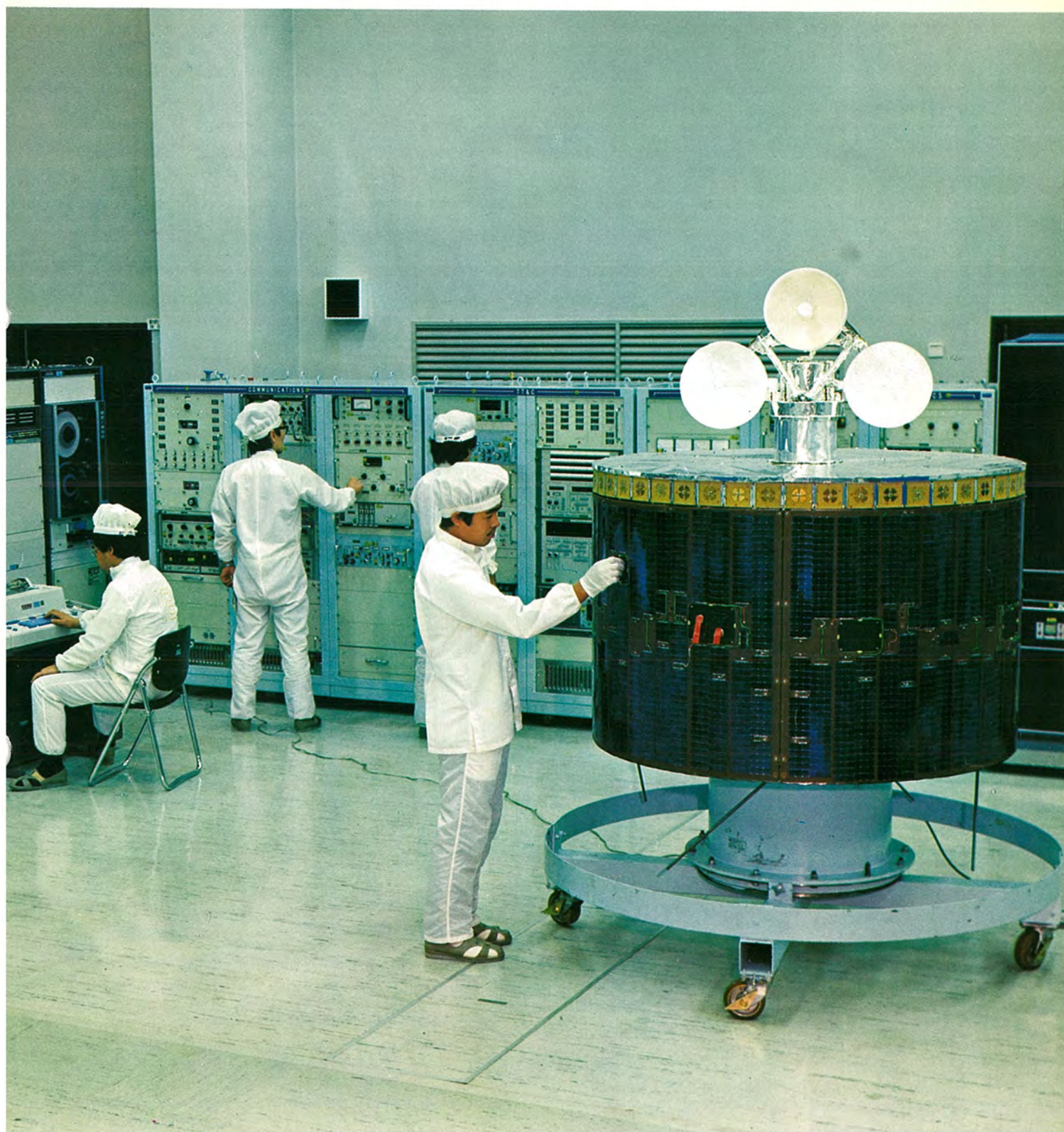


MITSUBISHI DENKI GIHO

三菱電機技報



Vol.51 No.9

ノーヒューズしゃ断器特集

〈特別論文〉技術試験衛星II型(きく2号)

三菱電機技報

Vol. 51 No. 9 SEPTEMBER 1977

ノーヒューズしゃ断器特集

目次

特集論文

新形ノーヒューズしゃ断器と付属装置	長谷川清博・飯尾 司・寺地 淳一	571
引外し素子を半導体化した船用気中しゃ断器	江口清司・望月義範・田中正幸・石川尊義・矢木沢 守	577
選択協調形漏電リレーによるアーク地絡保護	新田裕稔・小林照朋・佐藤 勇・石井康裕	582
電磁反発形限流しゃ断器の限流特性に関する理論考察	久常文之・江口清司・山本啓一・笹尾博之・宮本紀男	587

普通論文

技術試験衛星II型(きく2号)	田畑浄治・小原 基・石沢禎弘・渡部 優・植田剛夫	595
三菱製紙(株)八戸工場抄紙機プロセスの計算機制御	星野仁美・小林一勝・松下 拓・高橋正夫・北村英久	601
デュアルモードバスシステムにおける衝突防止装置	八幡敏雄・半田 哲・打田良平・菅野佳明・森本義信	607
家庭電気製品の適正包装	田中克幸・竹内和史・前沢英一・久木野政次・橋本恭平	612
240/300kV及び550kV 50kA 単一圧力式タンク形ガスしゃ断器	松田節之・宮本龍男・伊吹恒二・坂本成義・佐藤章雄	616
狭帯域TV伝送装置《ナロービジョン》	堀 高明・山際豊行・土屋徳翁・村上篤道	621
FM電流差動キャリアリレー	志賀正明・杉山 剣・鈴木健治・鈴木 愿・赤塚和禎	625
水冷式低圧大電流スタック	米田良忠・前田 甫	631
特許と新案		593
カラー・テレビ受信機のAFPC回路・遠方監視制御装置・ジェット・ポンプ		
スポット		634
三菱ロスナイ V-1200・TB-H形汎用TIG溶接機・SA-H形自動溶接機・GL形ロードセンタ		
ビデオプロジェクター LVP-001(表紙-3)		
当社の登録実用新案一覧		592・637・638

FEATURING MOLDED CASE CIRCUIT BREAKERS

CONTENTS

FEATURED PAPERS

A New Line of No-Fuse MCCBs and Accessories	Kiyohiro Hasegawa et al.	571
Standard Air Circuit Breakers with a Semiconductorized Tripping Element	Kiyoshi Ishikawa et al.	577
Protection Against Arcing Ground-Faults, Using an Earth-Leakage Relay with Interlocking Circuitry	Hirotoishi Nitta et al.	582
Theoretical Considerations on the Current-Limiting Characteristics of a Contact-Repulsion-Type Current-Limiting MCCB	Fumiyuki Hisatsune et al.	587

GENERAL PAPERS

The Kiku II Engineering Test Satellite	Joji Tabata et al.	595
Computer-Control of the Papermaking Process at Mitsubishi Paper's Hachinohe Mill	Hitomi Hoshino et al.	601
An Anticollision System for Dual-Mode Bus Systems	Toshio Yawata et al.	607
Optimizing the Packaging of Electric Home Appliances	Katsuyuki Tanaka et al.	612
240/300kV and 500kV 50kA Puffer-Type Dead-Tank SF ₆ -Gas-Insulated Circuit Breakers	Setsuyuki Matsuda et al.	616
Narrowvision Equipment for Narrow-Band TV Transmission	Tadaaki Hori et al.	621
FM Current-Differential Carrier Relaying Apparatus	Masaaki Shiga et al.	625
Water-Cooled Low-Voltage High-Current Rectifier Stacks	Yoshitada Yoneda & Hajime Maeda	631

表紙

技術試験衛星II型(きく2号)

我が国初の静止衛星をめざした技術試験衛星II型(きく2号)は、昭和52年2月23日宇宙開発事業団種子島宇宙センターからNロケット3号機によって打上げられ、固体ロケット(アポジーモータ)の噴射、及び数次にわたるガスジェット姿勢制御などを経てインドネシア領ハルマヘラ島東方東経130°の高度約35,800kmの地点に静止することに成功した。

きく2号は直径1.41m、高さ0.93m、打上げ時の重量が約254kgの円筒形スピン衛星で、表紙は宇宙開発事業団筑波宇宙センターにおける試験状況を示すものである。

COVER

The Kiku II Engineering Test Satellite

The engineering test satellite Kiku-II was launched as Japan's first geostationary satellite from the National Space-Development Agency's Tanegashima Space Center on 23 Feb. 1977 by means of the No. 3 N-rocket. Directed by the firing of solid-fueled apogee motors and by repeated attitude control by means of gas jets, the spin-stabilized satellite was successfully brought into geostationary orbit approximately 35,800km above a point east of the Indonesian island of Halmahera, at 130°E. longitude.

The Kiku-II, is a cylinder measuring 1.41m in diameter and 0.93m in height. The cover shows the satellite undergoing tests in NASDA's Tanegashima Space Center.

新形ノーヒューズしゃ断器と付属装置

長谷川清博・飯尾 司・寺地淳一

三菱電機技報 Vol.51・No.9・P571～576

当社は、長年の製作経験と研究結果をもとに、汎用品NFBのしゃ断容量の増大、使いやすさの追求、設備の保護機器としての信頼性と安全性の向上及び国際規格への適合、など時代とともに進歩する設備が求める方向と合致した諸機能を加え、汎用品NFBの外形寸法を踏襲して100から1,200Aフレームの新形NFBの開発を完了し、このたびSCRUMシリーズとして発売したので、その概要を紹介する。

引外し素子を半導体化した船用気中しゃ断器

江口清司・望月義範・田中正幸・石川尊義・矢木沢 守

三菱電機技報 Vol.51・No.9・P577～581

船舶内の省力化・自動化が進展するにつれて、配電系統の信頼性は、より高いものが要求されてきている。配電系統の最も重要な保護機器である発電機保護用気中しゃ断器は、従来、その引外し動作をオイルダッシュポット、バイメタル等によって行っていたが、これらをいずれも半導体を使用した静止形にした新しい気中しゃ断器を2機種開発し、これまでのものにない特長を有したものととして使用開始されたのでここに紹介する。

選択協調形漏電リレーによるアーク地絡保護

新田裕裕・小林照朋・佐藤 勇・石井康裕

三菱電機技報 Vol.51・No.9・P582～586

最近、ビルの高層化に伴い3相4線式400V級配電が多くなっている。これに伴い短絡容量の増大、対地電圧の増加等による短絡事故、地絡事故に対して十分な保護を考える必要がある。特にアーク地絡事故は適切な保護システムがない場合アークのもつ大量の熱エネルギーにより機器の損傷は甚大なものとなる。本文ではこのアークエネルギーと設備の損傷の関係を明らかにし、設備を保護するため新しく開発した選択協調形漏電リレーを紹介する。

電磁反発形限流しゃ断器の限流特性に関する理論考察

久常文之・江口清司・山本啓一・飯尾博之・宮本紀男

三菱電機技報 Vol.51・No.9・P587～591

電磁反発形の限流ブレーカについて、短絡発生条件、アーク電圧発生条件と限流効果の関係を系統的に解明し、所要の限流性能を得るために発生すべきアーク電圧特性と、このアーク電圧を発生できる反発接点機構諸元との関係を明らかにした。この関係を用いて、従来困難視されていた反発接点機構の小形化が可能になり、標準サイズのNFB内にこの機能を組込んでコンパクトな限流ブレーカの開発に成功した。このブレーカはSCRUMの中核シリーズを構成している。

技術試験衛星II型(きく2号)

田畑浄治・小原 基・石沢慎弘・渡部 優・植田剛夫

三菱電機技報 Vol.51・No.9・P595～600

技術試験衛星II型(ETS-II)は我が国で初めての静止衛星として1971年より開発が進められ、本年2月Nロケットにより打上げに成功して「きく2号」と命名された。ETS-IIは静止衛星の打上げ、追跡管制、軌道・姿勢制御などの諸技術の開発、習得を主目的としたもので、打上げ時重量約254kgのスピニング安定形衛星である。この衛星の打上げ成功により今後の我が国実用衛星計画に明るい見通しをつけることができた。

三菱製紙(株)八戸工場抄紙機プロセスの計算機制御

星野仁美・小林一勝・松下 拓・高橋正夫・北村英久

三菱電機技報 Vol.51・No.9・P601～606

上質紙メーカーの抄紙機に中形計算機を導入し、抄紙機特有のむだ時間の長い系の紙の目方、含有水分率制御系に対し新しいアルゴリズムによる制御の実施、上質紙特有の目方の大幅変更のグレードチェンジの自動化、抄紙機速度変更による生産量増減の制御、各種日報、日誌類やマンマシンコミュニケーション及び生産管理を行っている。またここでは適応制御の第一歩として、制御を実施する際に系の入出力の観測値より近似モデルを作成する特性推定(同定)手法を試みた。

デュアルモードバスシステムにおける衝突防止装置

八幡敏雄・半田 哲・打田良平・菅野佳明・森本義信

三菱電機技報 Vol.51・No.9・P607～611

デュアルモードバスシステムの専用軌道上におけるメイン運行制御システムを、別系でローカルにバックアップする機能を持つ衝突防止装置とそのシミュレーション装置を開発し、シミュレーション試験を行った。この装置はメイン系の機能を低下させずに安全確実な衝突防止機能を果たすことを確認したが、この論文ではその制御方法について概括するとともに、マイクロプロセッサ、誘導無線装置等より成る装置構成とシミュレーション試験結果の概要を示す。

家庭電気製品の適正包装

田中克幸・竹内和史・前沢英一・久木野政次・橋本恭平

三菱電機技報 Vol.51・No.9・P612～615

家庭電気製品の適正包装化に対する取組み方を述べ、その具体的例として、小形ポータブルカラーテレビの適正化事例を報告する。適正化に当たっては、製品の開発・設計段階から製品設計者と包装設計者とが連携を密にして、製品の特性・流通実態・物流条件を十分に把握した上で研究を進めることが肝要である。従来のように、製品ができあがった時点から包装設計をはじめるようでは適正包装化の難しいことを述べる。

240/300kV及び550kV 50kA単一圧力式タンク形ガスしゃ断器

松田節之・宮本龍男・伊吹恒二・坂本成義・佐藤章雄

三菱電機技報 Vol.51・No.9・P616～620

当社は我が国で最初のガスしゃ断器を製作して以来550kV級に至るまでの多数のガスしゃ断器、ガス絶縁変電所をフィールドに送ってきたが、これらの豊富な経験と技術とに加えてかねてからの積極的な大電流しゃ断技術の開発とあいまち、今般極めて構造簡単な単一圧力式で50kA、2サイクルの240/300kV及び550kV 50kAタンク形ガスしゃ断器の製品化に成功した。本稿は、そのしゃ断器の構造動作、特長及び試験結果について述べたものである。

狭帯域TV伝送装置《ナロービジョン》

堀 高明・山際豊行・土屋徳翁・村上篤道

三菱電機技報 Vol.51・No.9・P621～624

近年産業用テレビジョン信号の長距離伝送による集中監視の要求が高まっているが、従来の広帯域伝送方式では伝送コスト、画質の制約から伝送距離は20～30kmまでであった。このたび狭帯域伝送装置《ナロービジョン》を製品化し、約3kHz音声帯域の電話回線による静止画テレビジョン長距離伝送を可能とした。

FM電流差動キャリアリレー

志賀正明・杉山 釗・鈴木健治・鈴木 愿・赤塚和禧

三菱電機技報 Vol.51・No.9・P625～630

近年の電力需要の増大や、遠距離送電の必要性から、超々高圧送電が開始されているが、送電容量の大容量化とともに、3端子系統が出現するなど、従来方式の継電技術では、保護が困難となっている。

これらを解決するため、マイクロ波回線を利用して、電流波形をFM変調して伝送することにより、差動保護ができる電流差動キャリアリレーを、中部電力(株)との共同研究により開発した。この論文では保護リレーの原理と特性及び実用化試験結果について述べている。

水冷式低圧大電流スタック

米田良忠・前田 甫

三菱電機技報 Vol.51・No.9・P631～633

このスタックは、直流式抵抗溶接機などの低圧大電流装置用として開発された、1,600A級ダイオードの多並列水冷スタックである。セラミックシールのないエレメントを直接スタックに組立てる方式は、半導体表面処理技術の向上と独自のスタックアセンブリ技術の確立によりなし得たもので、他に類をみない画期的なものである。

本文では、構造上の特徴、性能の改善、定格特性等について紹介する。

Abstracts

<p>Mitsubishi Denki Giho : Vol. 51, No. 9, pp. 607~711 (1977)</p> <p>An Anticollision System for Dual-Mode Bus Systems</p> <p>by Toshio Yawata, Satoshi Handa, Ryohei Uchida, Yoshiaki Kanno & Yoshinobu Morimoto</p> <p>An anticollision system has been developed to provide separate local backup for the main running-control system for dual-mode buses when running on an exclusive right of way. A simulation system has also been developed, and simulation tests carried out, confirming that the system effectively prevents accidents without impairing the main-system functions.</p> <p>The article gives a general description of the running-control method and the microprocessor, inductive radio equipment and other system components, and presents the results of the simulation tests.</p>	<p>Mitsubishi Denki Giho : Vol. 51, No. 9, pp. 571~76 (1977)</p> <p>A New Line of No-Fuse MCCBs and Accessories</p> <p>by Kiyohiro Hasegawa, Tsukasa Iio & Jun'ichi Terachi</p> <p>Based on years of research and manufacturing experience, Mitsubishi Electric has made progress in increasing the interrupting capacity and improving the ease of use of the standard line of No-Fuse molded-case circuit breakers, in raising their reliability and safety in the protection of equipment, and in expanding their conformity to international standards. Functions have also been added as required by the more sophisticated equipment to be protected. A new line of No-Fuse breakers has been developed having the same dimensions as the standard line in frames of 100~1200A, and is now on the market.</p>
<p>Mitsubishi Denki Giho : Vol. 51, No. 9, pp. 612~15 (1977)</p> <p>Optimizing the Packaging of Electric Home Appliances</p> <p>by Katsuyuki Tanaka, Kazushi Takeuchi, Eiichi Maezawa, Masaji Kukino & Kyohei Hashimoto</p> <p>The article discusses approaches to problems of designing the most effective packages, using the example of a portable color-TV set. A closely interactive relationship must be established between the product designer and the package designer from the earliest development stages, and full information obtained on product shock-fragility, transportation conditions and physical environment. The conventional approach of beginning package design only after the product has been production-readied makes adequate packaging difficult.</p>	<p>Mitsubishi Denki Giho : Vol. 51, No. 9, pp. 577~81 (1977)</p> <p>Standard Air Circuit Breakers with a Semiconductorized Tripping Element</p> <p>by Kiyoshi Eguchi, Yoshinori Mochizuki, Masayuki Tanaka, Takayoshi Ishikawa & Mamoru Yagisawa</p> <p>With increased automation of ships, a need has been felt for wiring systems of higher reliability. The most important protective device in such a wiring system is the air circuit breaker for generator protection. Conventionally, air circuit-breaker tripping devices have employed an oil dashpot, a bimetal or other mechanical means, but Mitsubishi Electric has developed two new types of breaker featuring a static tripping element employing semiconductors, and providing a number of advantages heretofore unavailable. These breakers, now in service, are described in the article.</p>
<p>Mitsubishi Denki Giho : Vol. 51, No. 9, pp. 616~20 (1977)</p> <p>240/300kV and 500kV 50kA Puffer-Type Dead-Tank SF₆-Gas-Insulated Circuit Breakers</p> <p>by Setsuyuki Matsuda, Tatsuo Miyamoto, Koji Ibuki, Nariyoshi Sakamoto & Akio Sato</p> <p>Since producing Japan's first SF₆-gas-insulated circuit breakers, Mitsubishi Electric has installed large numbers of gas-insulated breakers and substation switchgear rated as high as the 550kV class. This wealth of experience and knowhow, plus a long history of development in the technology of high-current interruption, has recently resulted in production of structurally simple 50kA 2-cycle puffer-type dead-tank gas-insulated breakers for 240/300kV and 550kV. The article discusses the structure, operation and features of the breakers, as well as the test results.</p>	<p>Mitsubishi Denki Giho : Vol. 51, No. 9, pp. 582~86 (1977)</p> <p>Protection Against Arcing Ground-Faults, Using an Earth-Leakage Relay with Interlocking Circuitry</p> <p>by Hirotohi Nitta, Terutomo Kobayashi, Isamu Sato & Yasuhiro Ishii</p> <p>With more and more skyscrapers being built, there has been an increase in the number of 3-phase 4-wire 400V-class wiring installations. This has made it necessary to provide for adequate protection against short-circuit faults and ground faults that could result from the increased short-circuit capacity and greater potential to ground. Specifically, when there is no suitable protection system against arcing ground fault, the enormous thermal energy of the arc can be the occasion of massive damage to equipment. The article discusses equipment damage attendant to arc energy, and introduces an earth-leakage relay with interlocking circuitry newly developed for equipment protection.</p>
<p>Mitsubishi Denki Giho : Vol. 51, No. 9, pp. 621~24 (1977)</p> <p>Narrowvision Equipment for Narrow-Band TV Transmission</p> <p>by Tadaaki Hori, Toyoyuki Yamagiwa, Tokuo Tsuchiya & Tokumichi Murakami</p> <p>Demands for centralized monitoring by means of long-distance CCTV transmission are increasing, but the conventional wide-band system of transmission is limited, by cost and picture quality, to no more than 20 or 30km. The development of Narrowvision equipment has made possible the long-distance transmission of still-picture TV using 3kHz voice-frequency telephone lines.</p>	<p>Mitsubishi Denki Giho : Vol. 51, No. 9, pp. 587~91 (1977)</p> <p>Theoretical Considerations on the Current-Limiting Characteristics of a Contact-Repulsion-Type Current-Limiting MCCB</p> <p>by Fumiyuki Hisatsune, Kiyoshi Eguchi, Keiichi Yamamoto, Hiroyuki Sasao & Toshio Miyamoto.</p> <p>The relationship of the conditions under which short circuiting occurs and arcing voltage is produced to current-limiting effect in respect to current-limiting MCCBs has been systematically clarified, as has the relationship between the arcing-voltage characteristics that must be generated to obtain the required current-limiting performance and the specifications of the repulsion-contact mechanism that can produce this level of arcing voltage. It has been possible to reduce the size of the repulsion-contact mechanism so that it could be built into MCCBs of standard size. This has meant the development of a compact current-limiting breaker that forms the basis of Mitsubishi's No-Fuse MCCBs.</p>
<p>Mitsubishi Denki Giho : Vol. 51, No. 9, pp. 625~30 (1977)</p> <p>FM Current-Differential Carrier Relaying Apparatus</p> <p>by Masaaki Shiga, Tsutomu Sugiyama, Kenji Suzuki, Sunao Suzuki & Kazuyoshi Akatsuka</p> <p>The introduction of extrahigh-voltage transmission loads has brought about 3-terminal networks and other innovations that make it unfeasible to provide protection with conventional relaying technology.</p> <p>As a solution to this problem, Mitsubishi Electric and Chubu Electric Power have jointly developed a current-differential carrier relay that employs microwave circuits to provide differential protection through frequency modulation of the transmission-current waveform. The article explains the principle and characteristics of protective relaying, and describes the results of application testing.</p>	<p>Mitsubishi Denki Giho : Vol. 51, No. 9, pp. 595~600 (1977)</p> <p>The Kiku II Engineering Test Satellite</p> <p>by Joji Tabata, Motoi Ohara, Yoshihiro Ishizawa, Masaru Watanabe & Takao Ueda</p> <p>Engineering Test Satellite, Type II has been under development since 1971, and when launched into geostationary orbit on Jan. 2, 1977 by a Type N rocket, it was named Kiku II. The satellite is spin-stabilized, and has a launch weight of 254kg. It was launched with the objective of developing and refining the technologies of tracking and control, orbit and attitude control, and so on.</p>
<p>Mitsubishi Denki Giho : Vol. 51, No. 9, pp. 631~33 (1977)</p> <p>Water-Cooled Low-Voltage High-Current Rectifier Stacks</p> <p>by Yoshitada Yoneda and Hajime Maeda</p> <p>These stacks, developed to provide the low-current high-voltage power requirements of DC resistance-welding equipment, are water-cooled multiparallel assemblies of 1600A-class diodes. They are the result of a revolutionary method by which elements without a ceramic seal can be directly assembled into stacks, resulting from improvements in semiconductor surface-treatment technology and the development of proprietary techniques of stack assembly.</p> <p>The article describes the structural features and performance improvements, and discusses the ratings and characteristics.</p>	<p>Mitsubishi Denki Giho : Vol. 51, No. 9, pp. 601~6 (1977)</p> <p>Computer-Control of the Papermaking Process at Mitsubishi Paper's Hachinohe Mill</p> <p>by Hitomi Hoshino, Kazukatsu Kobayashi, Hiraku Matsushita, Masao Takahashi & Hidehisa Kitamura</p> <p>A medium-size industrial computer system has been applied to machinery for making high-grade paper having an inherently long time lag. The new system performs control of the basic weight and moisture content of the paper on the basis of new algorithms, the automated changing of paper grade by means of major variations in the base-weight of the paper, control of the production rate through controlling the paper-machine speed, automatic logging of various types of data, man-machine communication (monitoring, display, etc.) and production control (process data gathering, calculation of management data, editing, etc.).</p>

新形ノーヒューズしゃ断器と付属装置

長谷川清博*・飯尾 司*・寺地 淳一*

1. ま え が き

ノーヒューズしゃ断器（以下 NFB）は、我が国において昭和8年に当社が50 A フレームを最初に開発して以来40年余を経過した。その間、電力需要の増大、超高層ビル出現、自動化装置、電算機など、重要負荷の増大にともない、電力供給の信頼度の向上が必要となってきた。これらの要望に対して、NFBの分野では、(1)小形化、(2)大容量化、(3)しゃ断容量の増大、(4)系統しゃ断器としての進出、などを開発、改良の主眼としてシリーズの拡充、整備を行ってきた。

当社は、長年の製作経験と研究結果をもとに、

- (1) はん(汎)用形 NFB のしゃ断容量の増大
- (2) 使いやすさの追求
- (3) 設備の保護機器としての信頼性、安全性の向上
- (4) 国産規格への適合

など、時代とともに進歩する設備が求める方向と合致した諸機能を加え、汎用 NFB の外形を踏襲した100 から1,200 A フレームの新形 NFB の開発を完了し、このたび SCRUM シリーズとして発売したので、その概要を紹介する。

2. 特長及び仕様

2.1 特 長

新形 NFB は次のような特長を備えている。

- (1) 汎用品(S)シリーズのしゃ断容量格上げと統一

変圧器容量1,500 kVA 直下においても、最大短絡電流をしゃ断する能力をSシリーズにもたせ、シリーズ対応でしゃ断容量の大きさを統一している。このため、従来品Hシリーズが不要となり機種削減を行い、NFBを選定する上で簡便になる。

800 から1,200 A フレームは変圧器の並列運転時の電源容量を考慮して、しゃ断容量を更に大きくしている。

- (2) トリップボタン

NFB が過負荷や短絡電流をしゃ断するときと同じ動作を行うトリップボタンを、NFB 前面に装備している。

これにより、盤製作後、NFB 内部の警報スイッチと電路システムとのシーケンスチェックや操作として、電気操作装置によるリセット操作の確認が簡単にできる。

トリップボタンは不用意に動作させることのないようにNFBカバーの奥に小さく位置させている。

- (3) 名板のカバー表面表示としゃ断容量の対称値表示

定格表示名板の位置をNFB前面としているため、設備の立合試験時などにおいて、定格事項の照合が簡便となる。

また、名板、カタログなどのしゃ断容量を対称値でも表示しているため、短絡電流計算時に、複雑な非対称係数を考慮しなくて済む。

- (4) 端子部の絶縁バリヤ

NFB は、機器全体が絶縁物のモールドケースで覆われ充電部の露出が

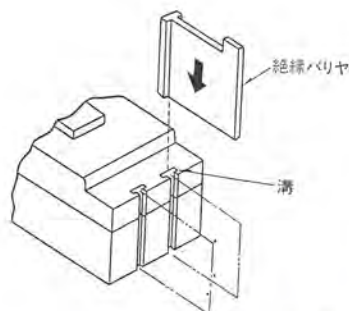


図1. 絶縁バリヤ

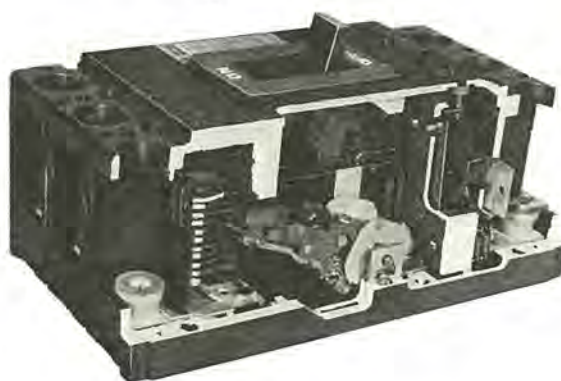


図2. NF 225-S 形断面

なく、電路の開閉及びしゃ断はモールドケース内で行われるので、使用上の安全性について大きなメリットがある。ただ、電路の導体との接続を行うために端子部は露出させている。この端子部においても絶縁強化をはかり、設備全体としての安全性、信頼性のよりいっそうの向上が図れるように図1.に示すようにモールド相間の沿面みぞ(溝)を利用して、絶縁バリヤが装着できるようにしている。

この絶縁バリヤを装着する場合は、次の点を考慮したときである。

- (a) 鉄粉やじんあい(塵埃)が非常に多い工場などにおいて、経時的にこれらがNFBの相間に積もる場合。
- (b) 湿気及びガスの多い場所で、NFBモールド表面に導電性腐食物が付着する場合。
- (c) 盤製作時に残った鉄切りくず、電線の切れ端などがNFBの電源側に落下するおそれのある場合
- (d) NFB端子部には通常、テーピングや絶縁チューブが施されるが、これらの絶縁がNFB端子際まで完全に行うことが難しい場合

2.2 仕 様

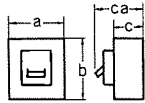
新形 NFB の仕様を表1.に、NF 225-S 形の断面外観写真を図2.に示す。

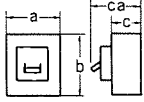
3. 構造及び動作

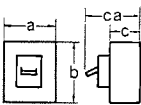
3.1 SCRUM シリーズの構成

- | | |
|----------------------|--------------------|
| (1) S (汎用品) シリーズ | 30 から 4,000 A フレーム |
| (2) C (小形, 経済品) シリーズ | 30 から 600 A フレーム |
| (3) R (限流ブレーカ) シリーズ | 100 から 800 A フレーム |

表 1. 新形 NFB 仕様一覧

シ リ ー ズ			S						
形 名			NF100-S	NF225-S	NF400-S	NF600-S	NF800-S	NF1000-S	NF1200-S
定格電流 A 基準周囲温度 一般用40℃ 船用45℃			15 20 30(40) 50 60 75 100	125 150(175) 200 225	(250) 300 (350) 400	500 600	(700) 800	1000	1200
定 格 電 圧 V			AC	550					
			DC	250					
断 定 格 容 量 し ゃ kA	JIS (asym/sym)	AC	550V	15/14	40/35	75/65			
			460V	20/18	50/42	100/85			
			220V	35/30	100/85	150/125			
		DC	250V	10	40				
外 形 寸 法 mm 3P			a	105	140	210	210		
			b	165	257	275	406		
			c	86	103	103	140		
			ca	103	132	140	190		
3P 表 面 形 製 品 重 量			kg	2.2	5.5	9.0	10	20	23

シ リ ー ズ			C		R		
形 名			NF400-CA	NF600-CA	NF100-RB	NF225-RB	
定格電流 A 基準周囲温度 一般用40℃ 船用45℃			(250) 300 (350) 400	500 600	15 30 50 75 100	125 150 (175) 200 225	
定 格 電 圧 V			AC	460	550		
			DC	250	—	—	
断容量 kA	JIS (asym/sym)	AC	550V	—	100 85		
			460V	20/18	150 125		
			220V	35/30	150 125		
		DC	250V	20	—	—	
		外形寸法 mm 3P			a	140	210
b	257				275	165	257
c	103				103	140	160
ca	132				140	157	190
3P 表面形製品重量					kg	6.5	10

シ リ ー ズ			M					
形 名			MB100-S			MB225-S		
定 格 電 流 A E 種モータルの電流に 合わせている			A	200 220V	400 440V	A	200 220V	400 440V
				kW	kW		kW	kW
			100	—	55	225	55	110
			90	22	45	200	—	—
			71	19	37	175	45	90
			63	15	30	150	37	75
			(45)	11	22	125	30	—
			(40)	—	19	—	—	—
			(32)	7.5	15	—	—	—
			(25)	5.5	11	—	—	—
(16)	3.7	7.5	—	—	—			
(12)	—	5.5	—	—	—			
電動機の定格容量 kW								
基準周囲温度								
一般用40℃ 船用45℃								
定 格 電 圧 AC V			460					
断 定 格 容 量 し ゃ kA	JIS (asym/sym)	AC	460V	20/18		50/42		
			220V	35/30		100/85		
外 形 寸 法 mm 3P			a	105		140		
			b	165		257		
			c	86		103		
			ca	103		132		
			3P 表面形製品重量 kg		2.2		5.5	

- (4) U (永久ヒューズ付) シリーズ 100 から 800 A フレーム
 (5) M (モータブレーカ) シリーズ 30 から 225 A フレーム
 三菱 NFB は SCRUM シリーズの外に保護協調用の電子式ノーヒューズ

しゃ断器, 分電盤用 BH 形しゃ断器及び家庭用 BL 形安全ブレーカなどで構成されている。

3.2 構造及び動作

図 3. 及び図 4. はそれぞれ汎用品 NF 400-S 形及び限流ブレーカ NF 100-RB 形しゃ断器の構造を示したものである。

通常の接点の開閉は開閉機構により, とっての操作速度に関係なく, 速入り, 速切り動作をするので, 接点の消耗も少なく安全である。過電流が流れると自動引外し装置内のパイメタル又は電磁石により, 過電流の大きさに応じて所

定の時限をもって接点が開離される。いずれの極に過電流が流れても共通引外し機構により, 全極同時にしゃ断される。

電磁石による瞬時引外し電流値は, 被保護機器との保護協調の上で重要なものである。この瞬時引外し電流値は, NF 400-S 形以上の機種で可調整になっており, 1 個の調整つまみを回すだけで 3 極

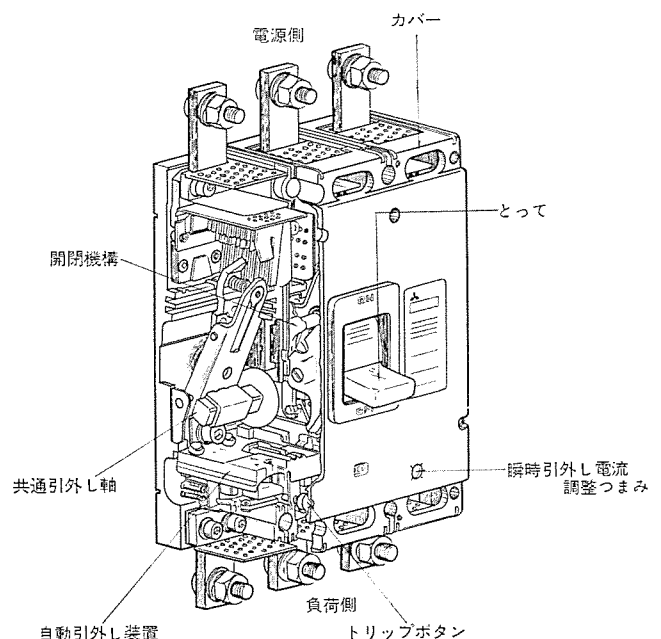


図 3. NF 400-S 形構造図

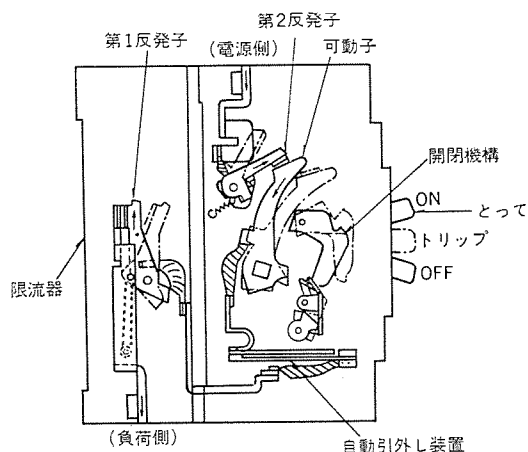


図 4. NF 100-RB 形構造図

同時に調整できる。

NF 100-RB 形は、図 4. に示すように短絡電流が流れると、平行導体間の電磁反発力によって第 1 反発子と第 2 反発子は、自動引外し装置の動作を待たずに接点を開き、アーク抵抗によって通過電流を制限する。わずかの時間遅れの後、可動子が開離してシャ断が完了する。反発子が開離を始める電流値は、瞬時引外し電流値より大きい値に設定されているので、反発子開離後は必ず開閉機構による開極動作（トリップ）が後続するので、不必要な接点の浮上がりによる接点の消耗、溶着がない。反発子、可動子が共に開離した状態を図 4. の 1 点鎖線に示す。

開離した第 1、第 2 の反発子は、短絡電流がシャ断されると自動的に復帰してもとの状態にもどる。新形 R シリーズ NF 100-RB 形及び NF 225-RB 形は、この 2 点反発機構の採用によりシャ断容量を飛躍的に高めることができる。

4. シャ断容量の格上

4.1 シャ断

電流が流れている回路を接点で開くとき、接点間にアークが発生する。このアークは、アーク電圧と電流の積によるエネルギーを消費して数千度の非常に高い温度になり、金属蒸気を熱電離している。NFB のデアイオン消弧装置は次のように作用してアークを消滅させ電流をシャ断する。

接点の開離によってデアイオングリッドの V 溝内にアークが発生し、図 5. に示すようにデアイオングリッドとの間に働く電磁力によって溝の奥に駆動される。溝の奥にアークが達するとイオンが放電して電荷を失う。この消イオン作用のほかにアークを引きのばしてアーク電圧を高め、また冷たいアークランナ上で発弧点を移動させて、熱電子放射を抑えるなどの作用によって消弧が行われる。一般に交流回路の短絡電流は低力率のため、電流零点で消弧すると接点間に波高値に近い電圧が印加され、この電圧によって逆極性のアークが再発する場合がある。この再発弧を防ぐために強力な消弧作用が必要である。

4.2 限流シャ断

新形 NFB の限流機構は、平行導体間の異方向電流と接点の接

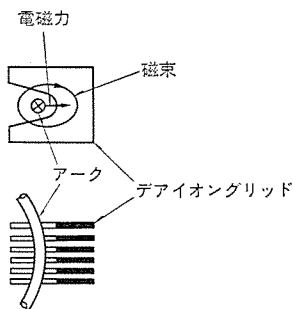


図 5. デアイオングリッドの作用

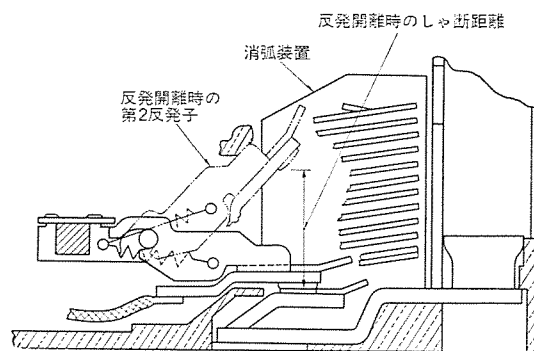


図 6. NF 225-S 形電磁反発機構

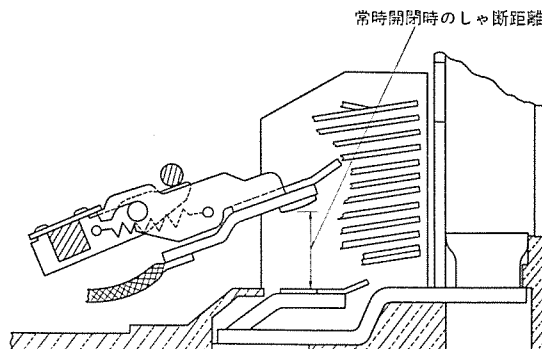


図 7. NF 225-S 形開路の状態

触点における電流集中による接点开離方向への反発力を効果的に活用し、短絡電流の立上がり途中において NFB の開閉機構が動作する以前に接点を開極させている。開極と同時にアーク電圧が発生し、これが短絡電流と逆方向の電流を流す電源となり限流を開始する。したがって、限流シャ断はこのアーク電圧の発生を早くすることと、アーク電圧の上昇を急速にすることが必要である。アーク電圧の上昇を急速にする手段として、平行導体によるアーク駆動力及び消弧装置が使用されている。

4.3 シャ断性能の改善

シャ断容量の格上げは長年の研究結果をもとに限流機構の改良、モールドケース材料の強度向上、接点材質・消弧装置の改良、及びシャ断時に発生するイオン化ガスの排出口の改良によって達成されている。これらの詳細について以降に述べる。

(1) NF 100-S 形, NF 225-S 形

汎用品の外形寸法の中に電磁反発式限流機構が内蔵されている。これにより短絡電流立上がり初期において接点が反発開離し限流シャ断が行われる。図 6. に NF 225-S 形の反発子部の構造を示す。電磁力により反発する場合、接点の開離距離（図 6. の 2 点鎖線）は、図 7. に示す通常の開閉による開離距離よりも大きくなるように設計されている。すなわち、定格電流の開閉及び過負荷電流程度の比較的小さい事故電流は、従来品と同じ図 7. の開離距離でシャ断し、短絡電流のように大きな事故電流は十分大きな開離距離で確実にシャ断できるようになっている。したがって、開閉とシャ断がそれぞれ適切な開離距離になるため、大きなシャ断容量が得られるとともに開閉により開閉機構部が受ける衝撃力が小さくなり、大きな開閉耐久回数を得ることができる。

JIS C 8370 及び JEM 1071 など、NFB の規格によると 225 A urrem の開閉耐久回数は電氣的、機械的開閉の合計で 8,000 回と規定されているが、NF 225-S 形は試験結果によると規定の 3 倍以上の

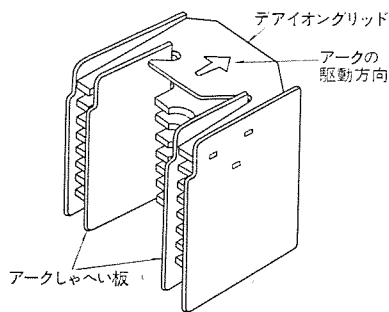


図 8. NF 400-S 形 NF 600-S 形消弧装置

断時の熱的・機械的エネルギーは十分処理することができる。したがって、開閉とシャ断の二つの機能を改善するために消弧装置の改良が試みられている。図 8. に NF 400-S 形、NF 600-S 形に使用されている消弧装置を示す。従来品に比べてテアイオングリッドの溝形状の改良と内側にアーキシャヘい板が追加されている。このアーキシャヘい板の追加によって、シャ断時にアーキのスムーズな駆動とテアイオングリッドの溶融がなくなることにより金属イオンの発生が抑えられ、確実なシャ断が行われる。またシャ断時の炭化物、溶融物の付着によるシャ断後の通電性能及び絶縁性能の劣化が著しく改善されている。

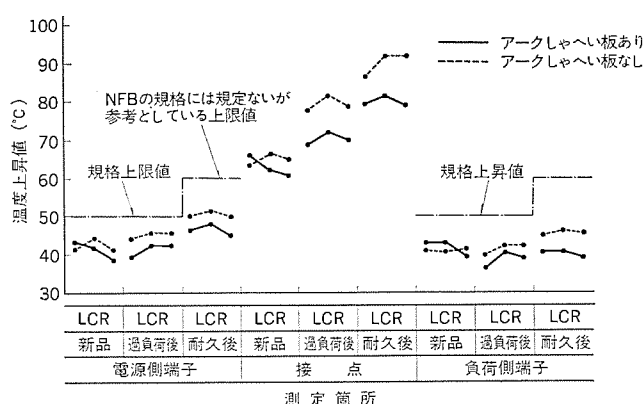
テアイオングリッド形の消弧装置は、比較的小さい事故電流では十分な磁気駆動力が得られにくいため、グリッドの大きさ、グリッドの溝形状及びグリッドと接点の距離などを実機で試験確認しながら最適の仕様に設計されている。

アーキシャヘい板は、アーキがグリッド側面へ駆動されるのを防ぐため、定格電流及び過負荷電流の開閉時にもアーキのスムーズな駆動が行われて、接点の消耗、溶融物の付着が抑えられる。表 2. に NF 600-S 形でアーキシャヘい板の有無による通電部の温度上昇値の比較を示す。

(3) NF 800-S 形、NF 1000-S 形、NF 1200-S 形

このクラスの NFB は、変圧器の並列運転時の電源容量を考慮して要求されるシャ断容量は従来品に比べ大幅に大きくなっている。このため汎用品の外形寸法では、シャ断時の熱的、機械的エネルギーを処理することは難しい。NF 800-S 形から NF 1200-S 形では、汎用品の投影面積（幅×長さ）を変えずに奥行のみ若干大きく（28 mm）することによって、シャ断距離を従来品の 2 倍にすることが可能になっている。この大きなシャ断距離と接点開離後に開閉機構ストップに

表 2. アークシャヘい板の有無による通電部の温度上昇値



- 注) 1. L. C. R とはそれぞれ NFB の左極、中極、右極を示す。
2. 接点の温度上昇限度は、周囲の絶縁物に有害でない温度と規定されている。NF 600-S 形の場合はガラスポリエステル樹脂を使用しているので 115°C 以下と考える。

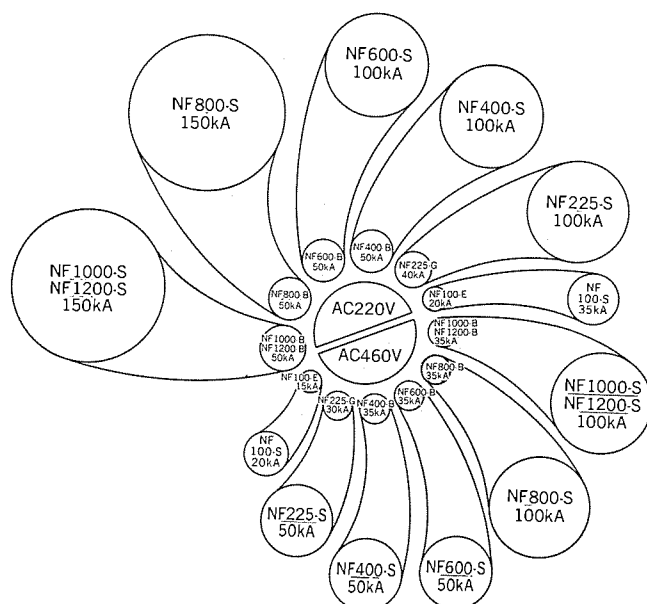


図 9. 新旧 NFB のシャ断容量比較

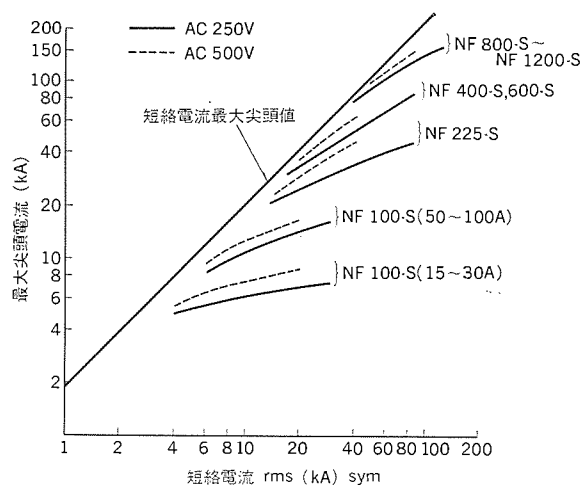


図 10. S シリーズの限流特性

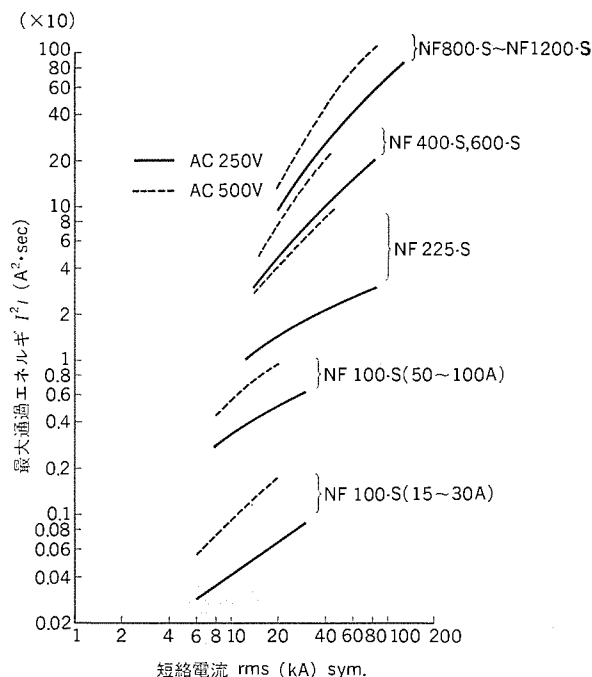


図 11. S シリーズの通過最大 $I^2 \cdot t$ 特性

当たって接点が閉路方向へはね返るのを防ぐ反発防止機構及び消弧装置、排気口の改良によって、短絡電流を確実にシャ断することができ。

(4) NF 100-RB 形, NF 225-RB 形

限流 プレーカ R シリーズは、単にシャ断容量が大きいだけでなく、短絡電流シャ断時の通過電流せん(尖)頭値と通過最大 $I^2 \cdot t$ が小さいことが望ましい。新形限流 プレーカは、図 4. に示すように汎用品の底部に電磁反発形限流器を結合させている。短絡電流が流れると汎用品側の反発子と限流器側反発子とが同時に反発開離する 2 点反発機構である。1 点シャ断式に比べて限流特性が改善され、従来品に比べて通過電流尖頭値と通過最大 $I^2 \cdot t$ が小さくなっている。

4.4 シャ断性能

(1) シャ断容量の比較

新形 NFB と従来品のシャ断容量の比較を図 9. に示す。

(2) シャ断性能

新形 NFB はこれまで述べたように、シャ断性能改善のためかずかずの改良を行っている。図 10. に限流特性、図 11. に通過最大 $I^2 \cdot t$ 特性を示す。

短絡電流シャ断時には、NFB の全シャ断時間は 10 ms 程度であるから、通過電流により導体内に発生する熱は外部へ逃げずにすべて導体温度を上昇させると考えてよい。

600 V ゴムあるいはビニル絶縁電線の場合、定格電流通電時の許容温度を 60°C、短時間許容温度を 150°C とすると定格シャ断容量に等しい推定短絡電流の回路で保護され得る最小電線が求められる。これを表 3. に示す。実用の回路では分岐電線が接続されるので、この電線による限流があり通過 $I^2 \cdot t$ が小さくなり、表 3. よりも細い電線が使用できる。

