の具体的方法としては、加熱や真空吸引などが挙げられ、物理的な除去の具体的方法としては、空気流による吹き飛ばしや、毛細管現象、遠心分離、凍結除去などが挙げられる。これらの方法の中で加熱蒸発乾燥と吹き飛ばしの二つの方法について、エネルギー効率の点から比較してみる。厚さ1mmの水滴2gが食器・調理器具類に付着しているという条件で計算してみると、図10のように吹き飛ばしの方法がけた違いに有利なことが分かる。

そこでクッキングウォッシャーでは、空気流による吹き飛ばしを採用した。空気流による吹き飛ばしを詳細に観察すると、右の図のように水滴が食器・調理器具類の端面まで移動した後に、空気流の力によって表面張力では支えきれなくなって、端面から離れて飛散する様子が分かる。

### 4.2 水切りに必要な風速

許容される残留水滴径は、モニタ調査から0.3mm以下ということが分かり、食器類をノズルから100mm離れたとき、水滴径を0.3mm以下まで取り除くことを水切り機能の仕様とした。

水滴の吹き飛ばしは、図11に示す食器・調理器具類の上

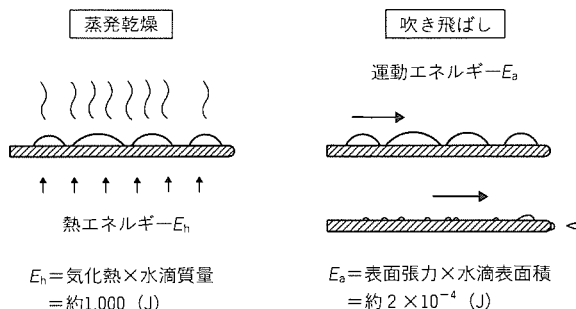


図10. 水滴の蒸発乾燥と吹き飛ばしの比較

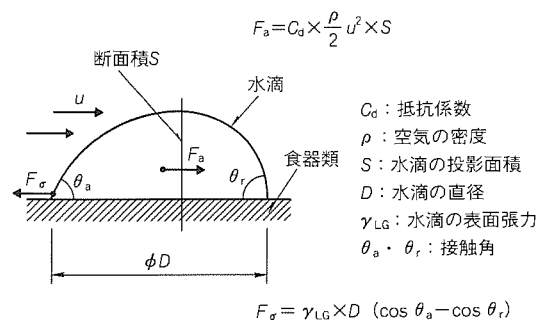


図11. 食器上の水滴に働く力の釣り合い

のモデルにおいて表面に沿った風速  $u$  が水滴に及ぼす力  $F_a$  と、水滴が表面張力によってとどまろうとする力  $F_\sigma$  との釣り合いによって立式できる。 $F_a = F_\sigma$  として式を解くと、小さい水滴ほど吹き飛ばしに必要な風速は大きくなり、その風速の値は水滴径の二乗に反比例することになる。陶器製の食器上の水滴径を0.3mm以下まで取り除こうとすれば、35m/s以上の風速が必要になることが計算できる。

### 4.3 吹出し風速と騒音

35m/s以上の風速を得るためには、ノズルから食器・調理器具類までの風速の減衰を考慮した空気流を、ノズルから供給しなくてはならない。ノズルからの空気流が食器・調理器具類に衝突して広がっていく様子を図12に示した。円形断面ノズルによる空気流の中心風速は、ノズル径の約5倍の距離まで吹出し風速が維持されるが(ポテンシャルコア)、それ以遠ではノズルからの距離に反比例して減衰する。衝突後は表面に沿って流れるが、風速は衝突中心点からの距離に

反比例して減衰していく。したがって、ノズル穴径が大きいほど減衰が少なくなり、吹き飛ばしに有利になる。しかし、ノズル径が大きくなり過ぎるとノズル1個当たりの風量が増え、効果的なノズルの配置が難しくなる。逆にノズル径が小さ過ぎると、十分な水切り性能を得るためにより速い吹出し風速が必要になり、その結果騒音が増大してしまう。このように、水切り性能と騒音は背反した関係にある。

このためクッキングウォッシャーでは、水切り性能と騒音を使用条件に応じて自由に選択できるように、水切りノズルは100, 75, 50 m/sの3段階の切換ノッチを装備している。また、ノズルの形状は水滴が最短距離を通過して端面まで移動できるように放射状にした。また、図8に示すように、底の深い食器・調理器具類の底面まで空気流が到達するように、シンク面から突き出した位置に配置した。

#### 4.4 ノズル騒音の低減

騒音低減の手段としては、遮音、吸音等が一般的である。クッキングウォッシャーは、騒音が空気流とともにシンク上方の解放空間へ広がる構造のため、防音壁等での遮音が期待できない。また、ノズル騒音は特定の周波数にピークを持たないため、共鳴吸音器を使用しても効果がない。そこで、発生音自体の低減を図るため、騒音源であるノズル形状に検討を加えることとした。ノズル騒音の低減には、騒音中の高周波成分が増大する要因となるポテンシャルコアを短くしたり、

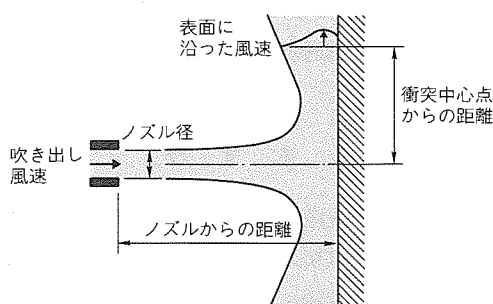


図12. 空気流の広がり

ノズルからの空気流と周囲の空気との相対速度を小さくして乱れを少なくする方法がある。

例えば、図13のようにノズル形状を円柱状や菊花状に分割して、ノズルからの空気流と周囲の空気との間に中間の速度の空気流を形成することにより、最大で10dB程度まで減音が可能となる。しかし、極端な菊花形状は同図に示すように空気流の到達距離を減少させ、水切り性能を低下させてしまう。以上のことから、これらノズルのうち図(c)のように比較的到達距離の長い、主穴の周りに補助穴を配置したノズル形状を採用した。

## 5. 水ポンプ

### 5.1 ポンプ選定

ポンプの種類は、動作原理・構造・特性によって図14のように大別できる。

非容積式ポンプは、吐出圧力によって吐出流量が大きく変化する特性を持ち、遠心ポンプ、プロペラポンプ、粘性ポンプなどに分類できる。

容積式ポンプは、吐出圧力が変化しても吐出流量はほとんど影響を受けないもので、往復動ポンプ、回転ポンプなどに分類できる。

各種ポンプの特性を比較した結果、クッキングウォッシャーには、回転ポンプの一種のベーンポンプを搭載することとした。ベーンポンプは小型、低コスト、構造が簡単、高効率、騒音と圧力脈動が小さい、ベーンの摩耗による能力の低下が小さいなどのメリットがある一方、ゴミの影響を受けやすく、また、高い工作精度が要求される。

### 5.2 動作原理

図15にベーンポンプの断面図を示す。

カムリングは、ロータの回転中心に対して偏心した位置でハウジングに固定されており、ベーンはロータの溝に対して滑らかにしゅう(摺)動し出入りできる構造となっている。

ノズル穴形状	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)
		$D/d = 1 \sim 2$	$D/d = 2 \sim 4$	$W/D = 2 \sim 4$	$W/D = 1 \sim 2$
減音性能	×	○	△	○	△
到達距離	○	△	○	×	△

図13. ノズル穴形状と性能

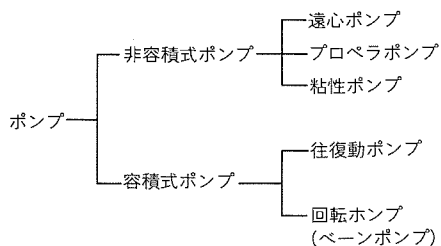


図14. ポンプの種類

カムリングとロータが偏心しているため、ロータが回転すると、ロータ、カムリング及びペーンによって囲まれた空間の容積が拡大縮小を繰り返す、ポンプ作用を行う。

### 5.3 プラスチック製ハウジングの採用

一般的な中高压タイプのポンプハウジングは、耐久性・信頼性などの面から砲金、ステンレスなどの金属材料が用いられるが、クッキングウォッシャーにおけるポンプハウジングは、製造コストを抑えるためPP（ポリプロピレン）で製作することを検討した。