表 3. 定格シャ断容量に等しい推定短絡電流の回路で保護される電線の最小サイズ

形 名	AC 460 V		AC 220 V	
	定格シャ断容量 (sym, kA)	最小サイズ (mm ²)	定格シャ断容量 (sym, kA)	最小サイズ (mm ²)
NF 100-S	15 ~ 30A	3.5	30	2 φ
	50 ~ 100A	8		8
NF 225-S	42	22	85	22
NF 400-S	42	38	85	30
NF 600-S	42	38	85	30
NF 800-S	85	100	125	80
NF 1000-S	85	100	125	80
NF 1200-S	85	100	125	80
NF 400-CA	18	14	30	14
NF 600-CA	18	22	30	22
NF 100-RB	15 ~ 30A	5.5	125	5.5
	50 ~ 100A	8		8
NF 225-RB	125	22	125	22

5. 国際規格への適合

5.1 新形 NFB の各国規格への適合

NFB に関する国内規格には、日本工業規格 JIS C 8370、日本電機工業会標準規格 JEM 1071、電気用品の技術上の基準及び船舶用として鋼船規則 (NK) H 編電気設備 23 章シャ断器に関する付属規定などがある。また外国規格には、米国 NEMA, AB-1, UL 489, カナダ CSA C 22, 2 No. 5, 英国 BS 3871 Part 1, Part 2, 西独 V

表 4. 新形 NFB 適合規格一覧

規 格 名 称	NFB 認定の有無	S シ リ ーズ						C シ リ ーズ		R シ リ ーズ	
		NF 100 S	NF 225 S	NF 400 S	NF 600 S	NF 800 S	NF 1000 S	NF 1200 S	NF 400 CA	NF 600 CA	NF 100 RB
電 気 用 品 取 扱 法	有	○	×	×	×	×	×	×	×	×	×
日	JIS C 8370	無	○	○	○	○	○	○	○	○	○
本	JEM 1071	無	○	○	○	○	○	○	○	○	○
国	NK	有	○	○	○	○	○	○	○	○	○
国	IEC 157-1 (International Electro-technical Commission)	無	○	○	○	○	○	○	○	○	○
ア	NEMA AB-1 (National Electrical Manufacturers Association)	無	○	○	○	○	○	○	○	○	○
メ	ABS (American Bureau of Shipping)	有	○	○	○	○	○	○	○	○	○
リ	BS 3871 part II (British Standards)	無	○	○	○	○	○	○	○	○	○
カ	LR (Lloyd's Register of Shipping)	有	○	○	○	○	○	○	○	○	○
イ	BV (Bureau Veritas)	有	○	○	○	○	○	○	○	○	○
ギ	GL (Germanischer Lloyd)	有	○	○	○	○	○	○	○	○	○
リス											
ス											
フ											
ラ											
ン											
ス											
ト											
シ											

(注) ○は認定済 ○は適合 ×は対象外を示す。

表 5. 規格による絶縁距離

規 格	項 目 定格電圧 (V)	端 子				端 子 以 外			
		相 間		アース間		相 間		アース間	
		空 隙	沿 面	空 隙	沿 面	空 隙	沿 面	空 隙	沿 面
NEMA AB-1 UL 489	126 ~ 300	19	31.8	12.7	12.7	6.4	9.5	6.4	9.5
	301 ~ 600	25.4	50.8	12.7	25.4	9.5	12.7	9.5	12.7
NK	126 ~ 250	12	18	13	13	6	9	13	13
	251 ~ 500	20	26	13	20	10	13	13	20

DE 0660 及び船舶用として米国 AB, 英国 LR, 仏 BV, 西独 GL, ノルウェー NV などがある。一方、国際規格として IEC Pub. 157-1 がある。NFB は米国で開発され発達したことから、現在のところ国際的には NEMA 規格が主流となっているが、IEC 規格が整備されるにつれて次第にこの規格を採用する国が増加している。新形 NFB は JIS, JEM, NEMA, IEC, BS に適合するとともに表 4. に示すように各国の船級規格から認定されている。

5.2 絶縁距離

NFB の絶縁距離について規定してある規格として NK, 用品, NEMA, UL, VDE などがあるが、表 5. に示す NEMA, UL, NK 規格に大きな絶縁距離が規定されている。新形 NFB は NEMA 600 V, NK 500 V に適合するように設計されている。

5.3 定格電流可調整形シャ断器

負荷の増設や計画変更及び電気の保守管理上、定格電流を可調整にしておくほうが望ましい場合がある。特に欧州市場で使用されているものはこのタイプのものが多い。定格電流の可変は 1 個の調整つまみを回転することによって 3 極同時に設定変更できるようになっている。表 6. に新形 NFB の定格電流可調整形シャ断器の仕様を示す。800 A フレーム以上は電子式 ノーヒューズ シャ断器 (MELNIC)

表 6. 定格電流可調整形しゃ断器仕様一覧

フ レ ーム A	100	225	400	600	800	1200	2000
形 名	NF 100-S	NF 225-S	NF 400-S	NF 600-S	NFE 800-S	NFE 1200-S	NFE 2000
定格電流(可調整) A	15~20, 30~40	100~125 150~175	250~300	500~600	600~800	900~1200	1500~2000
基準周囲温度 40℃	50~65, 75~100	200~225	350~400				

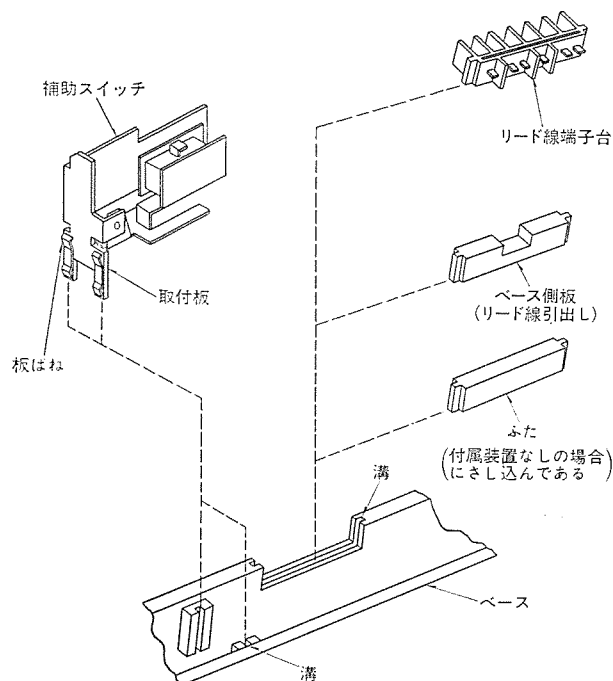


図 12. NF 225-S 形補助スイッチの取付け

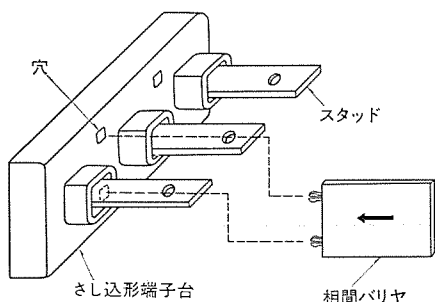


図 14. NF 400-S 形さし込形相間バリヤ

となる。

6. 付 属 装 置

NFB には多くの種類がありいろいろな用途に対して適切な製品を選ぶことができる。付属装置もまた各種用意されこれらを組合せて使用することによって更に用途を広げることができる。

6.1 付属装置の種類

新形 NFB には次の付属装置が取付けできる。

(1) 動作表示用

- (a) 警報スイッチ
- (b) 補助スイッチ

(2) 電気制御用

- (a) 不足電圧引外し装置
- (b) 電圧引外し装置
- (c) 電気操作装置

(3) 手動操作に関するもの

- (a) 外部操作として
- (b) 機械連動子
- (c) とってロック装置
- (4) 取付け、接続に関するもの

- (a) リード線端子台
- (b) 箱入しゃ断器
- (c) 端子カバー
- (d) 裏面形、埋込形、さし込形用端子バリヤ
- (e) リード線裏面引出し
- (f) リード線端子台裏面取付け

これらの詳細について以降に述べる。

6.2 付属装置の取付け

新形 NFB では各種付属装置ができるだけ簡単に取付け、取外しできるように設計されている。図 12. は NF 225-S 形補助スイッチの取付け要領を示す。標準タイプ NFB のカバーを外してベースに設けてある溝に付属装置取付板をさし込むと、取付板の両足についている板はねの力で付属装置はベースに固定される。

その後、リード線の本数及び引出し方法によって対応するベース側板、あるいはリード線端子台のいずれかを選んで、ベース側面の溝にさし込んである蓋と交換するだけで付属装置付きに改造することができる。警報スイッチ、不足電圧引外し装置、電圧引外し装置についても同様に簡単に取付けできる。

6.3 リード線の引出し方法

付属装置のリード線引出しの標準は、NFB 側面より約 450 mm の長さで引出したものである。新形 NFB では図 13. に示すようにリード線端子台付き、リード線裏面引出し、リード線端子台裏面取付けなど、要求によって各種引出し方法が製作できる。

6.4 裏面形、埋込形、さし込形の端子バリヤ

新形 NFB では端子部の安全性を考慮して、表面形の端子バリヤ、透明の端子カバーの外に裏面形、埋込形、さし込形の場合にも設備が要求する信頼度に応じて、端子部に相間バリヤを付けることができる。図 14. は NF 400-S 形さし込形用の相間バリヤを示す。相間バリヤは端子部の配線が完了した後、端子台の穴にさし込むだけで取付けできるように設計されている。

7. む す び

以上、新形 NFB と付属装置について概要を述べた。SCRUM シリーズは、低圧電路保護機器の主役としてその性能はもとより各保護機器間の協調、使いやすさ、安全性の向上など、いろいろな面から数多くの要望を解決して製品化されている。これから関係方面の要望にこたえるよう新製品の開発と改良に取組んで、NFB の一層の発展を図りたいと考えている。

引外し素子を半導体化した船用気中しゃ断器

江口 清司*・望月 義範*・田中 正幸*・石川 尊義*・矢木 沢 守*

1. ま え が き

タンカーの船腹過剰から、新造船は数万トンクラスの貨物船などがその中心になりつつある造船界であるが、船内の集中制御及び集中監視は更に高度化し、省力化、自動化が進展するにつれて、船内の配電系統の信頼性、つまり、給電の連続性は更に強く要求されてきている。船内配電系統の最も重要な保護機器は、発電機保護用しゃ断器であるが、このたび、その引外し装置を静止化し、発電機の過負荷、短絡からの保護と、下位の保護機器との協調をより完全なものとする事ができるように、長限時、短限時及び瞬時の引外し特性を広範囲でかつ高精度に設定できるようにした気中しゃ断器（以下、ACBと略す）を2機種開発したのでここに紹介する。

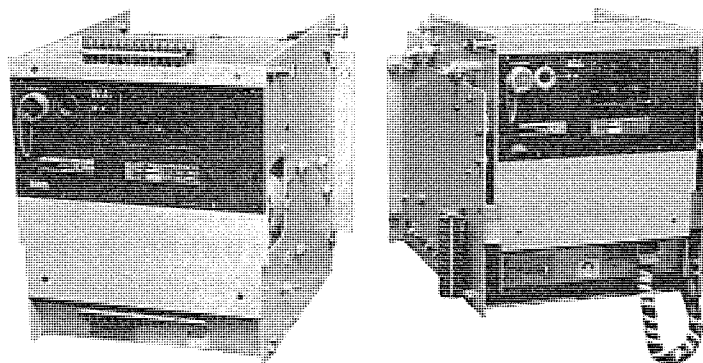
このACBは、AE形とABE形の2機種で、前者が金属フレームに覆われたデッドフロントタイプで、引出し構造を有するのに対し後者は開閉機構部が完全にモールドケースに覆われており、配線用しゃ断器の特長を備え持っているという違いはあるが、いずれも引外し装置を静止化したことにより、従来のACBにはない、優れた特長を持つものである。

なおAE形及びABE形は、いずれも既にNK、AB、LR、BV、GLの各船級協会の認定を受け、実使用を開始している。以下、その特長、仕様、性能について説明し、需要家各位のご参考に供したい。

2. AE形気中しゃ断器

AE形は、図1.に示すとおり正面及び側面は完全に金属フレームで覆われており、デッドフロントとなっているので危険な充電部や開閉機構部に触れないような構造になっている。また、引出し構造とすることができ、外形寸法を変えることなく電気操作とすることができるので、遠隔操作される自動化船にも使用できる。

最大定格電流は1,600Aであり、1,200kVA(450V)の発電機までに適用できる。以下、その特長、仕様、構造と動作及び引外し特性について述べる。



(a) 固定形

(b) 引出し形

図1. AE形気中しゃ断器

表1. AE形及びABE形の主な仕様

形 名		ABE 602	ABE 603	ABE 802	ABE 803	ABE 1002	ABE 1003	AE800	AE1600
フレームの大きさ A		600		800		1000		800	1600
極 数		3							
定 格 電 流 A		200～600		456～800		601～1000		500～800	800～1600
定 格 電 圧 V		500							
引きはずし特性	長限時—短限時—瞬時	—	○	—	○	—	○	○	○
定格しゃ断電流 sym AC500V・kA		30		30		30		35	50
定格投入電流 (n×定格しゃ断電流) kA		69		69		69		80.5	115
全しゃ断時間サイクル (60Hzベース)(SL)		2以下						3以下	
定格投入操作時間 sec (電動操作での投入時間)		0.2以下							
接 続 方 式		固 定 形						固 定 形	
								引 出 形	
ABE形		a	210	210	210	210	306	368	
		b	649	649	649	649	430	430	
		c	270	270	270	270	—	—	
		d	119	119	119	119	440	440	
		e	82	82	82	82	72	72	
製 品 重 量 kg	固定形	24	26	26	26	65	80		
	引出形	—	—	—	—	95	115		
操 作 方 式	手動(直接)	○	○	○	○	○	○		
	手動(外部)	○ とって(30)	○ とって(30)	○ とって(30)	○ とって(30)	—	—		
	電 動	○	○	○	○	○	○		
付 属 装 置	警報スイッチ (AL)	○	○	○	○	○	○		
	補助スイッチ (AX)	○	○	○	○	○	○		
	不足電圧引外し装置 (UVT)	○	○	○	○	○	○		
	電圧引外し装置 (SHT)	○	○	○	○	○	○		
	UVT制御装置(遅延形)	○	○	○	○	○	○		
	セルスイッチ (SL)	—	—	—	—	○ (引出形のみ)	○ (引出形のみ)		

2.1 特 長

- (1) 従来のACBに比べ、大幅に小形化、軽量化されており、盤の小形化、すえ(据)付スペースの節約ができる。
- (2) 引外し特性が正確で、設定が容易である。静止化されたAE形の引外しリレーは、従来のオイルダッシュポット式やサーマル式などの引外し素子と比較して、引外し特性が正確で、くり返しのばらつきが少なく、周囲温度によっても変化がない。また、引外し動作の復帰可能特性が優れているので、動作時間の設定による多段の選択しゃ断に適している。
- (3) 引外し動作のチェック回路が内蔵されており、このチェックは、たとえサービス状態のままでも確認できるようになっており、保守点検にたずさわる人が安心して使用できる。
- (4) 引出し機構とすることができ、メンテナンス性に優れた構造となっている。また、引出し位置を電氣的に検出する接点を装備できる。
- (5) 操作時間の短い電気操作が、外形寸法を変えることなく装備でき、自動同期投入方式に使用できる。

2.2 仕 様

AE形の主な仕様を表1.に示す。

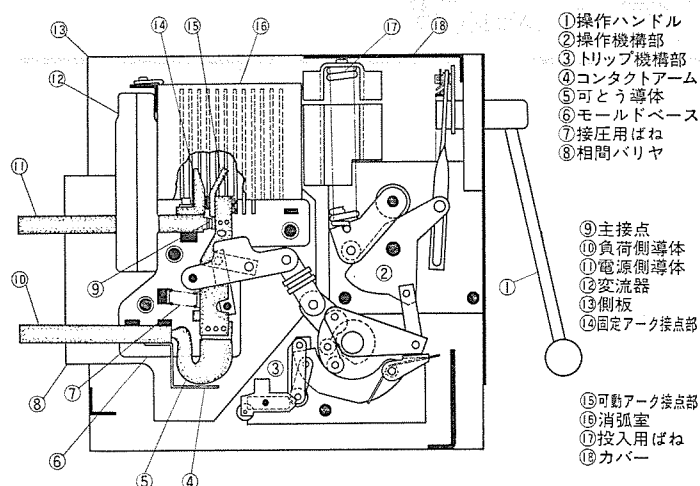


図 2. AE 形しゃ断器の構造

2. 3 構造と動作

(1) 構造

AE 形は金属の外かく(殻)を有するが、充電部は各相ごとにポリエステル成形樹脂のベースに固定され、更に相間は十分な絶縁バリヤで隔離されている。操作機構は、トルリンク機構、カム及び機構ばねを組合せたもので、接点の投入速度が操作速度に関係のない、いわゆる速入り速切り動作をする。したがって、IEC 157 及び BS 4752 の規格にあるような、遅入り操作のための投入容量の制限 (30 kA) を受けることなく、定格しゃ断容量の 2~3 倍の投入容量を有している。また、操作とってが投入位置に拘束した状態でも過電流引外し動作は正常に行える、いわゆるトリップフリーとなっている。

接点は複数の分割接点で、それぞれに通電接点とアーク接点とを備え、通電時には通電接点のみが接触し、投入時及び開放時にもアーク接点が接触するシーソー式接点構造となっている。したがって、通電とアーク発生のそれぞれの役割が明確で、それぞれに最適の接点材料の使用が可能となり、従来の ACB に比し、通電能力、耐消耗性、耐溶着性等の点で優れた接点構成となっている。なおアーク接点は簡単に取替えることができる。消弧室は配線用しゃ断器での多数の実験に基づくデータから、そのグリッドの形状、材質、板厚、グリッド間ギャップ、側板の材質などの総合的なバランスの取れた消弧室としており、しゃ断時のアークエネルギーの吸収能力に優れている。図 2. に AE 形しゃ断器の構造を示す。

(2) 動作

AE 形の引外し動作は、大きく分けると変流器、静止リレー、トリップコイル、開閉機構部、の順で行われる。変流器は、過電流特性の優れた専用の変流器で、各相に装備され、しゃ断器本体の各相に流れる電流はその値に比例した小電流に変換されてリレーへ供給される。リレーの動作については、4 章で詳しく説明するが、引外し特性は長限時、短限時及び瞬時の各引外し特性を有している。長限時引外しは、そのピックアップ値をしゃ断器定格電流の 80%, 100%, 110%, 115%, 125%, 140%, 160% の値に連続的に設定できる。長限時引外し時間は、発電機の保護を考慮してピックアップ設定値の 120% 電流にて、20 秒で動作するように調整されている。

短限時引外しは、ピックアップ設定値がしゃ断器定格電流の 200%, 250%, 300%, 350%, 400%, 450% 及び 500% に設定できる。そして、その引外し時間は、1,000% の電流で 80 ms から 300 ms まで調整できる。この短限時動作時間は、従来の機械式やオイルダッシュポッ

図 3. AE 形しゃ断器のリレー部

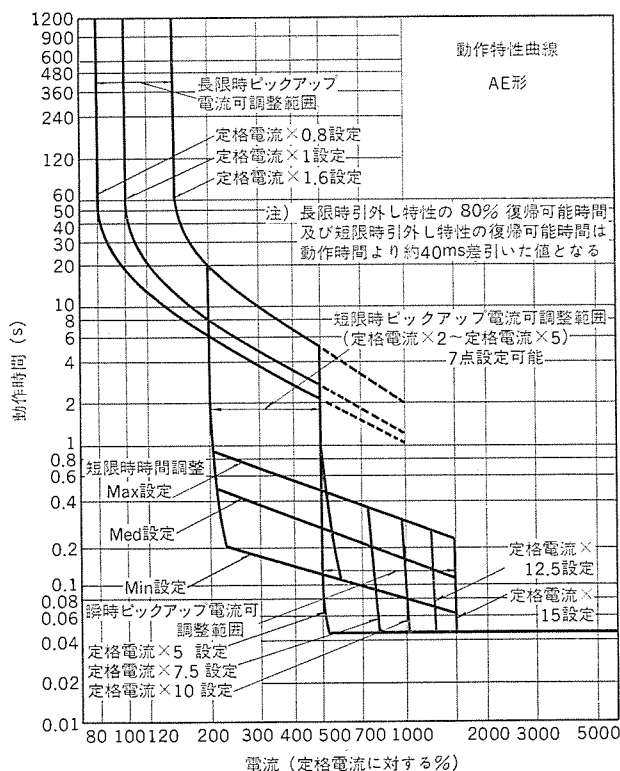
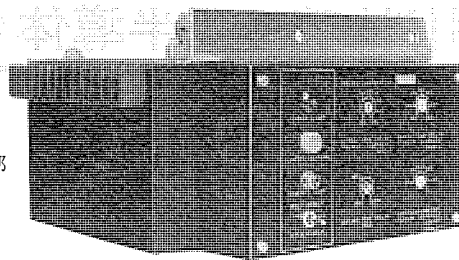


図 4. AE 形の動作特性曲線

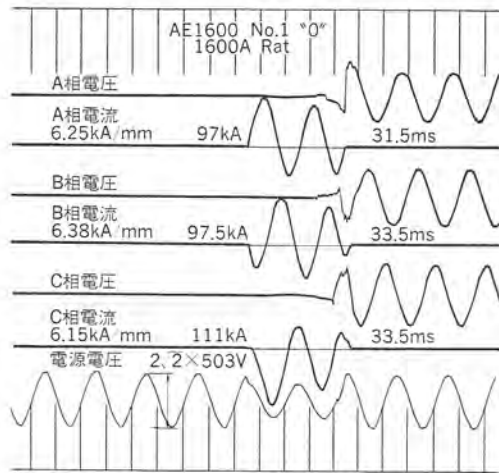
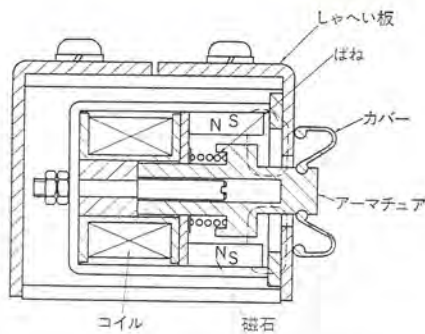
ト式の ACB の短限時動作時間に比較すると正確でかつ、この動作時間から約 40 ms を差し引いた値まで復帰可能性を有しており、下位のフィーダしゃ断器との選択しゃ断や、発電機間の選択しゃ断が確実に行える。

瞬時引外し動作は、そのピックアップ電流値をしゃ断器定格電流の 500%, 750%, 1,000%, 1,250%, 1,500% に設定できる。

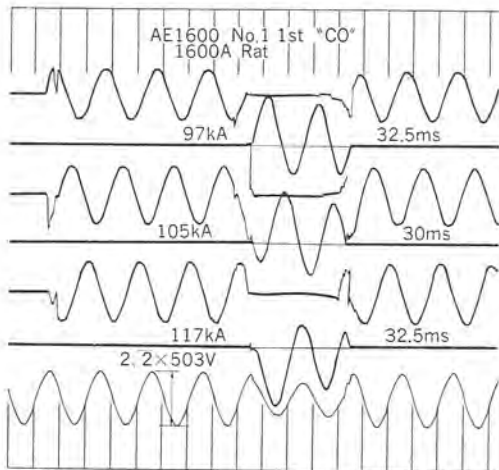
これらの引外し特性の設定は、しゃ断器正面のリレーボックスのダイヤルで簡単に行える。図 3. にリレー部の外観を、図 4. に AE 形の引外し特性を示す。図 3. においてダイヤル面の左部のわく(枠)内は、このリレーのチェックのためのボタン、表示灯類である。このチェック回路は、たとえサービス状態でも長限時及び瞬時の引外し特性がボタンを押すだけで確認できるものである。リレーの動作については 4 章で説明する。

リレーからの出力は、トリップコイルにより開閉機構部をトリップさせる。このトリップコイルは、小さいエネルギーで高速の安定した機械的出力を得るために、いわゆる釈放タイプの構造を持っている。図 5. にその構造を示す。図において、アーマチュアはばねに打ち勝って常時吸引状態にあり、リレーからの出力によってコイルにこの永久磁石の磁束を打ち消す磁束を生じさせ、ばねの力によりアーマチュアを突出させて、しゃ断器をトリップさせる。このとき、永久磁石の磁束の一部は 1 点鎖線の磁路を形成し、アーマチュアの突出力を増加させる構造となっている。

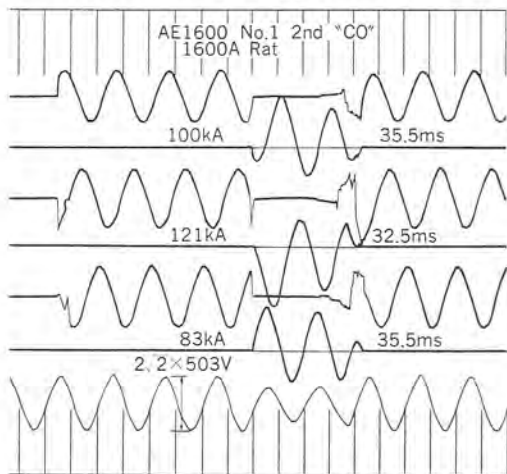
図 5. トリップ
コイルの構造



(a) 0 責務



(b) 1st CO 責務



(c) 2nd CO 責務

図 6. AE 形のしゃ断オシログラム

2. 4 投入及びしゃ断性能

しゃ断器の基本的な機能は、その名が示すとおり事故電流を安全にしゃ断することにある。AE 形は AC 500 V, 50 kA (対称値) の短絡電流を投入しゃ断できる。図 6. にそのオシログラムを示す。

3. ABE 形気中しゃ断器

当社では、従来 AB 形として実績のある配線用しゃ断器の技術を流用し、オイルダッシュポット式引外し装置を有する ACB を需要家各位に提供し、既に数千台の実績を持っている。ここに紹介する ABE 形 ACB は、この AB 形の引外し素子を半導体化したもので、その他の特長は AB 形からそのまま引継いだものである。ABE 形には、長限時及び瞬時引外し特性を有する ABE 1002 形・ABE 802 形・ABE 602 形と長限時、短限時及び瞬時引外し特性を有する ABE 1003 形・ABE 803 形・ABE 603 形とがある。フレームサイズは最大 1,000 A で 750 kVA の発電機までに適用できる。図 7. にその外観を示す。

3. 1 特 長

ABE 形は、通電部、開閉機構部が完全にモールドケースに覆われており、手が触れる心配がなく、操作が配線用しゃ断器と同様で容易である。また、引外し特性のうち、長限時及び短限時の引外しは半導体リレーによっているので、前述の AE 形と同様の幾つかなの特長を有している。

- (1) モールドケースに覆われており、取扱い及び操作が安全で容易である。
- (2) 小形・軽量で盤スペースが節約できる。
- (3) 長限時及び短限時引外しは、変流器出力を半導体リレーによりコントロールして得ており、従来のオイルダッシュポット式に比べ、設定が簡単で動作が正確であり、オイル粘度の周囲温度による変化により、動作時間が大幅に変化することがない。
- (4) 上記半導体リレーには、テスト用電源を接続しておけばリレーのチェックができるチェック回路を内蔵しており、信頼度が高い。このチェック回路は、しゃ断器がサービス状態のままで、トリップさせないで行えるよう工夫してある。
- (5) 操作時間の短い電気操作が装備でき、自動同期投入に使用できる。

3. 2 仕 様

表 1. に ABE 形の基本的な仕様を示す。

3. 3 構造と動作

(1) 構 造

ABE 形の構造は、開閉機構部は配線用しゃ断器、引外し部は前述の AE 形に似ている。つまり、開閉機構部は配線用しゃ断器と同一のトグルリンク機構をそのまま使用している。したがって、接点の投入速度及び開離速度がとっての操作速度に関係のない、いわゆる速入り速切り構造となっているほか、とってを ON に拘束したままでも引外し動作が行えるトリップフリーに



図 7. ABE 形気中しゃ断器

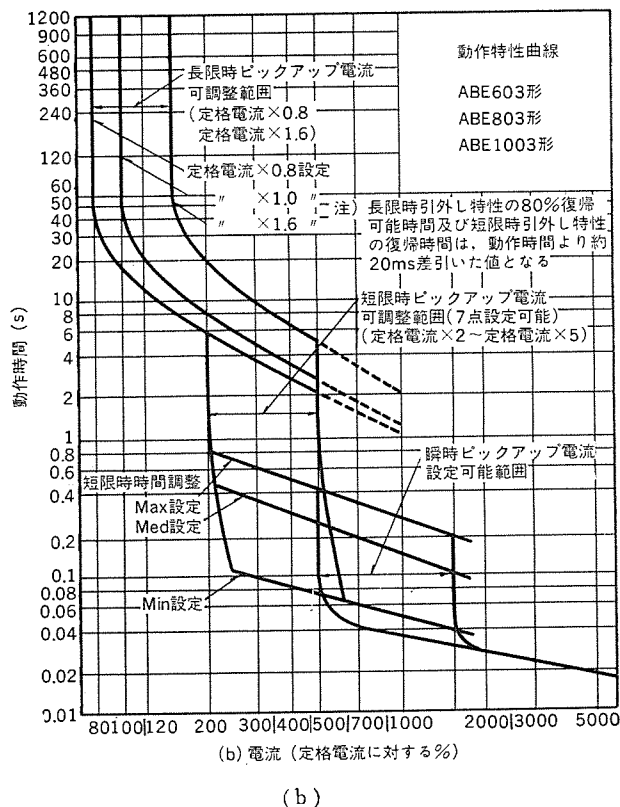
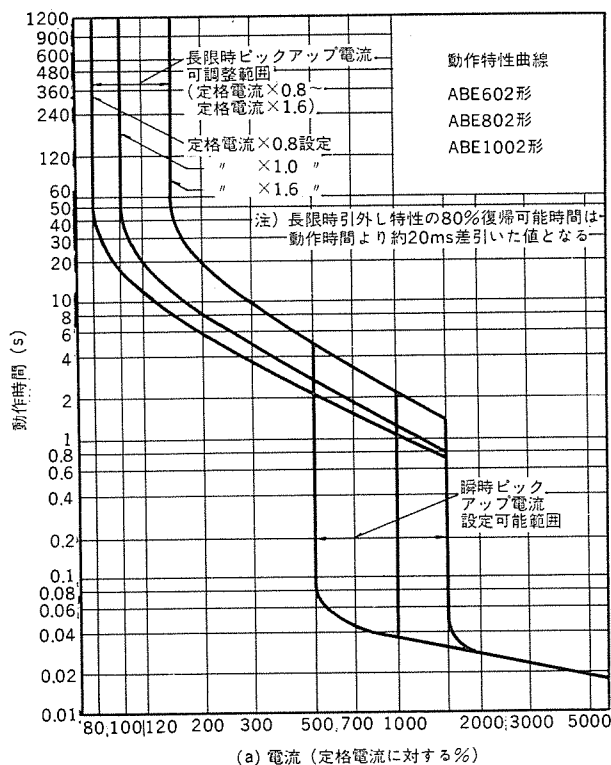


図 8. ABE 形の引外し特性

なっている。またアーク接点は、簡単に取外しができ、スペアと交換できる。

(2) 動作

ABE 形の動作は前述の AE 形と同様であるが、異なるのはその瞬時引外し動作は配線用しゃ断器と同じく、電磁石による機械的引外し方式である点である。図 8. に ABE 形の動作特性曲線を示す。

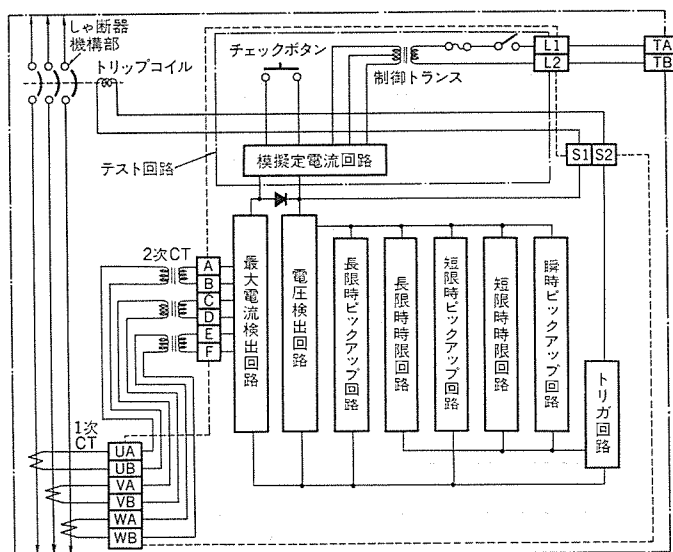


図 9. 引外しリレー ブロックダイアグラム

4. 引外しリレーの構成と信頼性の向上

4.1 リレー回路とその動作

AE 形の長限時、短限時及び瞬時引外し動作、並びに ABE 形の長限時及び短限時引外し動作は静止化されたリレーにより制御されている。このリレーのブロックダイアグラムを図 9. に示す。

図 9. において、各相の電流は変流器によりその値に比例した小電流に変換されて、最大電流検出回路に供給される。この各相の入力は、ここで整流されると同時に各相の電流のうち最大の電流だけが常に取り出され、その値に比例した電圧を電圧検出回路に発生させる。そして、その値の大きさに応じて長限時、短限時及び瞬時の各ピックアップ回路を動作させる。各ピックアップ回路はそれぞれ比較回路をもっており、入力電圧がおののの比較回路の定められた値以上になったときに動作を開始するので、この比較電圧を変化することにより、発電機の保護に要求される引外し特性を設定できる。各ピックアップ回路が動作すると、各時限回路はその入力に応じた時間遅れの後に、また瞬時ピックアップ回路は直ちにトリガ回路を駆動し、トリップコイルの励磁回路を形成する。これにより、トリップコイルは前記の最大電流検出回路からの電流によって励磁され、しゃ断器の開閉機構部を引外す。

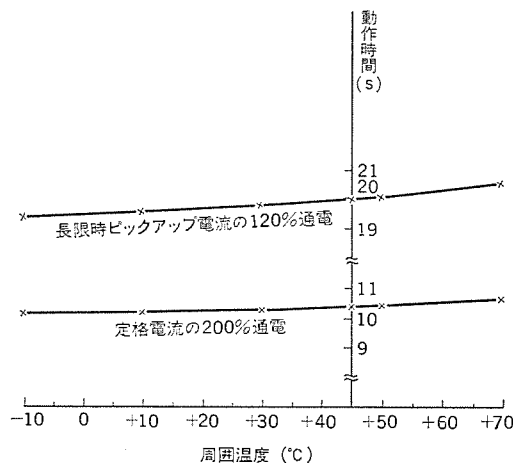
以上、リレー回路の動作を説明したが、これらの回路の制御電流及びトリップコイルの励磁電流は、いずれも変流器からの入力電流のみに依存している。したがって、リレー回路のための制御電源は全く必要なく、制御電源が必要な場合の欠点、つまり、電圧選定の煩わしさ、流入するサージ、ノイズ等によるトラブルなどの欠点を取り除かれている。

4.2 リレー回路の信頼性

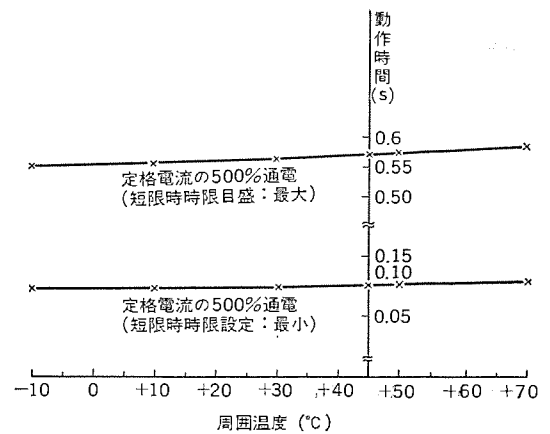
発電機保護用しゃ断器は、過負荷及び短絡事故からの発電機の保護という使用目的から、高度の信頼性が要求されるのは言うまでもない。このため、AE 形及び ABE 形に使用している半導体リレーは、そのための幾つかの方策をとっている。

(1) 回路方式の考慮

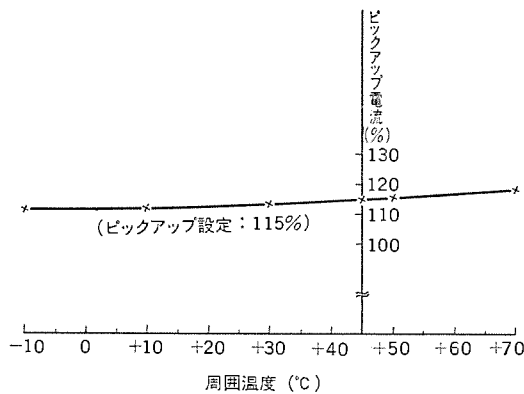
4.1 節で述べたとおり、リレー回路の動作は変流器からの検出電流だけで動作させており、制御電圧は変流器からの入力電流に比例している。このことは、しゃ断器がピックアップ以下の通常の通電状態



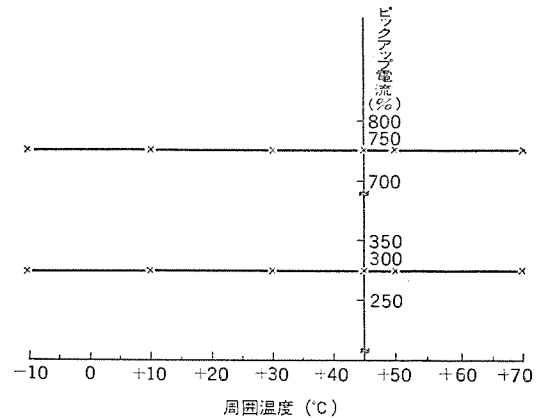
(a) 長限時時限温度特性



(b) 短限時時限温度特性



(c) 長限時ピックアップ電流温度特性



(d) 短限時、瞬時ピックアップ電流温度特性

図 10. 周囲温度に対する引外し特性の変化

では入力レベルがかなり低い値となっており、各素子は、常時はデレーティングされて使用されている。また、トランジスタを使用した能動回路は、リニアな増幅回路を使用せず、すべてスイッチング動作となっているため、動作が極めて明確で特性の安定が得られている。例えば、図 10. に、周囲温度に対する引外し特性の変化を示す。この特性は、従来のオイルダッシュポット式やサーマル式の引外し素子を持つ ACB の引外し特性が、周囲温度の変化によりピックアップや動作時間の補正を要しているのに対し、格段に優れた特性を示している。更にリレー回路は、主回路と変流器を介して結合しているだけで、主回路からのサージやノイズに対しても優れた耐力を持っている。

(2) 使用部品の選定とデバッキング

リレー回路に使用している抵抗、コンデンサ、トランジスタなどはすべて産業機器用を使用し、定格に対して十分なデレーティングを行って使用している。また組立後は、高温における動作ヒートランによるデバッキングを行い、それに合格したものを組み込んでいる。

(3) チェック回路の内蔵

引外しリレーにはチェック回路が内蔵されており、長限時及び瞬時の引外し特性がいつでもチェックできるようになっている。このチェック回路は AC 100 V の外部電源により、変流器の 2 次出力電流と等

価な直流電流を、定電流回路によりリレー回路に流入させ、正常ならば規定時間でチェックランプが点灯する。このチェックはトリップコイルとは別に行うため、ACB をトリップさせることなく動作特性のチェックが行える。このため、たとえ ACB を通して負荷機器に給電中であっても、連続給電を保ちながら特性のチェックができるという特徴を持っている。

(4) 環境特性

船舶用しゃ断器の設置される周囲環境はさまざまであり、かなりの悪環境でも正常に動作しなければならない。このため、AE 形及び ABE 形に使用しているリレー回路に関しても、NK、LR、AB、BV、IEC 等の規格に準拠して、耐温、塩霧、熱衝撃、耐亜硫酸等の各種環境試験を行って、特性に影響のないことを確認している。

5. む す び

以上、新たに開発した船用気中しゃ断器について紹介したが、最近の半導体の進歩と信頼性の向上技術とが相俟って、更に、各種の機器へエレクトロニクス応用技術は進むものと考えられる。今後、更に高度化する製品への要求を正確には(把)握し、改良を進めていく考えである。

選択協調形漏電リレーによるアーク地絡保護

新田 裕稔*・小林 照朋*・佐藤 勇*・石井 康裕*

1. ま え が き

最近、ビルの高層化に伴い3相4線式400V級配電が多くなっているが、400V級配電は200V級配電に比較して電気設備費の低減、電力損失・電圧降下の改善などの利点があるが、短絡容量の増大、対地電圧の増加等により短絡事故・地絡事故に対し一層の保護を考える必要がある。しかし現状では電源側に近い幹線における地絡保護は行われていないのが普通である。

しかるに実際の幹線としては、対地電圧の増加、力率改善用コンデンサ設置等によるサージ発生機会の増加などにより地絡事故が多く、かつ高層ビルなどでは鉄骨接地が実施されているため、地絡インピーダンスが低いのでいったん地絡事故が発生すると大きな地絡電流が流れ、地絡事故の一形態であるアーク地絡事故が発生しやすい。

このアークによる大量の熱エネルギーにより電路・機器の金属部が溶融し、絶縁物は焼損する、しかもアークは事故点にとどまらず他の機器に波及し装置全体を使用不能とする恐れがある。

本文では幹線のアーク地絡保護になくてはならない「選択協調形漏電リレー」について最近の技術進歩の成果と併せて紹介する。

2. アーク地絡事故の実態

一般の地絡事故は、電路あるいは電気機器が通常の絶縁抵抗値以下の抵抗値によって大地へ接触する事故であり、感電・漏電によるものから完全地絡まで、その対地電圧、接地インピーダンス等により地絡電流値は数mAから数千Aまでさまざまである。

これらの地絡事故に対しては、分岐に高速形の漏電リレー、漏電リレーを使用し、幹線には動作時間の協調をとるため時延形の漏電リレー、漏電リレー等を使用する方法が普及しつつある。これにより一般の地絡事故の保護は可能であり、地絡事故による電路・機器の損傷は事故点にとどまり比較的軽微である。

これに対し、アーク地絡事故は電路あるいは機器がアークにより大地と結ばれる事故であり、その事故電流値はアーク電圧降下・接地インピーダンス等により決まるが、3相金属短絡電流に比較して相当小さい値である。このため一般の配線用リレーのみ使用している電路では、アーク地絡電流が配線用リレーの瞬時引外し領域に至らないためアークが長時間継続する可能性がある。

また漏電リレーを使用した場合においても時延形の場合は動作時間が長いので、その間アークが持続する。

このアーク地絡が持続する場合、アークによる大量の熱エネルギーのため設備は著しい損傷を受け、またアーク点が移動するため他の健全な機器にも波及する恐れがある。

このアーク地絡事故の例の中で最もよく知られている事故は、ニューヨークのある大きなアパートにおける事故である。この場合、480/277Vの配電回路において1時間にわたりアーク地絡が持続し、配電盤が完全に焼損し、その5,000A母線が出発点まで完全に焼損した。その結果エレベータ・照明・給水ポンプ等が完全に停止し、アパート

の入居者約1万名が不便な生活を強いられ復旧までに数日間を要したとのことである。

このようにアーク地絡事故が持続した場合、一般の地絡事故と異なり電路・機器は著しい損傷を受ける。

3. アークによる電路・機器の損傷

3.1 アークエネルギーと機器の損傷程度

アーク地絡事故の規模は地絡電流値だけでなく、地絡電流・アーク電圧・持続サイクルにより求まるアークエネルギー P により表され、次式により求めることができる。

$$P = \frac{I \cdot E \cdot t}{1000} \dots \dots \dots (1)$$

ここに P : アークエネルギー (kW-サイクル)

I : 地絡電流実効値 (A)

E : アーク電圧 (V)

t : アークの持続サイクル (サイクル)

アーク電圧 E は、地絡電流とアーク点のギャップの関数であり、図1.に示すように通常の電路ではほぼ100V前後である。

式(1)で求まるアークエネルギーと機器の損傷程度は種々の試験結果より表1.のようになる。この試験の一例としてブスバーと取付板の間に強制的にアーク地絡事故をおこし、損傷程度を調査した結果を次に述べる。図2.(a)は試料、図3.は試験回路を示す。

まず2,000kW-サイクルの損傷程度をみるためにブスバーの中央極と

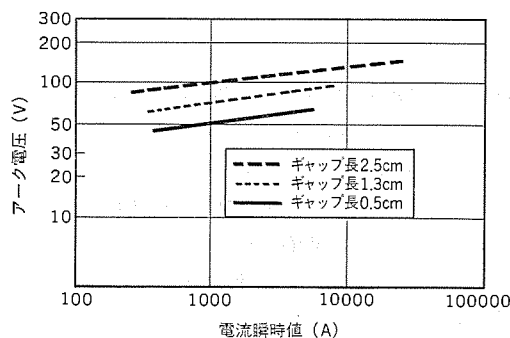
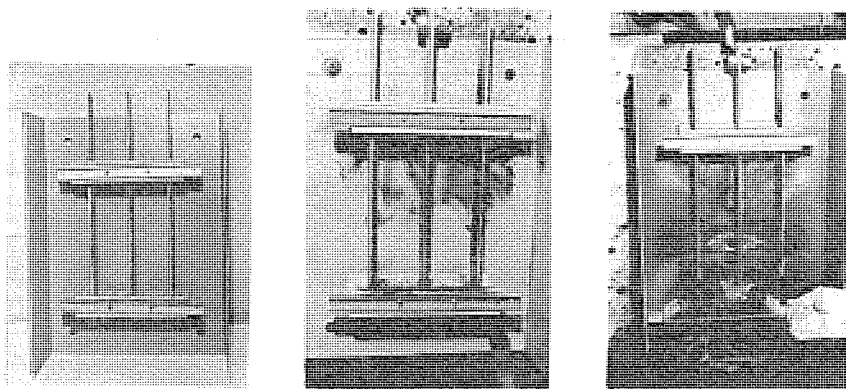


図 1. アーク電流とアーク電圧特性

表 1. アークエネルギーと機器の損傷

アークエネルギー	機 器 の 損 傷 程 度
100 kW-サイクル	機器の取付パネル上にはん点、煙のあとが残る程度で実害はない。
2,000 kW-サイクル	取付パネルは溶融するが貫通はしない程度。 導体露出部は溶融するが溶断しない程度。 機器絶縁部はアークにより汚損するが清掃により絶縁回復する。 アークエネルギーはこの程度以下にとどめる必要がある。
10,000 kW-サイクル	アークによる取付金属部、導体露出部の溶融は著しいが、アークは箱内にとどまり他の箱又は盤へ波及しない程度。 当該発生箇所は箱又は盤は機能を喪失する。
20,000 kW-サイクル	アークは箱又は盤内にとどまらずケースを破壊し、隣接の箱又は盤にも波及する。



(a) 試験前 (b) 1,900 kW-サイクル 通過後 (c) 19,800 kW-サイクル 通過後

図 2. アーク地絡電流による損傷程度

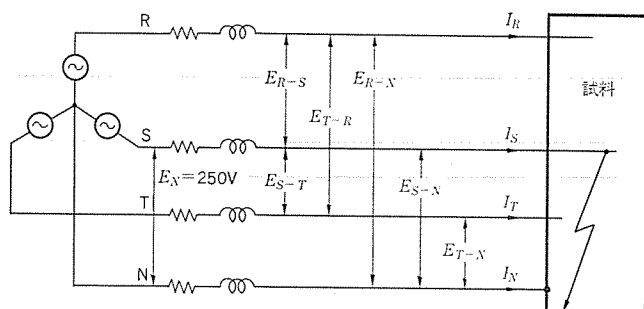


図 3. 試験回路

取付板の間に 6,900 A のアーク地絡電流を 2.5 サイクル 通電した。図 4. はそのときのオシログラムである、アーク電圧は 110 V であるからアークエネルギーは式(1)より約 1,900 kW-サイクルとなる。また損傷程度は図 2. (b) に示す。取付板のアーク地絡点が若干溶融して、その付近はアークにより汚損しているが清掃により再使用可能である。

図 5. は上記と同一条件で 25 サイクル 通電した オシログラムである。アーク電圧は 120 V、アーク地絡電流は 6,600 A であり、式(1)よりアークエネルギーは約 19,800 kW-サイクルとなる。図 2. (c) はその損傷程度を示すものでブスバーは相当溶融し、取付台は焼損し取付ねじとブスバーの間にもアーク電流が流れ取付ねじが溶融し、取付台が脱落して、再使用不可能である。

このようにアークエネルギーは 2,000 kW-サイクル 以下にとどめる必要がある。

3.2 アーク地絡の最小持続電流

過大なサージなどで瞬間的に地絡電流が流れても、地絡インピーダンスが大きくて地絡電流が少ない場合にはアーク地絡事故には至らない。アーク地絡の最小持続電流はアーク点の電極配置、形状、ギャップ、周囲のふんい気などにより大幅に変化するが、ほぼ 350 A 程度で、この値以下になるとアークが不安定となり自然消滅する。アーク地絡が自然消滅した例のオシログラムを図 6. に示す。この試験では 300 A のアーク地絡電流が流れたが約 7 サイクルで自然消滅しており、3 相アーク短絡への移行は認められなかった。このときのアーク電圧は 57 V でありアークエネルギーは式(1)より約 120 kW-サイクルとなり、損傷はアーク地絡点にわずかにはん点が残った程度で軽微であった。