検討するに当たって以下に述べるような技術課題が挙げられた。第一にクッキングウォッシャーはその都度洗いか特徴であるため、ポンプの動作回数が多くなりポンプハウジングに繰り返し応力が加わる。さらに、洗浄性を高める目的でお湯を使用するため材料温度が上昇し、クリープ強度などの材料許容応力が低下する。第二にポンプハウジングと挿入される内部部品との熱膨張係数の違いにより、すき（隙）間が発生し内部漏れが多くなりポンプ効率が低下する。

そこで、材料強度上の課題に対しては応力集中を避けるため各部形状に留意したほか、ボイド、ひけの発生を極力抑える成形条件の設定、重要箇所でのウェルドの発生を避ける金型設計などを行った。また、内部漏れに対しては、X 形断面を持つパッキンで隙間をシールした。量産導入に際しては、統計的手法を用いて実使用状態を想定したライフテストにより耐久性・信頼性を確認した。

### 5.4 カム曲線採用による圧力変化の低減

ペーンポンプは、図15の②、④の部分のように、吸入口にも吐出口にも通じていない閉空間を構成することにより、高压の吐出口から低压の吸入口への漏れを防いでいる。

しかし、この閉空間での容積変化は、急激な圧力変化を引き起こし騒音、振動、キャビテーションなどの要因となる。そこで、閉空間における容積変化をなくしたものが、図16に示すカム曲線を用いたカムリング内面形状である。このカムリング内面形状は、上下二つの閉空間部分において、ロータの回転中心と同心円で構成し、上下二つの径の異なる円弧

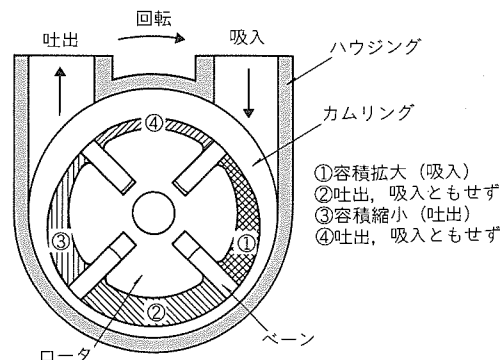


図15. ペーンポンプの断面図

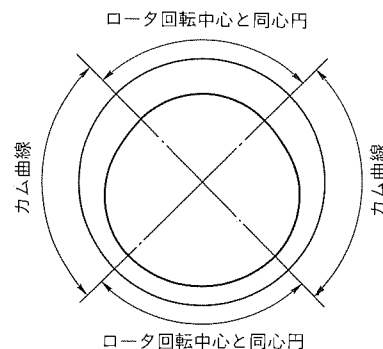


図16. カム曲線採用のカムリング形状

をカム曲線を用いて滑らかに結んだものである。このカムリング内面形状を用いることにより、滑らかな圧力変化を与えることができ、騒音、振動が小さく、キャビテーションのないポンプを設計できた。

## 6. む す び

以上のように、①洗浄性能の高い水ノズル、②水切り性能が良い低騒音の水切りノズル、③低コストの水ポンプの技術確立、④高速の水流によって引き起こされる霧の低減、という課題を克服して商品化に至ったが、そのほかに、開発陣容が男性ばかりで、ソフト面のノウハウがないという問題があった。このハードルは社内外の多数の女性の協力を得て越えてきたが、紙面を借りて謝意を表したい。

クッキングウォッシャーの採用によって手洗いの洗浄時間は約70%に短縮され、ランニングコストは、6人用食器洗い機の22%、手洗いの44%という大きな効果が得られた。

今後は、洗いの世界の合理化に更に貢献するよう、市場の声をフィードバックしながら改良・改善を実施していく所存である。

# 低電圧 8 ビット LCD マイクロコントローラ M38267M8L

八幡広樹\* 広瀬進一\* 三尾雅夫\* 原田 尚\*

## 1. ま え が き

最近の携帯機器は複雑な機能を備えたものも多く、これらにはマイクロプロセッサ又はマイクロコントローラが利用される。携帯端末、リモコン、カメラといった分野では、電池駆動によって長時間使用するため、低消費電力化が非常に大きな課題である。また、これら携帯機器に使用される表示機器として、消費電流の小さい LCD (Liquid Crystal Display) が使用されることが多い。したがって、LCD 文字 (図形) を表示する機能を内蔵したマイクロコントローラ (以下 “MCU” という) は、このような使用に耐え得るような低電圧、低消費電力設計が要求される。当社は、CMOS 8 ビット MCU 38000 シリーズ内で、LCD 制御回路を内蔵した MCU として M382×× 製品群を持っている。これらの品種は、各々電源電圧 2.2～2.5V の動作を保証している。

M3820× は 80 ピンタイプであり、セグメント 40 本、コモン 4 本の LCD 端子を備え、リモコンに最適である。M3822× は A/D 変換器内蔵タイプで、LCD 端子のピン数が若干少ないが、カメラ用途に向いている。M3825× は 100 ピンであり、M3820× と M3822× の両方の機能を取り込んだ上位品種である。さらに、M37500 はドットマトリックスタイプの LCD 制御を目的として、セグメント 80 本、コモン 16 本に増やし、160 ピンパッケージに納めたものである。

このような従来のラインアップに、携帯機器の更なる低電圧化に対応するため、今回 2.2 V 以下で動作する LCD 制御回路内蔵 MCU を加えた。この低電圧 LCD 制御回路内蔵 MCU は、プロセスパラメータ (しきい電圧など) を最適化し、最低電源電圧 1.8 V (最大動作周波数 4 MHz 時) を実現した。

また、この MCU は低電圧動作だけでなく、機能的にも、LCD 制御回路以外の多くの機能をシングルチップ化し、セットの部品を削減する働きも持っている。この MCU は電話機、無線機用途に適しており、専用機能として、後述の DTMF (Dual Tone Multi Frequency) 出力機能と CTCSS (Continuous Tone-Controlled Squelch System) 出力機能を内蔵している。

本稿ではまず、この MCU の特長である DTMF 機能と CTCSS 機能について説明した後、低電圧 MCU としての M38267M8L について説明する。

## 2. 8 ビット LCD マイクロコントローラ

### 2.1 概 要

表 1 に今回開発した LCD 制御回路内蔵 MCU, M38267M8L の主な機能を、図 1 にチップ写真を示す。38000 CPU コア、ROM 32K バイト、RAM 1K バイトを内蔵し、周辺機能として 2 チャンネルの D-A 変換器 (R-2R 型) を備えている。この D-A 変換器を積極的に利用してソフトウェアで切り換えることで、正弦波発生又は正弦波合成出力が可能である。その他の機能として、8 チャンネル A-D 変換器、PWM (Pulse-Width Modulation)、シリアル I/O、タイマ、ウォッチドグタイマ、時計用発振回路などを搭載しており、電話機、無線機等の携帯機器を始めとする多くの民生機器へ利用され得るものである。

次に、正弦波発生回路である CTCSS 機能と、DTMF 機能について説明する。

### 2.2 CTCSS 機能

今回開発した LCD 制御回路内蔵 MCU は、携帯機器の中

表 1. M38267M8L の性能概要

項 目	内 容
基本命令数	71
命令実行時間	0.5 $\mu$ s (最短命令、発振周波数 8 MHz 時)
発振周波数	8 MHz
入出力ポート	55 本
入力ポート	8 本
出力ポート	1 本
シリアル I/O 1	クロック同期型又は非同期型
シリアル I/O 2	クロック同期型
タイマ	16 ビットタイマ 2 本、8 ビットタイマ 3 本
PWM	8 ビット分解能
A-D 変換器	8 チャンネル (8 ビット)
D-A 変換器 (CTCSS, DTMF として利用可能)	2 チャンネル (8 ビット)
LCD 制御回路	セグメント出力 40 本、コモン出力 4 本
ウォッチドグタイマ	1 本
割込み	17 要因
クロック発生回路	2 回路内蔵
動作電源電圧	1.8V (発振周波数 4 MHz 時) 4.0～5.5V (発振周波数 8 MHz 時)
動作周囲温度	–20～85°C