4. アーク地絡保護

以上のように電路・機器に過大な損傷を与えるアーク地絡に対してできる限り速やかに電路をしゃ断し、機器の損傷を最小限にとどめる保護手段が必要になる。

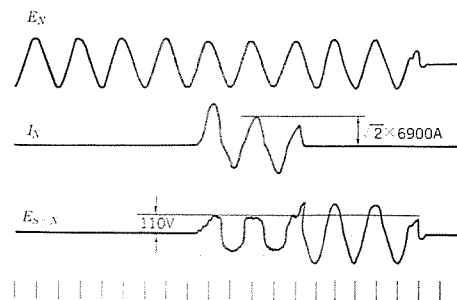


図 4. 2,000 kW-サイクル の例

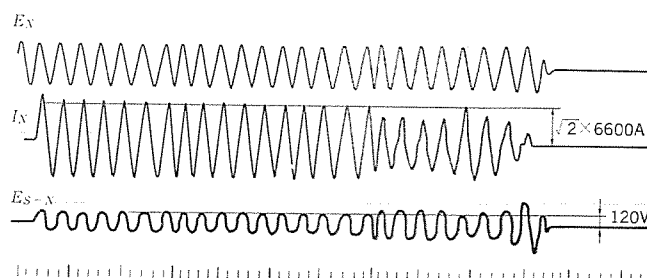


図 5. 2,000 kW-サイクル の例

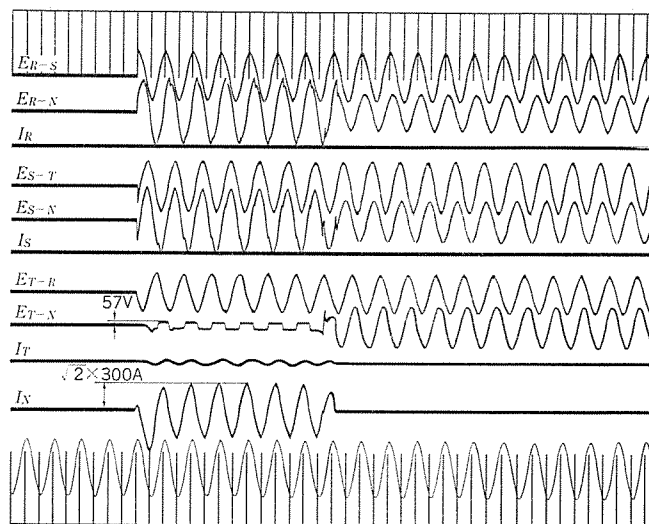


図 6. アークが自然消滅した例

そこで、まず一般のノーヒューズしゃ断器によりアーク地絡保護が可能か検討してみる事とする。図 7. は三菱 NF 1000-S 形 ノーヒューズしゃ断器の動作特性曲線を示す図である。同図で、アークエネルギー 2,000 kW-サイクルを示す直線は式(1)においてアーク電圧を 100 V と仮定して求めたものである。ここで 350 A 以下の地絡電流が示されていないのは、この値以下ではアークが持続せず自然消滅するからである。

図で示すように約 8,000 A 以下のアーク地絡電流が流れた場合にはノーヒューズしゃ断器が動作するには数十秒以上の時間がかかり、その間許容限界を超過する事を示しており、ノーヒューズしゃ断器はアーク地絡に対して有効な保護手段とはなりえない。

次に漏電しゃ断器・漏電リレーを使用してアーク地絡保護が可能か検討する、図 7. に三菱高速形及び時延形漏電しゃ断器・漏電リレーの動作特性曲線を示す。時延形の場合には斜線部の領域では保護で

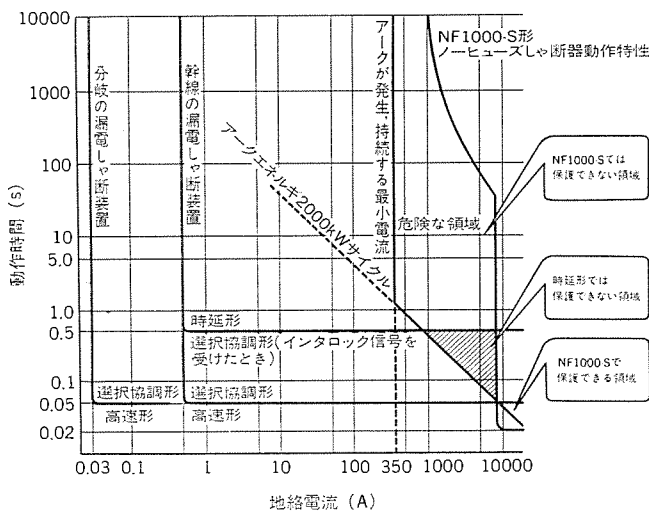


図 7. 各種機器によるアーク地絡保護

表 2. 各種漏電しゃ断器, 漏電リレーの組合せ

組 合 せ		幹線での アーク地絡保護	分岐-幹線 地絡選択しゃ断
幹 線	分 岐		
高 速 形	高 速 形	○	×
時 延 形	高 速 形	図 7. のように保護 できない領域がある	○
選 択 協 調 形	選 択 協 調 形	○	○

きないが、高速形の場合には保護可能であることが分かる。

一方電路を考えた場合、分岐に高速形を設置することは一般的であるが、幹線に高速形を使用すると分岐に発生した地絡電流が過大な場合、幹線のしゃ断器までトリップしてしまい選択しゃ断が行われない。この選択しゃ断をするために幹線に時延形を設置したのでは前述のようにアーク地絡保護はノーヒューズしゃ断器よりは保護範囲が拡大するが完全ではない。

理想的なアーク地絡保護を行うには、分岐で生じた地絡に対しては分岐は高速形で動作し、幹線は時延形の特長をもって選択しゃ断をする。一方、幹線で生じた地絡に対しては幹線と言えども高速形として動作する漏電しゃ断器・漏電リレーが必要である。

このような要求にこたえるため開発された漏電リレーが、三菱選択協調形漏電リレー NV-ZU である。

5. 三菱選択協調形漏電リレー NV-ZU 形の概要

理想的なアーク地絡保護ができる選択協調形漏電リレー NV-ZU 形についてその仕様・特長及び性能の概要を紹介する。

5.1 仕様と特長

NV-ZU 形漏電リレーの仕様を表 3. に、外観を図 8. に示し、その主な特長を次に述べる。

(1) 高速しゃ断をし、かつ地絡選択しゃ断ができる。

図 9. において R_1 , R_2 , R_3 はすべて NV-ZU 形漏電リレーで定格感度電流は選択性をもたせるために図のように設定してある。今、分岐の④点で地絡が起きると R_1 が高速で動作すると同時に幹線の R_3 へインタロック信号を送り動作時間を遅らせるため R_3 は動作せず他の健全な分岐回路には連続給電をする。幹線の⑥点で地絡が起きると R_3 は高速で動作する。

このように NV-ZU 形漏電リレーは、いかなる箇所に発生した地絡に対しても高速形として地絡をしゃ断するためアーク地絡に対し

表 3. NV-ZU 形漏電リレー仕様一覧

形 名		NV-Z15U	NV-Z30U	NV-Z40U	NV-Z60U	NV-Z80U	NV-Z100U
零相変流器(ZCT) 穴径 (mm)		15	30	40	60	80	100
相 線 式		3φ 4W 3φ 3W 1φ 3W 1φ 2W					
制御電圧 AC (V)		100/200 切換			200/415 切換		
定格感度電流 (mA)		30	200/500/1000 切換		200/500/1000 切換		
動作時間 (s) 以内		0.1 (インタロック信号によるバックアップ動作は 0.15~0.5 秒)					
漏電表示方式		電気式 (ランプ)					
リセット方式		リセットボタンを押す。又は制御電源を一度 OFF する					
定格短時間電流 (kA)		100 (尖頭値)					
内 蔵 接 点	構 成	1 a					
	連続通電電 流 (A)	5					
	しゃ断電流 (A)		AC 100V	AC 200V	AC 415V	DC 30V	
		cos φ=1.0	5	5	1	5	
		cos φ=0.4	2.5	2	0.6	2	
接 続 方 式		表面形 埋込形					
製 品 重 量 (kg)		0.7	0.9	1.1	2.5	3.1	3.8

1 次導体付漏電リレー

形 名		NV-ZU400	NV-ZU600	NV-ZU800	NV-ZU1000	NV-ZU1200	NV-ZU1600	NV-ZU2000	NV-ZU3200
最大通電電流 (A)		400	600	800	1000	1200	1600	2000	3200
極 数		3							
制御電圧 AC (V)		100/200 切換				200/415 切換			
定格感度電流 (mA)		200/500/1000 切換							
動作時間 (s) 以内		0.1 (インタロック信号によるバックアップ動作は 0.15~0.5 秒)							
漏電表示方式		電気式 (ランプ)							
リセット方式		リセットボタンを押す。又は制御電源を一度 OFF する							
定格短時間電流 (kA)		100 (尖頭値)							
内 蔵 接 点	構 成	1 a							
	連続通電電流 (A)	5							
	しゃ断電流 (A)			AC 100V	AC 200V	AC 415V	DC 30V		
		$\cos \phi = 1.0$	5		5	1	5		
		$\cos \phi = 0.4$		2.5	2	0.6	2		
接 続 方 式		表面形				埋込形			
製 品 重 量 (kg)		6.5	6.5	11	11	11	27	27	54

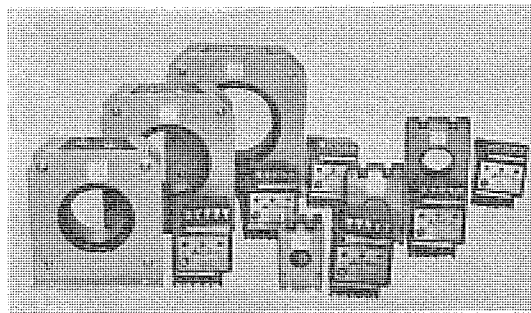


図 8. NV-ZU 形漏電リレーの外観

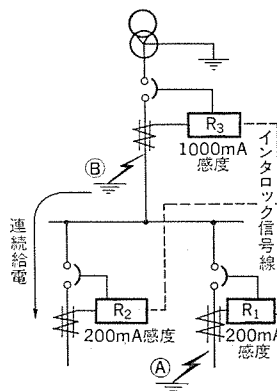


図 9. NV-ZU 形漏電リレーの接続例

理想的な保護を可能とし、かつ分岐の NV-ZU 形漏電 リレー とは地絡選択し断ができる。

(2) IC を使用

NV-ZU 形漏電 リレー の地絡検出方式は半導体式電流動作形で、この心臓部であるスイッチング回路、増幅回路が IC (集積回路) 化されている。これにより従来のディスクリート回路と比較して多くの電子部品が使用できるので余裕のある品質の安定した回路構成ができる。

また IC だけ単独でパッケージに内蔵しており耐環境も一段と優れている。このように IC を使用することにより信頼性が一段と向上する。

(3) 3,200 A までシリーズ化

零相変流器は図 8. のように電線が配線しやすいように貫通式を 15 ϕ mm (3 ϕ 3 W で最大通電電流 60 A 程度) から 100 ϕ mm (3 ϕ 3 W で最大通電電流 1,000 A 程度) まで 6 機種と、パ ー配線用として 1 次導体付きのものを最大通電電流 400 A から 3,200 A まで 8 機種シリーズ化しているので通常の低圧電路の幹線から末端回路まで設置することができる。

(4) 零相変流器とリレーは分離形

リレー部は通常操作を必要とするから盤の表面に設置し、零相変流器は盤内の配線の最も適したところに設置することができるようにリレー部と零相変流器は分離形にしているから盤スペースを有効に利用でき、かつ配線が容易である。

(5) 埋込形ができる

リレー部は表面形と埋込形があるから盤に合わせた最適の構成ができる。

(6) 感度切換形

定格感度電流は 30 mA 固定形と 200/500/1,000 mA の 3 段切換形のものがあるので幹線から末端電路まで電路に最適の感度を容易に選定することができる。

(7) 感電保護ができる

末端回路用には定格感度電流 30 mA、動作時間 0.1 秒以内の漏電リレーを製作するので感電保護もできる。

5.2 構造と動作原理

NV-ZU 形漏電 リレー は図 10. のブロック図に示すように、零相変流器、増幅部、スイッチング部、インタロック信号送信部、時限切換部、高速動作時限部、時延動作時限部、内蔵リレー、漏電表示灯、リセット部及びテスト装置により構成されている。このうちインタロック送信部、時限切換部及び 2 個の時限部を有していることが NV-ZU 形漏電リレーの特長である。また、増幅部、スイッチング部は 1 個の IC (集積回路) で構成され信頼性を高めている。

動作原理は電路が健全な場合往路電流と帰路電流が等しいため、零相変流器に発生する磁束は互いに打消し合って零相変流器の 2 次

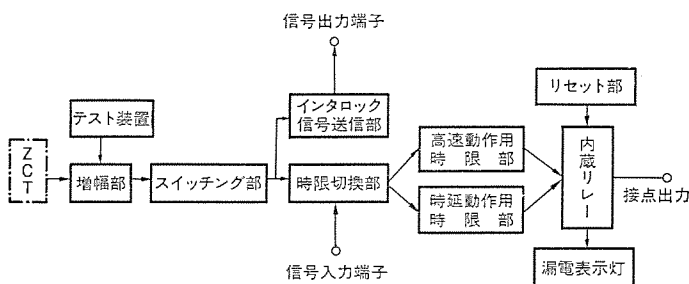


図 10. NV-ZU 形漏電 リレー のブロック図

側に電圧は誘起されないが、電路に地絡が発生すると往路電流と帰路電流のベクトル和は零とならず、零相変流器に磁束が発生し、2 次側に出力がでる。これを増幅部で増幅し、スイッチング部でレベル判別をする。増幅部の出力がスイッチング部の基準レベルを超えた場合、その出力はインタロック信号送信部と時延切換部に与えられる。インタロック信号送信部は直ちに上位の漏電リレーに地絡を検出したことを知らせる信号を送信する (この信号により上位の漏電リレーは時延形の特性になる)。一方時延切換部は下位の漏電リレーからインタロック信号が送信されていなければ高速動作時延部へスイッチング部の出力信号を送り、インタロック信号があれば時延動作時限部へスイッチング部の出力信号を送る切換部である。したがって下位の漏電リレーからインタロック信号を受信していない場合は、スイッチング部の出力は高速動作時限部に与えられ、内蔵リレーは高速動作をする。同時に発光ダイオードによる漏電表示灯が点灯し、漏電リレーが動作したことを表示する。

一方、下位の漏電リレーからインタロック信号を受信した場合は、スイッチング部の出力は時延動作時限部に与えられ、内蔵リレーは約 0.3 秒後に動作する (しかし通常は下位の漏電リレーが高速動作して地絡を除去するので動作しない)。

リセットボタンを押すことによりリセットできるが、この漏電リレーは電氣的自己保持式なので制御電源を一度 OFF することによってリセットすることもできる。したがって組合せノーヒューズしゃ断器の負荷側から制御電源をとるとノーヒューズしゃ断器がトリップすることにより自動的にリセットし、リセット操作が不要である。(このとき漏電表示灯は点灯しない)。

5.3 特性と性能

(1) 地絡電流 - 動作時間特性

図 11. は NV-ZU 形漏電 リレー の地絡電流と動作時間の関係の一例を示すものである。高速動作の場合、動作時間はほぼ 0.05 秒、時延動作の場合はほぼ 0.3 秒であり、地絡電流にかかわらずほぼ一定となっている。また、地絡電流レベルの判別をスイッチング回路により行っているため、感度電流付近の動作・不動作の立下がり非常に鋭くなっている、感度電流をわずかに上回るような地絡発生時においても、動作時間の増加は極めて小さいものとなっている。

(2) 周囲温度特性

図 12. (a) は NV-ZU 形漏電 リレー 200 mA 感度品の周囲温度変化

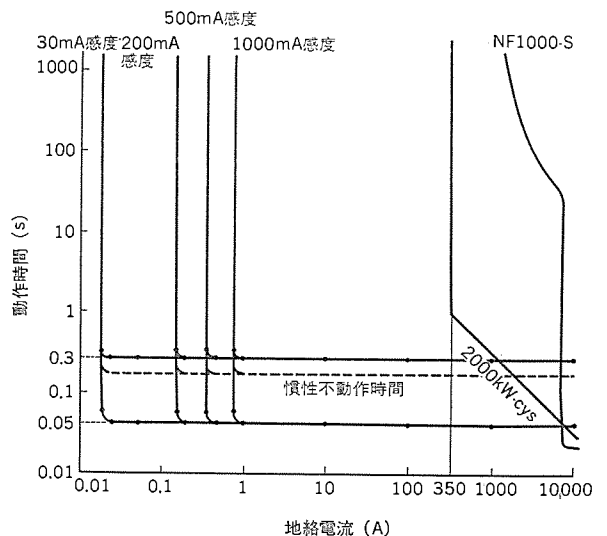


図 11. NV-ZU 形漏電 リレー の動作特性

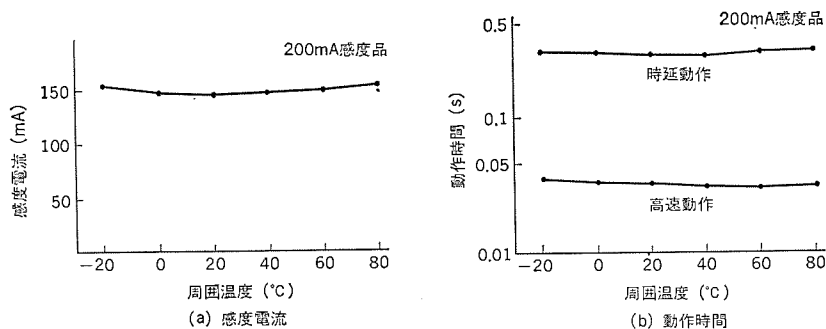


図 12. NV-ZU 形漏電 リレー の温度特性

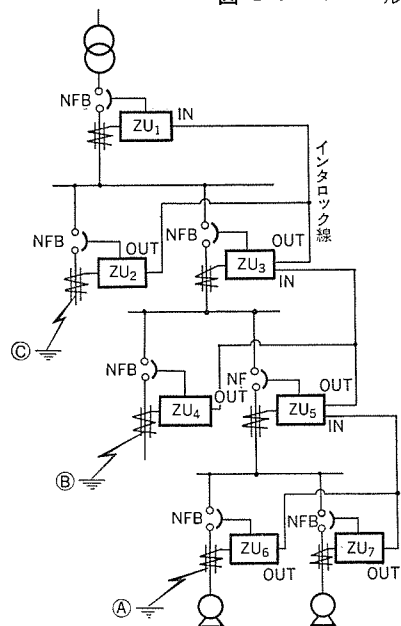


図 13. 接 続 例

主として時延回路の時定数を決定する素子の温度特性によって決まるが、NV-ZU 形漏電リレーではこれらの素子は温度特性の良い素子を使用し、かつ温度補償を行っている。このため周囲温度の変化による動作時間の変化は非常に小さい。

(3) 過電流特性・平衡特性

零相変流器の1次導体に短絡電流のような異常な過電流が流れた場合、その電磁反発力による零相変流器の損傷、異常な誘起電圧による電子回路の破壊等が考えられるが、零相変流器のケースは強化プラスチックで構成されその側面を鉄製の側板で強固に補強しており、100 kA の過電流に十分余裕をもって耐える構造になっている。また電子回路の入力部は過大な入力バイパスし、過電流が電子回路部に及ばない構造となっているので電子回路が破壊することはない。

平衡特性は零相変流器のサイズにより異なるが通電容量の15~20倍の平衡不動作電流をもち、電動機・変圧器・溶接機等の始動時の突入電流により誤動作する心配がない。

(4) 耐サージ性能

一般にサージは誘導雷など系統から侵入するものと電磁開閉器、ノーヒューズしゃ断器などで負荷電流をしゃ断したり、投入時のチャタリングで発生する開閉サージなど、自己及び近接機器より侵入するものがあるが、これらのサージに対し十分なサージ吸収回路、時限回路を内蔵しているので耐サージ性能は非常によいから NV-ZU 形漏電リレーが誤動作する心配はない。もちろん JIS 規格の衝撃波 (6 kV) 不動作性能は十分余裕をもって満足する。

(5) 耐誘導性能

インタロック信号線は電路と併設する場合もあるので電路の誘導により常時インタロックがかかった状態になるとか、分岐の地絡時幹線にインタロックがかからないなどの不具合が考えられるが、インタロック信号は 8.5 V (100/120 Hz) の交流信号を使用しているため、電路からの誘導電圧に対し十分大きな値であり不要なインタロックがかかることはない。またインタロックするために必要な電圧は 2.8 V に設定している。これに対し信号電圧は 8.5 V と十分大きい値なので、誘導によりインタロックがかからないなどの不具合はない。

インタロック線として 2 mm² の 600 V ビニル電線を 2 km 配線し、かつ母線に数十回巻付け、この母線に 2,500 A の電流を通した状態で上記の不具合が生じないことを実験によって確認している。

6. 使用 例

NV-ZU 形漏電リレーを各幹線に設置した例を図 13. に示す。末端回路の ZU₆・ZU₇ は感電保護を目的として 30 mA 感度品を設置し、ZU₁~ZU₅ は選択しゃ断をするため 200/500/1,000 mA 切換形を設置し、図のように感度を設定する。インタロック信号はそれぞれ上位の漏電リレーに送信するようにする。このようにすればどこで電路で地絡事故が生じても電路を高速にしゃ断し、アーク地絡保護を行い、かつ選択しゃ断ができる。

例えば①点で地絡が生じると、ZU₁, ZU₃, ZU₅, ZU₆ はそれぞれ地絡を検出し、ZU₆ は ZU₅ へ、ZU₅ は ZU₃ へ、ZU₃ は ZU₁ へそれぞれインタロックをかけるので ZU₆ だけが高速動作をし、地絡を除去する。このため ZU₁, ZU₃, ZU₅ は動作しない、すなわち選択しゃ断をし、他の健全な回路には連続給電する。

次に②点で地絡が生じると、ZU₄, ZU₃, ZU₁ はそれぞれ地絡を検出し、ZU₄ は ZU₃ へ、ZU₃ は ZU₁ へそれぞれインタロックをかけるので ZU₄ だけが高速動作をし、ZU₃, ZU₁ は動作しない。また③点で地絡が生じると ZU₂, ZU₁ はそれぞれ地絡を検出し、ZU₂ は ZU₁ へインタロックをかけるので ZU₂ が高速動作をし、ZU₁ は動作しない。

7. む す び

ここでは低圧電路の幹線のアーク地絡保護に最適の選択協調形漏電リレーを紹介した。これで漏電しゃ断装置に新しい製品がそろい、需要家各位にとって便利になったと思われる。漏電しゃ断装置の設置はただ単に電気安全のためでなく、人命の保護、電気火災から財産を守ることに通じるので使用にあたっては十分な保守点検を行う必要がある。

今後更に適用場所の拡大につれて提起されるであろう新しい要求に対する製品の開発に努力し、漏電しゃ断装置の普及に努めたい。

終わりにあたりご協力いただいた関係各位に深謝する次第である。

参 考 文 献

- (1) F. J. Shields: The Problem of Arcing Faults in Low-Voltage Power Distribution System, 1 (1967)
- (2) A. Freund: Electrical Construction and Maintenance, 6 (1973)
- (3) N. Peach: Power, 4 (1964)

電磁反発形限流しゃ断器の限流特性に関する理論考察

久常文之*・江口清司*・山本啓一*・笹尾博之**・宮本紀男***

1. ま え が き

短絡保護の理想が限流しゃ断によって達成されることは周知のとおりである。近年、電磁反発接点をもった配線用しゃ断器（以下 NFB と呼ぶ）が保護機能の理想実現を目指して実用化され、年々その限流性能の高度化と消弧力の向上が図られてきている。

この電磁反発形の NFB では、接点開離までの時間の短縮と、接点開離後速やかに高いアーク電圧を発生させることにより、高性能化が達成されるが、どのような短絡条件で、どのようなアーク電圧を発生させれば、いかなる限流効果が得られるかについては系統的に全ぼう（貌）が明らかにされていない。また必要とされるアーク電圧を発生できる反発接点機構諸元とアーク現象との関連についても、これまで体系的には（把）握できていなかったようである。この論文では、アーク電圧 V_a の発生条件を数式で与え、3 相しゃ断時の通過電流せん（尖）頭値 I_P 、通過電流 I の自乗時間積 $\int I^2 dt$ 、アークエネルギー $\int IV_a dt$ を計算機で求め、アーク電圧発生条件との関係を明らかにしている。また、この関係をもとに、所要の限流性能を得るために発生すべきアーク電圧特性と、このアーク電圧を発生できる反発接点機構諸元との関係を近似的に示した。更に、この関係さえ満たせば従来困難視されていた反発接点機構の小形化が可能であり、標準サイズの NFB 内にこの機構を組み込むことも可能であることを明らかにしている。

NFB 高性能化の方向を示唆する以上の考え方は、当社の新シリーズ《SCRUM》の消弧室設計に生かされ、コンパクトな大しゃ断容量機種の実用化を可能にしている。

2. アーク電圧発生条件と限流効果

単相短絡回路については、さきに筆者らが報告しているが⁽¹⁾⁽⁵⁾、3 相短絡しゃ断の場合、各相で発生するアーク電圧が他相の限流特性に影響することや、第 1 相しゃ断後他の 2 相のしゃ断責務が変化すること、あるいは電磁反発接点系が各相独立である場合、各相のアーク発生時点が各相の電流瞬時値により左右されることなど、多種多様な条件下でアーク電圧発生条件と限流効果の関係の全貌をは（把）握する必要があり、計算機によりシミュレーションを行った。なお、線間短絡など 3 相一括短絡以外の短絡については、3 相一括短絡の場合よりもしゃ断責務が楽になること、しゃ断器の処理すべきアークエネルギーの最大条件は 3 相短絡時に現れることを理由に計算条件から省いている。計算結果は表 1. に示す記号あるいは規格化量でグラフ化し、以下に示す。

周知のとおり Y_P 、 $\int Y^2 dx$ 、 $\int YV_a dx$ などの量は NFB や系統直列機器のエネルギー処理責務、所要電磁機械強度を与えるのでこれらの量を中心に結果を整理する。

2.1 短絡位相による Y_P 、 $\int Y^2 dx$ 、 $\int YV_a dx$ の変化

図 1. ～図 3. は、種々の短絡位相 θ に対する各相の Y_P 、 $\int Y^2 dx$ 、 $\int YV_a dx$ を求めたもので、 $Y_R=0.07$ 、初期アーク電圧 $A/E=0.13$ 、

表 1. 本文中並びに図中で用いられる記号対照表

	記 号	記 号 の 定 義, 意 味
時 間	t	時 間
	t_j	初期アーク電圧発生時点（各相）
	ω	角周波数
	x	ωt
	θ	U 相基準の短絡位相
電 圧	$\cos \varphi$	力 率
	E	回路電圧 (V) (相電圧波高値)
	V_a	各相アーク電圧：必要に応じて j を用い VUW 各相をあらわす $V_{aj}=A+B(t-t_j)$, $t < t_j$, $V_j=0$ t_j は初期アーク電圧発生時点（各相）
	A	初期アーク電圧 (V)
	A/E	E で規格化した初期アーク電圧
電 流	B	アーク電圧上昇率 (V/S) = (dV_a/dt)
	$B/\omega E$	ωE で規格化した初期アーク電圧
	I_j	各相電流瞬時値
	I_P	通過電流尖頭値
	I_R	電磁反発開始電流
電 流	I_F	力率 $\cos \varphi=0$ のときの短絡電流 $=E/\omega L$ ωL : 短絡インピーダンス
	Y_j	I_j/I_F : 規格化した各相電流瞬時値
	Y_P	$I_P/I_F=\omega L I_P/E$, 規格化した通過電流尖頭値
	$(Y_P)_{\max}$	あらゆる計算条件の中で最大になる Y_P 値
	Y_R	$I_R/I_F=\omega L I_R/E$ 規格化した通過電流尖頭値
電 流	I_N	I_N 定格電流
	I_{co}	I_{co} 通過許容 peak
積 分 値	$\int Y^2 dx$	規格化表示の $I^2 \times t$, 電流自乗時間積
	$\int YV_a dx$	" のアークエネルギー, $\int Y_j V_j dx$
	$(\int Y^2 dx)_{\max}$	" の $I^2 \times t$ の中であらゆる計算条件中最大のもの
	$(\int YV_a dx)_{\max}$	" のアークエネルギー " " "
計算条件と範囲	φ	81.36°
	θ	$0 \leq \theta \leq 60^\circ$
	Y_R	$0.07 < Y_R < 0.22$
	A/E	$0.03 < A/E < 0.33$
	$B/\omega E$	$0.2 < B/\omega E < 3$

アーク電圧上昇率 $B/\omega E=1.0$ の場合を示している。図 1. ～図 3. によれば、 Y_P 、 $\int Y^2 dx$ 、 $\int YV_a dx$ 共に $\theta=38^\circ$ のところで不連続的に変化する。この不連続箇所は短絡発生後最初に迎える W 相電流の極大値が、電流反発開始電流になる点である。いずれの図も、縦軸の値が極大になる θ が存在することを示している。実際の短絡事故発生位相はランダムであるので、NFB の消弧力は、縦軸値が極大になる位相で検証されねばならない。以下、他のパラメータと Y_P 、 $\int Y^2 dx$ などとの関係を考察するが、2.1 節で明らかになった最過酷短絡位相における上記諸量を max の添字を付けてあらわし、こ

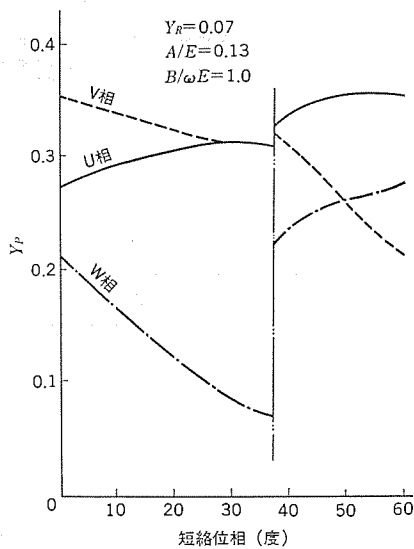


図 1. 短絡位相に対する通過電流尖頭値

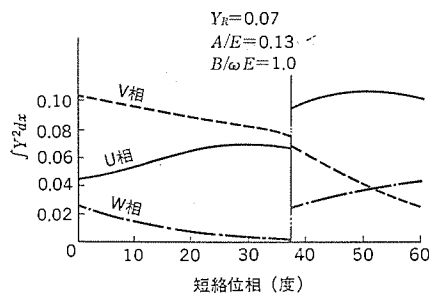


図 2. 短絡位相に対する通過電流自乗時間積

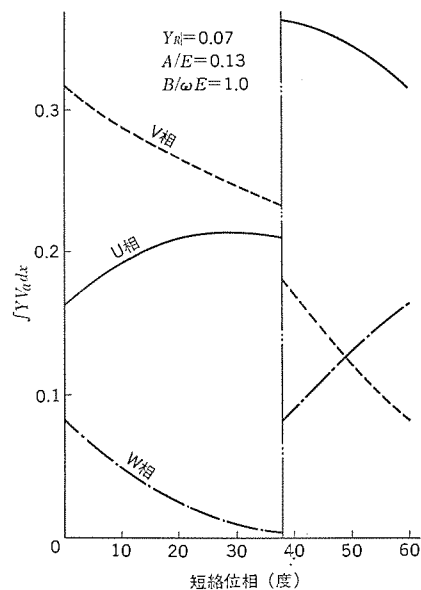


図 3. 短絡位相に対する アークエネルギー

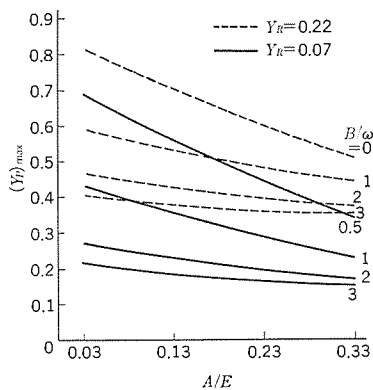


図 4. 初期アーク電圧に対する通過電流尖頭値の各種計算条件中の最大値

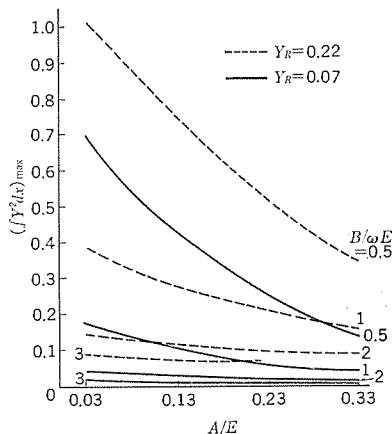


図 5. 初期アーク電圧に対する通過電流自乗時間積の各種計算条件中の最大値

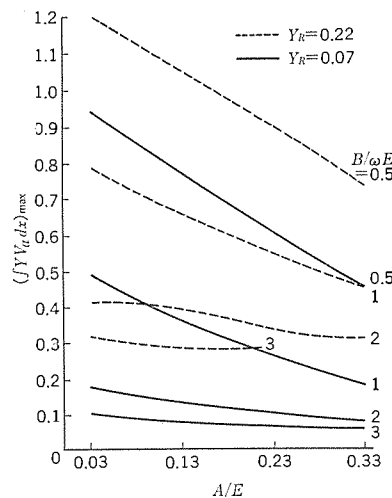


図 6. 初期アーク電圧に対する アークエネルギーの各種計算条件中の最大値

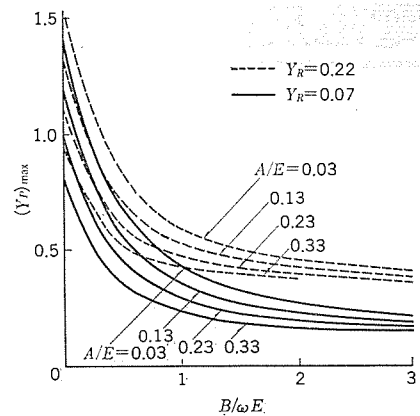


図 7. アーク電圧上昇率に対する通過電流尖頭値の各種計算条件中の最大値

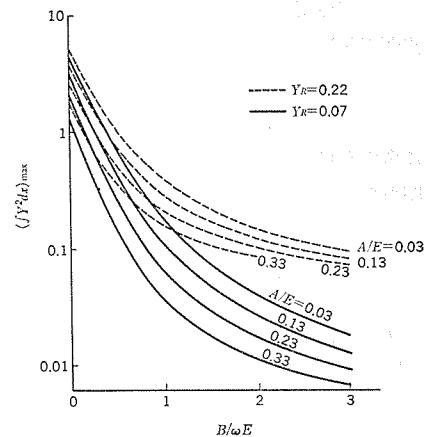


図 8. アーク電圧上昇率に対する通過電流自乗時間積 $\int Y^2 dx$ の各種計算条件中の最大値

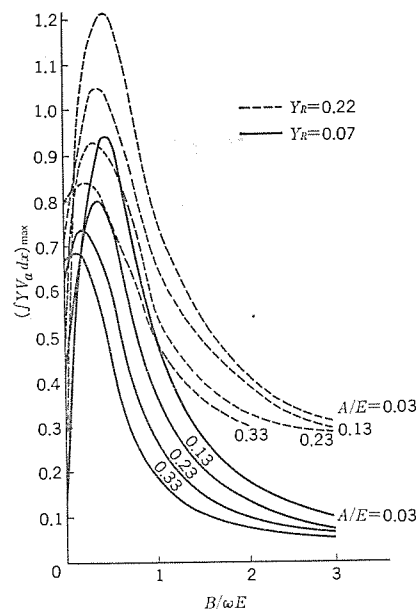


図 9. アーク電圧上昇率に対する アークエネルギーの各種計算条件中の最大値

れらを以下の考察では対象とする。

2.2 電磁反発開始電流

$$Y_R \text{ と } (Y_p)_{\max}, \left(\int Y^2 dx \right)_{\max}, \left(\int Y V_a dx \right)_{\max}$$

図 4. ～図 6. に結果を示す。いずれの図も Y_R によって大幅に変化することを示す。 $Y_p \max$ が 0.35 という値は $Y_R=0.22$ であれば、 $B/\omega E=3$ のアーク電圧を発生しても達成不可能であることを示している。後述のとおり、 $B/\omega E=1.0$ 程度のアーク電圧上昇率を得るこ

とは容易であるので、この場合、いずれの Y_R についても A/E を高める努力をすることは余り効果がないことを一連の図は示している。 $Y_p \max$ を例にとると、 $Y_R, B/\omega E, A/E$ の順に Y_p を下げる効果がある。すなわち、

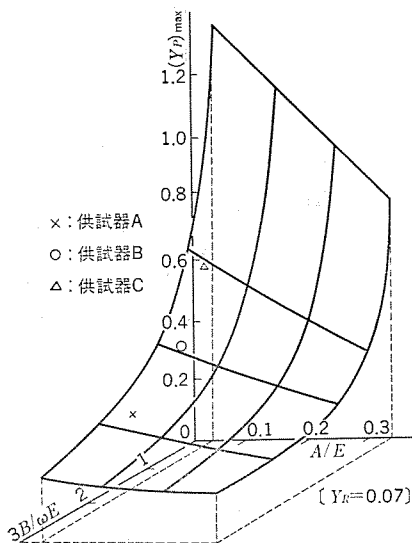


図 10. アーク電圧に対する通過電流尖頭値の各種計算条件中の最大値

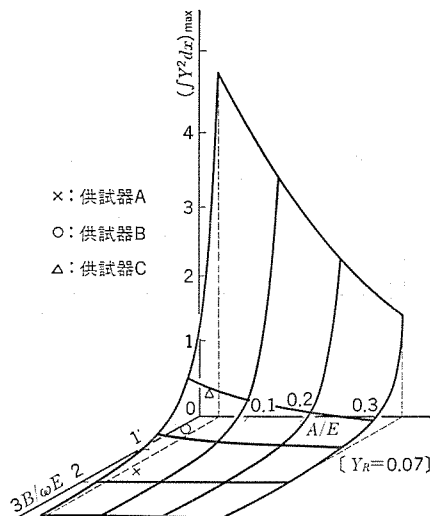


図 11. アーク電圧に対する通過電流自乗時間積 $\int Y^2 dx$ の各種計算条件中の最大値

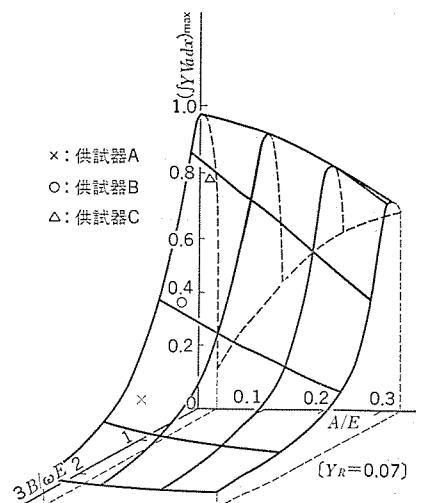


図 12. アーク電圧に対するアークエネルギーの各種計算条件中の最大値

$$\partial(Y_P)_{\max}/\partial Y_R > \partial(Y_P)_{\max}/\partial(B/\omega E) \gg \partial(Y_P)_{\max}/\partial(A/E) \dots (1)$$

の傾向がある。つまり、 Y_R を小さく、 $B/\omega E$ を大きくすることが限流性能を向上する上で著しく効果がある。

2.3 アーク電圧上昇率

$B/\omega E$ と $(Y_P)_{\max}$, $(\int Y^2 dx)_{\max}$, $(\int Y V_a dx)_{\max}$ を向上させることが限流性能を向上する上で卓効があることが上述のとおり導かれたので、ここでは、 $B/\omega E$ と限流性能を示す諸量の関係を整理して考察する。図 7. ～図 9. に結果を示す。一連の図のうち図 9. で特記すべきことは $B/\omega E$ の特定値でアークエネルギーが最大値を示すことである。最大値を示す $B/\omega E \approx 0.3$ 近傍であり、これより原点寄りでは、アークエネルギー軽減のためにアーク電圧を下げる必要があるが、極大値点を超すと $B/\omega E$ を大きくすることでエネルギー減小を図るべきである。つまり、極大値を境として、消弧特性の改善のためにアーク電圧を制御すべき方向が逆転する。実際のしゃ断器のアークエネルギーは、非限流形も含めて極大値を超えた右側 ($B/\omega E$ の大きい側) の領域にあるので $B/\omega E$ を大きくすることで限流特性の向上がはかれる。

限流性能向上目標として限流比 α なる量を定義し⁽¹⁾⁽⁸⁾、導入する。これは機器の定格電流 I_N と、その機器の通過許容尖頭電流 I_{CO} の比 I_{CO}/I_N で与えられ、一般に $\alpha < 200$ が望ましい⁽¹⁾。 $I_N = 100$ A を例にとると、 $I_{CO} = 20$ kA となる。推定短絡3相対称電流 $I_F = 30$ kA のとき力率 0.15 の回路の最大電流を考慮して $I_{CO} = 20$ kA は $Y_P = 0.41$ に相当し、 $I_F = 50$ kA のとき $Y_P = 0.25$ に相当する。それぞれの Y_P を得るに必要な $B/\omega E$ を図 7. の $Y_R = 0.07$, $A/E = 0.03$ より求めると、1.05 と 2.22 となる。これらは回路電圧 460 V、電源周波数 60 Hz とすれば 149 V/ms, 314 V/ms に相当する。

図 10. ～図 12. は、 $B/\omega E$, A/E と $(Y_P)_{\max}$, $(\int Y^2 dx)_{\max}$, $(\int Y V_a dx)_{\max}$ の関係を立体的に図示したものである。 $B/\omega E$, A/E 共に原点に近い領域で Y_P , $\int Y^2 dx$ などの限流性能が大きく変化している。また図 12. のアークエネルギーについては $B/\omega E$ がアークエネルギーの極大値を超えて $B/\omega E = 1.0$ ぐらいまでの間で大きく減少する。

したがって、 $B/\omega E = 0.4 \sim 0.5$ であるような NFB の場合、 $B/\omega E$ を向上させることにより限流特性の改良を行うことは大変効果的である。

3. 反発接点機構諸元とアーク電圧所要発生条件

アーク電圧の発生は初期アーク電圧より、アーク電圧上昇率のほうが限流効果発揮に有効であること、その必要なオーダは 460 V, 30～50 kA 回路で約 150～310 V/ms であることが以上の解析で明らかにされた。次にアーク電圧上昇率と接点反発機構諸元の関係を求める。まず、質量 m , ばね定数 k , 粘性減衰定数 c を有する反発可動接点系の運動方程式は、接点の移動距離を z とすると

$$m\ddot{z} + c\dot{z} + kz = P_{0u(t)} \dots (1)$$

で与えられる。ここに P_0 は反発可動接点に作用する外力であって簡単のためステップ状 $u(t)$ の外力印加を仮定する。式(1)の解は、

$$z = \frac{P_0}{k} \left\{ 1 - \frac{e^{-D\omega t} \cos(\omega t \sqrt{1-D^2} - \eta)}{\sqrt{1-D^2}} \right\} \dots (2)$$

で与えられ、 $D \equiv c/2m\omega$, $\omega^2 \equiv k/m$, $\eta = \tan^{-1} D/\sqrt{1-D^2}$ である。

既に報告したとおり⁽¹⁾⁽⁸⁾、アーク電圧 V_a の接点開極距離 z の 1 ～ 1.5 乗に比例して増加し、

$$V_a \approx j \cdot z^n / \sigma \dots (3)$$

で与えられる。 $n = 1 \sim 1.5$, j はアークの電流密度、 σ はプラズマの電気伝導度である。 j , σ とも、プラズマの粒子密度、組成、温度によって変化する。

なお、NFB 消弧室内のアークは電極蒸気を多量に含み⁽¹⁾、消弧用のグリッドのない場合 15,000°K の程度であるものを、鉄グリッドと消弧室壁面物質を適切に設計すれば気化した物質の混入により 5,000 ～ 6,000°K まで鉄グリッド空間の温度が下がり、これが式(3)の σ を小さくする方向に作用し、 V_a を大きくできることが判明している。ちなみに、NFB 消弧室内のアークについて、その温度、圧力、粒子

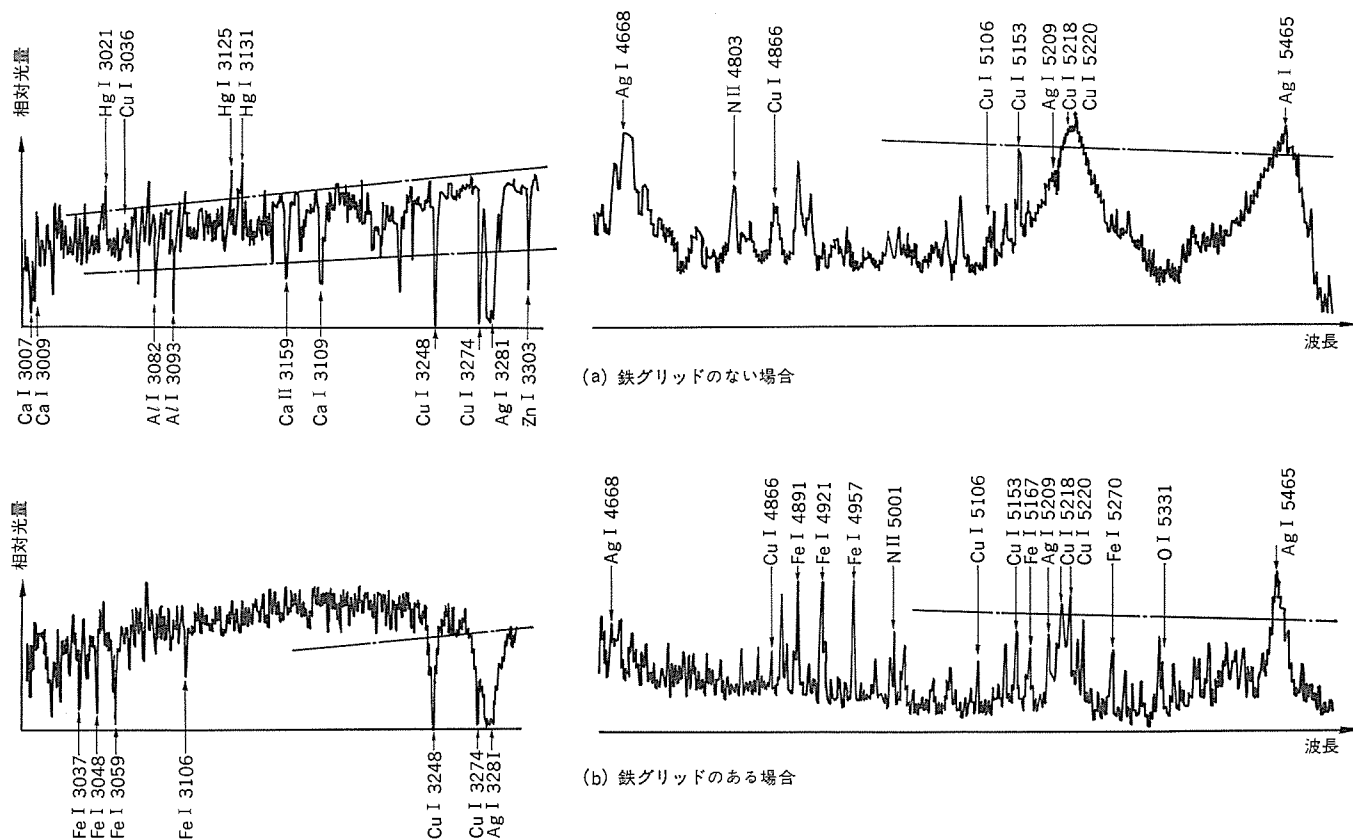


図 13. NFB 消弧室内アークの補正された分光相対光量比

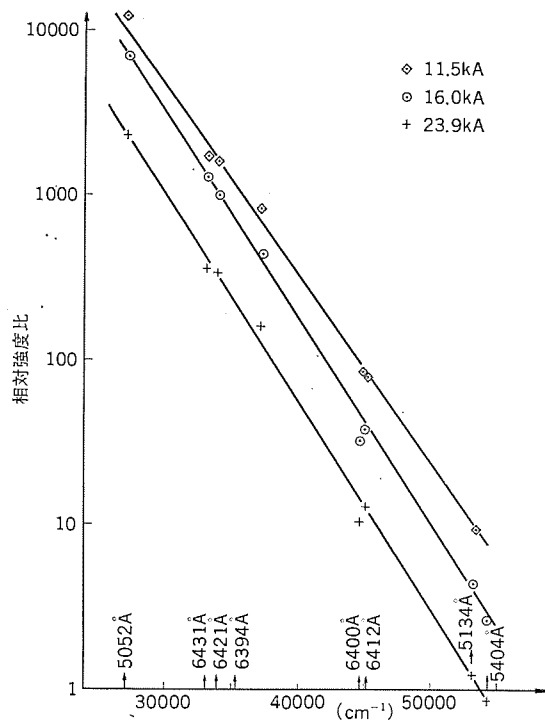


図 14. FeI線による温度推定のための相対発光強度プロット

表 2. FeIより求めた温度

電 流 値 (kA)	温 度 (°K)	精 度
11.5	5.7×10^3	±10%
15.6	5.2×10^3	
23.4	5.2×10^3	

密度などを求めるため分光測定を行った結果の一部を図 13., 図 14. に示す。図 13. はアークが出す光の強さ(相対強度比)を波長に対して求めたもので、(a) は鉄グリッドのない場合、(b) は鉄グリッドのある場合を示す。鉄グリッドのある場合、鉄蒸気スペクトルが明瞭に観測され、鉄グリッドのない場合に比べると顕著な差があってアーク空間は金属蒸気支配形になっている。図 14. は、鉄グリッドのある場合、電流によってアークの温度がどのように変化するかを求めるため発光スペクトルの相対強度比を波長に対してプロットしたものである。図 14. から求めたアーク温度を各電流について示すと、表 2. のようになる。これら温度推定のためには金属蒸気を含む気中アークの発光特性を別に計算機で計算し⁽²⁾⁽⁴⁾、この結果と実測を照合して求めている。表 2. によれば、鉄グリッド間の鉄蒸気の温度は約 5,000°K である。

以上紹介したとおり、アーク現象について基礎的な理解を深める努力が続けられており、レーザやイメージ管などの近代物理機器を駆使したプラズマ診断技術を体系化するとともに、必要とされる V_a が得られるように σ, j を制御することが可能になりつつある。鉄グリッドを含む消弧室構成として現状で最良の σ, j を与えるものを採用するものとするれば、式(3)の σ, j を定数として扱うるので、式(2)、式(3)よりアーク電圧上昇率 dV_a/dt を求める。すなわち、一定のワイピングストロークを考慮して、接点解極後のアーク電圧上昇率 dV_a/dt の平均値を求めると、 $n=1$ として、

$$dV_a/dt = j \cdot P_0 / \sigma \sqrt{km} \quad \dots\dots\dots (4)$$

を得る。一方、 P_0 は接点に作用する反発力で、接点の接触点で電流集中により生ずるものと、反発力発生用の平行アーク間に発生する力との和であるが、後者が支配的に大きい。反発開始電流を I_R と

表 3. 供試器のしゃ断特性 ($Y_R=0.07$)

供試器	試 験 回 路			アーク電圧		計 算 結 果					
	電源電圧 (V)	短絡電流 (kA)	回路力率	A/E	$B/\omega E$	無 次 元 量			実 際 の 量		
						$(Y_F)_{\max}$	$(\int Y^2 dx)_{\max}$	$(\int Y V_a dx)_{\max}$	$(I_F)_{\max}$ (kA)	$(\int I^2 dt)_{\max}$ (A ² ・sec)	$(\int I V_a dt)_{\max}$ (ジュール)
A	500	51.5	0.16	0.049	1.74	0.29	0.08	0.24	18	8×10^6	1.6×10^4
B	500	35.5	0.16	0.049	0.84	0.41	0.2	0.46	17.6	1×10^6	2.1×10^4
C	460	35	0.14	0.053	0.56	0.65	0.6	0.89	28	3×10^6	3.7×10^4