で特に無線機、電話機にとって重要な CTCSS 機能と DTMF 機能を搭載している。これは各々、メインクロックの 2 分周 ( $f(X_{in})/2$ ) をカウントソースとしており、タイマに任意の値を設定することで出力周波数を決定する。

CTCSS とは、複数の無線機が同一周波数を共有する場合、不要な通信が聞こえるのを避けるため、300 Hz 以下の特定のトーンを電波発射時に常時送出し、受信機にはこのトーンを選択受信する回路を備え、このトーンが受信された場合のみ音声出力回路を動作させるようにしたものである。

今回開発した M38267M8L の CTCSS 機能は、この 300 Hz 以下のトーン周波数を出力することが目的であり、D-A 変換器を利用し、周期的にアナログレベルを変化させて正弦波形を出力するものである。表 2 にトーン周波数規格値の一例を示す。この表に示されている周波数を選択し、トーン周

波数として使用する。

次に図 2 に、M38267M8L が内蔵している D-A 変換器部分を示す。同図の下部が CTCSS 機能である。10 ビットタイマにカウント値を設定することで、正弦波の周波数が決定される。CTCSS ROM はあらかじめ設定されているデジタルデータ (86, 92, 9E, ...) を順番に出力し、R-2R 抵抗ラダーを介してこのデジタル値に応じたアナログ値に変換され、D-A2 端子に出力される。出力される正弦波形の振幅は  $V_{cc}/2$  であり、正弦波の周波数は、

$$f = f(X_{in}) / \{2 \times (n+1) \times 64\} \text{ (Hz)}$$

である。ここで、 $f(X_{in})$  は MCU のメインクロック周波数、 $n$  は 10 ビットタイマのカウント値である。

図 3 に M38267M8L の CTCSS 出力波形を、表 3 に規格値に対する周波数誤差を示した (発振周波数 4 MHz 時)。

この発振周波数では規格値との誤差は 0.5 % 以内に収まっている。

## 2.3 DTMF

今回開発した MCU M38267M8L が内蔵した DTMF 機能は、高群周波数と低群周波数の 2 種類の異なる周波数の正弦波を加算した波形を出力する機能である。図 4 は電話機のキーマトリックスと周波数規格を示している。規格周波数は、高群は 1,209, 1,336, 1,477, 1,633 Hz であり、低群は 697, 770, 852, 941 Hz である。例えば、キー上の数字“8”は周波数 1,336 Hz の正弦波と 852 Hz の正弦波との合成波で表される。

図 2 に示した D-A 変換器の上部が DTMF 機能である。8 ビットタイマを 2 本備えており、各々のタイマは書き込まれたカウント値に従って異なる (低群が高群より遅い) 正弦波周波数が設定される。低群 ROM・高群 ROM は、各々のタイマからオーバーフロー信号を受け取ると、あらかじめ設定したデジタルデータを順番に出力し、これを 5 ビット加算器に入力する。このデジタルデータは自動的に加算され、結果がアナログ値に変換され D-A1 端子に出力される。

図 5 は、今回開発した MCU の内蔵 DTMF 機能によって D-A1 端子に出力させた正弦波の合成波形である。M38267M8L の DTMF 出力は、高群タイマ側と低群タイマ側を合成 (加算) しないで各々単独の D-A 変換出力として利用することが可能であり、この波形を図 6 に示した。また、規格周波数に対する M38267M8L の出力

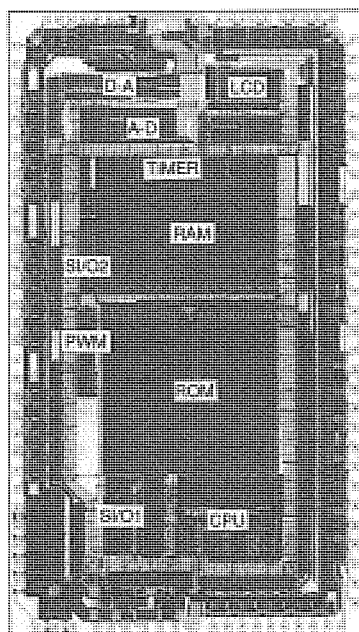


図 1. M38267M8L のチップ写真

表 2. トーン周波数 (規格値) の例

A 群 (Hz)	B 群 (Hz)
67.0	71.9
77.0	82.5
88.5	94.8
100.0	103.5
107.2	110.9
114.8	118.8
123.0	127.3
131.8	136.5
141.3	146.2
151.4	156.7
162.2	167.9
173.8	179.9
186.2	192.8
203.5	210.7
218.1	225.7
233.6	241.8
250.3	—

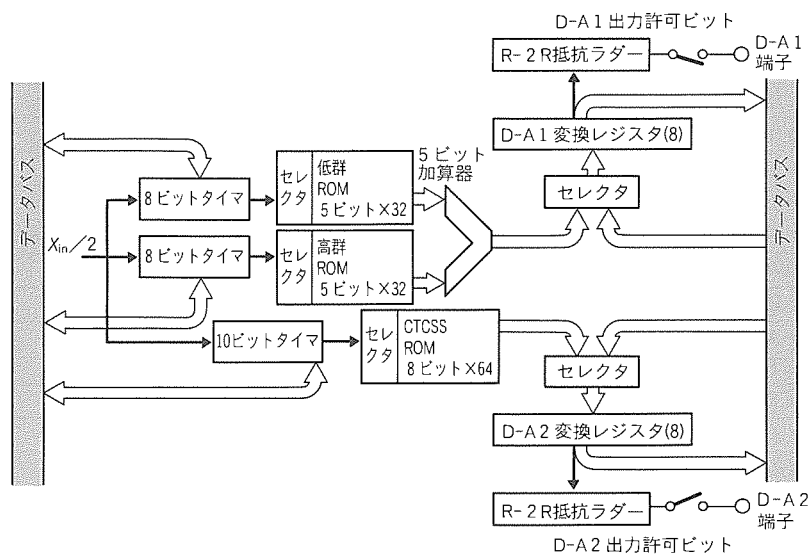


図 2. M38267M8L の D-A 変換器ブロック図

周波数との誤差を表4（発振周波数4MHz時）に示す。

## 2.4 D-A1, D-A2

上記の CTCSS 機能及び DTMF 機能は各々 D-A 変換器を利用しているが、この機能はソフトウェアで切り換えるこ

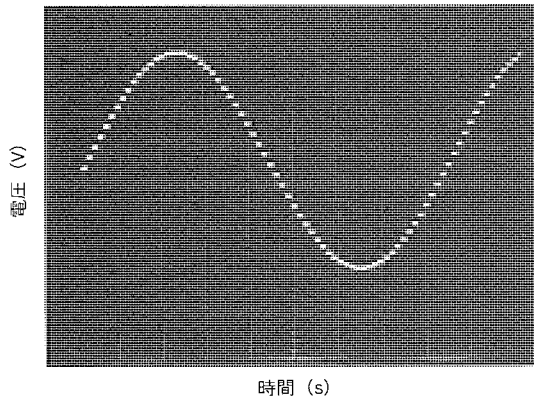


図3. CTCSS出力波形（発振周波数4MHz時）

表3. CTCSS周波数誤差計算例（発振周波数4MHz時）

トーン周波数 (Hz)	$n$ (タイマ値)	出力周波数 (Hz)	精度 (%)
67.0	465	67.06	0.090
77.0	405	76.97	-0.038
88.5	352	88.53	0.030
100.0	311	100.16	0.160
107.2	291	107.02	-0.167
114.8	271	114.89	0.078
123.0	253	123.03	0.026
131.8	236	131.86	0.043
141.3	220	141.40	0.073
151.4	205	151.70	0.198
162.2	192	161.92	-0.174
173.8	179	173.61	-0.109
186.2	167	186.01	-0.101
203.5	153	202.92	-0.284
218.1	142	218.53	0.198
233.6	133	233.21	-0.167
250.3	124	250.00	-0.120

とができ、単体の D-A 変換器としても使用できる。今回開発した MCU は、携帯機器用に低電圧で動作することを目的としているため、D-A 変換器部分も低電圧動作を可能にするための検討を行っている。これは、基準電圧と電源電圧が 5V 時、3V 時、及び低電圧を想定しシミュレーションを実行し、ラダー抵抗を最適化したものである。

## 3. 低電圧MCU

### 3.1 低電圧化の経緯

これまで MCU を含む LSI は、電源電圧 5V のものが大多数であったが、ニーズの多様化によって 3V 系の電源電

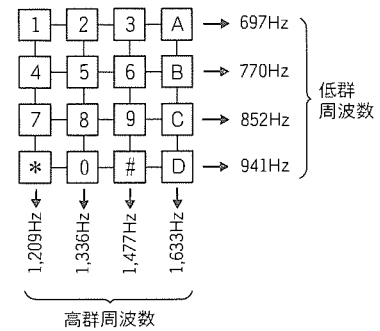


図4. 電話機のキーマトリックス

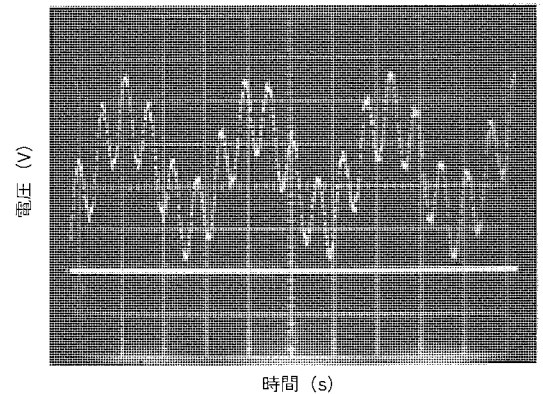
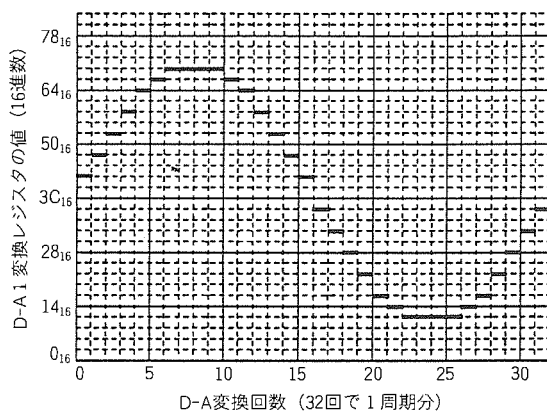
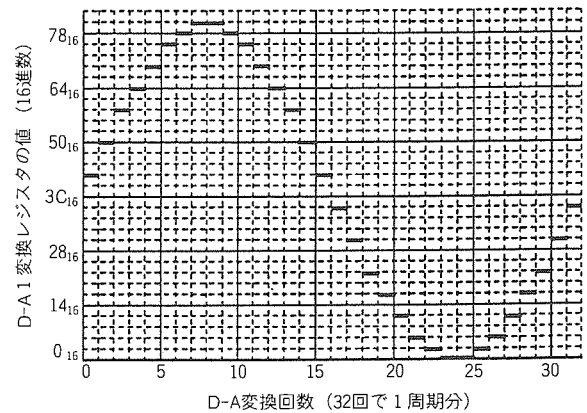


図5. DTMF出力波形（合成波）



(a) DTMF低群波形値



(b) DTMF高群波形値

図6. DTMF出力波形

表 4 . DTMF周波数誤差計算例 (発振周波数 4 MHz時)

トーン周波数 (Hz)	n (タイマ値)	出力周波数 (Hz)	精度 (%)
697	89	694.4	-0.367
770	80	771.6	0.208
852	72	856.2	0.489
941	65	947.0	0.634
1,209	51	1,201.9	-0.585
1,336	46	1,329.8	-0.465
1,477	41	1,488.1	0.751
1,633	37	1,644.7	0.719

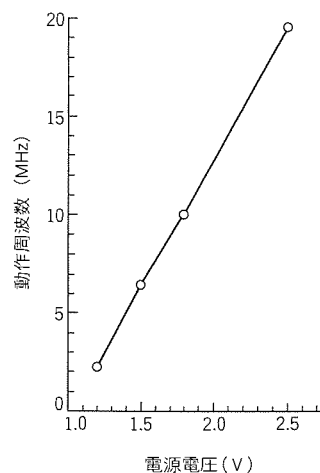


図 7 . CPUの動作電圧 ( $T_a=25^{\circ}\text{C}$ )

圧のデバイスが増えてきている。  
当社の低電圧 MCUも、当初3.0～5.5 V のみの電圧範囲であったが、乾電池又は NiCd電池を 3 本直列に接続したときの終止電圧を考慮して 2.7 V を下限とする規格 (2.7～5.5 V) を追加している。さらに、リチウム電池の寿命末期の電圧を考慮し、最低電圧 1.8 V の MCU を今回開発した (表 5)。

表 5 . 当社MCUの動作電圧

電源電圧	動作電圧範囲
5 V系	4.5～5.5 V
3 V系	2.7～5.5 V
2 V系	1.8～5.5 V

### 3.2 低電圧MCUの特性

一般的に、MCU を低電圧で使用するときは、動作周波数を (5 V 時と比べて) 低下させる必要がある。これは、現在の MOS トランジスタが、しきい電圧によって、低電圧時の電位差を確保できなくなりスピードが低下するためである。

今回開発した低電圧 LCD 制御回路内蔵 MCU である M38267 M8 L

は、トランジスタをチューニングすることで従来の回路構成をそのまま生かす形で低電圧化を実現している。これにより、最低電源電圧 1.8 V と最大動作周波数 4 MHz の高速動作が両立する、コストパフォーマンスの良い低電圧 MCU が得られた。

図 7 は、チューニングしたトランジスタを用いて試作したサンプルの、内蔵 CPU の最低動作電圧と発振周波数を示したグラフである。電源電圧 1.8 V で動作周波数は 4 MHz 以上を実現している。

### 3.3 LCD制御回路内蔵MCUの展開

図 8 は、LCD 制御回路内蔵 MCU M382××製品群を示している。従来の製品は、最もシンプルである M3820×に、A/D 変換器を追加 (M3822×, M3825×) 又はピン数を増やしてドットマトリックス対応とした LCD 制御回路を搭載 (M37500) した 8 ビット MCU 群であった。これに対し、今回開発した M38267 M8 L は、コンパクトな 100 ピンパ