注) * 3 相非対称実効値

すると、

$$P_0 \cong \beta \mu_0 I_R^2 l / 2\pi d \dots\dots\dots (5)$$

を得る。ここに、 l は平行アーム長、 d はアーム間隔、 μ_0 は空気の変磁率である。しゃ断器通過電流 I と d は反発開始後、時間とともに増大することと、接点に接触圧力を与える外力が反発開始前に P_0 と逆向きに加えられていることを加味して式(1)を厳密に数値解析した結果、 P_0 を式(5)、すなわち、厳密解との差を補正する係数 β を導入した式で表現すればよいことが判明している。

次に、被保護機器の限流保護のためには、既に2章で述べたとおり、限流比 $\alpha (=I_{co}/I_N)$ は、低圧配電用の NFB や系統直列機器を対象とすると、100~200 以下にすべきである。これは、 $I_R/I_N \leq \alpha$ にすべきことを意味する。他方、 I_N は接点の接触抵抗と接点での許容発熱 W_0 、接点材料の固有抵抗 ρ とハードネス H とにより

$$I_N^2 \leq W_0 \sqrt{P_0/\rho} / \pi H \dots\dots\dots (6)$$

の関係で接点接圧 P_0 と関係づけられるものとする。式(4)~式(6)より、

$$P_0 \cong (\beta \mu_0 \alpha^2 l W_0 / 2\pi \rho d)^2 / \pi H \dots\dots\dots (7)$$

$$dV_a/dt \cong (\beta \mu_0 \alpha^2 l W_0 / 2\pi \rho d)^2 j / \pi H \sqrt{km} \cdot \sigma \dots\dots\dots (8)$$

反発接点機構諸元に関係あるものを選んで整理すると、

$$l^2/d^2 \sqrt{km} \propto \left(\frac{dV_a}{dt} \right)_c \cdot \rho^2/\alpha^4 \cdot W_0^2 \cdot \beta^2 \dots\dots\dots (9)$$

を得る。 $(dV_a/dt)_c$ は、2章の解析結果から所要の限流性能を得るに必要な $B/\omega E$ を求め、これから得られる B として与えられる。

式(9)の右辺の限流条件や W_0 が与えられると、右辺の所要値が達成できるように左辺諸元を決定できる。つまり、標準サイズの NFB の消弧室に収納できる程度に l を縮めても、 d, k, m が式(9)を満たすように短縮、軽減されれば、電磁反発作用により所要の限流性能を得ることができる。

ちなみに、表 3. に示す3種類の NFB について限流特性を実測し図 10. ~図 12. にプロットすると、非限流ブレーカである供試器 C の場合、アーク電圧上昇率 $B/\omega E$ を少し改良することにより Y_F 、 $\int Y^2 dx$ 、 $\int Y V_a dx$ などの特性は大幅に良くなることが分かる。供試器 C に B の程度の限流性能を与え得る反発機構を式(9)に従って実現することは可能であり、C の供試器の消弧室が有するアークエネルギー処理能力をフルに活用して、供試器 B なみの限流条件でしゃ断するとき、C のしゃ断容量は 460 V で 50 kA、220 V で 100 kA に達する。

以上の考えに基づいて開発された NFB は、52 年 4 月より発売開始された新シリーズ《SCRUM》の S シリーズ、R シリーズに含まれている。

なお、蛇足ながら式(9)で、 dV_a/dt と α の値の一段高度な限流しゃ断を達成する場合、左辺の l, d, k, m が現実性に乏しい諸元になる場合も考えられるが、かかる場合、 l, d, k, m などの諸元が適切な電磁反発接点系を2組直列にすることによって、 dV_a/dt や初期アーク電圧を倍増し、 α も改良できる。新シリーズ《SCRUM》の R シリーズには、この考え方が導入されており、第1、第2反発子が直列に限流機能を発揮できる構成になっている。

4. む す び

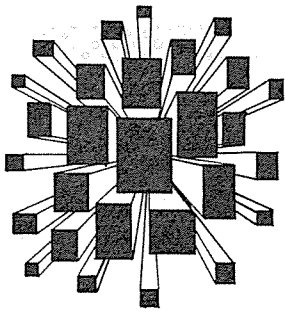
電磁反発形限流ブレーカについて、短絡発生条件、アーク電圧発生条件と限流効果の関係を系統的に解明し、所要の限流性能を得るために発生すべきアーク電圧特性と、このアーク電圧を発生できる反発接点機構諸元との関係を明らかにした。この関係を用いて、従来困難視されていた反発接点機構の小形化が可能になり、標準サイズの NFB 内にこの機能を組み込んでコンパクトな限流ブレーカが開発できた根拠を示した。また、これらの考え方を生かして製品化された限流ブレーカが、このたび発売された新シリーズ《SCRUM》の中核を構成していることについても言及した。更に限流性能を向上させる方法として反発接点系を直列に複数個用いることも効果があり、この方法も《SCRUM》の R シリーズに生かされていることを明らかにした。

今後の限流ブレーカの限流性能の向上目標は、限流ヒューズなみの特性を得ることであろう。このためには、式(4)、式(9)の σ, j 、つまりしゃ断アークの電気伝導度、電流密度などを一層高度に制御する技術を開発する必要がある。このため、レーザやイメージ管などの近代物理機器を駆使して、アークの診断を行い、限流現象の解明を進めている。

参 考 文 献

- (1) 久常, 江口, 笹尾, 村井: 三菱電機技報, 50, No. 7, P.360 (昭51)
- (2) 奥田, 笹尾, 植田, 村井: 昭 52 電気学会全国大会 90
- (3) K. JAYARAM: Theoretical and Experimental Investigation of a Copper Vapour Arc. 名古屋大学, 学位論文 (1971)
- (4) 植田: Spectroscopic and Optical Studies on Dynamic Behavior of High Current Arcs, 京都大学, 学位論文 (1976)
- (5) 久常, 村井, 宮本: 昭 50 電気関係学会関西支部連大 G 3-17
- (6) 久常, 村井, 宮本: 昭 50 電気学会全国大会 No. 1363
- (7) 久常, 村井, 宮本: 同 上 No. 1364
- (8) 宮本, 和田, 井上, 実森, 堀田: 三菱電機技報 51, No. 3, P. 201 (昭 52)

登録番号	名 称	考 案 者	登録番号	名 称	考 案 者
1110993	機関点火時期調整装置	佐藤吉正	1113729	空調用換気装置	藤井 学
1110994	熱交換器	保坂征宏	1113730	空調調和機等の金属製筐体	望月勝美・牧田保男
1110995	リングカウンタ	松本圭二	1113731	密閉形機器収納盤	鹿嶽茂樹
1110996	回転電機のロック装置	松原宏一	1113732	工具の振動防止機構	大藪寛史・隅本定宏 吉田治男
1110997	電気かみそり	近藤政喜・丸山 泰 小池利男	1113733	換気装置	吉野昌孝・南 牧安 松井 進
1110998	日報作成装置	島田政代士	1113734	暖房装置	伊藤利朗・野間口有 藤原通雄
1110999	フレーム装置	伊藤 博・北藤 博	1113735	吊上電磁石	松木素郎
1111000	変圧器巻線	杉山 稔	1113736	ガス燃焼装置	牛越 諒・中村 進 勝股文則
1111001	収塵装置付電気かみそり	増田三郎・丸山 泰	1113737	暖房機	西 敦義・牧野寿彦 二口静夫・石田明夫
1111002	円板状整流子	鳥居陸男・山崎照明	1113738	暖房機	西 敦義・牧野寿彦 二口静夫・石田明夫
1111003	刻印補助具	原沢茂孝	1113739	永久磁石式吊上電磁石	御厨英喜
1111004	モールド形計器用変成器	野口 肇・稲田 信	1113740	暖房機	西 敦義・牧野寿彦 二口静夫・石田明夫
1111005	変圧器巻線	杉山 稔	1113741	電気ストーブの発熱体支持装置	慶野長治・後藤完二
1111006	多連式押ボタンスイッチのロック装置	岩井澄夫・辻 達男	1113742	ストーブ付温風機	鳥山建夫・後藤完二
1111007	収塵装置付電気かみそり	増田三郎・熊田泰治	1113743	蓄熱暖房器	町原義太郎・馬淵公作 須田 洋
1111008	ガス燃焼装置	牛越 諒・中村 進 水野久好	1113744	蓄熱暖房器	藤井 昇
1111009	食器洗浄機の洗浄水噴出ノズル	新井勝紀・岡島清二	1113745	反射板	鳥山建夫・後藤完二
1111010	高電圧発生器	小笠原信雄・大塩一治	1113746	ジュース	岩田尚之・杉田 信
1111011	立体式簡易駐車装置	安川 武・水田和幸	1113747	電気ストーブ	慶野長治・後藤完二
1111012	畑地かんがい用自動化装置	加来政博	1113748	蓄熱容器	小川 昇・鶴谷嘉正 鳥山建夫
1111013	自動電圧調整装置	長沢保明	1113749	採暖器具のガード取付装置	慶野長治・後藤完二 岩崎善彦・河原隆夫
1111500	同期装置	伊藤修孝	1113750	冷却装置	弘 瀬 潔
1111844	溶融金属の流量制御装置	中村幸雄・近藤博通	1113751	電動鋸機	鶴谷嘉正・宇佐見忠 坂本隆博
1111845	電気掃除機	加藤 悟・長嶺 元	1113752	採暖マット	斎藤長男・荒井伸治 葉石雄一郎
1112167	通板検出装置	斉藤 豊	1113753	軸流送風機	佐久間 彪・内 場 巖
1113650	コード抜け止め装置	糸魚川佐富	1113754	電解加工用治具	伊藤 一夫
1113655	密閉型回転圧縮機	遠藤 誠	1113779	ガラス引戸	大塚 明
1113715	ドリルキット用電気グラインダ	中島哲之助・浦武 洋 近藤信幸・堀田晴久	1114410	皿洗機	鈴木太八郎
1113716	動力測定装置	山本 明	1114411	警報用無線送信装置	武井久夫・小川 昇 福田興司
1113717	アイススケートリンクの床板	小林哲雄・佐竹祥介	1116228	空調調和装置	堤 長之
1113718	炊飯器	小川 昇・大沢和夫 宇佐見忠	1116268	携帯用歯治療器	荒金堅次郎・岩城良之 綿谷晴司・森下光晴
1113719	電熱による屋根の融雪装置	町原義太郎・近藤正司	1116269	電氣的切換装置	小林良治
1113720	電熱による屋根の融雪装置	町原義太郎・近藤正司 市村伸男	1116270	交流機	梅崎知和
1113721	ショーケース	酒井正侃・八柳昌夫	1116271	電磁粒子式クラッチの冷却装置	
1113722	木工用電気カンナ刃の研磨装置	入江 厚	1116272	内燃機関用点火コイル	
1113723	冷房または暖房装置	岩崎善彦			
1113724	圧縮機の弁装置	田中 満・大日方興信			
1113725	空調調和機用吹出口のダンパ	石井重行・五木田秀夫			
1113726	扉止め装置	野村 聡・松原 徹 庄司 茂			
1113727	空調調和機の水滴飛散防止装置	望月勝美			
1113728	燃焼ガス排気扇	林 昭彦			



特許と新案

カラーテレビ受信機の AFPC 回路 (特許第 757007 号)

発明者 三橋 康夫

この発明はカラーテレビ受信機の AFPC (Automatic Frequency and Phase Control) 回路に関するもので、特に AFPC 回路の引き込み時と保持している時との時定数を変え、引き込み範囲を拡張すると同時に保持している際には対雑音性を改良し安定性に富んだ AFPC 回路を提供するものである。

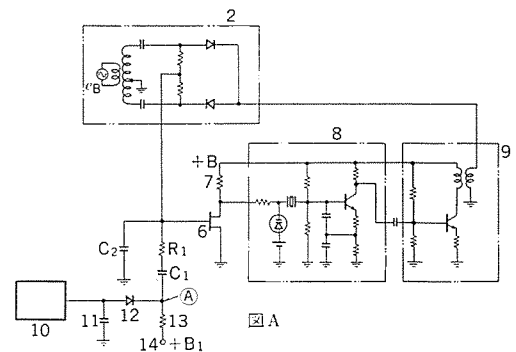
図はこの発明の一実施例を示す回路図で、(2)は位相検波器、(8)は発振器、(9)はバッファ増幅器、(10)はカラーキラー回路を示す。この回路の特徴は、抵抗 R_1 およびコンデンサ C_1 からなる積分回路が接地されず元来の接地点に相当する A 点が抵抗 (13) を介して正電圧 $+B_1$ 端子 (14) に接続されるとともに、逆方向にダイオード (12) を介したのちコンデンサ (11) で接地され、ダイオード (12) とコンデンサ (11) の接続点にカラーキラー回路 (10) からのカラーキラー電圧が与えられるように構成した点にある。

このような構成において、白黒放送時 (バースト信号なしで発振器 (8) は自由発信状態) 及び色同期がはずれた時には、カラーキラー回路 (10) が動作せず、その出力電圧が零または負電圧となるため、ダイオード (12) は抵抗 (13) を介して、正電圧端子 (14) により逆バイアスとなりカットオフとなる。従って抵抗 (13) を高抵抗に選んでおくと大きな時定数をもつ積分回路 (R_1 , C_1) は位相検波器 (2) の出力に対してほとんど影響がなくなり、時定数回路は即応性の良いものとなる。

次にカラー放送を受信し、AFPC 回路が引き込み動作を行ってし

まった後はカラーキラー回路 (10) の出力には正電圧端子 (14) より高い正電圧が生じるため、ダイオード (12) は導通する。ここでコンデンサ (11) として大容量のものを選ぶと A 点は交流的に接地されることになり、従って大きな時定数をもつ積分回路が接続されたことになり外部雑音の影響が少なくなる。

このようにこの発明によれば、カラーキラー電圧等を利用しダイオード (12) を非導通または導通状態となし AFPC 回路の引き込み時と保持時におおの適合した二つの異なった積分回路を構成し、引き込み範囲を保持範囲に近づけると同時に保持時の外部雑音の影響を取り除き、安定した高性能の AFPC 回路を得ることができる。



遠方監視制御装置 (特許第 768311 号)

発明者 島田 政代士

この発明は信頼度向上のために装置を多重化した遠方監視制御装置に関するものである。

従来の多重化された遠方監視制御装置においては、装置を多重化しても、それらは同一の信号を全く並行して送信するのに使用されるのみであって、装置は高価になるが状態監視信号の伝送時間は何ら短絡されないという欠点があった。図 1. は従来の 2 重化された遠方監視制御装置の一例を示すブロック図で、(1)は制御所、(2)は被制御所である。制御所の操作スイッチ (11) を操作すると、被制御所

の被制御機器 (19) に制御信号が与えられる。被制御所の機器の状態は監視項目入力端子 (21) ~ (28) から走者回路 (41) (51) に入力されて 2 重化された直列信号となって制御所に伝送され、状態表示装置 (48) (58) で表示される。

この発明は、例えば 2 重化の場合には、状態監視項目を 2 分化し、常時はその 1 部を第 1 のルートで、他の部分を第 2 のルートで制御所へ伝送し、異常時にはすべての状態監視項目を健全なルートで制御所へ伝送するようにして、常時の状態監視信号の伝送速度を 2 倍に

するものである。図 2. はこの発明に係る 2 重化された遠方監視制御装置の一実施例を示すブロック図である。常時は監視項目入力端子 (21)～(24)からの信号は走査回路(41)を介して制御所の状態表示装置(80)で表示され、監視項目入力端子(25)～(28)からの信号は走査回路(51)を介して制御所の状態表示装置(90)で表示される。ここで、(42)(43)(3)(45)(46) からなる第 1 のルートで故障が発生すると、

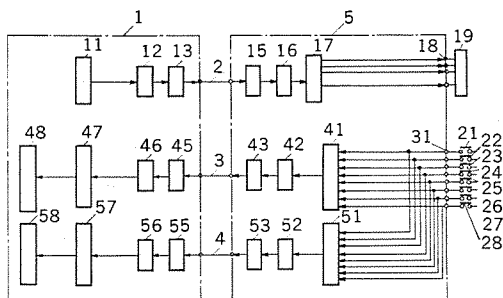


図 1

異常検出回路(62)が動作して、(12)(13)(2)(15)(16)(17)を介して送信制御装置(71)を駆動する。また、異常検出回路(62)が動作すると表示切換装置(63)も駆動される。その結果、状態監視接点(21)～(24)からの信号は走査回路(51)を介して制御所へ伝送され、状態表示装置(81)で表示される。状態監視接点(25)～(28)からの信号は故障発生前と同様に状態表示装置(90)で表示される。

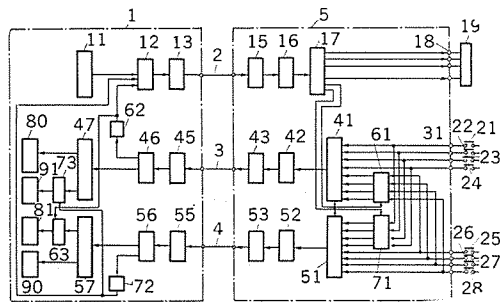


図 2

ジェットポンプ (特許第 768315 号)

発明者 板谷 芳之・伊藤 義樹

この発明は、ジェットポンプ 特にその ディフューザの改良に関するものである。

従来のジェットポンプにおいては、ディフューザのいんこう(咽喉)部の流水断面積が固定されているため、揚水量が増すとこの咽喉部を通過する水の速度が過大となって、キャビテーションを起し、それ以上揚水量が増加しないだけでなく、キャビテーションによって異常騒音が発生するという欠点があった。

この発明はこのような欠点を改善するもので、図 1., 図 2. において、(1)はジェットケース、(2)は上記ジェットケース(1)に取付けられ図示しない巻ポンプから圧力管(3)を経て送られる圧力水を噴射するノズル、(4)は上記ノズル(2)に対向してジェットケース(1)に取付けられたディフューザである。ここで上記ディフューザはその周囲に窓部(5)を有し更に上記窓部の内側に両端が固定されたゴム等の弾性体よりなる咽喉部(6)を有している。(7)はジェット吸込口、(8)は図示しない巻ポンプに接続された導水管である。

上記のようにこの発明によるジェットポンプは、ディフューザの咽喉部を弾性体等で構成し、この咽喉部をそこを通過する水の速度に応じて変形させその断面積を自動的に変えるようにしたので、揚水量の広範囲の変化に対しても、キャビテーションを起こすことがなく、安定な運転が期待できる。

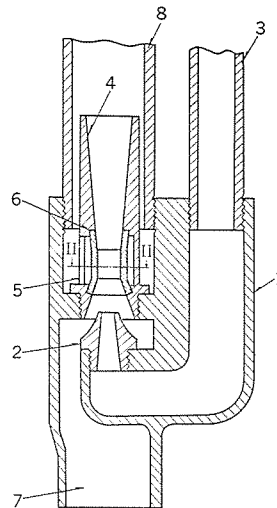


図 1

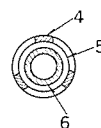


図 2

技術試験衛星II型(きく2号)

田畑 浄治*・小原 基*・石沢 禎弘*・渡部 優**・植田 剛夫***

1. ま え が き

技術試験衛星II型(ETS-II)は宇宙開発事業団が自らの手で実用衛星を打上げるための、いわゆる「N計画」の第3番目の衛星であり、これまでに打上げられた2衛星 ETS-I(きく), ISS(うめ)が高度約1,000 kmの中高度軌道であったのに対し、高度約36,000 kmの同期軌道を目指すものである。

技術試験衛星シリーズはNロケットによる打上げ技術、衛星とう(搭載機器の機能試験など実用衛星に必要とされる技術の習得、確立を目的とするものであるが、ETS-IIは特に今後の実用衛星の主流となる静止衛星関連の技術として、

- (1) 静止衛星打上げ技術の習得
- (2) 静止衛星追跡管制技術の習得
- (3) 静止衛星の姿勢・軌道制御の機能試験

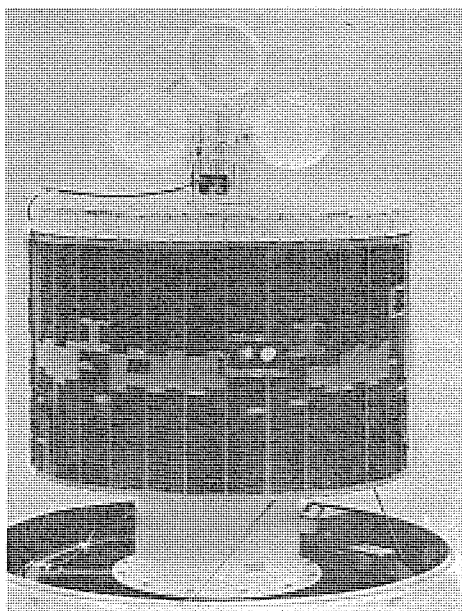


図 1. ETS-II の外観

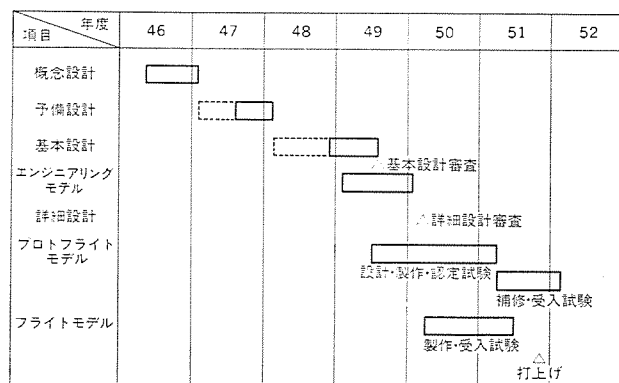


図 2. ETS-II 開発 スケジュール

(4) 通信衛星等に搭載される機器の機能試験

などの試験を目的とした、打上時重量約254 kg、スピン安定形の衛星である。(図1. 参照) 静止衛星は通信、放送、気象などの実用衛星の各分野で極めて有効に利用されるため、上記各技術の習得、確立は我が国宇宙開発に対して果たす意義は大きい。

ETS-IIは姉妹衛星ともいえる実験用静止通信衛星(ECS, 1979年打上げ予定)と同時に計画されハードウェアのうちでも電源系、姿勢制御系などの基本機器はできるだけ両者共通に設計され、1974年より製作に着手した。開発方式としては過去に実績のある技術をできる限り使用し、有効な技術導入によって開発を確実に進行の方針をとった。このため一部のコンポーネントについてのエンジニアリングモデルと、システムレベルの熱的及び構造的特性の確認に供される熱構造モデルとの開発から直接プロトフライトモデルの製作に着手するという方式が可能となり、開発スケジュール(図2.)の短縮に寄与した。

本稿では、システム、サブシステム、地上支援装置、打上げ・運用管制などの各面から ETS-II の開発について概説する。

2. ETS-II システム

2.1 ETS-II の構成

ETS-IIは、重量約254 kg、直径約1.4 m、高さ約1.6 mの円筒形

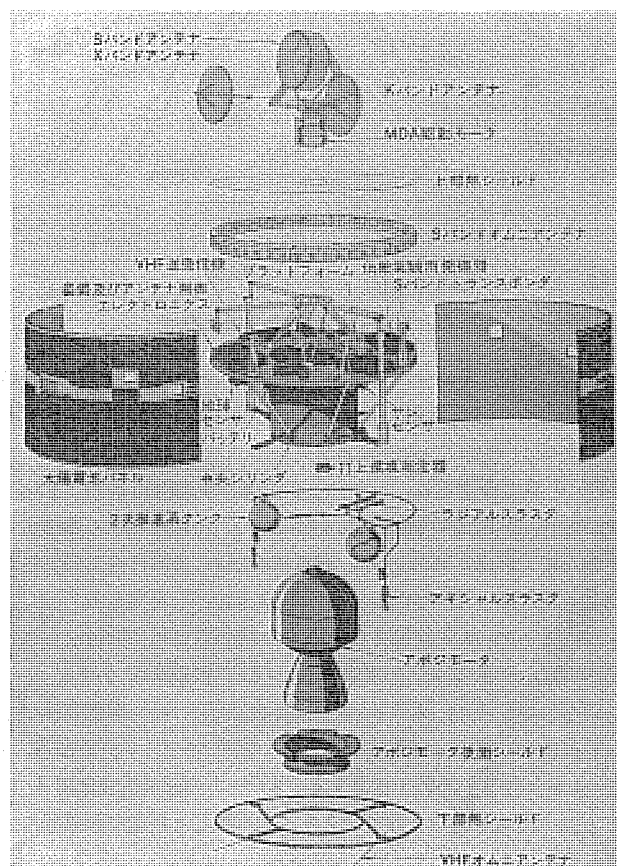


図 3. ETS-II 展開図

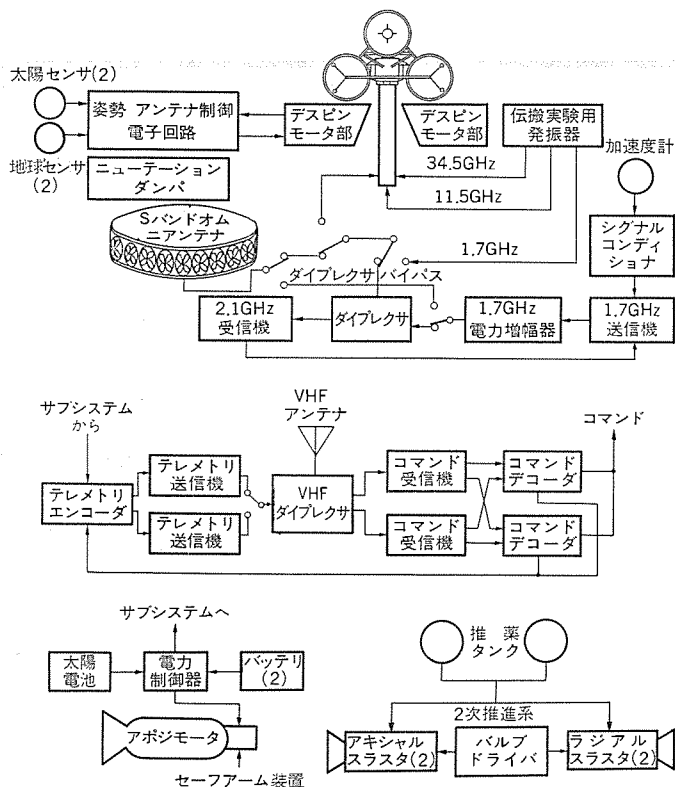


図 4. ETS-II システムブロック図

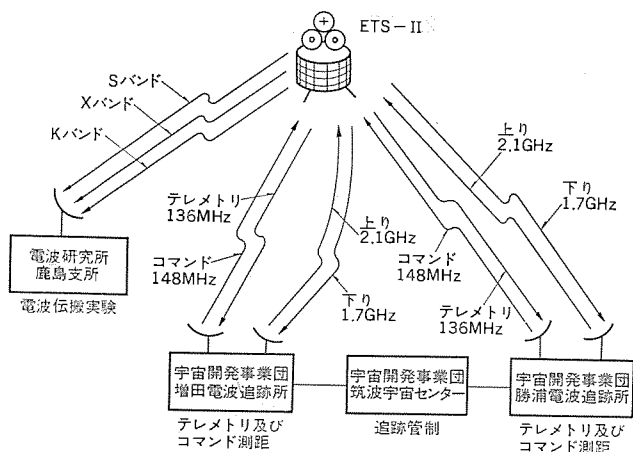


図 5. ETS-II 関連地上局の構成

をしたスピン衛星であり、上部にSバンド、Xバンド及びKバンドの三つの指向性アンテナを備えたメカニカルデスピンアンテナ(MDA)部を有している。

ETS-IIの主要構造は、アルミニウム合金製の中部円筒とアルミニウム・ハニカムサンドイッチ構造の機器搭載パネル及び、それを相互に連結する6本の支柱で構成されている。機器搭載パネル上面には三脚支柱があり、これによってデスピンモータ、MDAアセンブリを支える。

太陽電池パネルは2分割された構造で構体の外周に取付けられる。

熱制御は、衛星の上下部両端の熱シールド、熱制御用コーティング、インシュレーションブランケット及びヒータの組合せで行い、特に温度条件のきびしい蓄電池、高安定度発振器、MDA駆動モータ、2次推進系、アポジモータ点火器等を熱的に保護する。ETS-IIの機能構成は図4.に示すシステムブロック図のとおりであり、基本機器と搭載実験機器に大別される。

基本機器は電源系、テレメトリ・コマンド系、姿勢・アンテナ制御系、2

次推進系、アポジモータ等、静止衛星である限り必ず必要となる機器であり、搭載実験機器は各衛星に特有な目的を達成するための機器であってETS-IIの場合には、Sバンド中継器、打上げ環境測定器、伝搬実験用発振器、MDAを含んだアンテナ系等の各サブシステムで構成される。

衛星によって搭載実験機器が異なってくると、消費電力、重量、形状などの関連から、本来共通であることが望ましい基本機器まで大幅な変更が生じることは衛星の設計では一般的である。

人工衛星は、宇宙空間において完全に独立した1個のシステムとして機能しなくてはならない。つまり自ら必要とする電力は自ら作り出さねばならず、そのために太陽電池と、発生電力を蓄える蓄電池を有している。また宇宙空間において熱的に平衡を保ち、各サブシステムを正常な動作温度範囲内に保たなくてはならない。また、大出力送信機能と、高感度受信機能とが同居しているがその間に干渉があってはならない。このように衛星システムにおいては限られた重量と空間の中で、上述の数多いサブシステムを機能させなくてはならず、一部の機器の変更により全体のシステム設計が影響を受けるわけである。前述の実験用静止通信衛星(ECS)はETS-IIとほぼ共通の基本機器を有しているが、サブシステムの機械的な配置など異なっていることも上記のような理由による。

2.2 ETS-II システム

ETS-IIにおいて行われる実験の構成を図5.に示す。

Sバンド中継器は、アップリンク2, 1GHz、ダウンリンク1, 7GHzで8.2MHzの帯域を持ち、地上局からの測距信号を中継する機能をもつ。中継器は非コヒーレント方式で、PCM/PSK/PMで送られるアップリンク信号を周波数変換し同一変調方式で地上局へ送信を行う。測距のシステム精度は公称約3mである。打上げ環境測定器は、Nロケットによる打上げ上昇時の振動環境を測定するのが目的で、直交三軸方向及び各三軸まわり方向の計6成分の振動、加速度を測定するための6個の加速度計からなり、その出力はSバンド送信機により地上へ送られる。加速度測定範囲は0~30gであり、周波数特性は5~2,000Hzである。

伝搬実験発振器はSバンド、Xバンド、Kバンドのコヒーレントな三つの信号をMDAを通して地上に送信し、降雨による減衰など、各種伝搬実験を行うことができる。

これら各種実験及び運用を行うために、宇宙開発事業団の増田追跡管制所及び勝浦追跡管制所がETS-IIに対する指令、テレメトリデータの取得、測距を行う。テレメトリデータは茨城県の筑波宇宙センター中央追跡管制所へ公社回線によって送られ、ここで軌道、姿勢処理など必要な計算機処理がなされて指令が作成される。伝搬実験は郵政省電波研究所鹿島支所において行われる。

3. ETS-II のサブシステム

3.1 通信サブシステム

測距及び通信に用いられるSバンドトランスポンダ(打上げ環境測定器を含む)、郵政省電波研究所の行う電波伝搬実験用の発振器及び通信用アンテナから構成される。

Sバンドトランスポンダは上り2,116.6MHz、下り1,705.00MHzの周波数変換形トランスポンダで、主要パラメータは雑音指数5.5dB、出力4W、群遅延時間変動約15ns、バンド幅約8.6MHzである。このトランスポンダは通常衛星の測距に用いるが打上げ時の振動、アポジモータ噴射時の加速度データ(5~2,000Hz、±30g)を送るための6チャンネル

FM 変調信号も伝送できる。打上げ時は 6 チャンネル でそれぞれ 0.25 ラジアン の位相変調, ABM 噴射時は 1 チャンネル を使用し 1.5 ラジアン の位相変調が下り搬送波にかけられる。

伝搬実験用発振器は 1.7 GHz, 11.5 GHz, 34.5 GHz の互いに コヒーレント な 3 波の ビーコン 発振器であり, 郵政省が将来の ミリ 波衛星通信開発のための第一段階として計画した ECS 実験への資料を得るため, 衛星一地上間の ミリ 波伝搬特性と気象状態との関係に重点をおいた実験に利用されるものである。各バンドの周波数並びに EIRP (有効電波ふく(幅)射電力) (MDA 使用時) はそれぞれ次のとおりであり, 実験に十分なマージンをもっている。

S-バンド 1.70500 GHz 37 dBm
X-バンド 11.50875 GHz 50 dBm
K-バンド 34.52625 GHz 53 dBm

なお S-バンド, K-バンド については 300 Hz の AM 変調 をかけることにより地上における同期検波が可能となっている。

通信用 アンテナ は S-バンド オムニアンテナ と S-バンド, X-バンド, K-バンド 3 波用の MDA からなる。S-バンド オムニアンテナ は 図 1. に示すように太陽電池パネル上端

部外周に クロスダイポール 素子 48 個を取付けたものである。MDA は S, X, K-バンド の放射器が デスパンモータアセンブリ (DMA) に取付けられ 衛星内部へは ロータリジョイントを経由して結合されている。この MDA は姿勢及びアンテナ制御エレクトロニクスより DMA を デスパン 制御し地球方向に指向させる。各バンドのゲインは S: 12.0 dB, X: 26.6 dB, K: 36.3 dB で指向誤差は 0.5° 以下である。

3. 2 姿勢及びアンテナ制御サブシステム

衛星の姿勢検出, 姿勢・軌道制御及び MDA の制御を行う サブシステムで, アースセンサ, サンセンサ, DMA, ニューテーションダンパ 及び エレクトロニクス 部より構成されている。アースセンサは特殊 サーミスタポロメータを使用した 2 個の検出器からなり, スピン軸に直角な面から $\pm 4^\circ$ の方向を向くよう衛星構体に取付けられている。したがってそれぞれのセンサは静止位置から地球の北半球, 南半球をスイープし地球幅角度は約 15.6 度を得る。この 2 個の検出器からの地球幅信号は地上に伝送され姿勢計算に用いられる。また衛星内部では デスパンアンテナ の デスパン 制御用の基準信号として使用される。

サンセンサはシリコン太陽電池を用いた 2 個の検出器より構成され, それぞれ スピン軸に直角な面から $-87^\circ \sim 30^\circ$, $+87^\circ \sim -30^\circ$ の範囲の太陽方向角度を測定する。この太陽方向角度はスピントととも地上に送られ姿勢計算に用いられる。また衛星の姿勢及び軌道制御をするために スラスタを噴射するときの基準パルスとして使用される。(この基準パルスとしてはアースセンサ信号も選択できる。)

DMA は MDA を デスパン させるための駆動部であり プラシス DC モータを使用している。ニューテーションダンパは円弧状のアルミニウムチューブに金属球とガスを封入したものである。姿勢, スピンデータの処理, アンテナ制御などサブシステムの中核部は姿勢及びアンテナ制御エレクトロニクスとして一つのユニットにまとめている。

3. 3 電源サブシステム

ETS-II の電源サブシステムは太陽電池アレイ, バッテリ (2 系統), 電力制御器より構成され, 主バス安定化方式を採用している。太陽電池アレイはハネカムコアサブストレートに 6,336 枚の $2\text{ cm} \times 2\text{ cm} \times 0.3\text{ mm}$ シリコン N/P 10 $\Omega\text{-cm}$ 太陽電池を接着接続したもので, 初期出力約

表 1. テレメトリデータ項目

項 目	ア ナ ロ グ	バ イ ナ リ
デ ー タ 総 数	57 ワード	110 ビット
通 信	7	8
打 上 環 境 測 定 器	4	0
TT & C	6	51
AACS	5	46
電 源	16	4
APS	10	0
ABM	2	1
熱 制 御	7	0

表 2. コマンドメッセージ

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30		
シンク ロン										シンプレックスチャンネルアドレ ス					エクゼキュートベク トル		パリ ティ	プロモーションナル/ディスクリ ートワード								コマンドベクトル					
“1” “0”	FM										ストア=(12)=01010 パリティ=1					プロモーションナルワード								ディスクリートコマンド							
	チャンネル#1= (125)=01010101										エクゼキュートストア= (21)=10001					アンテナバイアスデータ スラスタングパルス数 スラスタング遅延角データ								識別 1種							
	チャンネル#2= (252)=10101010																							アンテナバイアスコマン ド 2種							
	PFM										パリティ=1 エクゼキュート= (26)=10110 パリティ=1					ディスクリートワード 72 コマンド								ABM コマンド 2種							
チャンネル#1= (322)=11010010																							スラスタングコマンド 5種								
チャンネル#2= (055)=00101101																															

115 W が得られている。太陽電池アレイの出力は電力制御器でシャントレギュレーション方式により $29.4 \pm 0.2\text{ V}$ の電圧に安定化し負荷に供給される。日陰時においては 3 AH 20 セル からなる 2 系統の ニッケルカドミウムバッテリーユニットから 2 系統の ブーストコンバータで主 バス 電圧を $29.4 \pm 0.2\text{ V}$ に安定させ負荷に供給する。バッテリーの充電はメインの太陽電池アレイに接続された 72 枚の充電用太陽電池アレイにより行われ, 充電レートは 3 段階の切換えが可能である。

電力制御器は上記の制御のほか, バッテリ の下限電圧の保護, 過負荷の分離, ABM 点火回路の安全制御と点火 モニタ, 及び主要 パラメータのテレメトリモニタ機能を有し全回路 Single point Failure のない信頼性設計となっている。

3. 4 テレメトリ・コマンドサブシステム

テレメトリ 信号はビットレート 250 bps の バイフェーズ PCM テレメトリ 信号で 136,112 MHz 搬送波を 0.8 ラジアン 位相変調したものである。1 ワードは 8 ビットからなり, 64 ワードで 1 メインフレームを構成している。ETS-II のテレメトリの種類を表 1. に示す。

コマンド系統はクロスストラップ接続された 2 台の受信機と 2 台のコマンドユニットより構成される。コマンド 信号は “1”=8,600 Hz, “0”=7,400 Hz ビットレート 128 bps の PCM/PSK 信号にビット同期用の 128 Hz 正弦波で 50% AM 変調をかけ, この信号で 148,270 MHz 搬送波を位相変調したものである。コマンドメッセージフォーマットは表 2. に示す構成となっている。

コマンドのシーケンスは最初, コマンドメッセージをストアし, このストアした内容をテレメトリで確認の上エキスキュートする (又は次の別のコマンドをストア/エキスキュートすることによって実行する) 方法がとられる。通常のコマンドのほかにはプロポーションナルコマンドと称し単一の ON/OFF では不可能な制御を行う。これにはスラスタパルス数, スラスタ噴射基準信号からの遅れ時間, 及びアンテナ指向方向バイアス角度があり 8 bit の数値で衛星に指令することができる。コマンド 信号は受信機で位相検波後コマンドユニットですべてのコマンドメッセージの処理を行う。また, コマンド受信機はテレメトリ送信機と接続しトランスポンダとして使用することができ, トランスファ軌道中は米国航空宇宙局の追跡管制網による

表 3. 熱制御用ヒータとその消費電力

ヒータ名称	消費電力
ラジアルバルブ及びラインヒータ	2.8 W
タンク、アキシャルスラストバルブ及びラントヒータ	3.8 W
アキシャルスラストキャリストベッドヒータ	5.3 W
ABM ヒータ	5.0 W
DMA フォワードヒータ	2.9 W
DMA リアヒータ	2.9 W

測距を実施し軌道データを提供した。

3.5 2次推進サブシステム (APS)

推力 5 lb のスラスタ 4 個を有し、相互に連結された 2 個のタンクから推進の供給を受ける。打上げ前 2 個のタンクに 11.5 kg のヒドラジンを充てん(填)した。冗長性のある 2 個のラジアルスラスタは、機器搭載パネルの外端近くに取付けられ、その推力軸は衛星スピン軸に直角でほぼ衛星質量中心を通る。2 個のアキシャルスラスタはいずれも機器搭載パネルの下方、太陽電池パネルの内側に配置されている。これらのスラスタは地上からスラスタの選択、噴射回数、噴射のタイミングに関するコマンドを受けて噴射し、衛星の姿勢変更並びに軌道の修正を行う。

3.6 アポジモータ

Aerojet 社製 SVM-2 A 型固体推進ロケットモータで、重量は衛星打上げ重量 254.3 kg の内約 137 kg を占める。トランスファ軌道の遠地点付近で点火し、衛星をドリフト軌道に投入した。

3.7 構体/熱制御サブシステム

構体の主要構造は中部円筒と上端で機器搭載パネルを支持する 6 本の支柱で構成されている。中部円筒の内側にはアポジモータを収納しており下端のアタッチフィッティングは打上げロケットに対する分離面となっている。DMA は機器パネル上面の三脚支柱により支持される。なお、構体の剛性特性を表す第 1 次固有振動数は、軸方向 40 Hz 以上、横方向 25 Hz 以上である。

熱制御は衛星表面シールド、熱制御用コーティング、インシュレーション及びヒータの組合せで行う。ETS-II では表 3. に示すヒータを用いサブシステムに要求される温度範囲に制御されている。

4. 地上支援装置

衛星を製作し、試験し、射場において整備して打上げるまでの間には多くの地上支援装置 (Aerospace Ground Equipment, AGE と略す) が必要になる。AGE は電気的のものと機械的のものに大別す

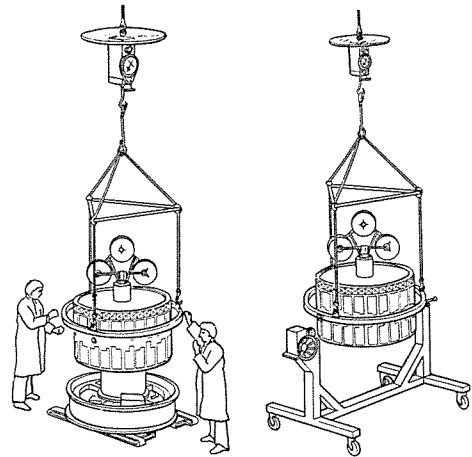


図 7. 機械的 AGE の一例

ることができる。

電気的 AGE は、衛星サブシステム、システムの電気的総合試験を行うチェックアウト装置をはじめ、衛星と地上局との適合性試験を行うにあたり、衛星を電気的に模擬する衛星シミュレータ、爆管や推進系バルブなど、危険なサブシステム系をシミュレートし、衛星システムとしての動作を試験する爆管試験器など、約 30 点が必要とされる。中でもチェックアウト装置は最も大規模なもので、コマンド送信機能、テレメトリ受信機能、データ処理機能、通信系機能を備え、試験室にある衛星を軌道上にあるものと見立てて、あらゆる機能試験を実施することができる。

一方、機械的 AGE は、衛星の製作、試験の過程で衛星を自由自在かつ安全に取扱うための各種専用ジグ類をはじめ、アライメント測定装置、衛星に燃料を充填する 2 次推進系加圧充填装置など、総計約 60 点が必要となる。1 個の衛星の開発にこのように多数の専用地上支援装置が必要となることが衛星開発の一つの特徴といえることができる。

5. サブシステム実装技術

ETS-II のサブシステムの製造において特筆されるのは、サブシステム電子回路にマイクロスポット溶接の手法を採用していることである。従来の電子機器の生産工程においては、部品の接続方法としてはんだ付けが一般的であったが、ETS-II においては宇宙機器としての品質と信頼性の要求を満たすためにマイクロスポット溶接によって大部分の

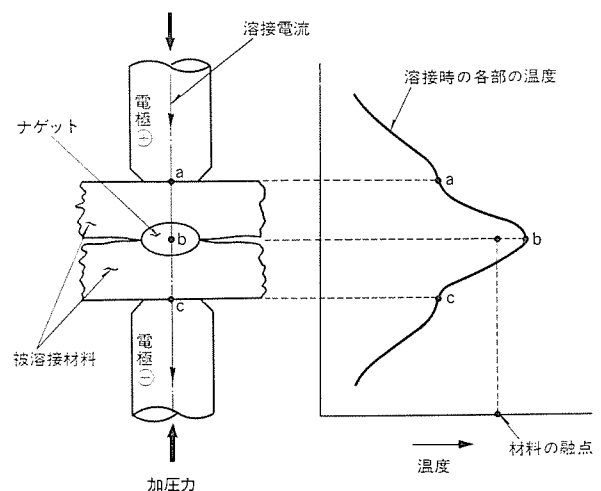


図 8. マイクロスポット溶接の原理

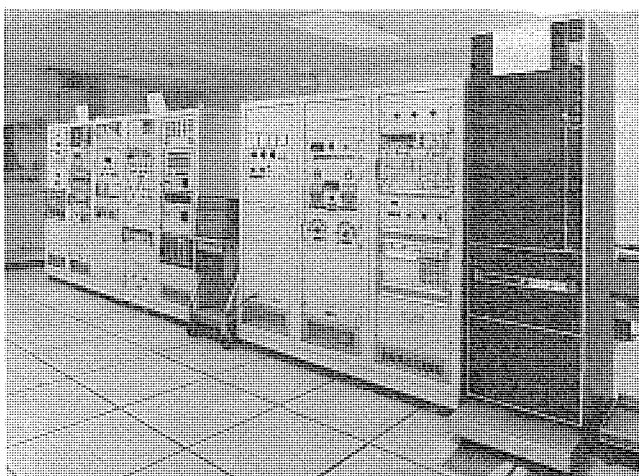


図 6. システム 総合試験装置

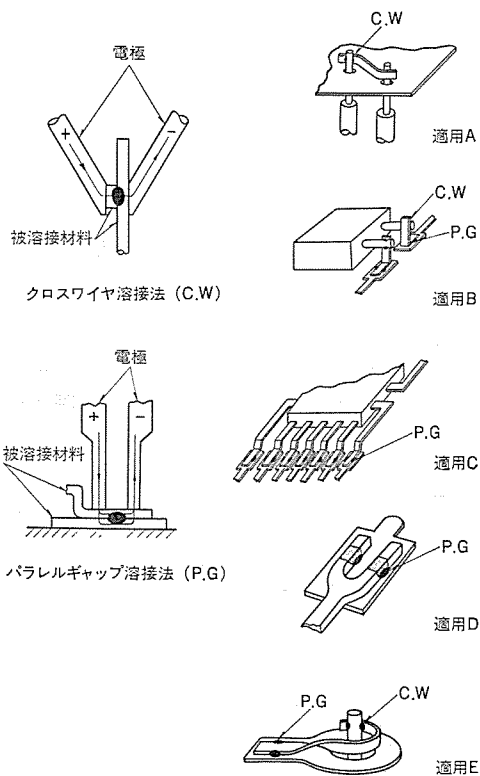


図 9. マイクロスポット 溶接適用例

はんだ付けをなくしている。

マイクロスポット 溶接は接合すべき金属を重ね合わせ、電極により所定の圧力を加えると同時に電極を通して溶接電源から溶接電流を短時間、被溶接材料に流し、そのとき発生するジュール熱によって溶融圧接する方法である。

この方式により、IC のプリント基板への取付けや、機能回路モジュール内の IC、抵抗、コンデンサ等の組立てをすべて行っており、小形化、軽量化、高信頼度化に大きな実績をあげた。図 8. にマイクロスポット 溶接の原理を、また図 9. にマイクロスポット 溶接の適用例を示す。このようにマイクロスポット 溶接は従来から各分野で行われている抵抗溶接の応用であるが、電子機器の実装に採用するに際しては、溶接材料の選定と溶接設計、溶接方法と装置の決定、圧力、電流など最適溶接条件の設定などを的確に行った。

6. ドキュメンテーション管理

衛星の開発過程でドキュメンテーションの果たす役割は極めて大きくプログラム実施の間に作成されるドキュメンテーションは膨大なものである。これは衛星は地上機器と異なり打上げ後故障した場合に修理不能であるため、設計、製造、試験全般にわたって極端なまでに徹底した信頼性・品質保証プログラムの実施が要求されること、システムの開発にあたり関連する部門が極めて多い巨大プログラムであるため、これらの部門間の有機的かつ確実な連携を保ちつつ開発を進めてゆくためにすべての技術的、管理的事項をそれぞれの時点において文書化する必要があることなどから、宇宙プログラムに必然的に要求されるものである。

ETS-II プログラムにおいて契約の一部として宇宙開発事業団へ提出した文書をカテゴリ別に分類して図 10. に示す。実際に提出した文書の種類は約 1,000 件であり、この外に膨大なドキュメンテーションが存在する。衛星開発においては、ドキュメンテーション及びその有効な管理がハードウェアの性能とほとんど同程度にミッションの成否を決定す

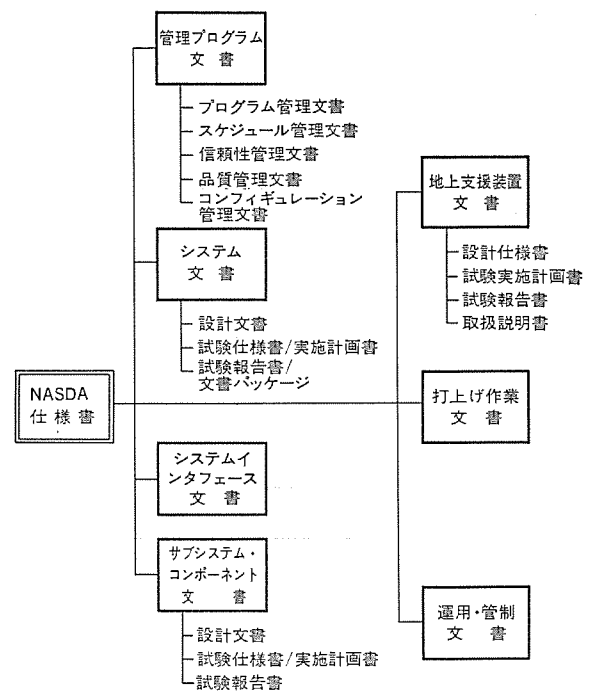


図 10. ETS-II のドキュメンテーション

るといっても過言ではない。

7. 打上げ準備作業

受入試験を完了した衛星は種子島宇宙センターへ輸送され、発射のための準備作業に入る。打上げ準備作業の主目的は射場への輸送によって衛星の機能に異常がないことを確認し、次いで衛星を宇宙へ旅立たせるための最終的なコンフィギュレーションに設定してロケット先端部へととりつけることにある。したがって製作工場で行われるような環境試験は一切なく、各種機能試験も通常的环境において行われる。まずフライト用蓄電池が充電、活性化され、衛星に搭載され、電気性能試験がチェックアウト装置を使用して行われる。次いで、姿勢制御及び軌道制御に使用される補助推進系の燃料であるヒドランの充填が行われる。

ヒドランの充填には重要な 2 点がある。一つには、ヒドランは水に似た無色の液体ながら極めて有毒な物質であり、皮膚への接触、蒸気の吸込みなどが起こると人命にかかわる事故となるため、充填に際して細心の手順で行う必要があることであり、もう 1 点は微粒子の混入など、汚染することのないようにしなくてはならない点である。これは汚染粒子が衛星系へ混入すると、補助推進系のソレノイドバルブに付着してバルブからの燃料漏れを起こすからである。バルブからの漏れは、宇宙空間にある衛星に対しては外力として働くこととなり、姿勢、軌道が乱れてひいては静止衛星としての機能を失うに至ることになる。