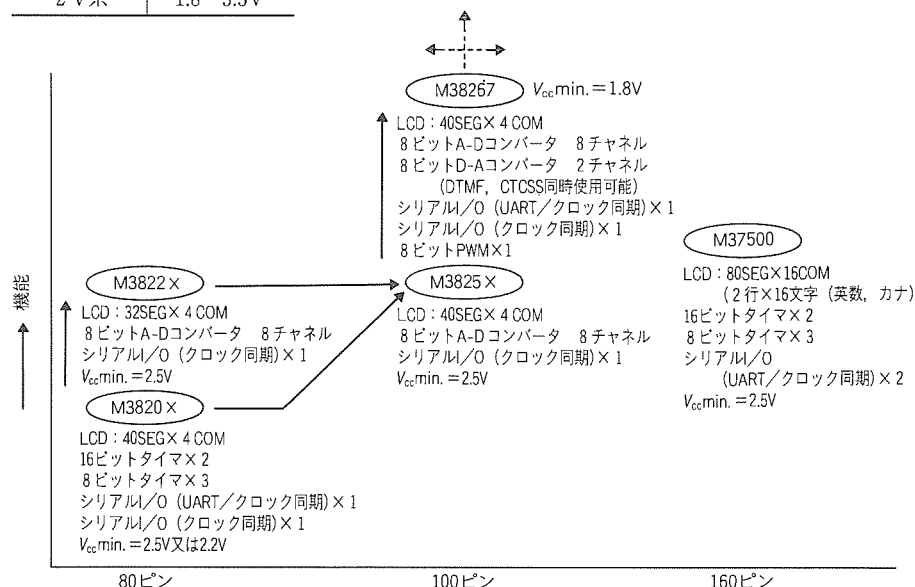


図 8 . M382××製品群

ッケージに納め、低電圧動作化と D/A 変換器、PWM といった新たな周辺機能の搭載を実現したものである。

今回最低動作電圧 1.8 V の MCU を開発したが、今後はこのような低電圧技術を生かした製品が重要となることが予想され、M38267 M8 L 以降の M382××製品群にこの低電圧技術を反映させる予定である。なお、LCD 制御回路、D/A 変換器を始めとする M38267 M8 L に搭載した機能の (低電圧に対する) 強化、及び内蔵メモリやパッケージピン数の増減を考慮した製品を検討中である。

## 4. む す び

今回開発した低電圧 MCU M38267 M8 L はマスク ROM 内蔵版のみの対応であり、EPROM 内蔵版への対応を現在計画中である。

また、低電圧 MCU の品種展開については今後とも積極的に推し進める所存である。

情報化の進展、アメニティ意識の高揚により電気の連続給電性はますます重要度を増し、省エネルギーを目的とした電力負荷の平準化施策は配電システムの末端にまで及ぼうとしています。また、電気設備の安定性の要求が強まる一方で、その維持管理は省力化が望まれています。こうした社会環境の変化に対応して今回、ネットワーク化を指向して保護計測機能を充実したデジタルリレーを開発し、低圧気中遮断器“SuperAEシリーズ”に搭載しました。

## 特 長

### (1) 広範囲高精度保護特性実現による選択協調性の向上

●空心電流センサとワイドレンジ電流検出回路により検出電流範囲を拡大し、瞬時引外し特性の設定電流値上限を定格遮断電流値相当にまで高めました。また、過電流保護特性の動作時間も広く(従来比20倍)設定できますので、電流、動作時間の両面に広範囲で高精度な特性が設定でき選択協調性が高まります。

●過電流保護には実効値検出方式を採用していますので、高調波を含んだひずみ電流でも適切に保護します。

●地絡・漏電保護では、事故を検出すると上位の遮断器にロック信号を送るゾーンインタロック機能により多段選択協調が図れます。

### (2) 多機能プリアラーム特性

●過電流プリアラームは2段とし、遮断器トリップ動作を事前に防止するための緊急度に応じた連動制御が可能です。また、プリアラーム特性は遠隔から適宜変更設定できます。

●漏電保護範囲を拡大し、さらにプリアラーム特性を持たせました。

●相電流、地絡・漏電電流の上下限アラーム通報により電流の変化を細かく把握でき、電路状態の変化や負荷変化を検知できます。

### (3) 計測情報の充実

●各相電流、最大相電流、地絡・漏電電流を実効値計測表示しますので、電路の状況を容易に確認できます。

### (4) 事故情報の充実

●事故時の各相電流を計測表示します。また、事故原因、事故電流を不揮発性メモリに保存しますので、制御電源が停電しても事故状況を把握できます。

●事故電流レベル履歴により過去の事故状況を把握することで、遮断器のストレスレベルや電路の事故傾向がつかめます。

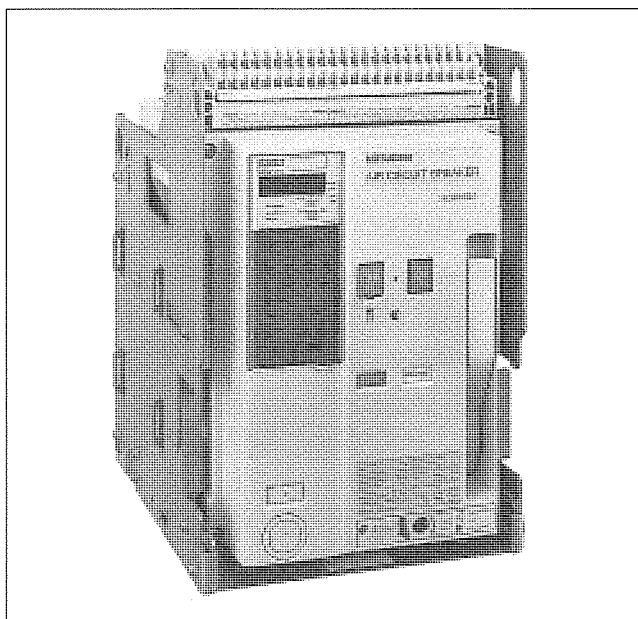
### (5) 自己診断機能の充実

●トリップ、遠隔開閉指令から遮断器本体動作に至る流れを監視します。また、接点部の温度により多回数開閉等での接触抵抗の増加を監視します。

●電流検出回路のモニタリング、2マイコンによる相互監視、伝送状態監視により制御回路部の万一の不具合を検知します。

### (6) 伝送機能搭載

伝送インタフェースの内蔵によりネットワークへの接続が可



## デジタルリレー仕様

項 目	内 容
最大定格電流 ( $I_{NMAX}$ )	315, 500, 630, 1,000, 1,250, 1,600, 2,000, 2,500, 3,200A 固定
定格電流 ( $I_N$ )	0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0×最大定格電流 ( $I_{NMAX}$ )
連続通電電流 ( $I_U$ )	0.8~1.0×定格電流 ( $I_N$ ) 2%ステップ
電流 ( $I_L$ )	1.05~1.20×連続通電電流 ( $I_U$ )
長限時 (L)	時間 ( $T_L$ ) 3, 7, 9, 11, 15, 30, 50, 100, 150, 300秒 (連続通電電流 ( $I_U$ )×2倍での動作時間)
短限時 (S)	電流 ( $I_S$ ) 1.5, 2, 2.5, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10×定格電流 ( $I_N$ ) 時間 ( $T_S$ ) 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5秒 (短時間電流 ( $I_S$ )×1.5倍での動作時間)
瞬時 (I)/MCR	電流 ( $I_I$ ) 2, 4, 6, 8, 10, 0.0, 0.0, 0.0, MAX×定格電流 ( $I_N$ ) ※MAX: 定格遮断電流担当
地絡 (G) 又は 漏電 (E)	電流 ( $I_G$ ) 0.1, 0.2, 0.3, 0.5×最大定格電流 ( $I_{NMAX}$ ) 電流 ( $I_E$ ) 1, 2, 3, 5, 10, 15, 25A 時間 ( $T_G$ ) 0.3, 0.8, 1.5, 3.0秒 時間 ( $T_E$ ) (地絡電流 ( $I_G$ ) 又は漏電電流 ( $I_E$ )×1.5倍での動作時間)
プリアラーム (PAL1, PAL2)	電流 ( $I_P$ ) PAL1 0.7, 0.8, 0.9, 1.0, OVER, EXT×連続通電電流 ( $I_U$ ) PAL2 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0, OVER, EXT× $I_U$ 時間 ( $T_P$ ) PAL1 長限時動作時間 ( $T_L$ )×0.5 PAL2 長限時動作時間 ( $T_L$ )×0.25
漏電プリアラーム (EPAL)	電流 ( $I_{EP}$ ) 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, EXT×漏電電流 ( $I_E$ ) 時間 ( $T_{EP}$ ) 3秒
計測機能	常時電流 ●各相 ●最大相 ●地絡 ●漏電の各電流値 事故電流 ●各相 ●地絡の各電流値
伝送機能	伝送方式 三菱配電制御ネットワーク (B/NET) 方式 出力データ ●常時電流 ●事故電流 ●事故原因 ●メンテナンス機能情報 ●特性設定値 ●アラーム状況 ●ビックアップ状況 ●遮断器状態 入力データ ●遠隔操作 (ON, OFF, RESET) ●プリアラーム特性設定値
メンテナンス機能	●最新の事故電流値、事故原因 ●OCR警報 ●事故電流レベル履歴
ゾーンインタロック	地絡又は漏電事故対応
テスト機能	テスト電流設定により全領域特性の確認可能
温度監視機能	接点周辺部の異常温度上昇を検出
制御電源	●AC100-240V ●DC100-110V ●DC125V ●DC24V

能です。前述の各種検出情報を集中管理することで、連続給電性確保、電気設備の維持管理の省力化に貢献します。

●遮断器の開閉状態、保護特性動作状況、各相電流、地絡・漏電電流の集中監視により、遮断器開閉回数管理、プリアラームを活用した遮断器トリップ事前防止制御が行えます。

●事故発生状況の一括管理による事故原因究明、復旧を支援します。また、遮断器トリップ時のバックアップ投入等の制御を行うことも可能です。

●電流値のトレンド管理や各分岐の電流値管理による、事故発生の前兆検知、電力の有効活用、負荷の平準化を支援します。

# スーパーコンパクト スポットライト 漏電遮断器 “NV30-CS”

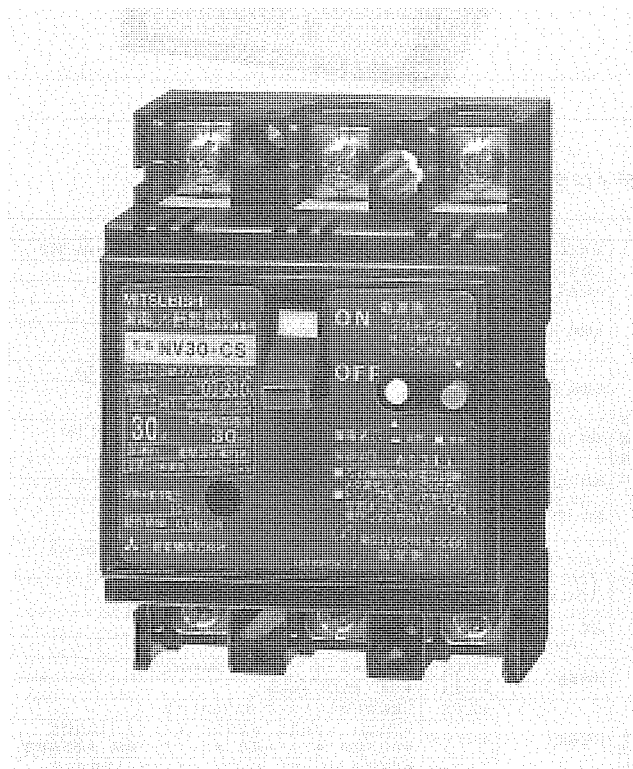
平成3年に高調波・サージ対応機能搭載の専用ICを採用、小型化によるノーヒューズ遮断器との外形寸法同一化など、時代のニーズを取り入れた“New Super 漏電遮断器”シリーズを発売して以来、好評を得ています。

このたび、市場の強いニーズを満足する、ノーヒューズ遮断器と同一外形寸法の30Aフレーム漏電遮断器(経済品シリーズ)を開発しました。

## 特 長

### 1. ノーヒューズ遮断器と同一外形化

業界最小サイズのスーパーコンパクト漏電遮断器です。従来品と比べて66%の大幅な小型化を実現し、NF30-CSと同一外形としました。



### 2. 高調波・サージ対応IC搭載

New Super 漏電遮断器に採用の高調波・サージ対応ICを搭載。大幅な小型化を図りながら高度な保護機能はそのまま継承しています。

●インバータ二次側の地絡電流のひずみをアクティブフィルタ回路で除去することにより、インバータ電路での適正な地絡検出と不要動作の防止ができます。

●サージによる対地漏えい(洩)電流をDPDC(Dual Polarity Digital Counter)サージ判別回路で判別し、不要動作防止性能を向上しています。

### 3. 充実した内部付属装置

●警報スイッチ(AL)+補助スイッチ(AX)が取付け可能です。

●リード線負荷側引出しも製作できます(標準は横引出し)。

●縦形リード線端子台(SLT)付きも製作できます。

●警報スイッチ(AL)付きの場合、トリップボタンを付属します。

#### ●内部付属装置

警報スイッチ(AL) : 遮断器のトリップ状態を電氣的に表示

補助スイッチ(AX) : 遮断器のON-OFF状態を電氣的に表示

テストリード線(TBL) : テストボタンを押す代わりに遠方からテスト動作

メグ測定スイッチ(MG) : 遮断器をOFFにするだけで負荷側の極間メグが測定できます。

縦形リード線端子台(SLT) : 付属装置との結線端子。遮断器の密着取付けができます。

	30Aフレーム	30~60Aフレーム	100Aフレーム	225Aフレーム	400Aフレーム
NF	NF30-CS	NF30-SS NF50-CS/SS NF60-CS/SS	NF100-CS/SS	NF225-CS/SS	NF400-CS/SS
NV	NV30-CS	NV30-SF NV50-CF/SF NV60-CF/SF	NV100-CF/SF	NV225-CF/SF	NV400-CF/SF

## 仕 様

種 類			過負荷・短絡保護兼用品	モータ保護・過負荷短絡保護兼用品																				
フレーム A			30	30																				
形 名			NV30-CS	MN30-CS																				
相 線 式			3 φ 3 線, 1 φ 3 線, 1 φ 2 線	3 φ 3 線, 1 φ 2 線																				
極 数 (P)			3	3																				
定 格 電 圧 (AC V)			100-200両用	100-200両用																				
定 格 電 流 (A) (標準周囲温度40℃) MN30-CSの場合 電動機の定格容量 (kW) (100V単相, 200V三相)			5, 10, 15, 20, 30	<table><tr><th rowspan="2">A</th><th colspan="2">kW</th></tr><tr><th>100V</th><th>200V</th></tr><tr><td>32</td><td>—</td><td>7.5</td></tr><tr><td>25</td><td>—</td><td>5.5</td></tr><tr><td>16</td><td>0.75</td><td>3.7</td></tr><tr><td>10</td><td>0.4</td><td>2.2</td></tr><tr><td>7.1</td><td>—</td><td>1.5</td></tr></table>	A	kW		100V	200V	32	—	7.5	25	—	5.5	16	0.75	3.7	10	0.4	2.2	7.1	—	1.5
				A		kW																		
100V	200V																							
32	—	7.5																						
25	—	5.5																						
16	0.75	3.7																						
10	0.4	2.2																						
7.1	—	1.5																						
				<table><tr><th rowspan="2">A</th><th colspan="2">kW</th></tr><tr><th>100V</th><th>200V</th></tr><tr><td>(6.3)</td><td>0.2</td><td>—</td></tr><tr><td>4</td><td>0.1</td><td>0.75</td></tr><tr><td>2.5</td><td>—</td><td>0.4</td></tr><tr><td>1.4</td><td>—</td><td>0.2</td></tr></table>	A	kW		100V	200V	(6.3)	0.2	—	4	0.1	0.75	2.5	—	0.4	1.4	—	0.2			
A	kW																							
	100V	200V																						
(6.3)	0.2	—																						
4	0.1	0.75																						
2.5	—	0.4																						
1.4	—	0.2																						
定格感度電流 (mA)			15, 30	(15), 30, (100)																				
動 作 時 間 (s以内)			0.1	0.1																				
漏電表示方式			機械式ボタン	機械式ボタン																				
定格遮断電流 (kA(sym))	AC	200V	2.5	2.5																				
		100V	2.5	2.5																				
接 続	表面形 (F)	◎圧着端子用	◎圧着端子用																					