アポジモータは大量の固体燃料を持つ一種のロケットモータであり、衛星をだ(隋)円形の遷移軌道から円形のドリフト軌道へ投入するための速度インパルス衛星に与える。射場ではまず燃料のひびわれがないかを X 線装置によって綿密に調べ、次いで起爆装置を組付けてから衛星中央部に取付ける。言うまでもなく極めて危険な作業である。

こうしてヒドランが充填され、アポジモータが装填された状態で衛星は打上げの準備が整ったことになる。ここで打上げ重量の測定が行われた後、ロケットへの取付けが行われる。

ロケット最上部へ取付けられた衛星は、打上げまではロケット本体を

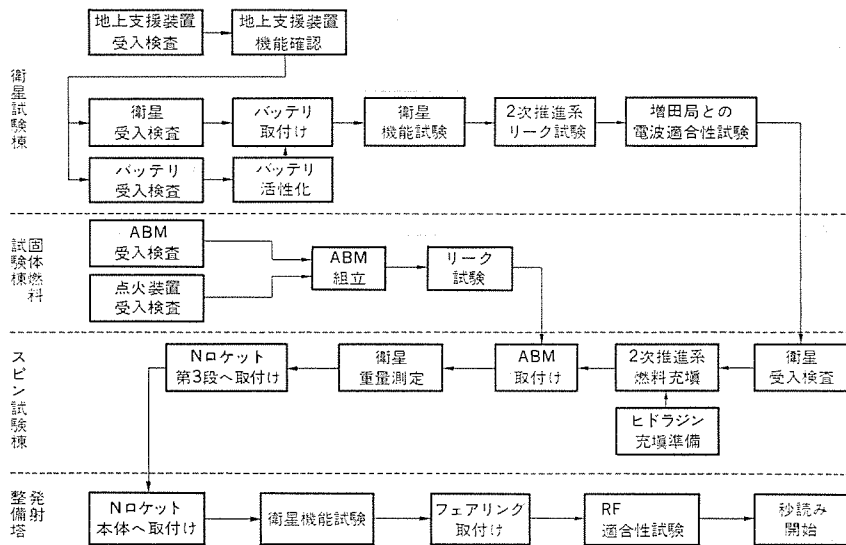


図 11. 発射整備作業フロー図

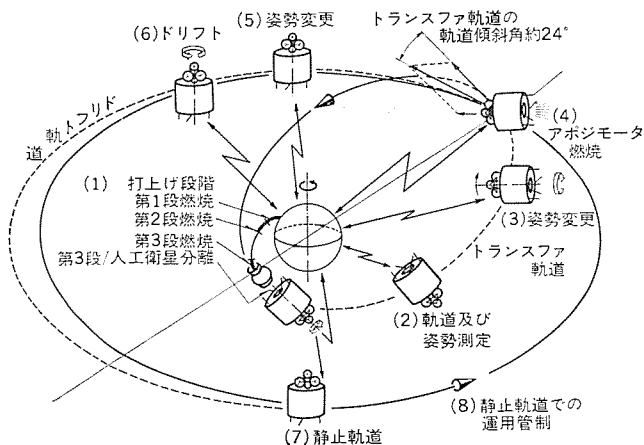


図 12. ETS-II の運用管制と軌道

經由して地上から電源が供給され、電気性能試験や蓄電池の充電が繰り返される。この段階では衛星は衛星運用地上局（種子島増田地区）と電波で結ばれ、地上局からのコマンドによって運用され、試験される。

衛星がロケットに搭載されてからの打上げ準備作業は専らロケットの発射整備作業のスケジュールに依存して進行していく。

打上げ当日は、電気性能確認試験を行い、蓄電池の充電を完了したあと、発射の直前に衛星の電源を地上電源装置から内部蓄電池に切換え、全準備作業が完了する。

8. ETS-II の運用管制

ETS-II の打上げから静止に至る ミッションシーケンスは次のとおりである。

- (1) 遠地点が赤道上約 36,000 km となる トランスファ 軌道に投入する。
- (2) 衛星の軌道と姿勢を測定し、アポジモータの点火予定時刻とその時の姿勢を計算する。
- (3) アポジモータ 点火の姿勢に変更する。
- (4) アポジモータを点火し、ドリフト 軌道に投入する。
- (5) スピン 軸が軌道面に垂直となるよう、姿勢変更する。
- (6) 軌道を微調整し、衛星を静止位置までドリフト させる。

(7) 赤道上東経 130° 付近の静止軌道にのせる。

(8) 静止軌道での運用管制。

これらの各 ステップでの運用管制と軌道との関係を 図 14. に示す。

ETS-II は 1977 年 2 月 23 日 17 時 50 分種子島より打上げられ約 25 分後 Nロケット 3 号機より切り離し、トランスファ 軌道に投入された。トランスファ 軌道は軌道傾斜角 23.8 度、アポジ 高度は目標 に対し -0.77σ の良好な軌道であった。トランスファ 軌道における追跡が国内追跡局の可視範囲外となる間は米国航空宇宙局に依頼して追跡データを取得した。一方、可視時間帯においては宇宙開発事業団勝浦及び増田の各追跡管制所並びにクリスマス 移動追跡所で S-バンド レンジャンドレンジレート 方式により追跡データを取得し、これらのデータを基にして筑波宇宙センター中央追跡管制所で軌道計算及び決定を行った。中央追跡管制所では各追跡所で受信し伝

送されてくる テレメトリデータを収録、処理、解析し衛星の状態監視及び姿勢決定を行うとともに、ミッションシーケンス 要求に基づくコマンド 計画を作成してコマンド 信号の衛星への送信指令が行われた。

軌道決定、姿勢決定に引き続き アポジモータ 噴射姿勢への変更は最初の粗修正と 2 回にわたる精修正の 3 段階にわたって行われた。アポジモータの点火は 1977 年 2 月 26 日 14 時 32 分 30 秒（第 7 アポジ 点近傍）に行われ、近地点高度 35,756 km（予定より 6 km 低い）、遠地点高度 35,756 km（予定より 25 km 低い）、軌道傾斜角 0.459 度の良好なドリフト 軌道に投入された。

ドリフト 軌道投入後、衛星 スピン 軸を軌道面に垂直にするための姿勢修正を粗、微調の 2 回にわたり行うに相前後して軌道修正を 5 段階に分けて行い、1977 年 3 月 5 日午前 6 時 58 分の第 5 回の修正で東経 130° の静止軌道に投入された。その後の軌道計算で近地点高度 35,783 km、遠地点高度 35,786 km、軌道傾斜角 0.568 度、周期 23 時間 56 分と決定された。

以後 1 ヶ月～2 ヶ月に 1 度の修正により東経 130° \pm 0.5° 内に静止する。なお前述のように軌道の変更が順調であったため、ヒドラジン 推進剤の消費は予定の約 1/3 程度にとどまった。

静止軌道投入後は衛星の各種機能試験が行われた。主なものとしては MDA の試験、伝搬実験用発振器の機能確認で、郵政省電波研究所鹿島支所の協力のもとに行われ、いずれも良好な結果が得られた。

9. む す び

ETS-II は前述のように成功のうちに打上げられ、「きく 2 号」と名づけられた。衛星の主要 ミッション とされた静止衛星打上げ、追跡管制、軌道・姿勢制御、搭載機器の機能確認などの技術試験項目はいずれも満足な成果をあげつつあり、ECS をはじめとする今後の実験用/実用静止衛星計画の達成に明るい見通しを与えたものといえる。

終わりに、ETS-II の開発にあたりご指導、ご協力をいただいた関連各機関、会社の各位に心からの謝意を表する。

（昭和 52-5-10 受付）

三菱製紙(株)八戸工場抄紙機プロセスの計算機制御

星野仁美*・小林一勝*・松下 拓*・高橋正夫**・北村英久**

1. ま え が き

紙パルププロセスは大きく分けて蒸解工程、洗浄工程、薬品回収工程、漂白工程、抄紙工程、製品工程等に分類できるが、これらのプロセスへの工業用計算機の導入は、蒸解工程、抄紙工程を手はじめに1961年ごろより米国において開始され、北米を中心にして、更に漂白工程、製品工程を含めて着実にのびつつある。導入比率としては抄紙工程に対するものが大きい。これは紙の本質的な品質の振れが、坪量すなわち紙の単位面積当たりの目方(g/m²)と含有水分率(%)のばらつきに起因するという考えから、この安定精度の向上と工程変動の早期安定状態への復帰を目指すものである。これらを達成することにより品質及び原単位の向上、また生産効率の向上を図る。当社では上質紙の抄紙機に対する中形工業用計算機《MELCOM》350-30Fの導入を三菱製紙(株)八戸工場の抄紙工程に対して行い効果を上げている。

2. 抄紙工程の概要

上質紙抄紙工程の概略図は図13. のようになり、まず希釈されたパルプはスタッフボックス及び更にこの図の前段階からなる精選回収系から種口弁、ストリウムフロー弁、ファンポンプを経て、圧力ボックスであるストックインレットに入る。ここで加圧された希釈パルプはインレット下部のステスギャップからジェット流として吐き出され、このジェット流とほぼ同期して回っている、ある一定幅(抄幅)を持つ網状のワイヤパーツ上にかかる。隣青銅又はプラスチック等からできているメッシュ上に希釈パルプ中の固定分(セルローズ分等)がとどまり、水分は白水としてワイヤ下のサクシヨンボックスで吸水され回収系へもどる。以上までの精選系、ウェットパーツの特性図は図3. のように一時遅れ+むだ時間(式1)で表せる。ワイヤにのったWebはその先端でピックアップできる程に脱水され、プレスパーツに巻き込まれる。プレスパーツでは毛布に表面が接触され更に脱水され前段ドライヤーに入る。ドライヤー部で高温高圧の蒸気で熱せられているロールの間を通り水分率2~3%に乾燥される。このドライヤー部は最近のほとんどの高速、大形抄紙機では全体がフードで覆われ熱の有効利用を図っている。上質紙用の抄紙機は通常、ドライヤー部は2段に分かれ、その間にサイズプレスがある。ここではいったん乾燥された紙の表面にコーティングのための薬液が塗布される。また後段ドライヤーの出口でアイロンに相当するカレンダーによりプレスされ、光沢が出され、リーラに巻きとられる。紙の坪量(g/m²)、含有水分率(%)はこのシステムではサイズプレス前と、リーラ前の2箇所にて幅方向に数十点一定周期ごとにスキャンされリーラ前ではBMI 1000システムでスキャンごとに平均され、《MELCOM》へ送られる。

3. 抄紙機制御システムの機能と特徴

計算機システムの概要を表1.に示す。補助メモリの容量は以下に示す上質紙抄紙機制御機能3台分を有するものである。ハードウェアの構

成図を図1.に、ソフトウェアの構成図を図2.に示す。また制御システム機能を表2.に示した。

前に述べたこの抄紙工程プロセスに対してこの制御システムでは次のような特徴があげられる。

- (1) 精選系の動特性をは(把)握し、坪量、水分率検出器の平均値機構、設定値の変化を速やかに吸収する最適坪量、水分率制御アルゴリズムを開発した。
- (2) 上質紙特有の各グレードの全情報を記憶し、受注情報からの生産管理を容易にし、この情報をもってこれまで幾人かの人手に頼っ

表 1. 計算機システム概要

(1) セントラルプロセッサ及び周辺機器	
中央演算処理装置 (CPU)	1 式
コアメモリ容量	32 K 語
コアメモリ サイクルタイム	1.0 μ 秒
補助メモリ (磁気ドラム)	1 台
ドラムメモリ容量	512 K 語
システムタイプライタ	1 台
カードリーダー (300 枚/分)	1 台
紙テープリーダー (200/400 字/秒)	1 台
紙テープパンチ (120 字/秒)	1 台
FC タイプライタ (IBM 735)	3 台
ラインプリンタ (136 字/行)	1 台
(2) プロセス入出力 (ただし抄紙機 1 台分)	
アナログ入力	192 点
デジタル入力	192 点
デジタル出力	288 点
プロセスインタラプト	32 点
パルス出力	32 点
高速パルス入力 (50 KPPS 以下)	12 点
(3) マンマシンコミュニケーション	
オペレータコンソール	1 台
デジタル表示盤	1 面

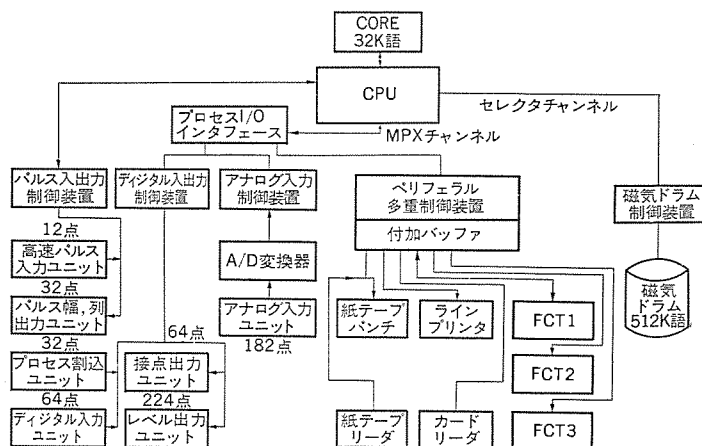


図 1. 機器構成図

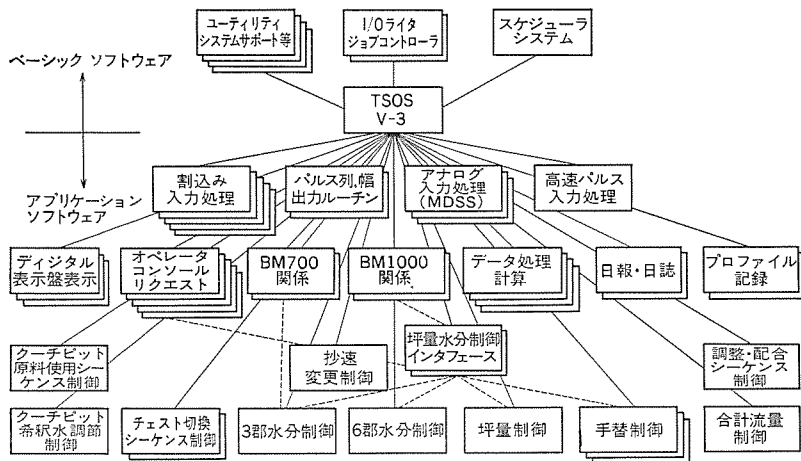


図 2. ソフトウェア構成図

表 2. 抄紙機計算機制御システム機能

1. 制御項目	
(1) 定常坪量制御	(2) 配合手替制御開始リクエスト
(2) 定常水分制御	(3) 坪量、水分設定リクエスト
a. 前段ドライヤー制御	(4) スキャナスキャン幅設定リクエスト
b. 後段ドライヤー制御	(5) 制御パラメータ変更リクエスト
(3) 抄紙機速度制御	(6) ロール使用開始日登録リクエスト
a. 運転ヘッド制御	(7) 全ロール使用日数計算及びプリントリクエスト
b. 種口弁制御	(8) リール枠番変更、表示リクエスト
c. 抄紙機速度変更リクエスト	(9) 保全紙切りリクエスト
d. 前段ドライヤー制御	(10) オーダ別生産量変更リクエスト
e. 後段ドライヤー制御	(11) 配合手替比率設定リクエスト
(4) 坪量手替制御	(12) 生産標準値関係リクエスト
a. 運転ヘッド制御	(13) 坪量、水分プロフィール印字リクエスト
b. 種口弁制御	その他標準リクエスト機能
c. スクリーンポンプ回転数制御	
d. オーバフロー弁制御	
e. 抄速設定制御	
f. 前段ドライヤー制御	
g. 後段ドライヤー制御	
(5) 配合手替制御	
a. 配合原料設定制御	
b. 配合添加物設定制御	
c. 配合チェストシーケンス制御	
(6) トータル流量制御	
(7) クーチビット希釈水流量制御	
(8) チェスト切換シーケンス制御	
2. マンマシンコミュニケーション機能	
(1) 坪量手替制御開始リクエスト	(2) 表示盤表示 手替時間、今回・次回オーダ、現在生産量、抄紙機速度表示

ていた手替えの最終時間による全自動化を図った。

(3) 抄紙機速度制御、トータル流量制御、配合手替制御、クーチビット希釈水流量制御等のマシン全体の計算機による自動化の充実を図った。

(4) 坪量、水分率のプロファイルの把握及びハードコピー、抄造日報、工程日報等の上質紙特有のものを含むデータ収集。

(5) 現場表示盤、オペレータコンソールの各種リクエスト機能による現場運転員に対するマンマシンコミュニケーションを充実した。

(6) 近代制御理論の実用化としてデジタルフィルタを用いた制御系

の同定 (Identification) による適応制御のアプローチを行った。

4. 制御機能

4.1 定常坪量制御

抄紙機制御の特徴は種口弁からリーラまでの長い距離を有するところにある。この系のむだ時間は種口弁からインレットまで (図 3.) とインレットからリーラまでのむだ時間の和となるが、前者は抄水量、後者は抄速の関数となる。この値は1分30秒程度の極めて長いもので、この事が坪量の制御を困難にし、またこれが抄紙機制御の最重要ポイントでもある。このような長いむだ時間と時定数を持つ系に対する計算機制御アルゴリズムは、これまで Dahin, Kalman, Miller 等のアルゴリズムが開発されているが、当社では新たにフィードフォワード制御とフィードバック制御をかみ合わせた制御アルゴリズムを開発した。このアルゴリズムはセンサがスキャンした抄紙機のクロス方向の平均値を利用した点、及び手替え時の坪量目標値の変化をできる限りスムーズに行うことを考慮して良好な制御性をあげている。(図 4. 参照) またプロセスのゲイン、時定数、むだ時間及びこれらに対する制

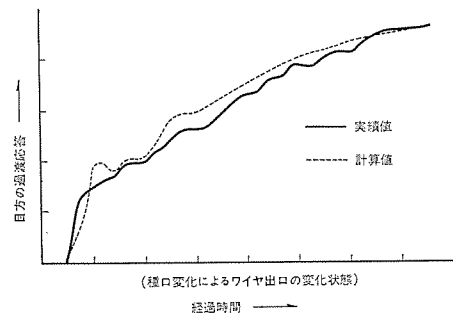
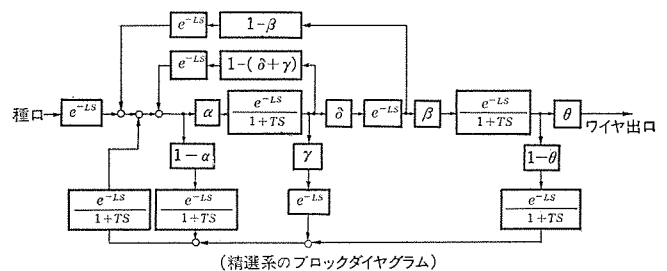


図 3. 精選系の動特性

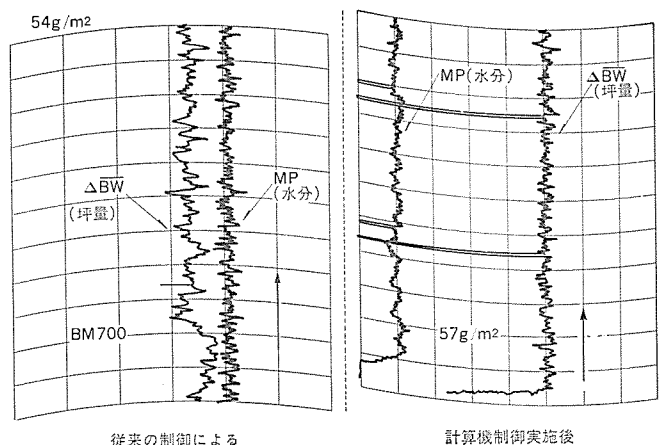


図 4. 制御状態の比較

御パラメータをオンラインで一定周期で更新する適応制御系をとっている。

坪量制御を行うために精選系の特性を図3.のようにブロックダイアグラムで把握し目方の過渡応答を実プロセスとシミュレーション(BACS: Mitsubishi Block diagram Analogous Compiler System)での計算値の比較を行った。いずれも種口の濃度変動に対し目方変動が1次遅れとむだ時間での伝達関数で表され、一致した応答曲線で表せることがわかる。式(1)参照。

4.2 坪量制御アルゴリズム

(1) J. J. Millerの方法⁽¹⁾

紙の単位面積当たりの目方、坪量(g/m²)は含有水分率(%)とともに抄紙機の枠先(リ-ウ前、図13.参照)においてβ線、近赤外線等の放射線によって測定され、坪量は種口弁と称するバルブ濃度を制御するバルブを操作し、水分率はドライヤー部の乾燥シリンダ内部に入れられる高温高圧の蒸気圧力を操作する。問題は操作端とセンサの間に大きなむだ時間を有すること、センサの平均値機構を考慮したアルゴリズムを設計しなければならないことである。坪量、水分率のデカップリングの問題は坪量が水分と分離された絶乾坪量が直接センサから測定されることにより解決される。種口弁に対するWet-Endでの絶乾坪量の応答は、伝達関数

$$K_P \cdot G_P(S) = \frac{K_P \cdot e^{-T_d \cdot S}}{1 + T_L \cdot S} \quad (1)$$

で表せる。また入力 $x(t)$ の区間 $(t-T, t)$ での平均値を $y(t)$ とすると次式のようになる。

$$y(t) = \frac{1}{T} \int_{t-T}^t x(\tau) d\tau \quad (2)$$

またこの両辺のラプラス変換をとると次式となる。

$$L\{y(t)\} = \frac{1-e^{-TS}}{T \cdot S} L\{x(t)\} \quad (3)$$

したがって0次ホールド機構を考慮した種口弁からBM計の出力(坪量平均値)までの総合特性は次のようになる。

$$\frac{1-e^{-TS}}{S} \cdot \frac{K_P e^{-T_d \cdot S}}{1 + T_L \cdot S} \cdot \frac{1-e^{-TS}}{TS} \quad (4)$$

ここにサンプル入力

$$\sum_{k=0}^{\infty} M_k \cdot \delta(t-kT)$$

を加えた場合の出力のZ変換は次式で表せる。

$$C(Z) = L\left\{\frac{1-e^{-T \cdot S}}{S} \cdot \frac{K_P e^{-T_d \cdot S}}{1 + T_L \cdot S} \cdot \frac{1-e^{-TS}}{TS}\right\} \cdot M(Z) \quad (5)$$

式(4)のZ変換を $K_P G_0(Z)$ とすると

$$G_0(Z) = C \cdot \left[\frac{Z^{-(q+1)}(1+mZ^{-1}+nZ^{-2})}{1-b \cdot Z^{-1}} \right] \quad (6)$$

ここで T_d, b, m, n, γ, C は図5.を参照されたい。

$$\begin{aligned} C(Z) &= \frac{K_P \cdot G_0(Z)}{1/D(Z) + K_P \cdot G_0(Z)} \cdot R(Z) \\ &= \frac{\gamma Z^{-(q+1)}(1+mZ^{-1}+nZ^{-2})}{\gamma(1-bZ^{-1})/K_P \cdot C \cdot D(Z) + \gamma Z^{-(q+1)}(1+mZ^{-1}+nZ^{-2})} \cdot R(Z) \quad (7) \end{aligned}$$

ここで分母を定数とすると $D(Z)$ は図5.のようになる。

以上がJ. J. Millerの方式である。

(2) Feed Forward 効果を考慮に入れたアルゴリズム

当社では更に坪量の設定値変更をFeed Forward成分で吸収し、以降はFeed Back成分で修正を行うアルゴリズムを開発した(図6.)。予測成分アルゴリズムは

$$\begin{aligned} C(Z) &= \frac{K_P}{K_P'} G_0(Z) \cdot A(Z) \cdot R(Z) \\ &= \frac{K_P}{K_P'} \cdot C \cdot \left[\frac{Z^{-(q+1)}(1+mZ^{-1}+nZ^{-2})}{1-bZ^{-1}} \right] \cdot A(Z) \cdot R(Z) \quad (8) \end{aligned}$$

ここで分母を定数とするため

$$A(Z) \triangleq \frac{1-bZ^{-1}}{1-b} \quad (9)$$

とおいた。また修正成分アルゴリズムは

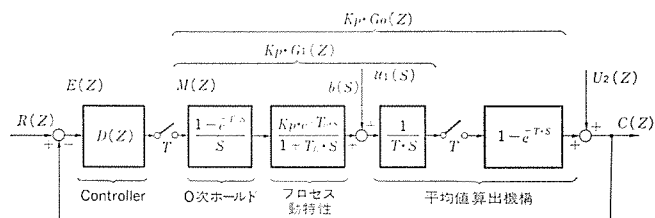
$$\begin{aligned} C(Z) &= \frac{\frac{K_P}{K_P'} + K_P \cdot K(Z) B(Z)}{1 + K_P G_0(Z) B(Z)} \cdot \frac{C}{1-b} \\ &\quad \cdot Z^{-(q+1)}(1+mZ^{-1}+nZ^{-2}) \cdot R(Z) \quad (10) \end{aligned}$$

最終値定理より

$$\lim_{Z \rightarrow 1} C(Z) = \frac{\frac{K_P}{K_P'} \cdot \frac{1}{B(1)} + K_P}{\frac{1}{B(1)} + K_P} = 1 \quad (11)$$

から

$$\frac{1}{B(1)} = 0 \quad (12)$$



$$D(Z) = \frac{\gamma(1-bZ^{-1})}{K_P \cdot C \{1 - \gamma Z^{-(q+1)}(1+mZ^{-1}+nZ^{-2})\}}$$

$$\begin{aligned} R(Z) &: \text{坪量設定値} \\ M(Z) &: \text{制御系出力(操作量)のZ変換} \\ C(Z) &: \text{出力坪量の平均値のZ変換} \\ u_1(S) &: \text{坪量雑音のLaplace変換} \\ U_2(Z) &: \text{坪量平均値混入雑音のZ変換} \\ b(S) &: \text{坪量のLaplace変換} \end{aligned} \quad \left\{ \begin{aligned} T_d &= (q+1) \cdot \Delta \quad 0 \leq \Delta < 1 \quad q: \text{整数} \\ b &\triangleq e^{-T/T_L} \\ m &\triangleq \frac{(T/T_L) - (\Delta T/T_L - 1)(e^{-T/T_L} + 1) - Ze^{-\Delta T/T_L}}{e^{-\Delta T/T_L} + (\Delta \cdot T/T_L) - 1} \\ n &\triangleq \frac{[\Delta - 1]T/T_L - 1}{e^{-\Delta T/T_L} + (\Delta \cdot T/T_L) - 1} \\ \gamma &\triangleq \frac{1}{1+m+n} \\ C &\triangleq \frac{e^{-\Delta T/T_L} + (\Delta T/T_L) - 1}{(T/T_L)} \end{aligned} \right.$$

図5. J. J. Millerのアルゴリズム

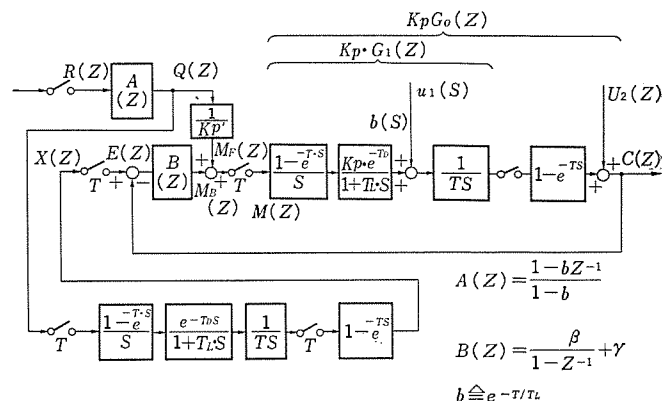


図6. Feed Forward 効果を考慮したアルゴリズム

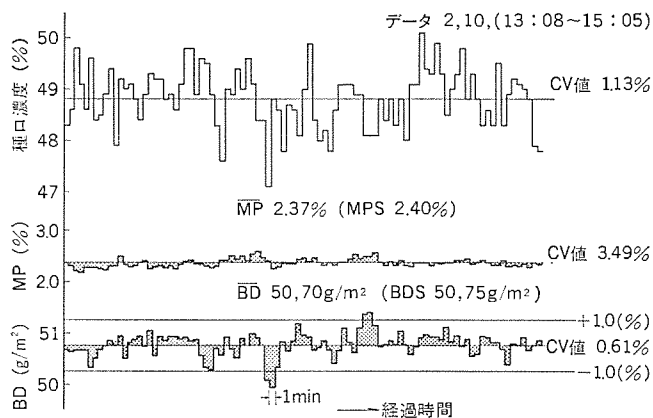


図 7. 坪量、水分率の制御状態

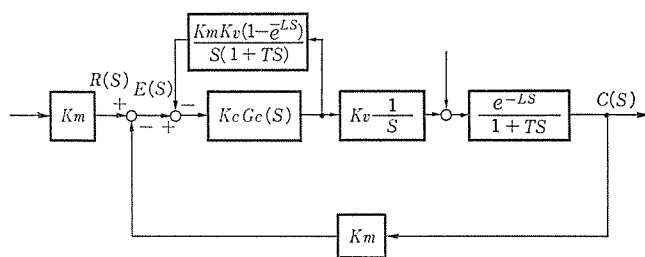


図 8. O. J. Smith の補償器を入れた水分率制御系

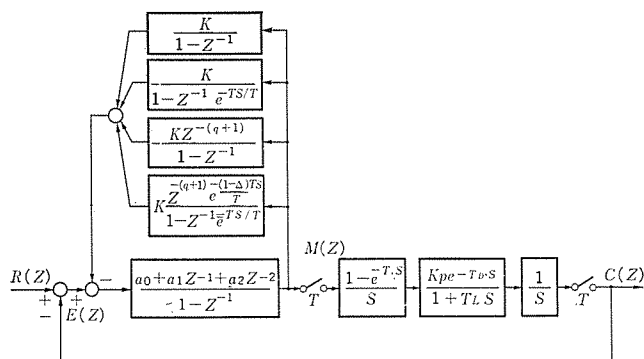


図 9. PID に O. J. Smith の補償器を入れた水分率制御系

を満たすものとして

$$B(Z) = \frac{\beta}{1 - Z^{-1}} \quad (13)$$

とおいた。

J. J. Miller の方法、及びこの方法を比較してみると、このアルゴリズムのほうが種口弁の大きな動きを押さえることができる。

4.3 定常水分率制御

水分率制御も坪量と同様に長いむだ時間を持った系に対する制御である。ただし坪量制御が種口弁を計算機からの直接の出力で動かす DDC (Direct Digital Control) 方式をとると異なり、おのおのドライヤーの蒸気圧をマイナに制御しているアナログ調節計に対する設定値を与える SPC (Set Point Control) 方式をとっている。アルゴリズムはやはりむだ時間に対する方法として知られている O. J. Smith の補償方式と Tuning PI 又は PID アルゴリズムを使用している。

坪量制御、水分率制御共にセンサの1回のスキャンニングごとにプログラムの起動がかけられ、この1回のスキャンニング中、数十点集収した値の平均値を使用する。坪量は絶乾坪量をもって制御を行う。水分率制御においてもアルゴリズムパラメータを周期的に更新する学習機能を持つ。

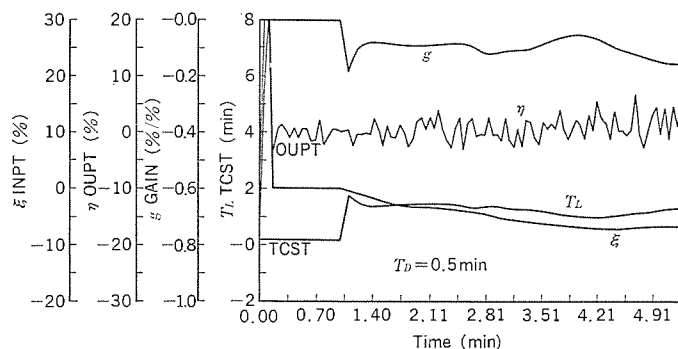
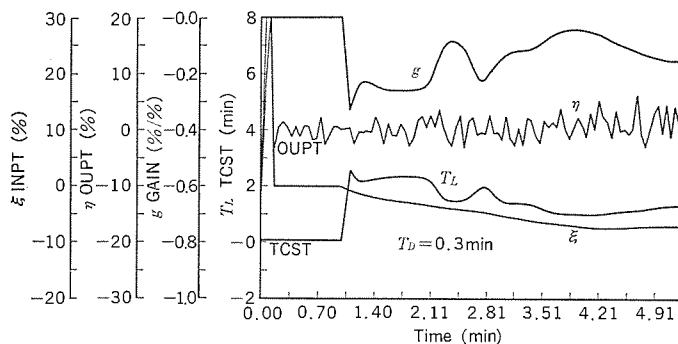


図 10. 蒸気圧力・水分系の同定結果

4.4 水分率制御アルゴリズム

水分率制御系には一般にむだ時間を持つ系の補償器として知られている O. J. Smith の補償器を主コントローラのまわりに置く方法をとった。この補償器の伝達関数は系の特性方程式からむだ時間を除くものであるから次式のようにになる。(図 8. 参照)

$$F(S) = \frac{K_m K_v (1 - e^{-LS})}{S(1 + TS)} \quad (14)$$

$K_m K_v = K$ としてこの補償器の Z 変換は次式のようにになる。

$$L\{F(S)\} = K \left[\frac{1}{1 - Z^{-1}} - \frac{1}{1 - Z^{-1} e^{-\frac{TS}{T}}} \right] \quad (15)$$

主コントローラは PID アルゴリズムを用いた。

$$G_c(Z) = \frac{a_0 + a_1 Z^{-1} + a_2 Z^{-2}}{1 - Z^{-1}} \quad (16)$$

以上により整定時間と偏差 2 乗積分の最小化を図った。(図 9. 参照)

図 4. には従来のアナログ計装による制御状況と上述のデジタル制御結果を示す。チャートは ΔBW すなわち目標坪量と現在坪量の差のスキャン周期ごとの平均値と水分率の制御状態を表す。共に 55 g/m² 前後の目方であるが、坪量、水分率共に振幅は大きく減少し、この種のプロセス特性に対してデジタルによる Advanced Control が極めて有効であることが分かる。また種口濃度変動に対する絶乾坪量と水分率の制御状態を図 7. に示した。50.75 g/m² でその坪量のばらつきは CV 値=0.61%, 水分率で CV 値=3.49% と満足する値を示している。

4.5 蒸気圧力・水分系の同定

紙の水分率は蒸気ドライヤーの蒸気圧を操作することにより制御される。蒸気ドライヤーは一種の熱交換器であり、その1次系は 1~2 kg/cm² の過熱水蒸気で、2次系は紙の流れである。この近辺の圧力での定圧比熱は約 0.5 cal/deg・g に対し潜熱は約 500 cal/g である。

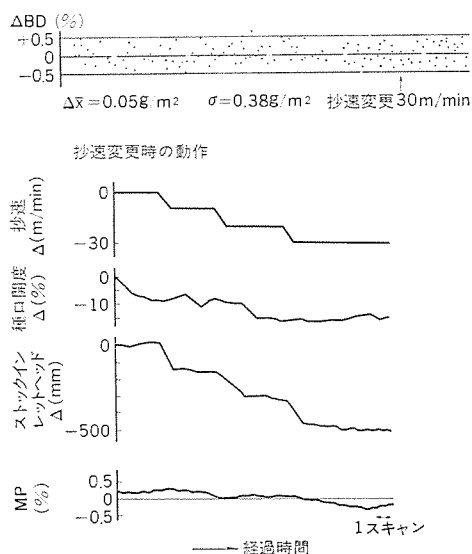


図 11. 坪量、水分率制御時の抄速変更の結果

したがって移動する熱はほとんど潜熱であり、1次系内の水蒸気は等圧の下で移動していること、潜熱は圧力で一意的に定まることを考えると、2次系へ伝達される熱は主として1次系の水蒸気圧で定まる。ドライヤーは紙の走行に沿い長い距離にわたり配置されているから分布定数系となり正確なモデルを考えるのはむずかしい。しかし水分率の制御のためにはモデルがどうしても必要であったので次のような近似モデルを考えた。すなわちドライヤー水蒸気圧を x kg/cm²、水分率を y % として、その平衡時の値を \bar{x} , \bar{y} とし、 $\xi = x - \bar{x}$, $\eta = y - \bar{y}$ として

$$L\{\eta\} = \frac{g \cdot e^{-T_D \cdot S}}{1 + T_L} \cdot L\{\xi\} \dots\dots\dots (17)$$

のようにむだ時間を含む1次遅れ系で近似し、実測データを基に仮に設定した T_D を用いて g と T_L を推定した⁽²⁾。図 10. は $T_D=0.3$ 分及び $T_D=0.5$ 分とした時の g と T_L の推定結果である。 $T_D=0.5$ 分において g と T_L が時間変化に対してほぼ一定値となり、これらの値がこの抄紙機の水分子の特性を表すのに最適と思われる。この同定は操業データをもとにオフラインで計算したものであるが、今後この種のプロセス動特性がオンラインで行われ、しかも定常時の操業データがベースであるのでプロセスに何らの外乱を与えることなくに適応制御 (Adaptive Control) を行うことが期待できる。

4. 6 抄紙機速度制御

オペレータコンソールに目標速度を設定し、押ボタンをワンタッチすることにより生産量変更のための抄紙機速度制御を自動的に行う。運転ヘッド、種口弁、抄速、前段蒸気圧、後段蒸気圧を最適に駆動し、速度変更を抄紙機の能力の許容する範囲の最小時間で行う。抄紙機速度制御は定常の坪量、水分率制御とオーバーラップして行われ、100 m/分 以上の速度変更することなく、目標値の ± 1 m/分 以内に入った時点で完了する。定常坪量、水分率制御時の抄速変更の結果を図 11. に示す。抄速を 30 m/分 変更した時の種口開度、ストックインレットヘッド圧、坪量、水分率の変化状況である。抄速は 10 m/分 ずつ3回にわたって変更させ約 12 スキャンで変更を完了していることが分かる。1 スキャン時間は約 1 分である。この間坪量、水分率に関してはほとんどその影響がみられないことが分かる。今後、抄紙機の能力を考慮しこの変更時間幅を計算機サイドから、あるいはプロセスサイドからいかに短縮していくかが問題となろう。ともあれ、これ

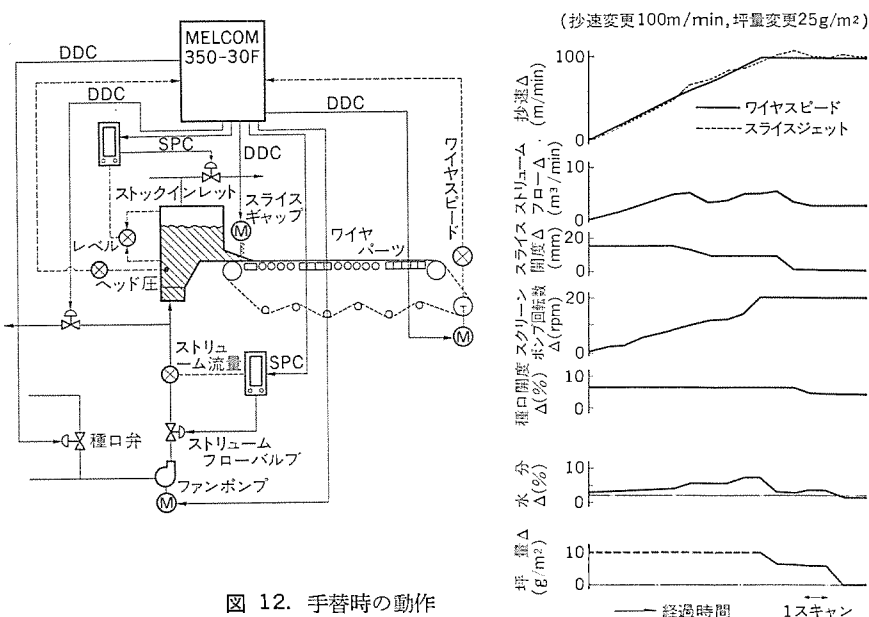


図 12. 手替時の動作

までかなり経験的なデータをもとに幾つかのアクチュエータの操作を現場の運転員によって行われていたことが自動化したことにより効果をあげている。

4. 7 坪量手替制御

各オーダの坪量の設定変更に対してストックインレットのオーバーフロー弁、運転ヘッド、必要に応じてスライスギャップ、また種口弁、スクリーンポンプ、前段ドライヤー、後段ドライヤー、抄速を計算機より最適に駆動し、グレードチェンジの時間短縮及び正確化を計る。種口弁開度設定値は現在の種口弁開度、現在と目標の坪量、抄速の関数として、ライン速度の設定値は現在のライン速度、現在、目標リーラ速度の関数として、オーバーフロー弁、スクリーンポンプ回転数は抄速とおのの現在の値と目標値との関数として、前段ドライヤー蒸気圧は目標生産量の関数として、後段ドライヤー蒸気圧は目標抄速の関数として、運転ヘッドはスライスジェットとラインスピードの関数としておのの一定の法則に従って設定を行う。

一定の所要時間後坪量が目標値の ± 2.5 g/m² 以内に3回連続して入れば定常時の坪量・水分率制御にボタンタッチし手替完了とする。各オーダごとの坪量手替えはオペレータコンソールから押ボタンをワンタッチすることにより完了し、人の手を一切介しない。手替時の動作を図 12. に示す。坪量 25 g/m² の変更、抄速 100 m/分 の変更を行っている。1 スキャンの時間は約 1 分前後であるから 10 スキャンで抄速が収れん(数)、坪量は 15 スキャンで目標に到達し頭初の目標を達成している。今後やはり抄速変更制御と同様、更に坪量の収斂時間の短縮が課題となる。

種々のすき(抄)物を扱う上質の抄紙機においては数カ所以上のアクチュエータを同時に動かすような操作にこのような計算機の導入は極めて有効な手段であろう。

4. 8 配合手替制御

抄紙機の抄出し時には各原料のプレチェストのアジテータポンプを始動するシーケンスプログラムを始動し、標準書に従い各原料の比率を設定する。また定常時においても各添加物をオーダに従って標準書を計算機のメモリから引き出し、その比率を流量設定器に対して最適設定を行う。配合手替えにおいても、オペレータコンソールから押ボタンをワンタッチすることにより、抄紙機単位の標準書を記憶しておくだけで、オーダ NO に抄造量を指定すれば動作が完了する。

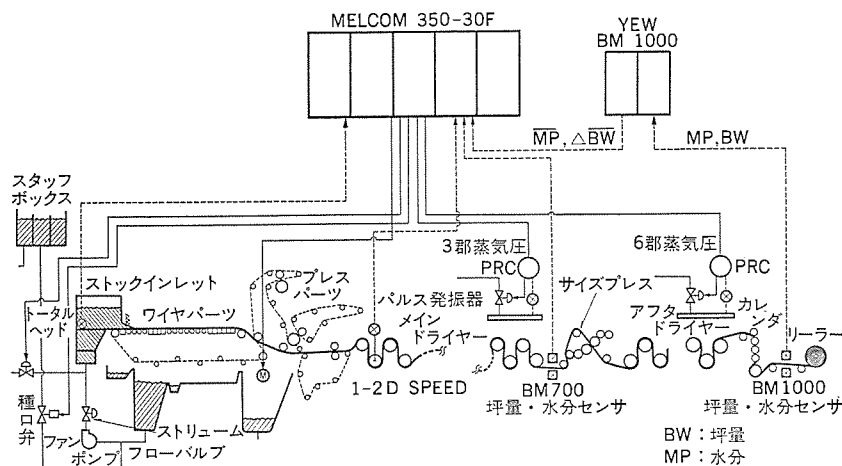


図 13. 坪量、水分率、抄速変更制御

WAKUAE KIRKOU	76/03/08	REELER H&E III	REELER H&E III	REELER H&E III	REELER H&E III
WAKUAE KIRKOU	05:59	(B-D)	REELER H&E III	(B-D)	REELER H&E III
ORDER NO	P-3600	95.4	5.2	94.6	5.0
WAKU NO	0	(0.3)	(0.3)	(0.3)	(0.4)
B.W	98.0 G/M2	1.1	1.1	1.1	1.1
M.P	5.0	1.1	1.1	1.1	1.1
REEL SPEED	518.2 M/M	1.1	1.1	1.1	1.1
TORIMADA	1800.0 M	1.1	1.1	1.1	1.1
UNITED JAPAN	01:00-11	1.1	1.1	1.1	1.1
DEKIDAKA	1600.0 M	1.1	1.1	1.1	1.1
KANIGIRE KATSU	0 KAI	1.1	1.1	1.1	1.1
LOSS TIME	00:00-11	1.1	1.1	1.1	1.1
BORO FRONT	2 KO	1.1	1.1	1.1	1.1
BORO BACK	0 KO	1.1	1.1	1.1	1.1
LEMP	323.4 M3	1.1	1.1	1.1	1.1
NEMP	0.0 M3	1.1	1.1	1.1	1.1
C.B	63.2 M3	1.1	1.1	1.1	1.1
B.B	37.1 M3	1.1	1.1	1.1	1.1
CLAY	1206.4 KG	1.1	1.1	1.1	1.1
SIZE	672.1 KG	1.1	1.1	1.1	1.1
BAND	401.1 KG	1.1	1.1	1.1	1.1
	8.3 G	1.1	1.1	1.1	1.1
	3.5 G	1.1	1.1	1.1	1.1
	0.0 KG	1.1	1.1	1.1	1.1
	0.0 KG	1.1	1.1	1.1	1.1

図 14. プロファイル記録

三号抄紙抄造日報

日 月 年

日	月	年

75.02.23 7:00 - 76.03.01 07:12

695.6 124

時刻	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒	分
----	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

デュアルモードバスシステムにおける衝突防止装置

八幡敏雄*・半田 哲**・打田良平***・菅野佳明***・森本義信***

1. ま え が き

建設省プロジェクト、デュアルモードバスシステム (DMBS) は運営路線の構成に柔軟性があり、早期実用化への可能性が高い新交通システムの一つとして注目されている。このシステムの関連技術開発には、鉄鋼、自動車、電機など各業界の民間企業 28 社が参画して研究会を組織し、テーマ別の研究開発を行っている⁽¹⁾。当社もこの会に参加し複数テーマに関する研究に携わってきたが、ここではそのうち、衝突防止システムについて装置を開発製作し、各種機能の確認を行った結果について報告するものである。

この衝突防止装置は DMBS 全体システムの中で、専用軌道における車両相互の衝突をローカルに防止する目的を持った装置であり、地上設置機器を構成の主体としたサブシステムである。この装置の開発では、専用軌道の全線区間にわたる各部の軌道条件、車両モードを想定した上で車両の走行模擬装置を製作し、各種のシミュレーション試験を行ってこの装置が安全かつ高密度な制御機能を果たすことを確認した。同時にメイン運行制御方式についても考察し、この装置の設置対象路線長、制御単位区間長などの設備条件を検討したが、以上の結果についてその概要をまとめ以下に紹介する。

2. DMBS の運行制御方式

DMBS は車両が一般街路と専用軌道の双方を走行可能な二つのモードを有する新交通システムであるが、一般街路では運転手によるマニュアル運行を行う。また専用軌道では各種の軌道システム同様、車両は無人自動運行されるので、その制御には安全で高密度運行が可能な制御方式を採用しなければならない⁽²⁾。ここではその制御法の一例を検討した結果を示して、衝突防止装置の設置条件などを定める一助とする。

2.1 システムモデル

全体システムを制御するコントロールセンタでは、一般街路、専用軌道に在るすべての車両の運行状態をは(把)握し、効率的な運営を行うべく各車両に適切な指示を与える。専用軌道では車両の運行時隔を短くし、特に高密度区間では十数秒間隔で運行制御することを目指とするが、ここでシステムモデルとして図 1. に示す軌道及び構成を想定する。軌道上には適当な間隔で車両の通過時刻を検知する検知点を設け、センタと検知点間は通信回線で結合して情報交換が可能な構成にする。車両は検知点ごとに閉そく(塞)制御され、軌道は 2 路線が

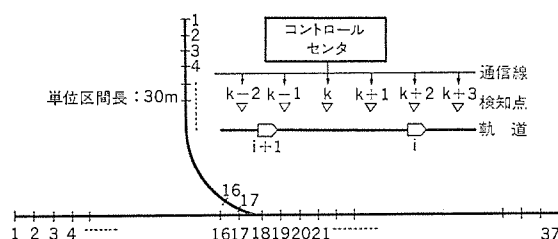


図 1. メイン系軌道モデル

1 路線に合流し、又は分岐する構造とする。

運行スケジュールは、スケジュール速度の異なる合流、分岐近辺を除いて、リンクごとに最小時隔を保つ平行ダイヤを設定し、合流、分岐点でのダイヤは同期させる。コントロールセンタは車両の出発時に、目的地(駅又は軌道出口)までの間に他の車両と競合しないスケジュールを割当て、検知点ごとの前記スケジュールからの遅延時間に基づいて走行速度を指令し、車両の運行制御を行う⁽³⁾⁽⁴⁾。

2.2 車両運行モデル

車両の運行スケジュールは、距離-時刻パターン、及び距離-速度パターンで示すこととし、スケジュールからの遅延時間を検知するサンプリング地点を、0, 1, 2, ..., K で表す。車両の運行状態をモデル化するために次の記号を定める。

$x(k)$: k 地点遅延時間

$u(k)$: k, k+1 地点間走行速度偏差

$s(k)$: 基準地点から k 地点までの距離

$v_0(s)$: 位置 s におけるスケジュール速度

$U_{\max}(k)$: k 地点最大速度偏差

$U_{\min}(k)$: k 地点最小速度偏差

車両の走行時における状態方程式は次式で表される。

$$x(k+1) = x(k) + \alpha(k)u(k) \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$\text{ただし, } \alpha(k) = - \int_{s(k)}^{s(k+1)} \frac{ds}{v_0^2(s)} \quad \dots\dots\dots (2)$$

車両の運行状態を適確に把握するための評価関数は、遅延時間と速度偏差の自乗和に重みを付して次式で定める。ここで、 $p(k)$, $q(k-1)$ は重み係数である。

$$J = \sum_{k=1}^K \{p(k)x^2(k) + q(k-1)u^2(k-1)\} \quad \dots\dots\dots (3)$$

ただし、 $p(k) \geq 0$, $q(k-1) > 0$

車両の制御は式(3)の値が最小になるよう、サンプリング地点ごとに最適な速度指令を車両に与える。ここで線形レギュレータ問題を適用すれば、k 地点の最適制御 $\hat{u}(k)$ は次式のようにフィードバック形で与えられる。

$$\hat{u}(k) = -F(k)x(k) \quad \dots\dots\dots (4)$$

式(4)のフィードバックゲイン $F(k)$ は、式(5)によりあらかじめオフラインで計算し求めている。

$$F(k) = [q(k) + G(k+1)B^2(k)]^{-1}G(k+1)A(k)B(k) \quad \dots\dots\dots (5)$$

この中で、 $G(k)$ は次の Riccati 方程式を満たす。

$$G(k) = p(k) + G(k+1)A(k)\{A(k) - B(k)F(k)\} \quad \dots\dots\dots (6)$$

$$G(K) = p(K) \quad \dots\dots\dots (7)$$

DMBS では駅発車、到着及び停止信号以外の場合には、走行速度に上下限を設け k 地点の指令速度 $\hat{v}(k)$ を次式で与える。

$$\hat{v}(k) = v_0(k) + \begin{cases} U_{\max}(k) : \hat{u}(k) > U_{\max}(k) \\ \hat{u}(k) : U_{\max}(k) \geq \hat{u}(k) \geq U_{\min}(k) \\ U_{\min}(k) : U_{\min}(k) > \hat{u}(k) \end{cases} \quad \dots\dots\dots (8)$$