# 特許と新案\*\*\*

三菱電機は全ての特許及び新案を有償開放しております

有償開放についてのお問合せは  
三菱電機株式会社 知的財産渉外部  
総合グループ Tel(03)3218-2137

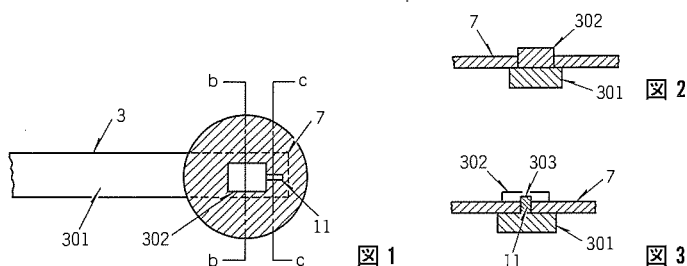
## 回路しゃ断器 (特許 第1592191号, 特公平2-7134号)

この発明は、しゃ断器の限流性能向上に関するものである。

従来この種の装置は、陽光柱の金属粒子による冷却効果が悪く、アーク断面積が大きくなり、アーク抵抗も低下し、しゃ断時の限流性能を向上させることが困難であった。

この発明は、限流性能及びしゃ断性能を向上させるためになされたもので、実施例の図1～図3により説明する。図1は、回路しゃ断器に使用されている可動接触子(3)を示す平面図、図2はb-bにおける断面図、図3はc-cにおける断面図である。可動接触子(3)には可動接点(302)から消弧板の方向へ、接点より狭い幅で可動導体(301)に突出部(303)を設け、有機絶縁材の圧力反射板(7)にて可動導体(301)の表面を覆っている。固定接触子側にも同様の処置がなされており、アーク発生時、圧力反射板(7)によって、アークを狭い空間に絞り込むことになり、金属粒子はアーク空間に有効に注入され、アーク空間から大量のエネルギーを奪い去って、アーク空間

を冷却する。したがって、アーク抵抗が上昇するため、アーク電圧も極めて高い値を示し、限流性能を著しく向上させる。また、突出部(303)を設けているので、アークが小電流領域に達するとアークの足は突出部(303)上を消弧板側に高速で走行する。このためアークは大きく伸長し、消弧板に近づき熱を大量に吸収される。したがって、回路しゃ断器の絶縁回復力が増大してしゃ断性能が向上する。



## 対物レンズ駆動装置 (特許 第1811780号, 特公平5-19208号)

この発明は、光学式ディスク再生装置の光スポットを追跡制御する対物レンズ駆動装置に関するものである。

従来の装置は、集点ずれ、トラックずれとトラック進行方向の時間軸ずれ(ジッタ)制御用の駆動装置が分離しており小型化が困難であった。

この発明は、従来分離して設けられた複数の駆動装置を一体化することにより飛躍的に小型化したもので、実施例の平面図(図1)と側面図(図2)によって説明する。対物レンズ(30)はホルダ(1)により軸受(2)を介してしゅう(摺)動自在かつ回転自在にシャフト(3)に保持される。ホルダ(1)にはコイル(5)と角型コイル(6)が設けられ、これに対向して設けられたマグネット(7)とで磁気回路が形成され、コイル(5)に電流

を印加すると矢印E方向に、コイル(6)に電流を印加すると矢印F方向にホルダ(1)を動作させることができる。また、対物レンズ(30)は板バネ(13)を介してホルダ(1)に固定されており、対物レンズホルダ(9)に巻き付けられたコイル(10)とホルダ(1)に固定されたマグネット(8)により構成される磁気回路において、コイル(10)に電流を印加することにより対物レンズ(30)を矢印A方向に動作させることができる。

これにより、従来3個の制御駆動装置が必要であったものを一体化することができ、小型化が可能となった。

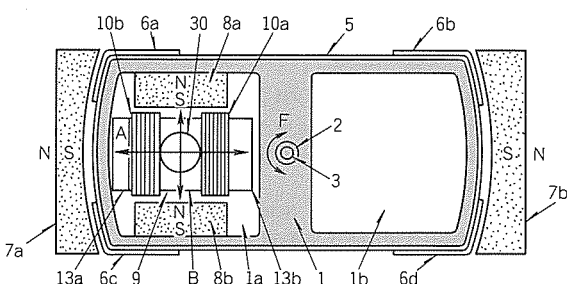


図1

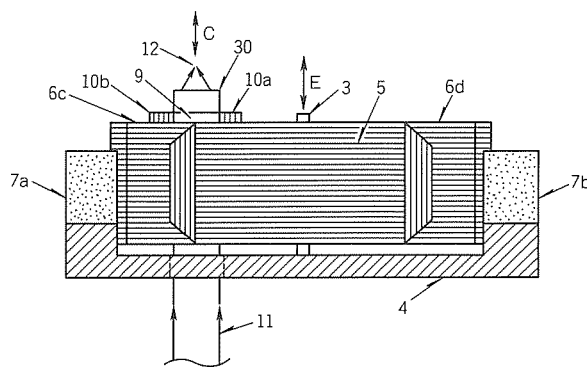


図2



# 特許と新案

三菱電機は全ての特許及び新案を有償開放しております

有償開放についてのお問合せは  
三菱電機株式会社 知的財産渉外部  
総合グループ Tel(03)3218-2137

## 冷暖房装置 (特許 第1866083号, 特公平5-67865号)

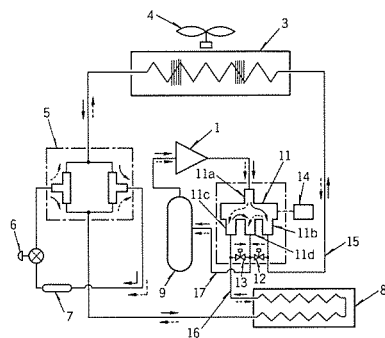
発明者 坂本俊一

この発明は、組合せ四方弁を備えた大型冷暖房装置に関するものである。

従来の冷暖房装置は、パイロット式二連四方弁が使用されているが、二つの四方弁の製品のばらつき、組付け誤差等のために、両四方弁間に動作のずれが生じる場合がある。このとき、一方の弁が先に動作すると、高压ガスが他方の弁を通して低压側にバイパスし、四方弁が動作不良となることがあった。

この発明は、上記の問題を解決するためになされたもので、この発明による冷暖房装置の冷媒系統図の実施例を図に示す。冷房運転時の冷媒は実線(暖房運転時は破線)に示すように、冷媒圧縮機(1)によって圧縮され、パイロット式一連形四方弁(11)—空気側熱交換器(3)—四方切換弁(5)—水側熱交換器(8)—パイロット式一連形四方弁(11)—アキュムレータ(9)—冷媒圧縮機(1)の経路で循環する。冷房運転と暖房運転の冷媒サイクル切換手段には、パイロット式一連形四方弁(11)を使用しているが、これによる冷媒の流路不足を解消す

るために、冷房用電磁弁(13)を動作させ、冷媒のバイパス通路を形成している。また、冷媒圧縮機の運転開始後、所定時間経過してパイロット式一連形四方弁のみ動作させ、その後、更に所定時間経過して冷房用電磁弁を動作させることにより、差圧の低い条件下(低外気温度での暖房始動時)においてもパイロット式一連形四方弁を動作させるための差圧を確保でき、四方弁の動作不良によるトラブルを防ぐことができる。



- 1: 冷媒圧縮機
- 5: 四方切換弁
- 7: ストレーナ
- 8: 水側熱交換器
- 9: アキュムレータ
- 11: パイロット式一連形四方弁
- 12: 暖房用電磁弁
- 13: 冷房用電磁弁