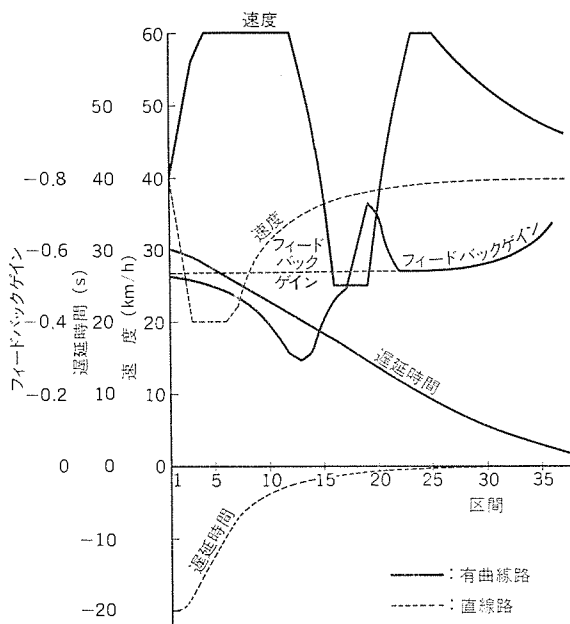


図 2. メイン系走行軌跡

2.3 計算例

2.2 節の方法を地理的条件などによりスケジュール速度が変動する区間に適用した場合、サンプリング地点間の基準速度の定め方が問題になる。2.3 節では図 1. のように曲線部分を持って合流する路線に対し、次に示す前指条件で運行法を検討し車両の運行状態を計算した。

(1) 各路線の車両速度は以下のような可変幅を設定し、サンプリング地点間の基準速度はその区間の出口速度とする。

直線部：スケジュール速度 40 ± 20 km/h

曲線部： " 20 ± 5 km/h

(2) 加減速度の制限は ± 0.1 g とする。

この計算結果の一例として、直線路側が速度 40 km/h、遅延時間 -20 sec、有曲線路側は速度 40 km/h、遅延時間 +30 sec なる初期状態で車両が図 1. の路線に進入した場合における、各車両の走行軌跡を描いたものが図 2. である。この制御法を用いることによって、車両の自動運行時における運行時間調整のためのエネルギーが軽減され、また乗心地の良い制御が行われる。

3. 衝突防止装置の概要

DMBS をはじめ、専用軌道を持つこの種の新交通システムの特徴として、計算機による無人自動運行が挙げられるが、安全上メイン運行制御システムとは独立して 2 重系を構成し、ローカルに車両の衝突を防止するシステムを備えることが必要であり、この目的に対応する装置がここに示す衝突防止装置である。

3.1 設備条件

2 章に示した運行制御法の検討結果に基づき、この衝突防止装置はメイン運行制御系との相関において、合流部付近では以下に示すような設備条件を配慮し設置する必要があると考えられる。

(1) 0.1 g で車両が通常の減速を行う場合を考慮し、合流点以前の 180 m 程度にわたり制御区間を設けるべきである。

(2) 最小運行時隔を保ち得るようにするため、軌道条件で定まる減速制御区間を考慮に入れた合流時隔制御を必要とする。

(3) メイン系とは異質な構成及び方式が望ましい。

なお路線の分岐部や単一路線についても、基本的には上記と同様の

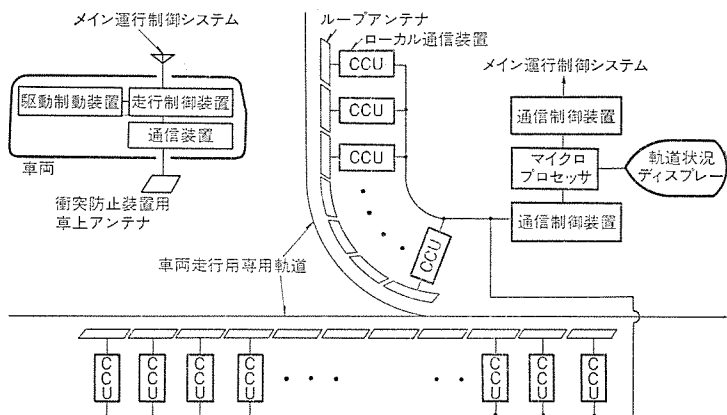


図 3. 誘導無線伝送による構成例

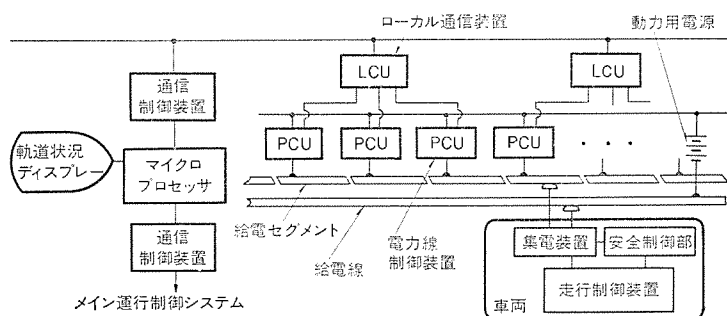


図 4. 動力線制御による構成例

性格を持つことが求められる。

3.2 装置の構成

この装置を具体化する場合の構成例として、車両、地上間のデータ交信に誘導無線装置などの通信手段を用いて車速を制御する方式の一例を図 3. に、また動力給電線を分断して制御単位区間を構成し、車両の走行可否を制御する例を図 4. に示す。いずれも制御対象路線は所定長ごとに区分され、それを単位区間として車両が走行制御される。車上ではメイン運行制御系から与えられる指令速度と、この装置が与える走行許容車速（又は走行可否信号）とを比較し、低速側の値を選択して速度制御が行われる。したがって正常な運行状態ではこの装置は実際上作動せず、車両が異常な運転モードに入ると緊急ブレーキを作用させて衝突を防止する。

3.3 制御法

3.3.1 単一路における制御

直進、曲進を問わず軌道上の単一路線を走行する車両は、その車両性能により規定される一定の減速パターンに基づいて所定区間ごとに車速が制御される。先行車の在車区間の後方、 n 番目区間に在る車両へ与えられる許容車速指令値 V_{AL} は次式のようにになる。

$$V_{AL} = -\beta_2 \tau_0 + \sqrt{\beta_2^2 \tau_0^2 + 2\beta_2 \{(n-1)d - (L_c + L_0)\}} \dots \dots (9)$$

ただし、 β_2 ：緊急減速度、 τ_0 ：車両の動作遅延時間、 d ：

制御単位区間長、 L_c ：車両長、 L_0 ：安全停止車間距離

式(9)を基に、制御単位区間長 d をパラメータとして区間と許容車速との関係を求めたものが図 5. である。分岐路線では車両の制御が先行車の走行状態にのみ依存するので、その制御は本法に準ずる。

3.3.2 合流路における制御

2 路線の合流以前の所定長区間 (180 m 程度) に在る車両について、その在車位置と速度から合流点に到達するまでの所要時間を個々に求めて比較し、その所要時間の短いほうを合流優先車とみなす。非

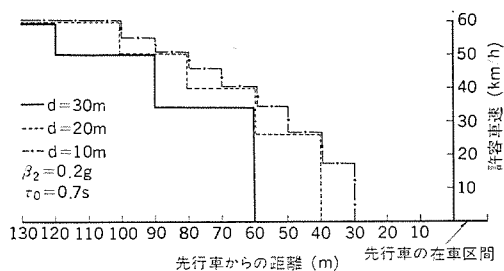


図 5. 減速パターン

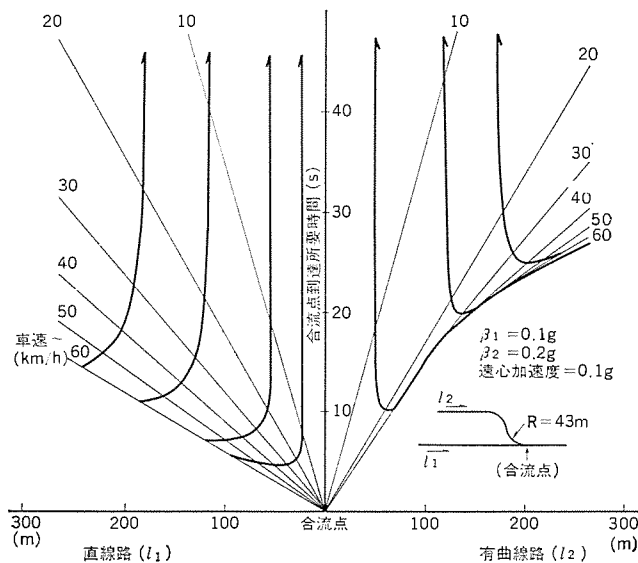


図 6. 合流点到達所要時間対距離特性

優先車を制御するに当たり、優先車との間の合流点通過時隔を車両の最小運行時隔以上上げるように必要に応じて減速制御する。優先車が合流点を通過後は前述の減速パターンを非優先車側に適用する。なお一般に合流2路線のうち少なくとも一方は曲線部を持ち、そこで低速走行するとともに予備減速をすることも考慮する必要がある。直線路走行車両の合流点到達所要最小時間 $\tau_{a \min}$ は次式となる。

$$\tau_{a \min} = d(n-1)/v_N \quad (10)$$

ただし、 n : 合流点までの制御単位区間数、 v_N : 車速
また有曲線路を走行する車両の上記時間 $\tau_{b \min}$ は次式となる。

$$\tau_{b \min} = \frac{d \cdot l}{v_r} + \frac{v_N - v_r}{\beta_1} + \frac{d}{v_N} \{n - (m+l) - 1\} \quad (11)$$

ただし、 l : 曲線部区間数、 m : 予備減速区間数、 v_r : 曲線部
走行設定車速、 β_1 : 車両の通常減速度、ここで $v_N > v_r$

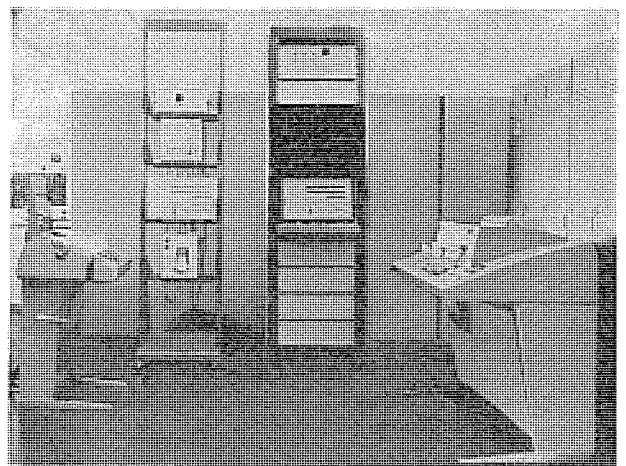
これらをもとに合流点到達所要時間を計算した一例が図6.である。図中、左半分は直線路、右半分は有曲線路における場合を示し、双曲線状のカーブは車両の緊急ブレーキ(減速度 0.2g)作動時に上記合流点到達所要時間が変化する様子の一例を示す。

4. 衝突防止模擬装置

4.1 システム構成

3章で衝突防止装置の制御法などについて述べたが、この機能を検証するためにも DMBS 筑波実験線におけるシステムを考慮し、衝突防止模擬装置(以下シミュレータと称す)を製作した。

シミュレータの外観を図7.に、その構成ブロック図を図8.に示す。シミュレータは、衝突防止制御を行うメインユニットと、軌道/車両の模擬を行うシミュレーションユニットとで構成されるが、そのうちメインユニッ



(a)

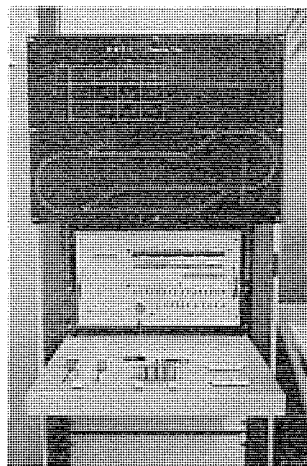


図 7. (a) シミュレータ外観, (b) ウェー部分の拡大

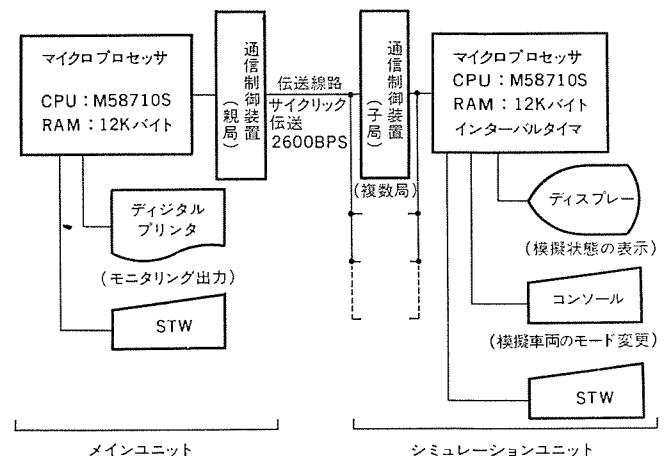
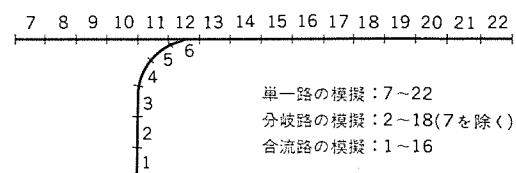


図 8. システム構成ブロック図



単一路の模擬: 7~22
分岐路の模擬: 2~18(7を除く)
合流路の模擬: 1~16

図 9. 軌道モデル

トは実システムに即適用しうる構成とした。また、上記各ユニットはマイクロプロセッサを主体に構成し、各種の制御条件に応じて種々のシミュレーションが可能のように配慮した。

4.2 軌道と車両の模擬

このシミュレータで想定した軌道モデルを図9.に示す。このモデルで

表 1. 車両 モデル

車 長	12 m 及び 8 m
車 幅	2.5 m (ガイドを含めた車幅: 3 m)
最 高 速 度	60 km/h
加 速 度	0.1 g
減 速 度	0.1 g (常用), 0.2 g (緊急時)
動作遅延むだ時間	0.7 s

は、単一路、分岐路、合流路の3種類が設定され、各モデルはそれぞれ16の制御単位区間より成る。この区間は、在車検知を行う最小の単位であり、標準区間長として交通容量の関係から20 mと30 mの場合を設定した。また、分岐路、合流路の曲率半径は30~45 mとしたが、乗心地を考慮して、カットは0で遠心加速度が0.1 g以下となることを前提に定めた。なお、DMBS 筑波実験線の区間長は約25 m、最小曲率半径は35 m程度である。

DMBS の筑波実験線車両を基に、車両モデルは表1.に示すように設定した。ここで動作遅延むだ時間は、通信制御系と機械系の遅延時間の和となる。また、標準区間長と許容車速の関係を考慮して送受信データにおける速度データの重みは5.4 km/hとした。

なお、シミュレーションユニットでは、このユニット内で設定した標準運行指令に基づく車速とメインユニットが出力する許容車速とをもとに、100 msを量子化単位とした実時間のシミュレーションを行う。

4.3 メインユニットの制御法

4.3.1 単一路及び分岐路の制御

先行車の在車位置に応じて、後方区間に図5.に示す減速パターンを適用し、後続車に許容車速を与える。ここで衝突防止装置は車両相互が非衝突状態にあることを常に認知できることが必要である。したがって、停止車両相互の在車位置は、少なくとも1区間の非在車区間を隔てて検知されるような条件を含んで制御することとした。

4.2節で述べた軌道条件から、分岐する車両が曲線部を走行するときの速度は所定値(このモデルの場合は約20 km/h)以下にする必要がある。このため、分岐する車両は分岐前に予備減速を行い、走行速度を所定値以下にする。予備減速制御区間内の車両に対しては、この予備減速パターンと図5.の減速パターンを比較し、低速側を選択して許容車速を与える。

4.3.2 合流路の制御

3.3.2項に述べた方式に基づき、合流する車両相互の合流点通過時隔が所定値(例えば10秒)以上となるように許容車速を与えて速度制御する。直線路a、有曲線路bのそれぞれにおいて、合流点までの区間数が n_a 、 n_b に在るA、B車両が、合流点に到達するまでの所要時間を τ_a 、 τ_b とし、 h を所定の合流点通過時隔としたとき、おのおのの車両に与える許容車速は各車両の瞬時車速を基に次のように定める。

(1) A車両が優先の場合($\tau_a \leq \tau_b$)

A車両: V_a

B車両: $d(n_b-1)/(h+\tau_a)$, V_r , V_a の内の最小の値

(2) B車両が優先の場合($\tau_a > \tau_b$)

A車両: $d(n_a-1)/(h+\tau_b)$, M_a の内の小さい値

B車両: V_r , V_b の内の小さい値

ただし、 V_a 、 V_b : 先行車による減速パターンから定まる許容車速

V_r : 予備減速パターンによる許容車速

4.4 プログラム

シミュレーションユニット及びメインユニットのプログラム構成を図10.、図11.

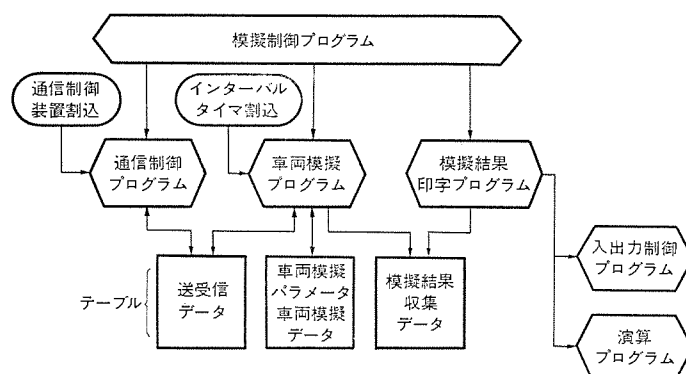


図 10. シミュレーションユニットのプログラム構成

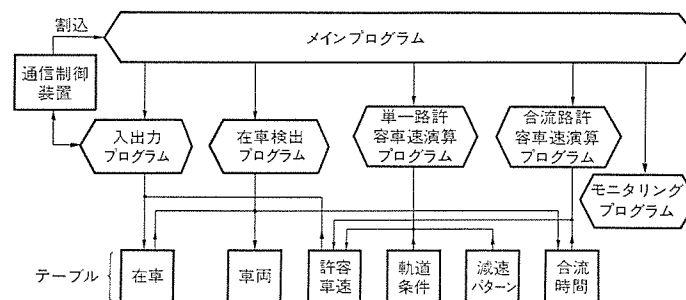


図 11. メインユニットのプログラム構成

に示す。軌道及び車両モデルの各パラメータはテーブル形式でストアし、これらテーブルの書換えにより軌道及び車両のモデルが容易に変更できるようにした。また、データの変換はテーブルルックアップ形式などで行って乗除算をS/Wにより実行することを極力避け、処理時間の短縮を計った。

メインユニットでは、16の区間より構成される軌道モデルに対する一連の衝突防止制御の処理に要する時間は80 ms以内であって、80 msごとに更新されるデータを基に演算処理を新たにを行い、データ処理の信頼性を高めている。

5. 試験結果と検討

5.1 シミュレータによる試験

先行車を路線上に停止し、同時に複数台の後続車両を走行させて図5.の減速パターンにより車両を制御した場合の停止特性を表2.に示す。この結果は車両相互の車頭間隔の最小値を示したものであるが、最小車両間隔(先行車の後端部と後続車の前端部間の距離)は、表2.の値から車両長を差引いた値となる。また、データは示さないが分岐路における衝突防止機能を確認する試験を行い、その安全性が確認された。

次に車両の高密度運行を行うため、直線路及び有曲線路のそれぞれについて所定時間間隔で交互に車両を発生させつつ、順次合流させてシミュレーション試験を行った。車両の運行時隔の最小値、平均値を予備減速の要否に応じて区分し、表3.に示す。また、予備減速を要する場合における車両の走行軌跡の一例を図12.に示す。この

表 2. 単一路の衝突防止特性

単位区間長 (m)	停止時最小車頭間隔 (m)	備 考
20	20.6	車両の動作遅延むだ時間0.7秒、最高速度60 km/h、緊急減速度0.2 gとしてシミュレーション
30	33.8	

結果は、単位区間長が 20 m 及び 30 m のいずれの場合も、DMBS の最小運行時隔 10 秒、平均運行時隔 15 秒を満足することを示している。なお、予備減速を要しない試験において、車両の制御は走行の可否を指令する ATS 方式で行った。この ATS 方式は、地上で

表 3. 合流路の衝突防止特性

予備減速の要否	単位区間長 (m)	標準運行時隔 (s)	合流点通過時隔 (s)	
			最小時隔	平均時隔
要	20	8	7.9	9.4
		10	8.7	10.4
	30	8	9.3	10.3
		10	9.6	10.5
不要	20	10	8.6	9.4
	30	10	8.7	9.6

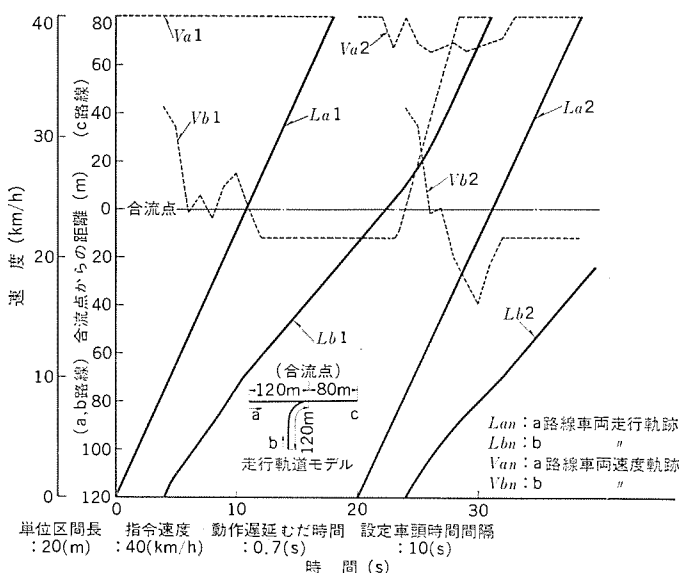


図 12. 合流路の走行軌跡

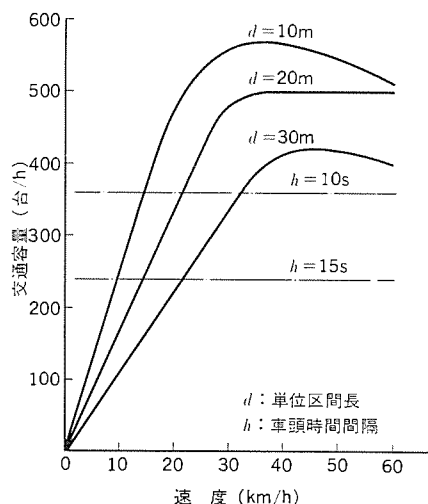


図 13. 速度対交通容量特性

表 4. 誘導無線実験機器の概要

地上ループアンテナ	幅 200 mm, 3.2 mmφ, 0 W 線, 2 区間
車 上 ア ン テ ナ	200 mm×300 mm
無 線 機	送信周波数: 地上 182 kHz, 車上 112 kHz
	送信出力: 1 W, 周波数変調 変調周波数: 300~2,000 Hz の間の 5 波のうち 2 波

車両の速度を検出し状況に応じて走行の可否を判断する制御法である。この方式を前記許容車速を基に速度制御する場合 (ATC 方式) と比較すると、その機能に大差はないことが分かった。

図 13. に単位区間長をパラメータとしたときの速度対交通容量特性を示す。表 3., 図 13. 等から、運行速度が 20 km/h 以上の路線において、制御単位区間長が 20 m 程度であれば、おおむね最小運行時隔 10 秒が達成できるとともに安全に衝突防止を図ることができ、それ以上路線を細分する必要がないことを示している。

5. 2 誘導無線装置の基礎実験

専用軌道上における車両への走行制御信号の通信手段として、誘導無線を用いる場合を想定し、基礎データを得るための測定試験を M AT 試験線 (三原市) にて行った。試験機器の概要は表 4. のとおりであり、試験結果の概要を以下に示す。

(1) 無線回線の S/N は、電車線より約 1.3 m 離れた位置に地上ループを展張し、車上アンテナとの間隔を 250 mm とした場合、車両走行時において 35 dB 以上得られた。

(2) 制御信号の誘導無線系での伝送遅れは 80 ms 以内である。

(3) 結合損失の変動は、進行方向についてループ端部を除き ±1 dB 以内であり、デッドポイントは中央よりアンテナ高さ以上離れた位置である。

5. 3 実用化への検討

シミュレーション試験の結果、想定したあらゆるモードにおいてこの衝突防止方式の安全性が確認された。この装置を実用化する場合その構成には、多様な形態が考えられるが、前述の ATS 方式も有力な方式の一つと考えられる。

なお、実用化にあたり装置の高信頼度化をはかることが重要であり、システムのフェイルソフト性が要求される。このため、システムの多重化、データ伝送における CRC の採用、マイクロプロセッサの自己チェック及びフェイルセーフ構成等を考慮しなければならない。以上の点についてここでの紹介は控えたが、いずれも基礎機能を確認し実用化への見通しを得ている。

6. む す び

合流路線を含む衝突防止装置の機能を考慮した場合、車上機器だけで構成することには問題があり、地上機器の機能に依存する装置が有効である。また、メイン運行制御系とは別系のこの装置においても地理的条件を含む各種制御モードに対処しうる、ある程度高度な制御が必要である。ここではマイクロプロセッサを中心に、地上機器を主体として高密度運行に耐える安全で実用的な装置を紹介したが、DMBS をはじめ各種軌道システムにおいてこの装置が効果的なバックアップシステムを構成するものと確信する。(昭和 52-5-19 受付)

参 考 文 献

- (1) 個別技術開発中間報告書, デュアルモードバスシステム 研究会 (昭 51-4)
- (2) 無人走行試験の概要 (中間報告), デュアルモードバスシステム 研究会 (昭 51-4)
- (3) 田村: プログラム 自動運転における時間制御系の最適設計, 第 6 回鉄道におけるサイバネティクス利用国内シンポジウム 予稿集, p. 19~25 (昭 44)
- (4) 半田: 都市交通システムにおける車両群制御の一手法, 電気学会論文誌, 52-C 1 (昭 52)

家庭電気製品の適正包装

田中克幸*・竹内和史*・前沢英一**・久木野政次**・橋本恭平**

1. ま え が き

工場で生産された製品で流通段階を経ない製品はなく、その際製品の品質を損ねることなく顧客の手元に届けるために、また輸送・保管・荷役などの物流活動全般を円滑にして合理的なコストで行うために適正包装が必要である。

「適正包装」という言葉が現れてから十数年が経過している。その間にゴミ処理問題、過大・過剰包装問題、石油危機後の省資源・資源再利用対策など包装を取り囲む環境は著しい変化をみせている。そして今日では包装の役割・機能を物価安定・廃棄物処理・省資源対策などの観点からは正すべくその適正化推進が社会的に要請されてきている。

包装には種々の機能があり、家庭電気製品の包装は、それを機能面から見ると、消費者までの物流途上で遭遇する振動、落下衝撃をはじめとする種々の障害から製品を保護すること、すなわち、製品の品質保持を第一義とした物流のために必要な工業包装(輸送包装)である。

では適正な工業包装とはどうことかと言えば、JIS Z 0108 に定められた包装用語の中に定義づけられているとおり。

「流通過程において振動・衝撃・圧縮ならびに温湿度環境などによって物品に破損・損傷などが生じてその価値および状態の低下をきたさないよう、流通の実態に即応した合理的保護を施した包装をいう」

ということになる。

現在当社ではVA作戦の拡大が展開されており、包装技術者としても前述のことを常に踏まえて、消費者志向・物流効率の向上を心掛けながら家庭電気製品の適正包装化に取り組んでいる。推進に当たっては、製品の開発段階から包装設計者・製品設計者・営業・物流部門が一体となって、家庭電気製品の性能・品質の高度化・多様化・製品の強度特性などを念頭におき、物流途上に遭遇する障害から製品をいかにして保護するか、輸送・保管・荷役など物流時の適性に対する配慮、使用後の包装材の処理などについて十分な検討を行いながら取組む姿勢を打出している。

ここではその取組み方、具体的展開状況について報告する。

2. 適正化に対する基本的な取組み方

適正包装とは流通実態に即応した包装であると述べたが、本来的には適正な物流環境があってそれに即応した包装がはじめて適正包装といえる。しかし、現状の物流環境をみるとまだまだ不確定要素が多く、当面はできるだけ正確に実態を(把)握してそれに応じた包装をしていかざるを得ないのが実情であり、前述の家庭電気製品の包装の機能を十分に発揮させるために次のような考え方のもとに取り組んでいる。

(1) 必要最小限度の包装追求

製品の保護を第一義とし、物流実態・製品自体の振動・衝撃・圧縮

荷重に対する強度などを的確に把握し、物流コスト面からみて最も経済的に機能を発揮する必要最小限度の包装形態を追究することによって包装物流合理化を図る。

(2) 物流便宜性の改善

工場で生産された製品は営業所・販売会社・販売店などの流通段階を経て顧客の手元に届けられる。そのためには、輸送・保管・荷役などの物流を必然的に伴い、そのスタートが包装になる。したがって、物流段階における荷扱いのしやすさを左右する重量・容積・輸送・保管効率に影響する包装寸法、販売取引を円滑にするための単位化、製品を効率よく仕分けするためまた正しい荷扱いをしてもらうためのケアマークなどの表示、解こん(梱)・再梱性といった物流時の便宜性の改善を図ることに努力している。

(3) 廃棄処理上の改善

使用後の包装材の廃棄処理の改善策として、(1)項に関連して製品強度の有効活用により包装材の使用量を最小限にとどめると同時に、包装形態の簡易化を社内方針として打出している。

家庭電気製品は製品の特性上、また不特定多数の顧客に届けなければならないならこともあって、簡略化・簡素化が容易にできにくい面があるが、納入先があらかじめ分かっている場合は積極的に裸輸送を実施している。

(4) 適正包装の判定

上述のような考え方のもとに包装設計を行った結果、その包装が適正かどうかを判定する必要がある。

まず包装が物流途上で遭遇するであろう障害をシミュレートした試験項目並びに条件を設定し、その保護機能を適切に果たしているかどうかをチェックする。

次に上述の結果を含めて物流全体のサービスとコストの立場からVA思考により経済的評価を下す。

3. 具体的な取組み状況

前述の基本的な考え方のもとに、具体的に製品の品質保持を第一義とした家庭電気製品の適正包装設計を行うためには、次の手順を踏まなければならない。

(1) 製品強度(許容衝撃値)の把握・設定

(2) 物流実態を調査把握し、これらを再現する試験基準の確立

(3) 包装設計(緩衝設計・段ボール箱設計)

(4) 試験確認・評価 (製品の保護能力・物流適正)

(5) 市場クレームの把握・分析

ここでは、製品開発段階から適正包装化に取り組んでいる一例として小形ポータブルカラーテレビ

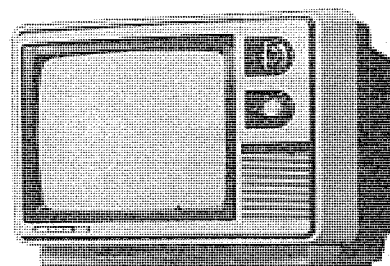


図 1. 製品の外観

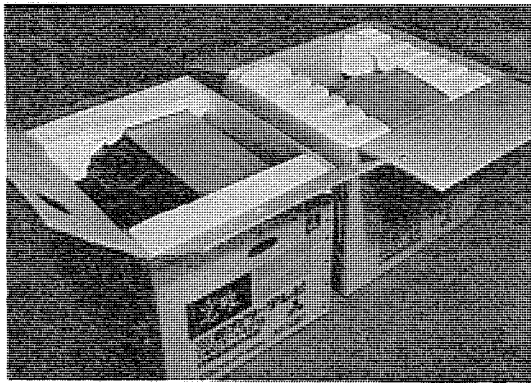


図 2. 従来の包装外観

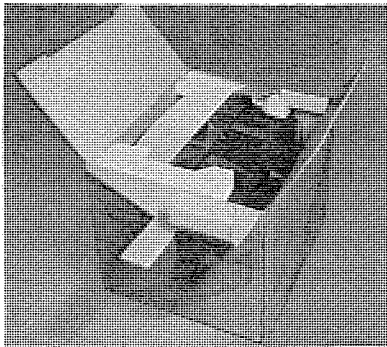
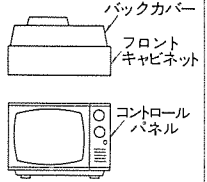
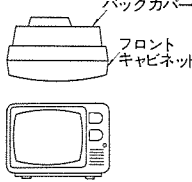


図 3. 適正化後の包装外観

表 1. 製品・包装仕様の比較

項目	機種	従来の機種	適正化機種
製品	製品寸法	508×370×373mm	470×370×360mm
	重量	16kg	13.6kg
	構造	フロントキャビネット、バックカバー、コントロールパネルの3部品ねじ止め構造 	フロントキャビネット、バックカバーの2部品ねじ止め構造 
		注)上記部品はいずれもプラスチック樹脂製である	注)同 左
	包装箱	A式 段ボール箱	同 左
包装	段ボールの種類	複面段ボール	両面段ボール(強化段ボール)
	緩衝材	発泡スチロール	同 左
	包装外形寸法	585×471×442mm	515×437×400mm
	包装重量	18kg	14.7kg
	包装容積	0.122m ³	0.09m ³
	封かん方法	図10参照	同 左

を採り上げて、次にその具体的な取組み状況を述べる。

本論に入る前に、図 1. にその製品の外観、図 2. に従来の包装外観、図 3. に適正化を図った包装外観、表 1. に従来との製品・包装仕様比較などをあらかじめ示しておく。

3.1 製品強度の設定

(1) 製品の仕様

表 1. に示す。

(2) 製品の許容衝撃値設定

製品に要求される強度は、その製品の使用条件に相応した強度を有していなければならないと同時に、物流途上で遭遇する種々の外力

にも耐えるだけの強度を持っていなければ、製品の品質を保証することは難しい。通常外力の中でも製品品質を損ねる恐れのある過酷な外力は、荷扱い時に発生する落下衝撃である。どんな製品でも構造的、機能的に損傷することなく耐え得る衝撃値には限界がある。この衝撃に対する限界値を許容衝撃値（製品に発生した最大許容衝撃加速度を重力加速度で割った値で表し、G ファクタと称している）という。

許容衝撃値が小さいということは製品の強度が弱いことを意味しており、許容衝撃値が小さいほど、物流途上で遭遇する衝撃から製品を保護するためにより多くの包装材料（緩衝材）を使うことになり、包装費が増大するばかりでなく、使用後の包装材料の処理も簡単にできなくなる。図 4. に製品の許容衝撃値と包装費の関係の一例を示す。したがって、製品を強化して許容衝撃値をあげるか、包装でカバーするのはかはトータルコストから判断しなければならない。

製品の許容衝撃値を製品開発・設計段階で明確にすることが、製品強度設計を行ううえでも、また物流途上で受ける外力から最も経済的に製品を保護する緩衝設計を行うためにも重要になる。

ここで採りあげているカラーテレビは、開発段階で図 5. に示した要領にしたがって許容衝撃値を設定した。設定にあたっては、従来の機種で把握されていたキャビネット底部、キャビネットへのブラウン管の取付け部位など損傷しやすい部分は応力集中を防ぐ形状に改良して強化する方向で設定した。

なお、製品の許容衝撃値の把握の仕方は既に ASTM⁽¹⁾ には制定

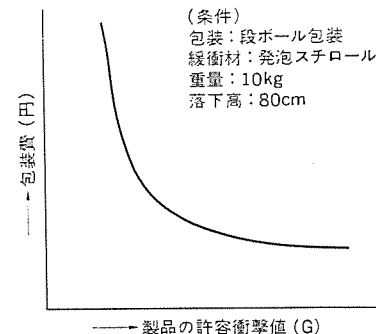


図 4. 製品の強度と包装費の関係

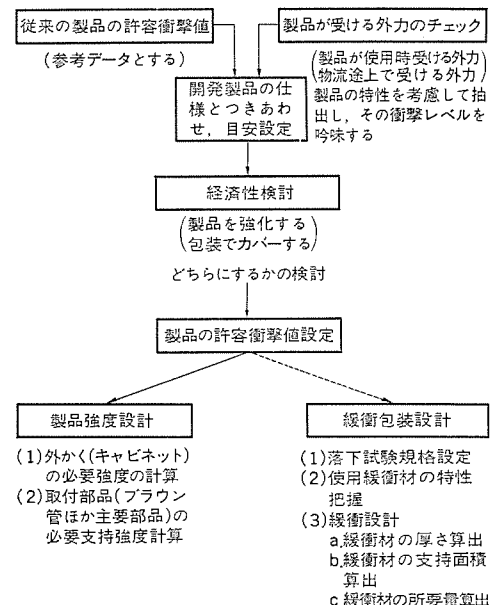


図 5. 製品強度設定手順

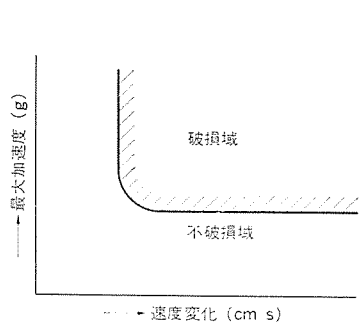


図 6. Damage Boundary Curve

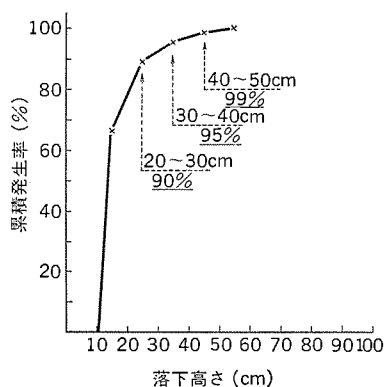


図 7. 落下高さとその累積発生率

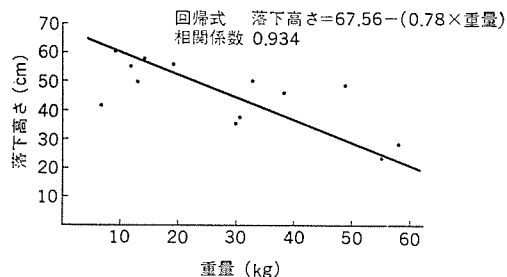


図 8. 重量別発生最大落下高さ

これを製品に印加して測定把握する方法が一般的にとられている。当社もこの方法によっているが、今後「Damage Boundary Curve」の有効活用について更に研究を進めたいと考えている。

(3) 製品の強度設計

図 5. に示したとおり、設定した許容衝撃値を製品自体が持つように、はん(汎)用構造解析プログラム (NASTRAN) を使用して強度設計を行った。その結果、製品全体の強度バランスがとれた設計ができ、従来に比較してキャビネットの肉厚の薄肉化が可能となり、製品全体の軽量化を図ることができた。後述するとおり、製品開発段階で製品の強度を設定し、製品設計・包装設計に同時にかかることは適正包装化推進に大きく寄与できるといえる。

3.2 物流実態の把握

数年前から、重量・容積よりみて標準的な家庭電気製品十数機種を選び、それらのサンプル(衝撃記録計を内蔵させてある)を使って全国5地域で輸送・荷扱いの実態調査を実施してきており、現在までに種々の情報・データが収集されている。そのうち、ここでは落下高さについて述べる。

落下高さとその累積発生率を図 7. に、重量別の発生最大落下高さを図 8. に示したが、これらから落下高さには重量との間に相関関係(図中に示したとおり)があること、落下高さからみて重量が 60 kg 前後までは腰荷役されていることなどが分かった。従来は製品によって落下高さを 80~110 cm の範囲まで考えていたものもあるが、調査結果からみると発生している最大落下高さは 60 cm 程度であり、製品によっては落下高さをレベルダウンできることを確認できた。統計、確率的手法を用いてこれらのデータを規格化し、従来の包装落下試験基準を見直して適正化を図っている。

3.3 包装設計

適正包装設計を行うために必要になる製品の特性、荷扱いの特性が定まったので、次に緩衝設計並びに段ボール箱の設計を行った。

包装仕様はカラーテレビの製品特性を考慮して従来どおり段ボール包装とし、緩衝材には発泡スチロールを使用することにした。

(1) 緩衝設計

3.1 節で設定した許容衝撃値並びに 3.2 節に述べた物流実態調査のデータから推定した落下高さをもとに、発泡スチロールの緩衝特性曲線(静的応力-最大加速度線図)から、緩衝材の厚さ・支持面積を算出した。その場合、製品は剛体とみなして設計したが、ここで採り上げているカラーテレビはプラスチック樹脂製のキャビネット構造になっており、製品全体が柔軟性を有しており、落下衝撃を受けた場合、製品自体の変形によりある程度衝撃を吸収できる。そこで試作品を製作し、底面をはじめとして6方向の落下試験を行い、天面・側面・後面の3方向については上記の計算により求めた緩衝材の厚さを更に薄くできることが分かり、その使用量を最小限に抑えることができた。その結果、製品と段ボール箱内壁の間げき(隙)を従来の機種と比較して、天面で 70%，側面で 50%，後面で 30% それぞれ縮小でき、コンパクトな包装にすることができた。

(2) 段ボール箱の設計

(a) 強化段ボールの導入

石油危機以降、従来の複面段ボールと同程度の圧縮強度が期待でき、しかも段ボール原紙の使用量を減らせてコストダウンできる強化段ボール(両面段ボールである)が出現し、実用化されている。当社でも、導入を前提として種々の強化段ボールについて各種の試験を繰り返してきた。その結果、品質も安定しはじめ、箱の強度も従来の複面段ボールと遜色ないことを確認できたので導入した。図 9. に各社の強化段ボール箱の圧縮試験結果を示す。

(b) 箱の封かん(緘)方法改善

図 10. に示したとおり、従来は別部品を使用して封緘していたが、VA 思考により、箱の内ぶた・外ぶたを利用する封緘法を開発した(実用新案出願中)。また、内ぶたを折り曲げた部分には従来は緩衝材兼用で発泡スチロールが詰まっていたので、本法は発泡スチロールの使用量削減にも寄与している。

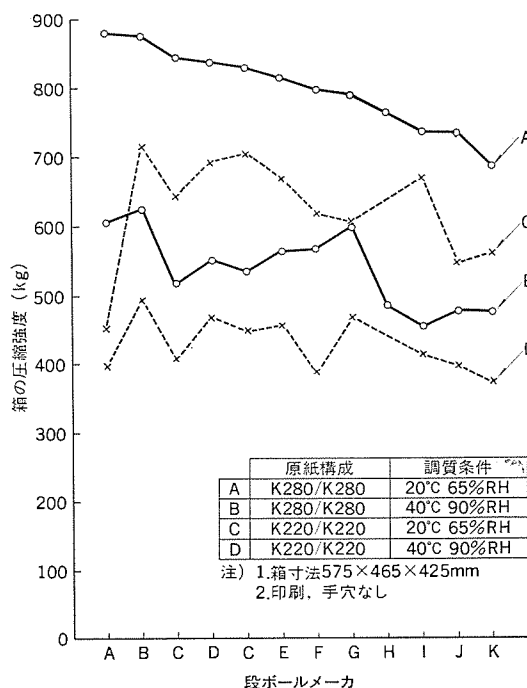


図 9. 強化段ボール箱圧縮試験結果(段ボールメーカー各社)

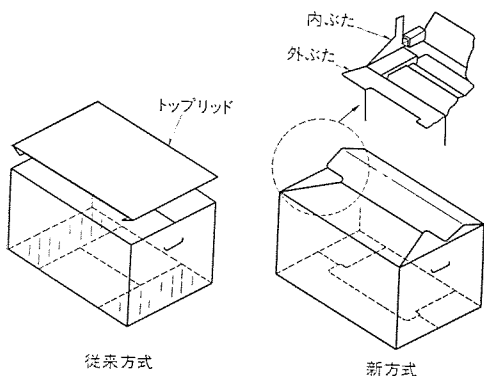


図 10. 箱の封緘法改善例

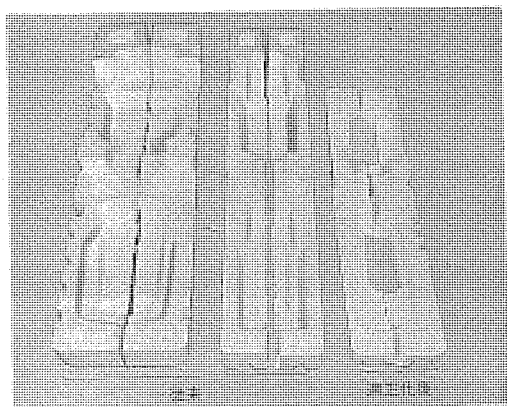


図 11. 緩衝材（発泡スチロール）の改善例

表 2. 適正化を図って得られた成果 (%)

	従来機種	適正化機種	減少率
包装重量	100	82	18
包装容積	100	74	26
緩衝材の使用量 (発泡スチロール)	100	47	53
コスト流	包装費	70	30
	輸送費	74	26
	保管・荷役費	78	22

3.4 試験確認・評価

包装設計終了後、試作品を製作して次の試験・評価を行った。

(1) 包装貨物試験実施

カラーテレビが物流途上で遭遇する障害を再現するための試験として、振動・落下・圧縮試験を行うとともに、冬期低温にさらされる可能性があるため低温振動落下試験を行い、製品の保護能力を十分に発揮して適正な機能を果たしていることを確認した。

(2) 物流適性のチェック

箱の封緘法が改善されて流通段階での解梱・再梱が容易になったこと、製品の軽量化が図られたことにより荷扱いしやすくなったこと、製品の強度特性を十分に活用して発泡スチロールの薄肉化を図ると同時に段ボール箱の内ぶたの利用などにより発泡スチロールの使用量を必要最小限に抑えたことなど、総じて包装のコンパクト化が図られて物流便宜性を大きく改善することができたといえる。図 11. に発泡スチロールの改善を示す。

3.5 市場クレームの把握

新機種が発売された時、また新包装形態を導入した時には、包装設

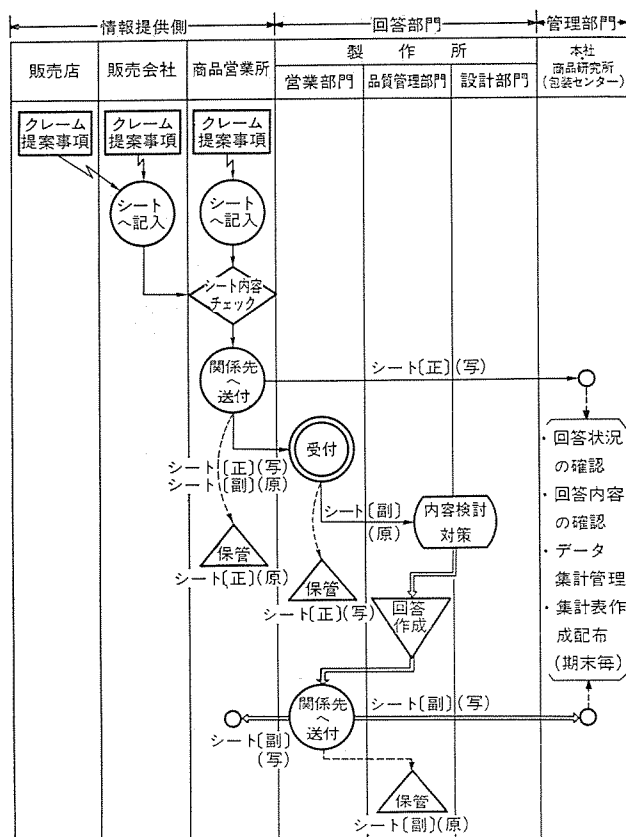


図 12. 包装速報シートの流れ

「包装速報」制度を発足させ運営している。この制度は「包装速報」シートの情報の伝達・交換の手段として使用しており、それ流れは図 12. のとおりである。

これらの情報収集制度により、ここに採りあげたカラーテレビの場合も発売と同時にフォローを行った。その結果、初期不良は皆無に等しく、発売後1年間の市場からの返品率は従来の機種に比較して減少している。キャビネットの薄肉化を図ったけれども製品品質・包装品質とも従来と変わりなく安定していることが把握できた。

3.6 結果

以上に述べてきたような取組みを展開した結果、必要にして最小限のコンパクトな包装形態をつくり出すことができ、適正包装化を図ることができたといえる。併せて物流コストの低減も図れた。従来の機種と比較すると、前掲の表 1., また表 2. のとおりになる。

4. む す び

以上、製品の開発段階から、製品設計・包装設計・営業・物流部門が一体となって、適正包装化に取り組んでいる一例を述べた。ここではカラーテレビを例にあげたが、そのほかの家庭電気製品についても同様の取組みを展開している。

しかし、冒頭にも述べたとおり、適正包装化はあくまでも適正な物流環境が存在してはじめて可能になることで、今後とも社内外の関係先へ適正な物流環境の整備を呼び掛けていくとともに、その実現のために積極的に協力して行きたい。

参 考 文 献

- (1) ASTM D 3332-74 T
Mechanical-shock Fragility of Products,
using Shock Machines.