### <次号予定> 三菱電機技報 Vol. 69 No.5 特集 “クライアント・サーバ システム”

- クライアント・サーバ システム特集に寄せて
- クライアント・サーバ システムの現状と展望
- 三菱クライアント・サーバ コンピュータ “apricot” シリーズ
- ワークフロー管理システム構築支援ツール “CoWorker”
- Windows NT におけるホスト通信機能 “SNA Server”
- クライアント・サーバ システム構築・運用支援ミドルウェア “Dolphine”
- “apricot” FT サーバにおけるビジネスネットワークの構築
- マルチベンダ製品の組合せ検証技術
- クライアント・サーバ システムによる自治体財務会計への “OPENBUILDER” の適用
- クライアント・サーバ型三菱販売情報システム
- 都市銀行向け企業取引総合情報システム
- 東陶機器㈱統合 OA システム
- 森永製菓㈱向け広域クライアント・サーバ システムによる営業情報系システム
- 病院向け臨床検査システムパッケージの開発と防衛医科大学校病院への適用
- クライアント・サーバ方式による光電子機器生産管理システム
- ロジスティック ナビゲーションシステム
- クライアント・サーバ型商談管理システム

### 三菱電機技報69巻4月

(無断転載を禁ず)

1995年4月22日 印刷

1995年4月25日 発行

編集兼発行人 長崎 忠一  
印刷所 千葉県市川市塩浜三丁目12番地 (〒272-01) 菱電印刷株式会社  
発行所 東京都港区新橋六丁目4番地9号 北海ビル新橋 (〒105) 三菱電機エンジニアリング株式会社内 「三菱電機技報社」 Tel. (03) 3437局2692  
発売元 東京都千代田区神田錦町三丁目1番地 (〒101) 株式会社 オーム社 Tel. (03) 3233局0641(代), 振替口座東京6-20018  
定価 1部721円(本体700円) 送料別

### 三菱電機技報編集委員

委員長 田岡恒雄  
委員 永田譲蔵 鈴木幹雄  
都築 鎮 大井房武  
尾関龍夫 江頭英隆  
水野久隆 東條孝雄  
畑谷正雄 才田敏和  
中井良雄 鳥取 浩  
幹事 長崎 忠一  
4月号特集担当 望月義範

# スポットライト apricot FAXOCRシステム

apricot FAXOCRシステムは、パソコン(apricotシリーズ)を使用した分散型のFAXOCRシステムで、広く普及しているファクシミリ装置を入力端末とした受発注などの業務支援システムを容易に構築でき、受付業務の省力化、自動化や迅速化、サービス時間の拡大が可能となります。

## 特 長

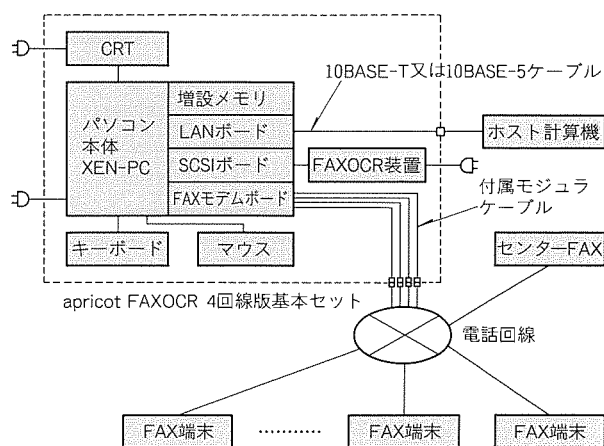
- (1) かすれ、つぶれに強い大局的特徴整合法と、字形の変形に強い輪郭解析法を併用し、業界トップクラスの認識率を達成しました。
- (2) 40字/秒の高速認識処理を実現しました。
- (3) フィールドごとの単語辞書参照機能で、商品名、商品コードなどの認識率を更に向上しました。
- (4) 万一、文字が認識できない場合でも、画面上で原稿の文字と対比させながら、簡単に修正できます。
- (5) OCR帳票には、通常の“ドロップアウト帳票”だけでなく、ワープロで手軽に作成できて、低ランニングコストの“黒枠線帳票”も利用できます。
- (6) Microsoft Windowsの簡単・快適なオペレーションで、画面上での文字修正や帳票設計、受注処理伝票確認などがスピーディに行えます。

“Microsoft Windows”は、米国Microsoft Corp.の商標、“apricot”は、三菱電機㈱の登録商標。

## 処理の流れ

手書き記入したFAXOCR用シートを、ファクシミリ装置を使い、電話回線経由でFAXOCRシステムに送信します。FAX OCRシステムは、FAXを受信して自動文字認識し、認識結果データをホストコンピュータに転送します。

また、認識結果は送られてきたイメージと合わせて画面表示し、確認・修正できます。シートを受け付けた確認票を発信元に返信することもできます。さらに、営業案内などをホストコンピュータからの指示によってFAX文書として送信できます。



ハードウェア構成

## apricot FAXOCRシステム仕様

### ●システム構成

	製品名	型番	概要
基本セット	1回線版基本セット	ACW-FAXOCR1	FAXOCRユニット、PC本体(マウス、キーボード付き)、15インチCRT、FAXOCR基本機能ソフト、FAXモデムボード、LANボード、SCSIボード
	4回線版基本セット	ACW-FAXOCR4	
オプション	環境定義ツール	AS-FOCR-ET	ネットワークデータ管理など
	ユーティリティ	AS-FOCR-UT	統計・集計機能
	ホスト接続機能	AS-FOCR-TCP	TCP/IP
	設置インストール	AS-FOCR-INST	

### ●FAX接続機能

接続FAX機種	G3FAX
登録FAX台数	250端末
接続回線数	1回線又は4回線
通信規格	V.27ter, V.29, V.17, V.33
通信速度	2,400~14,400bps
ファクシミリ手順	CCITT勧告T.30
符号化方式	CCITT勧告T.4 MH, MR

### ●OCR伝票

用紙サイズ	B4縦、A4縦、B5横、A5横
紙質	OCR用紙、黒枠線普通紙
ドロップアウトカラー	黄緑系色(当社推奨FAX使用の場合)
読取り字種	JIS OCR手書き文字(数字、英大文字、カタカナ、記号、マーク)
読取り文字サイズ	横4×縦6 (mm)(最小サイズ) 横5×縦7 (mm)(最大サイズ)

### ●FAXOCRシステム機能

受信機能	受信制御機能(開始/停止) 同一OCR帳票の上書き機能 同一OCR帳票の追加機能 受付通知機能 認識結果通知機能 受信異常通知機能(指定FAXへ出力) 受信文書の強制出力機能(指定FAXへ出力)
配信機能	送信制御機能(開始/停止) ホストからの配信機能 ホストへの配信文書受付通知機能 配信文書の送信結果通知機能
文字認識機能	認識帳票 : ドロップアウトカラー用OCR帳票、黒枠線用OCR帳票 認識文字種 : JIS OCR手書き文字(英大文字、数字、カタカナ、記号、マーク) 認識性能 : 40字/秒 補助機能 : フィールド単位の知識辞書参照機能、フィールド単位の文字種参照機能 棄却率による認識制御機能(フィールド単位)
認識結果修正機能	修正待ち文書一覧表示機能 修正文書表示機能 修正文書検索機能 認識文字修正機能
帳票フォーマット定義機能 <sup>*1</sup>	黒枠線帳票フォーマット定義機能 ドロップアウトカラー帳票フォーマット定義機能
知識辞書定義機能 <sup>*1</sup>	登録辞書数: 最大255辞書/システム 登録単語数: 最大10単語/辞書 登録単語長: 最大20文字/語
認識文字種定義機能 <sup>*1</sup>	フィールド単位に文字種を設定可能
ネットワークデータ管理機能 <sup>*1</sup>	FAX端末の登録/追加/変更/削除 管理可能端末台数: 最大250端末/システム
ホストコンピュータ接続機能 <sup>*2</sup>	接続インタフェース: TCP/IP 接続台数: 1台
統計データ集計機能 <sup>*3</sup>	入出力電文集計機能 時刻ごと電文集計機能 認識率集計機能

\*1: 環境定義ツール(オプション)でサポート

\*2: ホスト接続機能(オプション)でサポート

\*3: ユーティリティ(オプション)でサポート