240/300kV及び550kV50kA単一圧力式タンク形ガスしゃ断器

松田 節之*・宮本 龍男*・伊吹 恒二*・坂本 成義*・佐藤 章雄*

1. ま え が き

我が国の電力需要の増大は 500 kV 系統の拡大を促進し系統の短絡容量の増大をも招いている。これらの動向に対処し、同時に発電所の縮小化をめざし、当社では早くから絶縁変電所 (GIS) 及び GIS に適用する大容量ガスしゃ断器の開発を進めてきた⁽¹⁾。超高圧・超々高圧系統への GIS の導入についても積極的に取組み、昭和 48 年に世界初の 550 kV GIS として 2 重圧力式大容量ガスしゃ断器を用いたものを関西電力(株)猪名川変電所へ納入し、以来 550 kV GIS の多数の実績を積み、絶縁性能、通電性能、その他のあらゆる実用性能上の諸問題に関する豊富な経験・技術が蓄積されてきた。

一方、複圧式でのこの分野の経験を最大限に生かしつつ、より構造の簡単な単一圧力式のガスしゃ断器を 50 kA 以上の大容量の領域にも適用すべく検討を進めてきた。特に、50 kA というしゃ断容量にとどまらず、更に大容量への見通しも含めた消弧室の方式、駆動方式などへの検討の結果、GIS 用又は単体しゃ断器用として適用可能な 240/300 kV 及び 550 kV、50 kA タンク形のガスしゃ断器 (GCB) の開発を完了しそれぞれ昭和 51 年 2 月及び 6 月に形式試験も完了した。

当社におけるこれらのしゃ断器の主要技術開発の経緯を表 1. に示し、以下にそのしゃ断器について説明する。

2. 定格及び外形

今回製品化した 50 kA の単圧式タンク形のガスしゃ断器 (SFMT-50 形 GCB) の定格一覧を表 2. に、550 kV 及び 300 kV GCB の外観を図 1.、図 2. に、外形を図 3.、図 4. に示す。

3. 特 長

単一圧力式高速度大容量しゃ断器は、本来、構造が簡単である反面、消弧室がパuffa 方式であるため、大きな操作力が必要である。一方、油圧方式の操作機構は、本質的に大出力・高速動作を無理なく得ることに適している。このしゃ断器の特長は、大容量パuffa 形消弧室に対する操作装置として、油圧

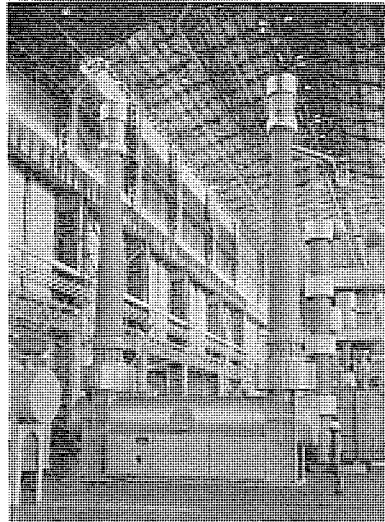


図 1. 550 kV しゃ断器外観

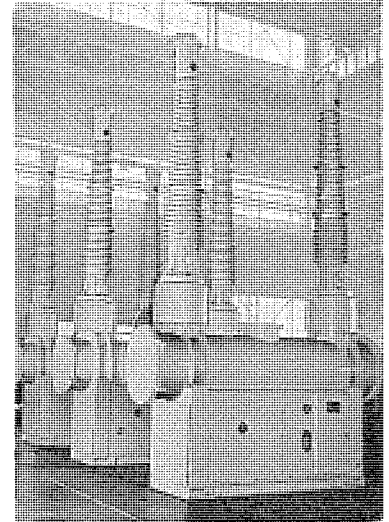


図 2. 300 kV しゃ断器外観

表 1. 240~550 kV 単一圧力式タンク形ガスしゃ断器技術開発

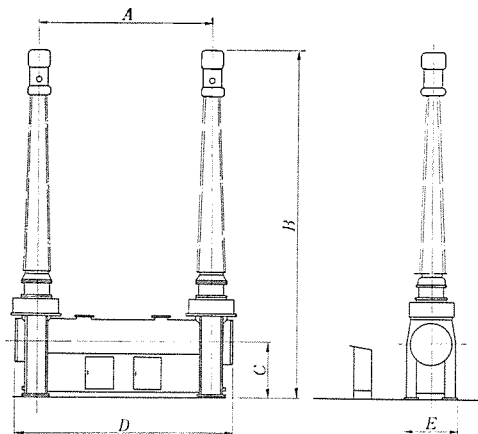
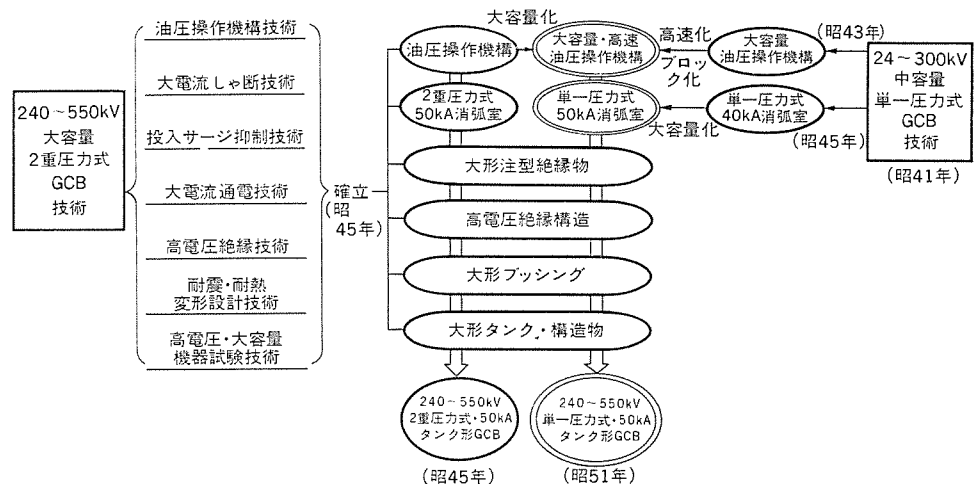


図 3. 550 kV しゃ断器外形図

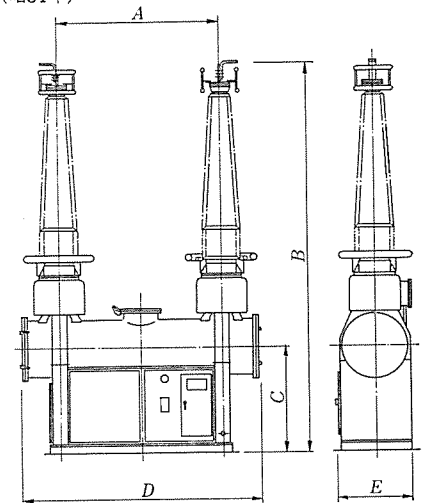


図 4. 240/300 kV しゃ断器外形図

表 2. 50 kA 単一圧力式 タンク 形 ガス しゃ断器 定格

項 目	形 式	200-SFMT-50	250-SFMT-50	500-SFMT-50
定 格 電 圧 (kV)		240	300	550
定 格 電 流 (A)		2,000, 4,000, 8,000		
定格しゃ断電流 (kA)		50		
定格投入電流 (kA)		125		
定格短時間電流 (kA)		50		
定格しゃ断時間 (サイクル)		2		
定格再起電圧 (kV/ μ s)		1		1.8
定格投入時間 (s)		0.15		
絶 縁 階 級 (号)		170	200	500 H
SF ₆ ガス圧力 20°C (kg/cm ²)		5		
操 作 方 式		油 圧		
定格操作油圧 (kg/cm ²)		320		
定格制御電圧 (V)		DC 100		
しゃ断点数		2		4
適 用 規 格		JEC-181 (1975)		
外 形 図		図 4.		図 3.
寸 法 (mm)	A	2,700		最小 5,500
	B	5,540	6,160	11,300
	C	1,715		1,950
	D	4,070		7,200
	E	1,170		1,650

操作機構を採用し大操作力・高速動作に対処するとともに、本来の構造の簡単さを生かしたことである。

このしゃ断器の消弧室は、吹付弁・排気弁構造がなく、ガスシール箇所が少なく、部品が SF₆ ガス中に置かれて劣化が極めて少ないため、保守点検の省力化に適しているという本来の特長⁽³⁾のほか、消弧室の絶縁支持方式、抵抗投入方式に次のような特長がある。

超々高圧級の大型構造物を有するしゃ断器において、その外被は外気温度の変動による熱変形、あるいは機械的内力・外力による変形などの影響を極めて受けやすい。このため、しゃ断部ユニットの固定側の支持方法は、外被からの直接支持方式ではなく、しゃ断部ユニットの可動側からの支持方式を採用しているため、固定側と可動側との相関関係を初期組立状態のまま、より一層安定に保持できる。また、しゃ断部とブッシングとの接続には、特別の支持絶縁物を不要にすることができ、対地間支持絶縁物の使用箇所を最小限にできる。この支持方式及びその絶縁物は、当社の従来の超高圧・超々高圧級のタンク形 GCB の多数の実績に基づくものであり、信頼性が極めて高い。

投入抵抗付きの場合には、後述の構造説明のように、抵抗接点の可動側駆動用の専用リンク機構が不要な構造の抵抗投入装置駆動方式のため、消弧室の構造を大幅に簡略化できる。

このように、この消弧室は、“構造簡単”という本来の特長を一段と発揮するとともに、高信頼性の確保、保守点検の省力化という要請に対して十分応じられるものである。

このしゃ断器の油圧操作機構は、油が非圧縮性流体のため、高圧での使用が容易で動作伝達が速く、小形で大出力を有し、高速動作を合理的に行うことができる上、大出力・高速動作用空気操作機構につきまとう排気騒音がない。また、油圧操作機構の主要部は、防せい(錆)性・潤滑性の優れた油中にあるために油切れ・発錆がなく、大気中のじんあい(塵埃)などの影響を受けないため、動作信頼性が高く、部品の劣化が少なく長寿命であり、無点検化を指向するの

に最適である。

前述のような油圧操作機構の本質的特長に加え、次の特長がある。投入・しゃ断動作ともに油圧力によって駆動するため、各相に油圧シリンダ 1 個を設けるだけでよく、駆動力伝達機構が単純化され、ラッチ・トリガなどの機構がないために耐震性に優れ、誤動作に対する信頼性も高い。また、従来の油圧操作機構に比べ、配管接続方式に改良を加えて油圧ユニットのブロック化を進め、現地配管作業を皆無にして一層の信頼性向上を図った。

更に、このしゃ断器では、油圧操作機構を制御部とともにすべてタンクの下部に収納することによって、すべ(据)付面積を最小限にし、GIS 用としても適切な配慮がなされている。その他、この油圧操作機構には、圧縮空気発生装置・建屋・配管等の設備が不要であり、設備面・工期面・保守面で経済的である。

以上のように、このしゃ断器は高信頼性、保守の省力化、据付面積の縮小化、低騒音性、据付作業の短縮などの面で優れた特長を備えたしゃ断器である。

4. 構造及び動作

図 5.、図 6. にそれぞれ 300 kV、550 kV GCB の構造を示す。

4.1 240/300 kV GCB の構造

このしゃ断器はしゃ断部・ブッシング・ブッシング変流器・操作機構・しゃ断部を内蔵し、各部を支持する接地タンクより構成され、タンク内には 5 kg/cm² の SF₆ ガスが封入されている。

しゃ断部ユニットは、フローガイド・アークコンタクト・パフファシリンダなどの消弧部、固定コンタクト・可動コンタクトなどの通電部、分圧用のコンデンサ部、上部リンク機構部、シールド部、支持絶縁物から構成されている。1 相は、2 組のしゃ断部ユニットからなり、2 組のしゃ断部ユニットは、ただ 1 個の絶縁筒で支持され、ブッシングとの接続部には絶縁スペーサ・絶縁支持筒などがなく、GIS 用としてもしゃ断部ユニットをそのまま適用できる構造である。

操作機構は大容量しゃ断器に適している油圧投入・油圧しゃ断方式を採用し、しゃ断器の相間方向の幅を小さくするため、制御部分

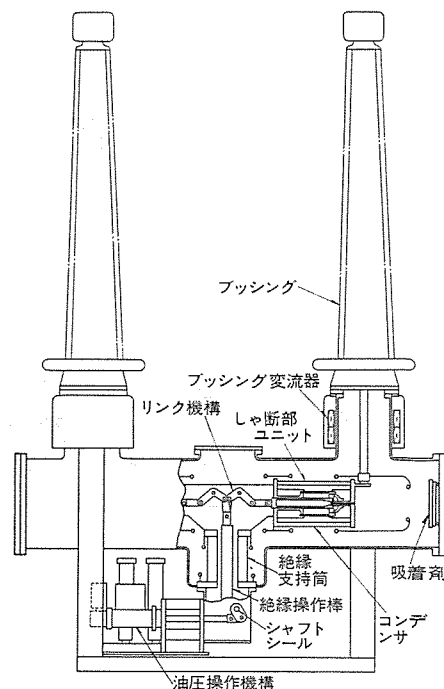


図 5. 240/300 kV しゃ断器構造図

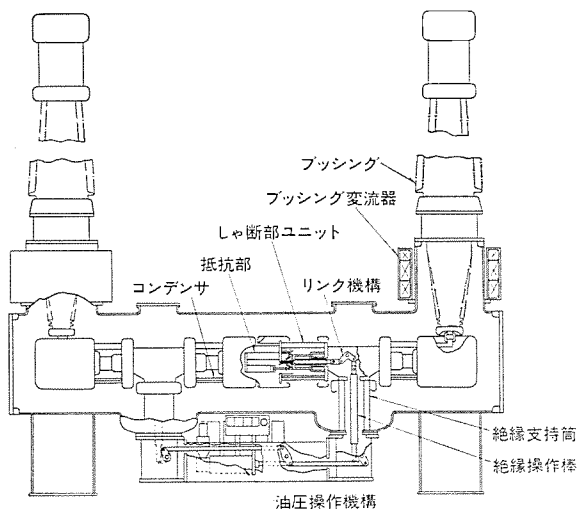


図 6. 550 kV しゃ断器構造図

を含めてタンクの下部に配置したしゃ断器本体との一体構成である。この油圧操作機構は、油圧シリンダ部・電磁弁・給油弁・排油弁などからなる操作ブロック部、増幅弁などからなる油圧リレー部、高圧窒素の入ったアキュムレータ部、低圧油タンク部、油ポンプ部などから構成されている。特に従来の油圧操作機構と比べて上記各部の配管接続方式を改良し、配管数を極力減らした構成であり、アキュムレータのユニット容量を大出力油圧シリンダ用に適切な大きさにした。

ブッシングは、油入コンデンサブッシング又はガスブッシングのいずれでも適用でき、ブッシング変流器も簡単に取付けられる。

通電容量 2,000 A 用、4,000 A 用、8,000 A 用の各 GCB の構造の相違はまずしゃ断部ユニットについては主通電部の接触子のフィンガ数、しゃ断部とブッシングとの接続部については通電断面積、ブッシングについては冷却構造、タンクについては材質が異なるだけで、基本的構造は全く同一である。なお、240 kV 用と 300 kV 用 GCB はブッシング部分が異なるだけで、他の部分は全く同一構造である。

4.2 550 kV GCB の構造

550 kV GCB も 300 kV の場合と基本的に構成及び構造は同様であ

るが、しゃ断部は 1 相 4 しゃ断点からなり、2 個の絶縁筒で支持されている。更に、各しゃ断部ユニットと並列に約 250 Ω の抵抗素子及び抵抗接点からなる抵抗投入装置を設け、投入サージ電圧を抑制している。抵抗接点の可動側は、しゃ断部ユニットの可動側と一体結合された構造であり、前者の駆動用リンク機構は後者のそれを兼用できる構造にしてある。

操作機構は、300 kV 用の操作機構と比較して油圧シリンダの出力を大きくし、アキュムレータの個数を増加することにより、1 相 4 しゃ断点を 1 組の油圧操作機構で操作する方式を採用している。したがって、操作ブロック部・油圧リレー部・アキュムレータユニットなどは、すべて 300 kV の場合と同じ構造であり、機構の構成、動作原理も全く

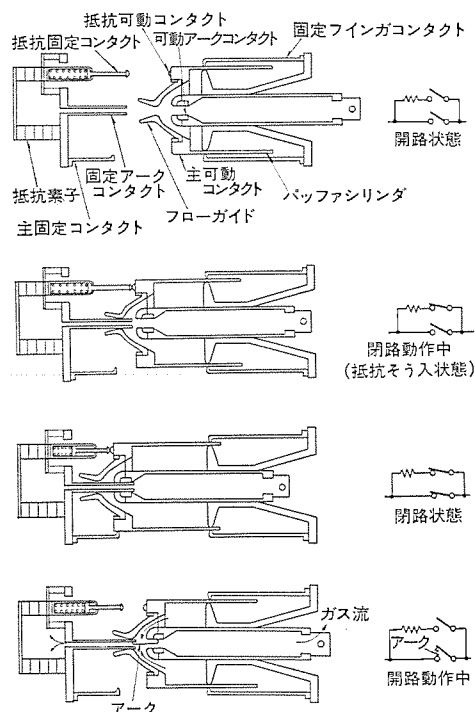


図 8. しゃ断部動作説明図

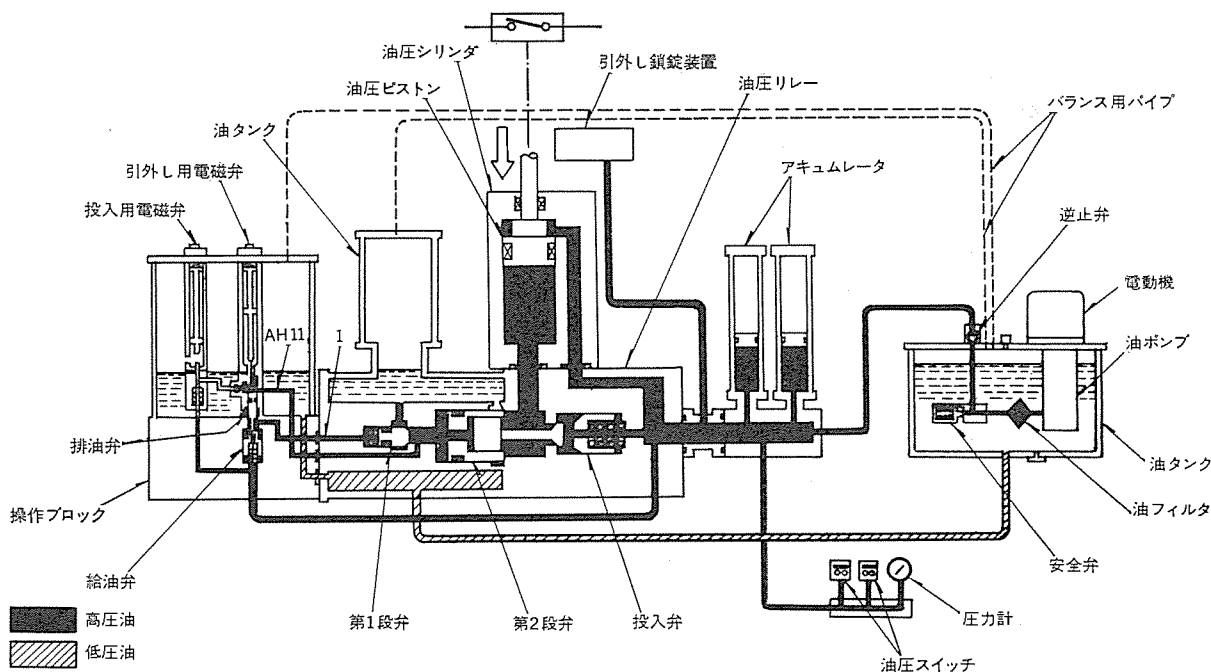


図 7. 油圧操作機構系統図 (投入状態を示す)

同一である。

4.3 動作

図 7.、図 8. にそれぞれ油圧操作機構系統説明図、しゃ断部動作説明図を示す。操作機構の油圧ピストンの駆動力は気中の水平ロッドを通じ、ガスシール機能を有する回転シャフトを介してガス中の絶縁操作棒・上部リンクに伝達され、しゃ断部のパuffaシリンダ・主可動コンタクトを駆動する。

4.3.1 投入動作

油圧操作機構の投入弁を開くと、油圧シリンダ給油弁が開いて高压油を油圧シリンダに送り、油圧ピストンを駆動して投入動作が行われる。投入抵抗付きの場合、抵抗接点はしゃ断部の可動アークコンタクトと直結されており、可動アークコンタクトよりも約 10～12 ms 早く接触するように動作する構造である。

4.3.2 しゃ断動作

油圧操作機構の引外し弁を開くと、給油弁を閉じて排油弁を開き油圧シリンダの油を高速に油タンクに排油し、油圧ピストンを排油されたシリンダ側に駆動することによってしゃ断動作が行われる。このとき、主可動コンタクトとともにパuffaシリンダが駆動され、圧縮されたパuffaシリンダ内のガスがアークに吹付けられて消弧する。投入抵抗付きの場合、固定アークコンタクトが可動アークコンタクトに一定距離の間しゅう(摺)動接触できるのに対して抵抗接点は直ちに開くので、可動アークコンタクトのほうが遅れて開極し、抵抗は回路にそう入されない。

5. 試験結果

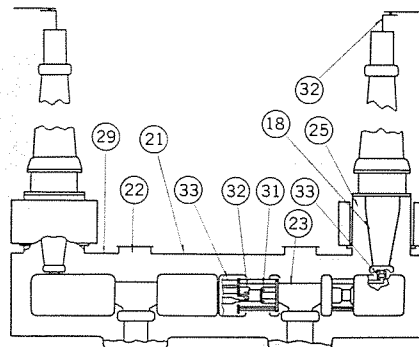
試験は交流しゃ断器規格 JEC-181 (1975) 及び電力用規格、しゃ断器 B-122 (昭和 46 年) によって規定された項目につき、参考試験も含めて各種試験を実施し、いずれも結果は満足すべきものであった。また、実用性を考えた各種試験を実施したので、それらの主なものを以下に示す。

5.1 温度上昇試験

温度上昇試験の例として、4,000 A 用のものについて 550 kV では単体しゃ断器、300 kV では断路器との複合開閉装置 (H-GIS) の測定点と温度上昇値をそれぞれ図 9.、図 10. に示す。いずれも規格値に対して十分に余裕があり、各種の構成 (GIS, H-GIS など) に対しても問題はない。更に、冷却構造、通電断面積などを若干変更することにより、6,000 A, 8,000 A にも対処できることが確認された。

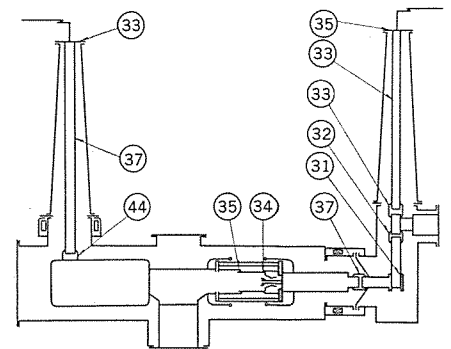
5.2 耐電圧試験

連続開閉動作前後及び短絡しゃ断試験後に、それぞれ各電圧階級に応じた商用周波交流電圧・標準インパルス・開閉インパルス電圧を印加して耐電圧性能が十分であることを検証している。なお、極間の耐



注) ○内の数字は 4,000 A 通電時温度上昇値 (deg) を示す。

図 9. 550 kV しゃ断器の温度上昇試験結果



注) ○内の数字は 4,000 A 通電時温度上昇値 (deg) を示す。

図 10. 300 kV 複合開閉装置の温度上昇試験結果

表 3. 550 kV しゃ断器の定格しゃ断電流でのしゃ断合成試験結果

動作 責務	操作 電圧 (V)	操作 圧力 (油圧) (kg/cm ²)	試 験 相	電圧 分担 率 (%)	しゃ断電流		回復 電圧 (%)	給与 電圧 (kV)	固有再起電圧		投 入 電 流 (kA)	アーク 時 間 (サイ クル)	しゃ断 時 間 (サイ クル)	ガス圧 (kg/cm ²)
					対称分 (kA)	直流分 (%)			上昇率 (kV/μs)	波高値 (kV)				
O' (O)	75	305	1/4 P	30	50	0	—	(15.4)	1.5 (5.0)※	245 (817)※	—	0.5	1.45	4.0
C/O					50	0	100	124			75	0.75	1.75	
1分 C/O		270			50	60					145	0.95	1.95	

※ () 内の値は全点換算値を示す。

表 4. 550 kV しゃ断器の脱調条件しゃ断合成試験結果

動作責務	操作電圧 (V)	操作圧力 (油圧) (kg/cm ²)	試験相	電圧分担率 (%)	しゃ断電流		回復電圧 (%)	給与電圧 (kV)	固有再起電圧		投入電流 (kA)	アーク時間 (サイクル)	しゃ断時間 (サイクル)	ガス圧 (kg/cm ²)
					対称分 (kA)	直流分 (%)			上昇率 (kV/s)	波高値 (kV)				
O	60	260	1/4 P	30	25	0	100	191	2.2 (7.3) ※	367 (1,223) ※	—	0.7	1.7	4.0
O					25	0					—	0.8	1.8	

※ () 内の値は全点換算値を示す。

表 5. 300 kV しゃ断器の 0.9I SLF 条件しゃ断試験結果

動作責務	操作電圧 (V)	操作圧力 (油圧) (kg/cm ²)	試験相	電圧分担率 (%)	しゃ断電流		回復電圧 (%)	給与電圧 (kV)	固有再起電圧		投入電流 (kA)	アーク時間 (サイクル)	しゃ断時間 (サイクル)	ガス圧 (kg/cm ²)
					対称分 (kA)	直流分 (%)			電圧源再起電圧 (kV/μs)	ラインサージインピーダンス (Ω)				
O	60	260	1/2 P	55	45	0	100	124	1.55 (2.8) ※	221 (401) ※	1.76	0.7	1.7	4.0
O					45	0					—	0.8	1.8	

※ () 内の値は全点換算値を示す。

表 6. 550 kV しゃ断器の抵抗投入試験及び進み小電流しゃ断試験結果

試験電圧 (kV)	しゃ断電流 (A)	動作責務	試験回数	開閉過電圧		再点弧回数	再発弧回数	油圧 (kg/cm ²)	ガス圧 (kg/cm ²)
				抵抗投入試験時	進み小電流しゃ断時				
121	78	O—O—C—t—O	12	1.5 以下	1 以下	0	0	305	4.0
121	400	O	12	—	1 以下	0	0	260	4.0

開閉過電圧：試験電圧波高値に対する倍数で表示

表 7. 300 kV しゃ断器の遅れ小電流しゃ断試験結果

試験電圧 (kV)	しゃ断電流 (A)	動作責務	試験回数	しゃ断時過電圧	油圧 (kg/cm ²)	ガス圧 (kg/cm ²)
96	6.8	O	12	1.9	340	5.0
96	21.7	O	12	1.45	340	5.0

しゃ断時過電圧：試験電圧波高値に対する倍数で表示

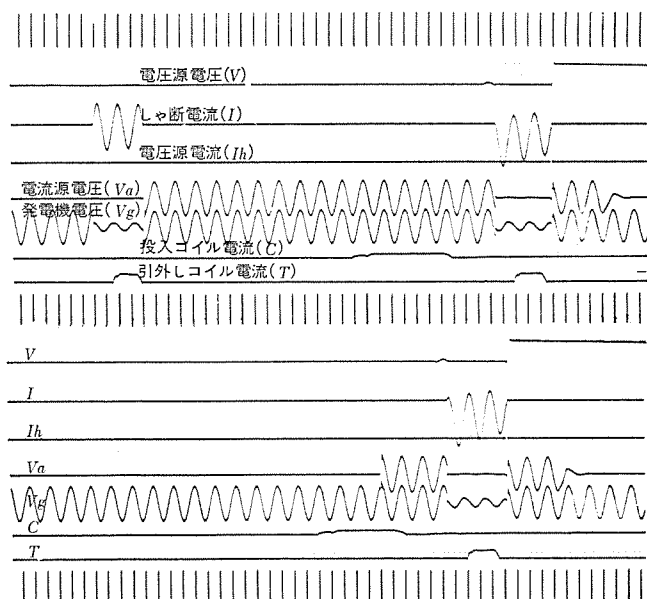


図 11. 550 kV シヤ断器の定格シヤ断電流でのシヤ断合成試験 オシログラム

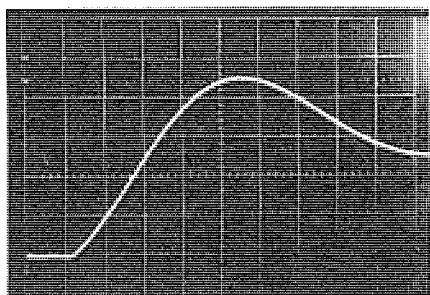


図 12. 550 kV シヤ断器の定格シヤ断電流でのシヤ断合成試験再起電圧波形

電圧値に関しては、商用周波電圧の重畳した場合の衝撃波試験も実施して良好な結果が得られた。また、実用性能に対する試験の一つとして、ガス圧が万一大気圧にまで低下した場合の商用周波耐電圧値として、常規対地電圧の1.3倍以上の値が得られることを確認している。一方、コナ試験としては、常規対地電圧の1.5倍を印加し、ERA形コナ試験器によってシヤ断器内部のコナを測定したが、有害なコナの発生は認められなかった。

5.3 シヤ断試験

550, 300/240 kV 用シヤ断器とも、シヤ断部ユニットは同一構成であるため、ユニット試験の条件としては、電圧分布係数、各定格で要求される再起電圧又は再起電圧上昇率などを考慮して最も厳しい条件を組合せて行っている。

5.3.1 短絡シヤ断試験

550 kV シヤ断器による定格シヤ断電流100%におけるシヤ断試験結果を表3.に、そのオシログラムを図11.に、再起電圧波形を図12.に示す。また、550 kV シヤ断器による脱調条件シヤ断試験結果を表4.に示す。近距離線路故障(SLF)条件のシヤ断に関しては、ユニットに対する条件のより過酷な300 kV シヤ断器による0.9I_{SLF}条件における試験結果を表5.に示し、その再起電圧波形を図13.に示す。

この外に特殊試験として、300 kV, 550 kV 共に10~20回の累積

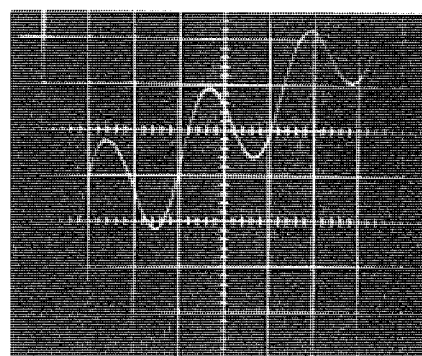


図 13. 300 kV シヤ断器の0.9I SLF シヤ断試験再起電圧波形

シヤ断試験を実施し、十分な実用性能を備えていることを確認している。また、全極に短絡電流を流し、うち1極をユニット試験に供することにより、操作性についても問題のないことを検証している。

5.3.2 進み・遅れ小電流試験

表6.に550 kV シヤ断器の抵抗投入試験及び進み小電流シヤ断試験の結果を示す。投入時の異常電圧は1.5倍以下で、シヤ断後の再点弧もなく、良好な結果を得ている。遅れ小電流シヤ断の結果を表7.に示す。試験はいずれも $2\pi/12$ ごとの位相制御を行って実施した。

5.4 その他の試験

GIS、ブッシングの耐震性能については、既に従来の複圧式のシヤ断器について、実体の加振、計算などによる検討が加えられていたが⁽²⁾、構造的に従来の異なる部分については、必要に応じて550 kV シヤ断器の中身などを単体として加振するなどして耐震性能に関する検証を行っている。

更に、輸送時の振動による問題についても、各種の過酷な道路条件を作り、その振動による加速度、ひずみ(歪)を測定して十分な耐振性能を確認している。

その他、最高開閉速度などの厳しい条件をおりまぜでの 10^4 回連続開閉試験、短時間電流試験、騒音特性試験、無負荷シヤ断動作途中でのせん(閃)絡特性試験などを実施し、良好な結果を得ている。

6. む す び

以上、300/550 kV, 50 kA 単圧式タンク形ガスシヤ断器の概要を紹介した。このシヤ断器は、今まで当社が550 kV級に至るまでの全電圧階級について多年にわたって多数製作してきた従来の優れたガスシヤ断器・GISの実績に基づくものであり、信頼性・保守性の面で特に優れており、240 kV 定格のものは既に実系統で運転中であり、550 kV 定格のものも本年秋には関西電力(株)奥吉野発電所に1号器がGIS用として出荷されようとしており、今後とも、電力系統の発展に寄与できるものと確信している。

最後に、このシヤ断器の開発に当たり、各電力会社をはじめ、関係各位よりご指導ご協力を賜ったことに謝意を表する次第である。(昭和52-5-24 受付)

参 考 文 献

- (1) 富永, 大野, 松田: 三菱電機技報, 45, No. 9, 1,084 (昭46)
- (2) 深沢, 岸田ほか: 三菱電機技報, 45, 1,094 (昭46)
- (3) 富永, 佐藤: 三菱電機技報, 46, No. 7, 799 (昭47)

狭帯域TV伝送装置《ナロービジョン》

堀 高明*・山際 豊行*・土屋 徳翁*・村上 篤道*

1. ま え が き

情報の伝達に際して画像情報が有効であることは言うまでもなく、産業用テレビジョン (ITV) の分野でも、伝送の長距離化と監視の集中化が要求されるようになったが、テレビジョン信号は伝送帯域が広いため、伝送コストが高価になる。しかし目的によっては静止画でも十分である場合が多く、このため狭帯域伝送路を使用した静止画伝送のニーズが急速に高まりつつある。静止画伝送についてはこれまでも、かずかずの方式が提案されてきたが、いずれも画質、伝送速度、コスト等に問題があった。

狭帯域TV伝送装置《ナロービジョン》は、テレビジョン信号を帯域圧縮し、音声帯域の回線を通して長距離伝送する目的で製品化されたもので、以下に帯域変換方式、伝送方式、走査変換フレームメモリ等の検討、装置の構成及び動作、システム構成例等を紹介する。

2. 《ナロービジョン》の概要

遠隔地に伝送したい画像には、間欠的に伝送される静止画で十分目的が達せられる場合が多い。例えば、ゆっくり変化する対象を監視する場合は一定時間ごとに抜き取った静止画像を伝送するだけで十分変化をつかむことができ、あとで編集したり、短時間で再現するのに都合がよい。またセンサとか警報装置からの始動により、画像を抜き取って伝送すればタイムリーに必要な情報を得ることができる。

以上の点を考慮し、次のような各項目を基本的条件として《ナロービジョン》を製品化した。

- (1) 伝送路に要求される条件として、長距離伝送が可能で、伝送経費が安価であること、しかも、設置が容易であることがあげられる。また、各種情報伝送の回線として音声帯域伝送路が使用されている点を考え、伝送必要帯域は0.3~3.4 kHzとした。
- (2) 遠隔監視用ITVにもカラーの要求がある。しかし監視目的や、伝送すべき画像を考慮した場合、白黒標準システムが大部分である。そこで当面静止画伝送システムは白黒用を対象に性能的、経済的に最適なものをとりあげることとした。
- (3) 遠隔監視の集中管理化が行われつつあるが、静止画伝送システムも、これに適合すべく簡便かつ経済的なシステムであることが必要である。その場合1画面伝送時間は短いほどよく、許容限度は1分以内とした。
- (4) 画質については画面全体のは(把握)から細部の認識までを考慮して、解像度は300本以上、グレースケール5階調以上の4 MHz帯域標準方式と同等の画質とした。

次にこの装置の特長とする帯域変換方式、伝送方式、伝送速度と解像度について紹介する。

2.1 帯域変換方式

狭帯域静止画伝送で行われている従来の帯域変換方式は、送信側で信号の1フレーム又は1フィールドの画面をメモリ(例えばICメモリ、磁

気ディスクメモリ等)に書込み、これを電氣的又は機械的に低速走査で読出すことによって帯域圧縮を行い、受信側でこの逆の操作により帯域伸張を行っていた。

しかし、この方式では、ほとんど静止している被写体の画像伝送においても、送信側にメモリを必要とする。メモリに回転機構部を含むディスクメモリを使用すれば、回転むら、ジッタ等による画質劣化を十分に補正することがむずかしい。また、ICメモリでは高速で精度の高いA/Dコンバータを必要とし、回路的に複雑になる。

この装置では標準方式テレビジョン信号の水平走査に直交する方向にサンプリングすることにより帯域圧縮された信号を、ラインバッファメモリによって、更に帯域圧縮を行う方式を採用した。この方式では、変換処理はすべて電子式で、かつ変換過程を2段階にわけているので、各段階の性能に無理がなく、回路形式を単純化することができる。

受信側の帯域伸張処理においては、テレビジョン画像の1画面を蓄積する走査変換用フレームメモリを必要とするが、フレームメモリに必要な性能は次のとおりである。

- 標準方式テレビジョン信号の1フレーム又は1フィールド分の記憶容量をもつこと。
- 低速、又は高速走査の書込み、読出しができること。
- 任意のアドレッシングができ、かつ特殊な走査(例えば、レーダのPPI走査など)にも対応できること。
- 再生画像の画質が良いこと、特に中間調の再現性に優れていること。
- 安価でコンパクト、かつ信頼性が高いこと。

この装置では、これらの条件を満足しうる走査変換用フレームメモリに最も経済的な蓄積管を採用した。

2.2 伝送方式

伝送方式は、想定される回線の品質と、システムとしての性能から決定する必要がある。

伝送方式として、アナログ方式とデジタル方式とがある。デジタル方式は品質の悪い回線でも良好な伝送品質を得ることができるが、一般に1画面伝送時間が長くなる。例えば、1フィールドのテレビジョン信号を通常のPCM伝送で、1,200 bpsの伝送路を使用すれば約8.5分の伝送時間を要する。DPCMにより、更に1/2に帯域圧縮を行っても約4分くらいに短縮できる程度である。また、伝送速度を早くすると一定品質の回線では、ビット誤り率が大きくなるので符号形式、検定方式に工夫が必要になり、装置の簡便性を損う。したがって静止画伝送にはアナログ方式が適当である。

アナログ方式には、AM、FM(PM)方式があるが、耐雑音性にも優れ、レベル変動に対しても一定の復調出力を得ることができるFM方式が最善と考えられる。また、変調すべき信号が低周波成分を多く含んでいるので、伝送帯域を効率よく利用するため、低域成分の変調波は両側波を、高域成分の変調波は片側波だけ伝送する残留側帯FM伝送方式を採用した。

表 1. 《ナロービジョン》の仕様

	・ NV-100	・ NV-200
伝送路規格	0.3~3.4 kHz 又は 0.3~3 kHz $S/N=25$ dB 以上	48 kHz $S/N=25$ dB 以上
帯域圧縮方式	サンプリング及び1ラインメモリ	サンプリング
帯域伸長方式	蓄積管による	蓄積管による
伝送方式	FM方式	FM方式
送像時間	30 60 90 秒 3段階切換	3/7/10 秒 3段階切換
送像モード	SINGLE/CONTINUOUS	SINGLE/CONTINUOUS
解像度	水平 400 本 (90 秒伝送) 270 本 (60 秒伝送) 140 本 (30 秒伝送) 垂直 250 本	水平 400 本 (10 秒伝送) 270 本 (7 秒伝送) 140 本 (3 秒伝送) 垂直 250 本
解調特性	グレースケール 10 段階以上	グレースケール 10 段階以上
表示方式	書置画面の同時表示方式	
送信装置インターフェース	映像入力 2:1 インタレース方式標準TV 信号 VS 1.0~1.4 V _{P-P} /75Ω 不平衡 FM 出力 +20dBm/600Ω 平衡 (最大)	映像入力 2:1 インタレース方式標準TV 信号 VS 1.0~1.4 V _{P-P} /75Ω 不平衡 FM 出力 +20 dBm/600Ω 平衡 (最大) 又は 75Ω (不平衡)
受信装置インターフェース	FM 入力 -40dBm/600Ω 平衡 (最小) 映像出力 2:1 インタレース方式標準TV 信号 VS 1.0~1.4 V _{P-P} /75Ω 不平衡	FM 入力 -40 dBm/600Ω 平衡 (最小) 又は 75Ω (不平衡) 映像出力 2:1 インタレース方式標準TV 信号 VS 1.0~1.4 V _{P-P} /75Ω 不平衡
許容周囲温度	送信装置 -10°C~+50°C 受信装置 0°C~+40°C	送信装置 -10°C~+50°C 受信装置 0°C~+40°C
電源定格	AC 100 V 50/60 Hz	AC 100 V 50/60 Hz
構 造	送信装置……屋内形, 屋外形, 車載形 受信装置……屋内形	送信装置……屋内形, 屋外形, 車載形 受信装置……屋内形

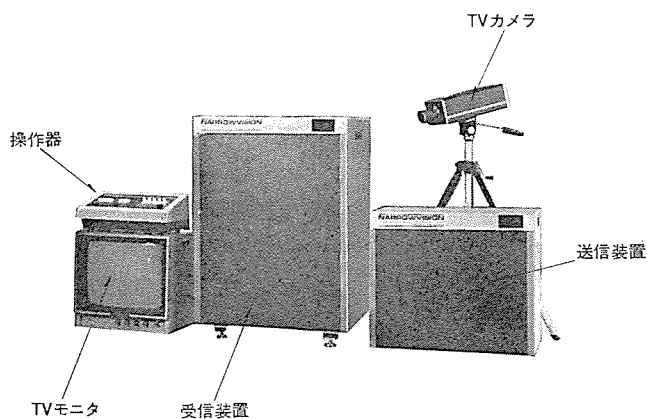


図 1. 装置の外観

2. 3 伝送速度と解像度

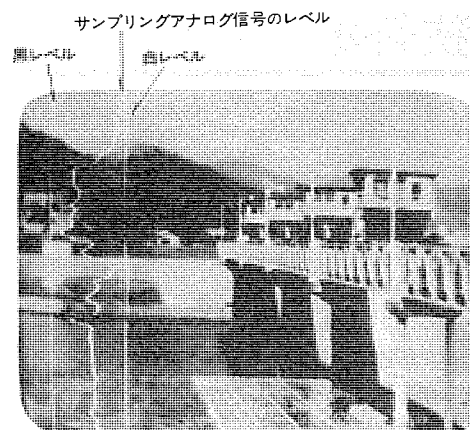
静止画伝送方式における解像度と1画面伝送時間は、単位時間あたりの伝送量を一定とすれば逆比例の関係にある。この方式で採用した帯域変換方式、伝送方式、フレームメモリによれば、標準方式と同程度の画質を得るには、60~90 秒程度の1画面伝送時間を必要とする。1画面伝送時間を T (秒) とすれば得られる解像度 N (本) との間に近似的に下記の式が成立する。

$$N \approx 4.5T$$

一方、一定の周期で連続的に監視を行う場合は、解像度が悪くても、まず全体の状況を早く把握することが必要なことが多い。この点を考慮して、1画面伝送時間を30, 60, 90秒の3段階にして、必要に応じて受信側で選択できる方式にした。この場合、得られる解像度は、それぞれ約140本, 270本, 400本である。

これらを基礎に製品化したこの装置は次の特長を有する。

(1) 電電公社専用線、無線回線、私設電話回線等の音声帯域が使用できるので、長距離伝送が安価にできる。



注) 図中左側の白線グラフは伝送信号波形を2次元表示したものである

図 2. (a) 送信画



図 2. (b) 受信画 (伝送時間 60 秒)

(2) 伝送方式として、アナログのFM方式を採用しているため、デジタル伝送方式と比較して、同程度の画質の画像を短時間で伝送できる。

(3) 走査変換フレームメモリに蓄積管を使用しているので、経済的でしかも磁気ディスクのように回転機構部に起因する画質劣化のない鮮明な、解像度の高い画像がえられる。またレーダのPPI走査にも対応できるはん(汎)用性のある静止画伝送ができる。

(4) 1フレーム伝送速度が3段階に切換えられ、必要に応じ粗又は密な画像伝送ができる。

(5) 装置の入出力インターフェースが標準方式なので標準のTVカメラ、モニタがそのまま使用できる。

表 1. に、この装置の仕様を示す。また図 1., 図 2. にこの装置の外観と伝送画像の一例を示す。

3. 装置の構成及び動作

3. 1 基本構成

図 3. に、この装置を使用した静止画伝送システムの基本構成を示す。送信部のフレームメモリと帯域圧縮器は分離することができ、かつ被写体が静止状態の場合、カメラからの信号を帯域圧縮器に直接入力すればよく、フレームメモリを省略できる。

3. 2 送信部

送信部は、図 4. に示す各ブロックで構成される。

低域濾波器により高域ノイズ成分を除去し、AGC回路により一定レベルに保持された静止画テレビジョン信号は主走査方向にサンプリング走査により直交変換して、第1次の帯域圧縮処理される。この様子を図 5. に示す。これにより得られたサンプリングアナログ信号は約 8 kHz

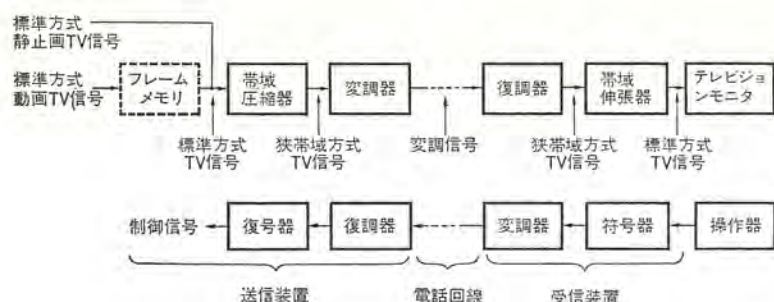


図 3. 静止画伝送システム基本構成図

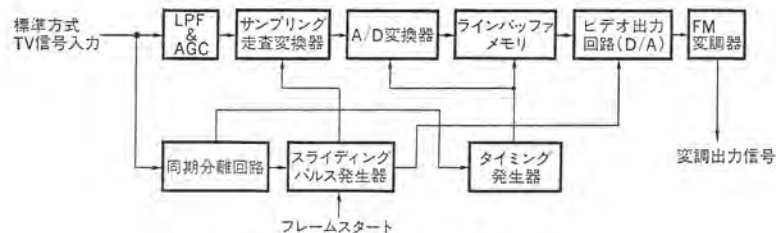


図 4. 送信装置ブロック図

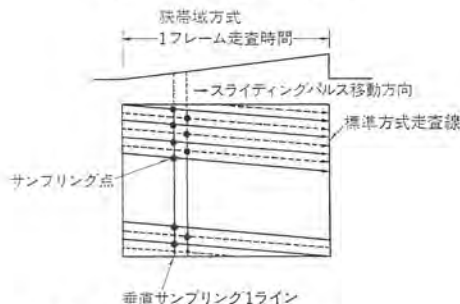


図 5. サンプリング走査変換処理図

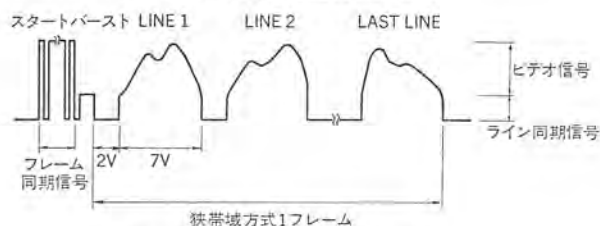


図 6. 狭帯域方式テレビジョン信号

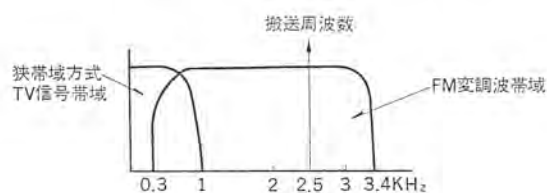


図 7. 変調信号周波数スペクトラム

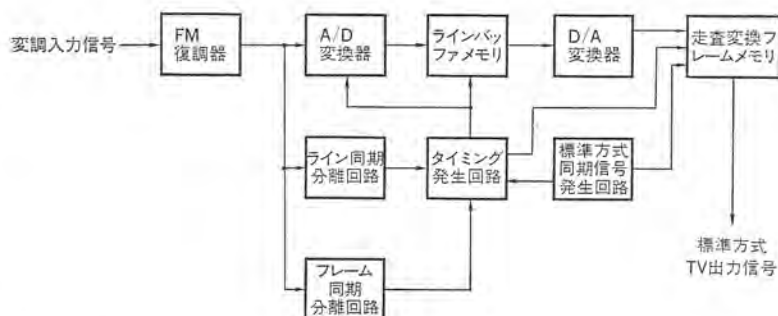


図 8. 受信装置ブロック図

の帯域を持つので、A/D 変換後、直交変換された 1 ラインのデジタル画像データをバッファメモリに蓄積し、低速度で読出すことにより第 2 次の帯域圧縮処理を行う。この低速度デジタル信号を D/A 変換して得られた信号は約 1 kHz の帯域を持つが、この信号にフレーム同期信号と、ラインを分離するためのライン同期信号を付加して、図 6. の狭帯域方式テレビジョン信号を形成する。更に FM 変調され 0.3~3.4 kHz の帯域をもつ FM 変調波としてラインへ送出される。図 7. に狭帯域方式テレビジョン信号と FM 変調波の周波数スペクトラムを示す。

一方、これらの信号処理を行うためのクロック信号、及びタイミング信号は、入力標準方式テレビジョン信号より分離された垂直、水平同期信号から得ている。

図 5. のスライディングパルスはサンプリングラインを水平方向に移動させるもので、このパルスの移動速度を変えることにより、1 画面伝送時間を変えることができる。

3.3 受信部

受信部は、図 8. に示す各ブロックで構成される。

音声帯域回線を通して伝送された FM 変調波を復調し、まずフレーム同期信号を検出し、狭帯域方式 1 フレームの開始時間を検出する。一方、復調された狭帯域方式テレビジョン信号により、ライン同期信号を得る。これらの同期信号と標準方式同期信号とをタイミング発生回路に入力し、A/D 変換及びラインバッファメモリ駆動用のクロック信号を発生するとともに、走査変換用フレームメモリの書き込み、消去信号を発生する。

狭帯域方式テレビジョン信号は 1 ラインごとに A/D 変換して、デジタルフォーマットでラインバッファメモリに記憶される。これは走査変換用フレームメモリのリアルタイム表示のためである。

この走査変換フレームメモリとして、ここでは蓄積管を採用しているが、蓄積管は電子管の一種で、絶縁物の 2 次電子放出比が、ビーム加速電位によって変化することをうまく利用して、メモリとして必要な機能である。書き込み、読出し、消去の動作を 1 本の電子銃で行うものである。

この方式では、この走査変換フレームメモリは、垂直走査 60 Hz、水平走査 15.75 kHz の標準方式で蓄積面を走査して、画像を読出している。今、ラインバッファメモリに蓄積された 1 ライン分の画像データを高速で読出して、D/A 変換後、送信画面のサンプリングラインに相当する蓄積面上の位置に書き込む。この様子を図 9. に示す。この書き込み動作は、蓄積面読出し走査の垂直帰線消去期間中に行われる。また、この書き込み先立ち、所定の書き込み位置にある前の蓄積画像を消去しているので、画像伝送中、読出し画面が途切れることなく、新しい画像に書換えられる。この様子を図 10. に示す。

3.4 制御方式

この装置で静止画像を長距離伝送する場合、遠隔制御が不可欠である。その場合、かなり多数の制御項目が考えられるので、デジタル制御方式を採用している。すなわち 1 フレーム 12 ビットの制御信号を FS 変調し、1,200 ボーで伝送する。この方式では、制御信号と狭帯域方式テレビジョン信号を半 2 重通信することも可能となる。

3.5 高速回線による伝送

これまで記述したものは、音声回線、すなわち伝送必要帯域幅が 3 kHz を対象としたが、24 kHz、又は 48 kHz の高

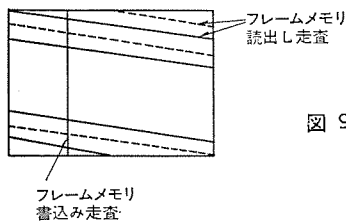


図 9. 帯域逆変換処理図

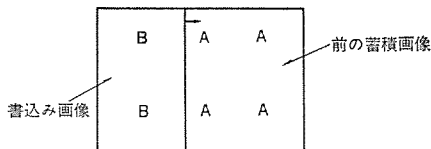


図 10. 蓄積画面の同時書換え方式

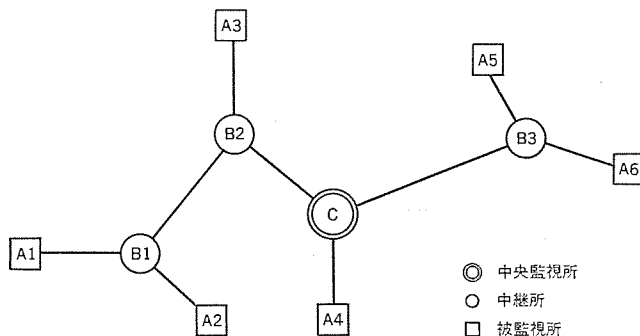


図 11. 広域集中監視 システム

速回線が使用できる場合は、3 kHz のものより数倍速く伝送できる。
(表 1. 参照)

すなわち、送信部で第 2 次の帯域圧縮を行わないで、サンプリングアナログ信号を直接 FM 変調して伝送すればよい。この場合、ライン周期は標準テレビジョン方式の垂直周期と同じである。

4. システム構成例

この装置を使用した静止画伝送システムは、通常の ITV システムにそのまま応用できるものであるが、多くの特長を生かして、従来のものでは実現不可能若しくは困難であったさまざまなシステム構成に適用しうる。次に代表的なシステム構成例を紹介する。

(1) 移動無線回線による画像伝送

従来の ITV 長距離伝送システムでは、伝送回線が有線であったり、無線の場合でもマイクロ波を使用しなければならず、移動車からの画像伝送が困難であった。

しかし、この装置を使用すれば、手軽に移動無線に接続し、固定局へ画像伝送が可能となる。カメラ、送信装置を移動車に、受信装置を固定局に設置して火災・事故など緊急の場合に現場から画像伝送を行い、状況を把握することができる。音声連絡が必要な場合は画像伝送と交互に切換えて使用すればよい。

(2) 静止画伝送方式による広域集中監視システム

図 11. に示すような広い地域に分散している被監視場所を一括集中監視するような場合、この装置を使用して能率的かつ経済的な静止画による監視システムを構成できる。被監視場所、中継所、中央監視所を音声帯域回線で接続して、中央監視所で被監視場所を選択し、この間の回線接続を行った上で画像伝送を行う。例えば A1 被監視場所からの画像伝送は、A1～B1～B2～C の径路となる。被監視場所の選択は任意に行ってもよく、またサイクリックに自動切換えを行ってもよい。また、被監視場所のセンサ、警報装置からの緊急始動で中央監視所までの回線を接続し、画像を伝送することもでき

る。

このようなシステムの応用分野として、無人受変電所、上下水道の処理場監視、鉄道のホーム監視等が考えられる。また、広域に分散している危険区域、例えば石油スタンドなどの夜間の防犯、防災システムへの利用、及び道路の要所における交通流監視への利用が考えられる。

(3) 簡便な録画システム

広帯域方式では、画像の録画には VTR や磁気ディスクレコーダ等を使用する必要があったが、この装置の伝送帯域が音声帯域であるため、音声用テープレコーダなどの簡易な録音装置だけで録画、再生ができる。例えば、夜間人がいないとき、一定時間ごとの画像を記録しておき、翌朝、編集し短時間で再現し、夜間の状況を能率よく把握できる。また、同一の伝送路を静止画伝送とテレメータに使用したい場合、送信側、受信側にそれぞれ録音装置を持てば回線を効率よく使用することができる。すなわち、伝送路がテレメータに使用されている時、TV カメラからの画像を狭帯域テレビジョン信号として送信側録音装置に記録しておき、伝送路が空いた時受信側へ伝送する。受信側では、伝送された信号を受信側録音装置に記録しておけば、任意の時間に画像の再現を行うことができる。

(4) 書画通信システム

簡単な書類、図面などの送受には、この装置の伝送速度でも十分利用可能であり、ハードコピー装置を組合せることによりファクシミリ類似の書画通信システムを構成することが可能である。

5. む す び

新しく製品化した静止画像伝送用狭帯域 TV 伝送装置の概要を紹介した。各分野において視覚情報への認識が高まっており、その要求にこたえるものとして貢献することを期待している。

今後の問題として性能、安定度の向上はもとより小形化、経済性、更にはカラー用のニーズなどを検討して行くつもりである。

FM電流差動キャリアリレー

志賀正明*・杉山 釗*・鈴木健治**・鈴木 愿**・赤塚和穂**

1. ま え が き

近年の電力需要の増大に伴って、送電系統の大容量化が進んでいるが、それとともに系統故障の及ぼす影響は大きくなり、保護継電方式に要求される責務は高速度・高感度及び高信頼度の面でますます過酷なものになってきている。

他方、用地取得難による電源の遠隔化や送電系統の多端子化、太線化、あるいは非電源端子の発生など、系統構成の多様化によって従来の保護方式では内部故障の検出が困難となることが予想されている。

従来の送電線保護として用いられている方向比較や位相比較のキャリアリレー方式では、2端子送電線の場合は、保護区間内部に発生した故障をほぼ確実に検出し得るが、3端子送電線の場合には、内部故障時に故障電流が流出するなど2端子の場合に見られない現象が生じるため、系統の運転状況、故障点の位置、故障の形態などによって、その適確な検出が困難である。

このような問題を有する将来の主幹系統に適用する高速度・高感度及び高信頼度の保護継電方式を確立するため、昭和45年10月から中部電力(株)と共同研究を実施し、マイクロ波回線の音声帯域を使ったFM電流差動キャリアリレーを開発した。この方式は、保護区間各端子に設けた電流一周波数変換装置により、各端子の電流瞬時値を周波数変調(以下FMと略す)し、マイクロ波回線を通して他の全端子に伝送し、保護区間の全端子の差動保護ができるようにしたもので、従来のパイロットワイヤリレー方式と同じ差動原理が適用できると同時に、保護区間の距離による適用制限が解決されたものである。

以下に、FM電流差動キャリアリレーの原理と特性、雑音検出方式及び実系統試験結果について述べる。

2. 内部故障検出を困難とする要因とリレー適用上の問題点

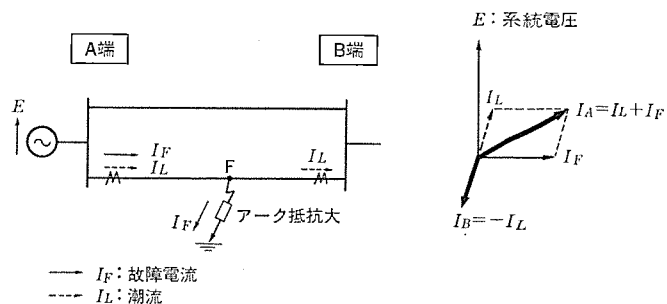
2.1 内部故障検出を困難にする要因

大容量送電線や3端子送電線では、内部故障であるにもかかわらず、故障回線から故障電流が流出することがある。図1.(a)は、内部故障のある大容量送電線における負荷電流の流出を説明したもので、F点の故障で、アーク抵抗が大きくて、故障点の系統電圧が残ると負荷電流が流出する。このような現象は図1.(b)に示したような、短い送電線に長い送電線が分岐したような系統の末端の故障では、アーク抵抗が小さくても負荷電流の流出が考えられる。

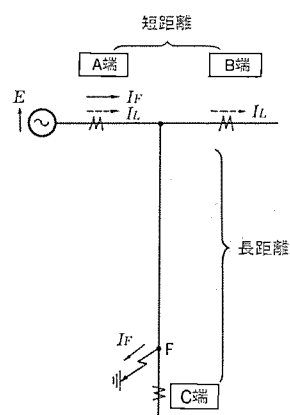
また、図2.は、3端子送電線の2号線をA端子で開放している状態で、2回線同時故障が発生した場合の電流を示した例であるが、1号線側で見るとC端子の電流が流出しており、流出電流は流入電流の50%にも達することが考えられる。

2.2 従来リレーの適用上の問題点

以上のように内部故障時、流出電流が発生するような系統の保護リレー方式として、従来の方向比較又は位相比較キャリアリレー方式を適



(a) 大容量送電線における電流



(b) 短距離送電線より長距離送電線の分岐における電流

図1. 内部故障時の負荷電流流出現象

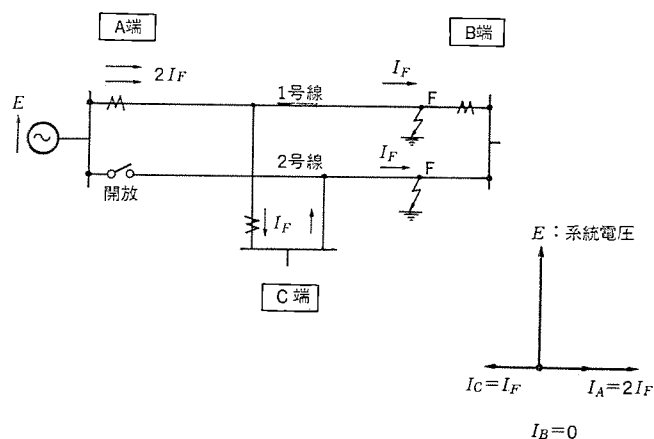


図2. 3端子送電線における $\frac{1}{2}$ 流出現象

用する場合は、流出端リレーの検出感度を流出電流で動作しないような高整定(低感度)とし、あたかも流出電流が無いとみなすようにしなければ、このような内部故障を検出することができない。保護協調上、流入端の検出リレーは、流出端の検出リレーより更に高整定にする必要があるため、従来の保護方式では、区間内故障時に非常に低感度の故障検出能力しかないことになり、主幹系統の保護方

式として適用することはできない。

3. FM 電流差動キャリアリレーの開発

高感度で、しかも流出電流が流入電流の 50% であっても適用可能な保護方式として差動保護方式が考えられ、既に短距離送電線にパイロットワイヤリレー方式として採用されている。

全端子の電流の瞬時値を互いに全端子に伝送する手段として、最近特に発達しているマイクロ波回線を利用すれば、遠距離を高速で伝送できるので差動保護方式が可能である。この伝送方式として、従来の位相比較キャリアで使用している伝送帯域（音声帯域）をそのまま使用できる利点を生かし、電流の瞬時値を周波数の変化に置き換える（FM 変調）方式で、各端子電流を互いに全端子に伝送するキャリアリレー方式が、FM 電流差動キャリアリレー方式である。

この方式の特徴として考えられる主な点は、

- (1) 差動保護の原理が使えるので、高感度の保護ができる。
- (2) 原理的に、端子数に制限されないため、2 端子以上、多端子系統の保護が可能である。
- (3) 高速動作が実現できる。
- (4) 使用周波数帯域幅は、比較的狭くてよい。

である。しかし、この方式はアナログ量の伝送方式であるため、従来の方向比較や位相比較キャリアリレーと比較すると、伝送路における雑音の影響が大きく、また、ハード誤差や伝送帯域の非直線性に起因する伝送ひずみが直接リレー動作に影響するので、リレーの動作判定式及び、雑音検出方式に十分な考慮を払う必要がある。

この方式は、昭和 45 年 10 月から約 2 年 4 カ月にわたり、原理確認のための実系統試験を 275 kV 高根信濃線で実施し、更に、昭和 49 年 6 月から約 2 年間、実用化のための実系統試験を 275 kV 高根北部線で実施した。更に、雑音検出方式の有効な手段を検証するため、昭和 51 年 6 月から約 1 年間、275 kV 西部幹線で実系統試験を実施し、伝送路並びにリレーに対する種々のデータを得て、今後の FM 電流差動キャリアリレーの実用化の見通しを得ることができた。

4. FM 電流差動キャリアリレー方式

4.1 動作原理

図 3. (a) は、この方式を 3 端子送電線に適用したもので、各端子、各相とも同じ構成となる。CT より得た 2 次電流波形を、I-V 変換器で電圧の瞬時値に変換し、BPF（帯域ろ波器）で直流分と高調波分をカットする。この I-V 変換器は、大電流入力時に飽和するようにして電圧が常に伝送帯域を超えないようになっている。BPF を介した電圧は、V-F 変換器で周波数に置換される。この V-F 変換器の特性は、図 3. (b) に示すように、電圧が 0 の時は中心周波数 f_0 、電圧が ΔV 増加すれば $f_0 + \Delta f$ となる直線性をもったものである。図 3. (c) は、V-F 変換器の入力と出力の関係を波形図で示したもので、電圧の瞬時値が周波数の変化として表される。この周波数成分を、通信装置を通して他の端子に伝送する。他方、自分の周波数成分を信号伝送遅延時間だけ遅らせるため遅延回路を設けてあり、周波数成分となってから遅延回路に導入しているのは、他端子からの受信周波数成分と特性を合わせるためである。

相手端からの受信周波数成分は、おのおのの遅延回路で必要最小限の遅れ時間の後に、F-V 変換器により、電圧の瞬時値に復調されて自端の F-V 変換器の出力とともに動作判定回路に与えられ、差動リレーとしての動作条件をチェックする。

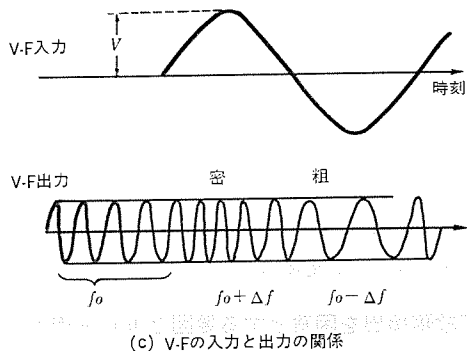
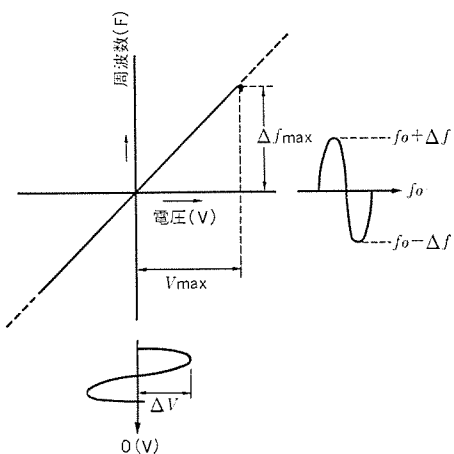
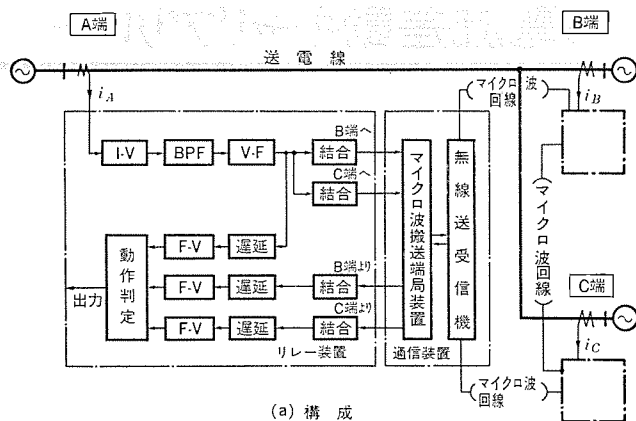


図 3. FM 電流差動キャリアリレーの原理

4.2 動作判定式

差動保護の動作を決定する動作判定式は、従来の母線保護リレーと同じで、内部事故時は抑制力を零として強力な動作力を得、外部事故時は、強力な抑制力を発生させるよう考慮した。式(1)は、3 端子送電線に適用したこの方式の動作判定式であり、抑制係数 k 、 η は図 4. (a) の比率特性に示すように、流出電流が 50% であっても保護できるように選んである。

$$|i_A + i_B + i_C| - k\{|i_A| + |i_B| + |i_C|\} - \eta|i_A + i_B + i_C| + k_e|i_E| \geq K \quad (1)$$

ここで i_A, i_B, i_C ……各端子電流

k, η ……抑制係数

+ ……内が正のとき { } のまま
{ } 内が負又は 0 のとき 0

$k_e i_E$ ……総合誤差項 (5.2 節参照)

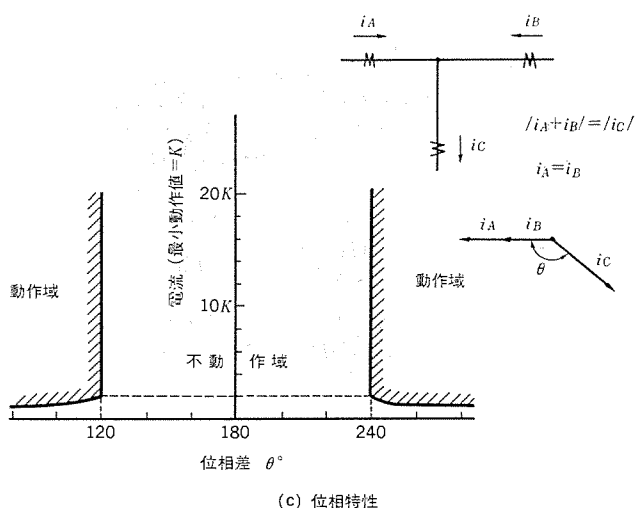
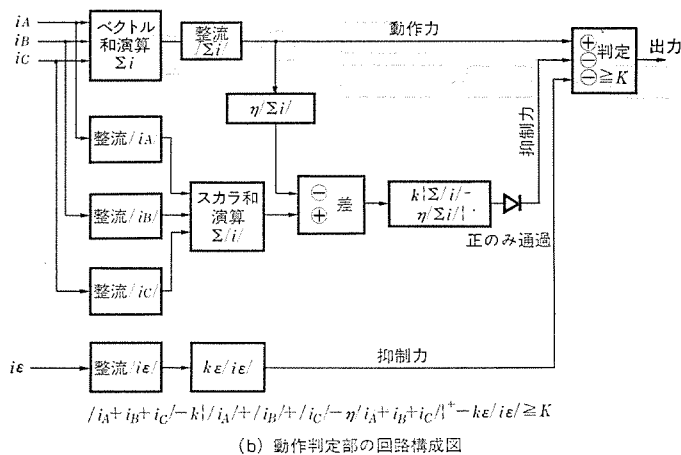
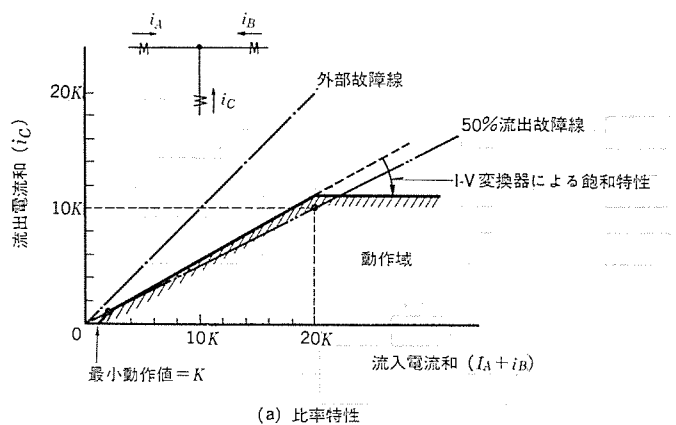
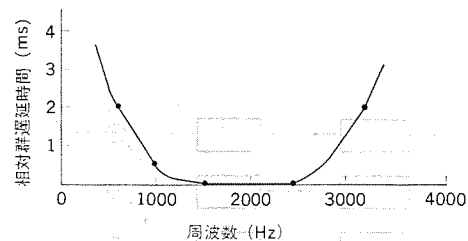


図 4. FM 電流差動 キャリアレーの動作判定方式

K 最小動作値

k を 2, η を 3 と選べば, 内部事故時は $\{ \}$ 内が負となるため, $\{ \} = 0$ となり, また流出電流が 50% あっても $\{ \} = 0$ となるので抑制力が 0 となり, 動作力の項だけが残る。逆に, 外部事故があれば $\{ \}$ 内が正となり, 2 倍された抑制力が作用して外部事故に強くなる。図 4. (a) の比率特性で, 20 K の点で折れ線にしてあるのは, 流出電流 50% の保護領域を, 小電流の領域から実現させるためのものである。式(1)の動作判定を実現する回路を図 4. (b) に示す。また, 式(1)を $|i_A + i_B| = |i_C|$ の条件で解けば, 図 4. (c) に示す位相特性が得られ, これは, 位相比較 キャリアレー方式と同じ 120° の位相特性を有する。



(a) 伝送路の遅延時間特性例

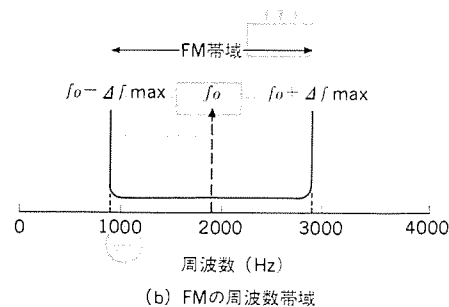


図 5. 伝送路特性と周波数配置

4. 3 信号伝送回線

この方式を実用化する条件として, 信号伝送帯域が従来の位相比較 キャリアレー方式と同じであることをねらいとしたので, 音声帯域の 1 チャンネルに 1 相分の信号を割当てた。したがって, 3 相送電線では 3 チャンネルの音声帯域を使用することになる。これら各相の電流信号情報とは別に, 雑音対策用のチャンネルを設け, 合わせて 4 チャンネルの音声帯域を使用して送電線 1 回線分を保護する構成となる。

一つの音声帯域での周波数の配置は, 前記の図 3. (b) で述べた中心周波数 f_0 を, 最小動作値付近での伝送路遅延時間が最小となる値 1,900 Hz に選定し, かつ最大周波数偏移幅 Δf_{\max} は, 故障電流の最小値から最大値までが所定の誤差内で, 直線性が得られる範囲として 1,000 Hz を選んだ。したがって, 音声帯域での周波数偏移幅は, 最大故障電流時 $1,900 \pm 1,000$ Hz まで変化することになる。図 5. (a) に伝送路の遅延時間特性, 図 5. (b) に音声帯域の周波数配置を示す。

5. 雑音検出方式

5. 1 伝送路で発生する雑音

FM 変調方式は, 雑音に強い通信方式であるが, マイクロ波回線で発生するフェージングや, 無線機等の制御電源の急変などによって外乱が生じると, 周波数変動として影響を受ける。周波数変動が発生すれば, F-V 変換器の出力に雑音電圧が発生して, この値が大きければ差動リレーが誤動作するので対策が必要となる。雑音を高速度で検出して, 雑音が発生している期間中, 継続して差動リレーの出力を阻止するようにして, 雑音検出と差動リレーとの協調をとるとともに, 阻止時間は極力短縮して系統保護機能を低下させないようにする必要がある。

5. 2 雑音検出方式

この方式で採用している雑音検出の方法は, 各相監視方式と総合監視方式の二つに大別することができ, 各相監視方式を基本として使用し, 総合監視方式は冗長性をもたせるための広い範囲の監視を目的として使用している。図 6. は, この方式の雑音検出方式の概要を示したもので, 点線で囲んだ部分が雑音検出回路である。

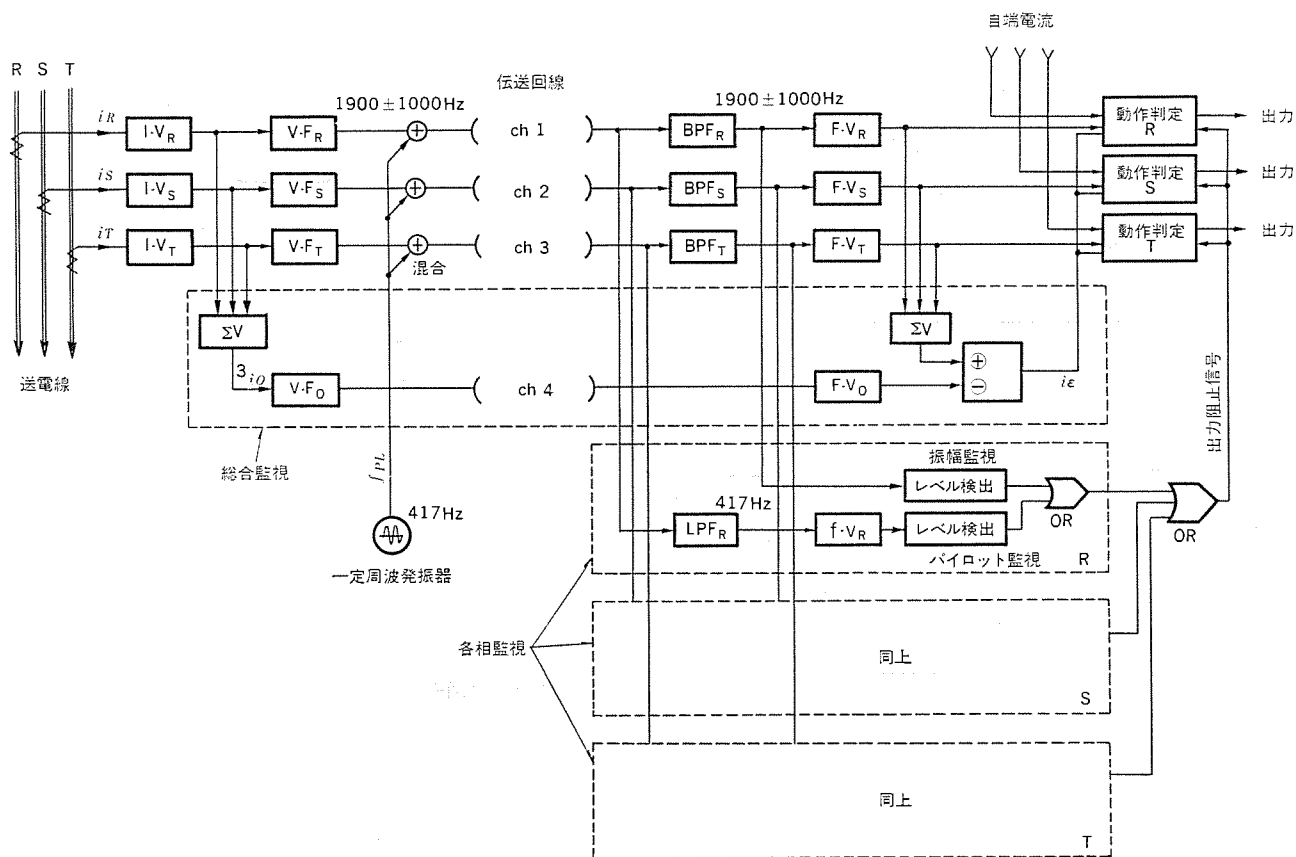
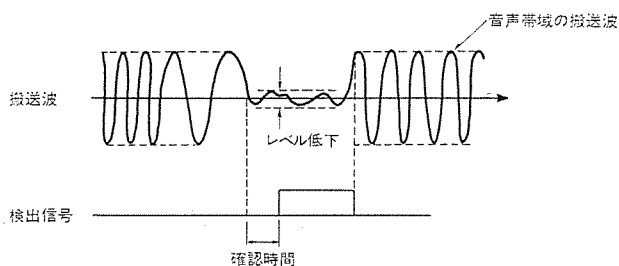
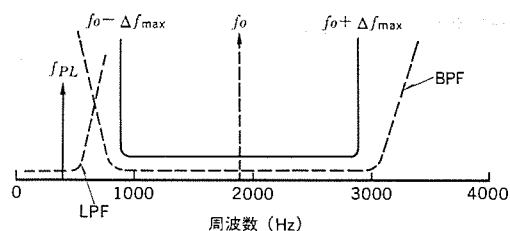


図 6. 雑音検出方式の概要

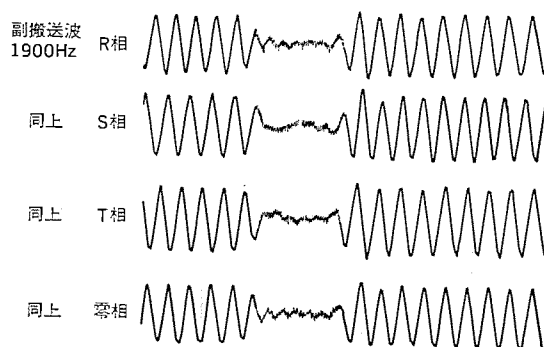


(a) 振幅監視の検出動作

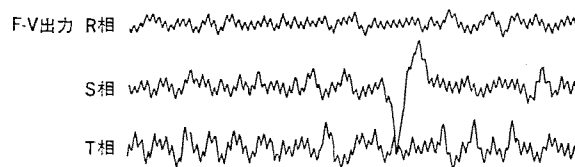


LPF: ローパスフィルタ(f_{PL} のみを通過させる)
BPF: 帯域フィルタ($f_0 \pm \Delta f_{max}$ を通過させる)

(c) 音声帯域の周波数配置



(b) 振副の変動波形例



(d) パイロット監視の出力波形例

図 7. 各相監視方式の原理

(1) 各相監視方式

R, S, T 相おのの電流を伝送する音声帯域内の副搬送波を監視する目的で設けたもので、雑音により副搬送波が振幅変化として乱される場合と、周波数変化として乱される場合とを別々に検出するため振幅監視とパイロット監視とから成り立っている。振幅監視は図 7. (a) に示すように、音声帯域内の副搬送波の受信レベルを監視す

るもので、マイクロ波回線のフェージングなどによる信号の瞬断等に有効に作用する。図 7. (b) は、導波管に減衰器を強制的にそう(挿)入してフェージングを模擬したときの各相及び零相の受信副搬送波の波形例である。パイロット監視は図 7. (c) に示すように、音声帯域内に一定周波数の信号(f_{PL})をパイロット信号として重畳させ、雑音による音声帯域内の副搬送波の周波数変化を監視するものである。

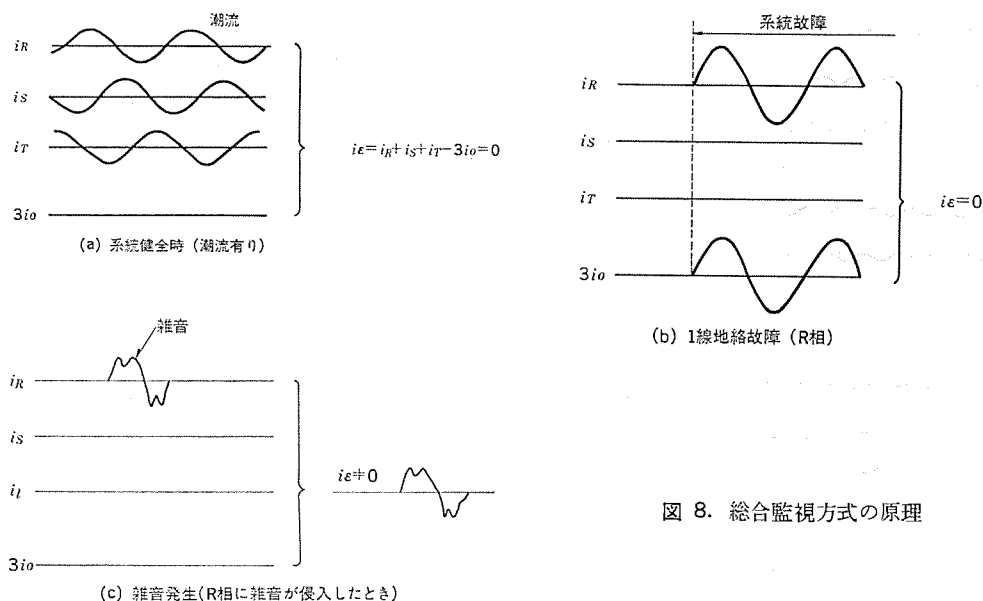


図 8. 総合監視方式の原理

に、各相のI-V変換器の出力を合成して、零相電流に相当する成分を合成し、各相と同じ原理のV-F変換器を使用して、雑音対策用のチャンネル(ch4)によって伝送する。これを受信側でF-V変換して、別々に送られてきた各相電流のF-V出力の成分と合成するようにしておけば、 $i_e = i_R + i_S + i_T - 3i_0$ となり、送電系統が健全時でも、系統故障があっても常に出力は零となる。雑音が発生したり、変換器に異常が生じた場合には、この合成出力は零とならないで総合誤差となって現れる。図8.(a), (b), (c)はそれぞれ系統健全時、系統故障(1線地絡故障)時及び雑音発生時の総合監視の応動を波形で

このパイロット信号は、送信側で電流信号の $1,900\text{ Hz} \pm 1,000\text{ Hz}$ に混合して伝送回線を通し、受信側でローパスフィルタ(LPF)によって分離して取り出し、差動リレーと同じ原理の周波数を電圧に変換するf-v変換をして、電圧として監視している。このため、差動リレーとの協調がとりやすく、また、電流信号と同じ音声帯域内に監視用パイロットがあるため、雑音侵入が相によって異なっても確実に検出できる利点がある。図7.(d)は、前記フェーディング模擬の場合の各相f-v変換器出力の波形例である。

各相監視方式の振幅監視とパイロット監視の出力は、図6.に示すように各相ORにして差動リレーの出力阻止信号として使用する。

(2) 総合監視方式

V-F変換器、伝送回線、F-V変換器を含んだ広い範囲の監視を目的としたもので、監視に冗長性をもたせてある。図6.に示すよう

表 1. FM 電流差動キャリアリレーの仕様

No.	項目	仕様
1.	定格	AC 5A
2.	整定範囲	0.5-0.75-1-1.5-2-2.5A
3.	特性	<p>(1) 比率特性</p> <p>(2) 動作時間</p> <p>整定値の150%入力にて 2サイクル以内 (伝送遅延時間4msを含む)</p>
4.	信号伝送方式	<p>周波数変調方式：中心周波数 $f_0 = 1900\text{ Hz}$ 最大周波数偏移 $\Delta f_{\text{max}} = 1000\text{ Hz}$</p>
5.	通信装置とのインタフェース	<p>(1) 送信レベル：標準 -8dBm 0~-30dBm間を1dBステップにて調整可能</p> <p>(2) 受信レベル：標準 -12dBm 0~-22dBm間を1dBステップにて調整可能</p> <p>(3) 受渡しインピーダンス：600Ω±20%平衡</p>

表現したものである。差動リレーには、この総合誤差分 i_e を k_e 倍して抑制力として加え、雑音の量に比例した抑制力で比率特性を制御するようになっている。総合監視方式は、非常にまれではあるが各相に逆位相で雑音が発生した場合、 $i_e = 0$ となる可能性があるが、差動リレー入力電圧そのものを直接に監視できるため、監視の信頼度を向上させることが可能である。

6. 装置の構成と性能

6.1 この装置の仕様と特性

この装置の主な仕様を表1.に示す。図9.に、比率特性と動作時間の実測値を示す。伝送遅れ時間を最大4msとして、整定値の150%入力で動作時間は2サイクル以内である。

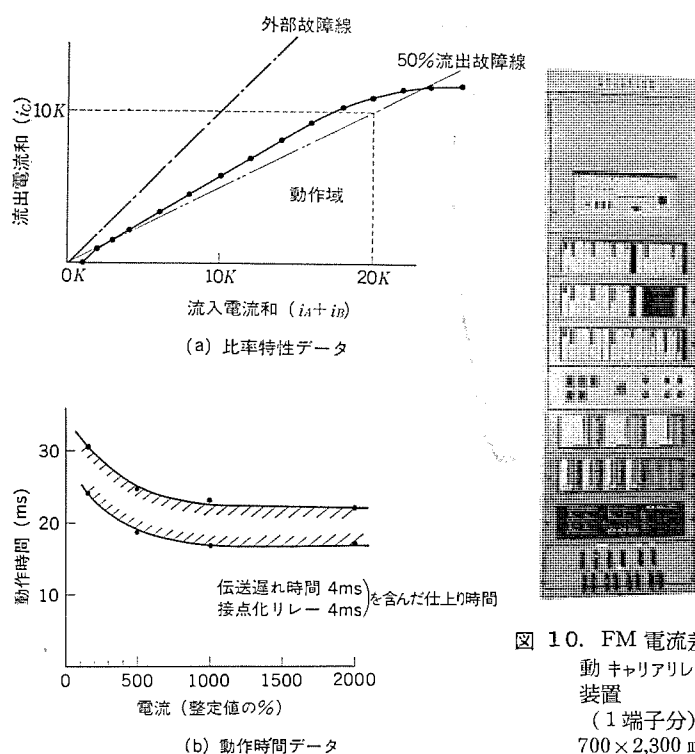


図 9. 比率特性と動作時間の実測値

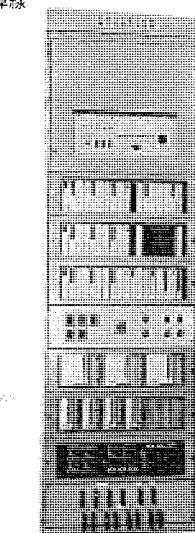


図 10. FM 電流差動キャリアリレー装置 (1端子分) 700×2,300 mm

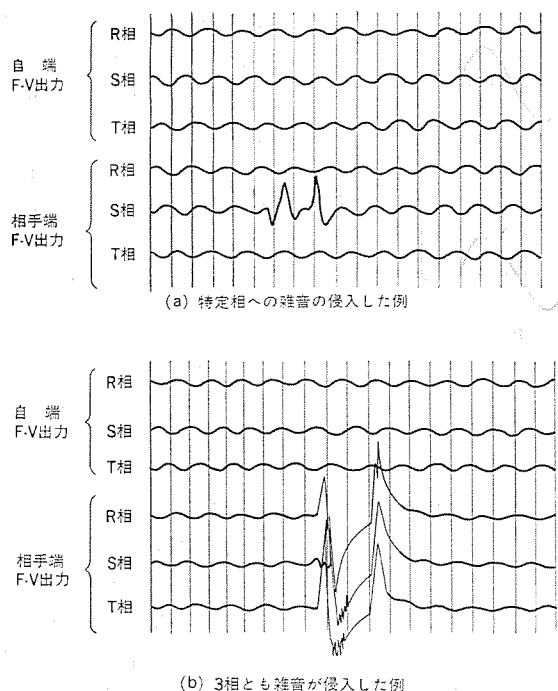


図 11. 実系統における雑音の侵入例

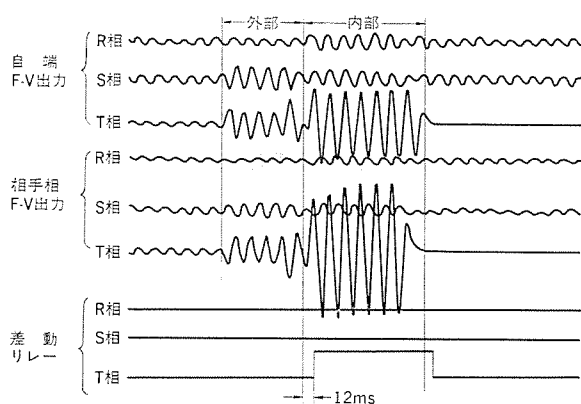


図 12. 実系統故障の応動例 (T相内部故障)

6.2 装置の構成

2端子用1端局のこの装置の外観を図10.に示す。この装置は信号伝送部と差動リレーの判定部とを同一架に収納したもので、従来のキャリアリレー装置で使用されている信号伝送装置が不要になり、マイクロ波搬送端局装置と直接接続して使用できる。3端子構成とするには、信号伝送部を追加することによって対処できる。

7. 試験結果

工場の模擬送電線試験を含む各種試験により、その性能を確認する

とともに実系統における組合せ試験によって、雑音対策の有効性の確認、系統故障時の応動の確認試験を行った。図11.は、実系統試験における雑音の検出例であり、同図(a)は、特定相にだけ雑音が侵入した時の復調波形で、(b)は3相とも雑音が侵入した時の復調波形である。いずれの場合も雑音検出が動作して差動リレーの出力を阻止している。図12.は、実系統の故障による応動例を示したもので、故障が系統の外部事故から内部事故へ移行した時の模様を現している。

更に、通信用電源整流器のAC入力開閉試験、無線機の現用予備切換試験などの急激なレベル変動や、白色雑音重畳試験、導波管に減衰器を挿入するフェーディング試験などの雑音試験を実施し、差動リレーの誤動作に結びつく雑音を確実に検出できることを検証した。

また、しゃ断器や断路器の開閉操作をして、影響のないことが確認できた。

8. む す び

この方式は送電線を差動保護することができるために、大容量送電線及び3端子送電線の保護方式として有利であり、電源端子・非電源端子の区別なく使用できるため運用が簡単で、伝送回線は、従来の位相比較キャリアリレー方式と同じ音声帯域で使用できるので、新規設備を開発する必要がなく、更に信号伝送装置が不要となるなどの特徴がある。また、雑音に対する新しい雑音検出方式を開発し、各種の模擬試験と実用化試験においてその有効性を検証することができた。

末尾に当たり、この装置の開発に種々のご指導とご援助をいただいた中部電力(株)の関係各位、特に実用化試験に種々のご協力をいただいた同社津支店、岐阜支店、長野支店の関係各位に対し、厚く感謝の意を表す次第である。

参 考 文 献

- (1) 三上ほか：500 kV用電流差動キャリアリレーの試作結果，昭和46年電気学会全国大会，No. 963
- (2) 太田，杉山，鈴木ほか：3端子FMキャリアリレーの試作結果，昭和50年電気学会全国大会，No. 1074
- (3) 大坪，杉山，鈴木ほか：FM電流差動リレーの伝送系雑音対策について，昭和51年電気学会全国大会，No. 890
- (4) 三上ほか：500 kV用保護継電装置，三菱電機技報，45，No. 9，(昭46)
- (5) 大坪，杉山，鈴木ほか：FM電流差動リレーの伝送系雑音対策について，昭和51年電気四学会連合大会，No. 52
- (6) 志賀，杉山，鈴木ほか：FMキャリアリレーのフィールドテスト結果，昭和52年電気学会全国大会，No. 1446
- (7) 電気協同研究会：電気協同研究，32，3号(昭51-9)

1. ま え が き

電力用半導体素子の大容量化は、ここ数年来飛躍的な進歩をとげているが、それらの素子を組み込んだ半導体スタックの分野においても、構造、材料、絶縁、冷却技術など多岐にわたって著しい進歩がみられる。

当社で開発した水冷式低圧大電流スタック（FDS 1600 HW シリーズ）は、電流量 1,600 A 級ダイオードエレメントを並列接続した水冷式スタックであり、ピーク繰り返し逆電圧 100 V、定格出力電流（単相半波平均値）2,520 A から 8,200 A までをシリーズ化している。

このスタックは、省エネルギー時代の溶接機として注目されている大容量直流式抵抗溶接機などの低圧大電流装置用として開発されたものであり、次のような特徴を有する。

- （1）従来のセラミックシールパッケージを省略し、ダイオードエレメントを直接水冷フィンで冷却する構造とし、冷却性能の飛躍的な向上を図った。
- （2）冷却フィン内の水冷経路における熱伝達率を高め、水冷フィンの冷却性能を従来のものより大幅に向上させている。
- （3）電流バランスをなくし、エレメントの特性をそろえるだけで十分電流平衡が得られる構造とした。
- （4）外部導体への接続、水冷ホースの接続、保守等が容易に行える構造とした。

以上の中でも特に（1）項のダイオードエレメントを直接スタックに組み込む方式は、半導体表面処理技術の向上とスタックアセンブリ技術の確立によってなし得た画期的なものである。

本稿では、このシリーズの構造上の特徴、性能の改善、定格特性等について報告する。

2. セラミックシールの省略

2.1 ガラスパッシベーション技術の確立

従来、電力用半導体素子は表面安定化処理（パッシベーション）にワニス等の有機性材料を使用していたため、外部ふんい気に対し電気的特性の保持が不完全であり、セラミックシールのような気密性の高い容器に収納することが不可欠となっていた。

しかしながら、最近のパッシベーション技術の進歩により、従来のワニス等に代えてガラス皮膜を pn 接合表面に付着させて表面を安定化させる方法（ガラスパッシベーション）が実用化されるに至り、当社もいち

早く電力用半導体素子に対するガラスパッシベーション技術を確立した。

ガラスはワニス等の有機性物質に比較すると、電気絶縁性、被覆の完全性及び高温に対する安定性に優れており、また量産性にも優れているため理想的なパッシベーション材料と言われている。このような優位性に着目し、当社はガラス材料の研究と独自の付着方法の開発に成功し、これを 1,600 A 級ダイオードエレメントの量産に適用を開始した。

表 1. はガラスパッシベーションを施した素子と従来のワニス塗布した素子を、パッケージに収納することなく外部ふんい気中で高温高湿試験を行ったデータである。このデータが示すようにワニス塗布の素子が 100 時間内に耐圧劣化をおこしてしまうのに比べ、ガラスパッシベーションの素子は全く変化がみられない。外部ふんい気に対するガラスパッシベーションの安定性を実証するデータである。

ガラスパッシベーション技術の確立は、セラミックシールの省略を可能にするための基本的な出発点となった。


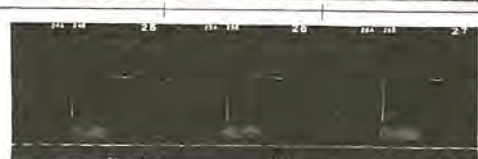
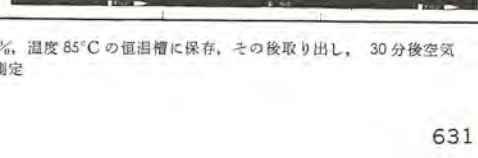

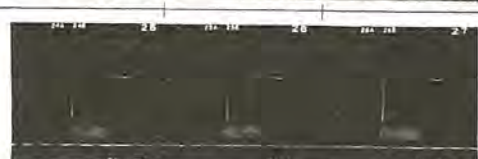
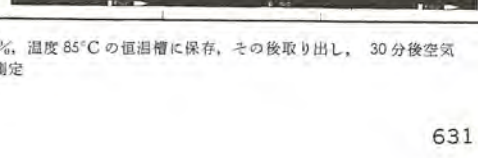
2.2 ダイオードエレメントのスタック組立構造

ダイオードエレメントをセラミックシールパッケージを用いず直接組み込んだスタックを可能とするために重要な問題は、ダイオードエレメントの表面保護の安定性に加えて、陽極陰極間の絶縁距離を使用電圧に対して十分にとることである。ダイオードエレメントの pn 接合表面の沿面距離は、たかだか 2 mm 程度であり、外部のじんあい（塵埃）や金属粉の付着、結露、塩害、その他悪性ガス（SO₂、NO_x）等により沿面の漏れ電流が増加し破壊に至るおそれがある。更に考慮すべき問題は接触電圧降下の変動を抑制するための方策である。すなわち、ダイオードエレメントのオーミック電極面や陽極電極面の金属間接触における酸化、局部的熱圧着等による特性の変化を克服しなければならない。

以上のような問題点を解決したのが次に述べるゴムリングを用いたスタック組立方式である。表 2. は従来のセラミックシールを用いる方式と、これを省略した直接圧接方式について構造の比較を示している。また図 2. はダイオードエレメント及びゴムリングの外形写真である。

表 2. に示した断面図から明らかなように、ゴムリングはダイオードエレメント両側の冷却フィンによって加圧接触されるような形状となっ

表 1. ダイオードエレメント（パッケージなし）の高温高湿試験結果

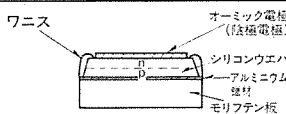
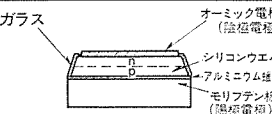
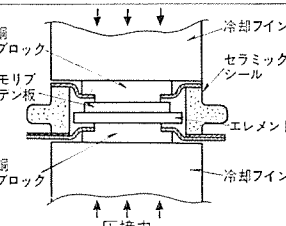
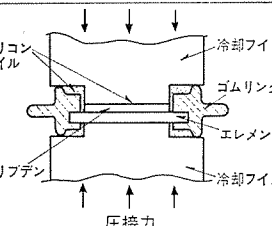
パッシベーションの種類	時間	初期特性	100時間後	1000時間後
ワニス				
ガラス				

条件：湿度 95%、温度 85℃の恒温槽に保存、その後取り出し、30 分後空気にて測定



図 1. 低圧大電流整流スタック FDS 1600 HW 外形

表 2. 従来方式と直接圧接方式の比較

パッケージ方式	従来方式	直接圧接方式
エレメントの構造		
スタックの構造		

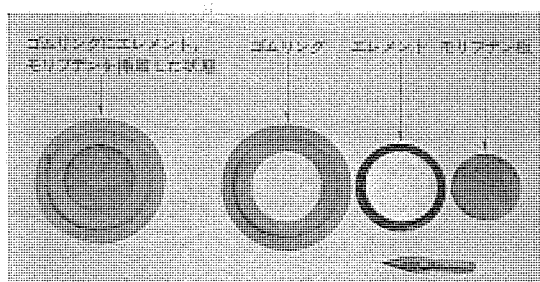


図 2. ダイオードエレメント及びゴムリングの外形

ている。このような加圧接触方式により、エレメントや冷却フィンの接触面が直接外気にさらされることを防止している。更に各接触面にはシリコンオイルを塗布している。ゴムリングによる外気とのシャ断及びシリコンオイル塗布による表面保護効果によって、接触面の酸化が完全に抑制され、接触抵抗の不安定現象を除去することができる。また絶縁距離についても、ゴムリングの形状を適切に設計すれば十分に長くとることができる。

ここで述べたダイオードエレメントを直接スタックに組立てる方式は後の 3.1 節に述べるように冷却性能を大幅に改善するとともに、高価なセラミックシールが不要となりコスト面でも非常に有利になった。

3. 冷却性能の改善とスタック構造の検討

3.1 冷却性能の向上

半導体素子の電流量を高めるためには、素子の発生電力損失を最も有効に散逸させる冷却性能のよい冷却フィンの設計が重要な要素になる。FDS 1600 HW シリーズは、冷却性能を最大限に向上させるため 2.2 節で説明したセラミックパッケージを省略し、更にダイオードエレメントを直接水冷フィンで冷却する方式を採用した結果、次に示す冷却性能の改善が可能になった。

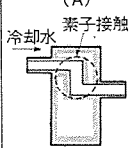
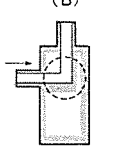
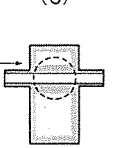
(1) セラミックシールパッケージの有する接触部分が減ることによる接触熱抵抗の減少。

(2) 接合部から冷却水までの熱の伝導距離を短くすることによる伝導熱抵抗の低減。

更に冷却性能を向上し効率よく冷却を行うためには、伝達熱抵抗を低減することが重要である。表 3. は、水冷フィン内水路の形状に対する冷却効率の比率を実験データに基づき表したものである。これより水冷フィン内水路は、冷却水と接する水管壁面の面積を増し冷却水が水管の壁面に衝突する部分を多くしたほうが、冷却にはより有効であることが分かる。

このシリーズには冷却フィンの加工方法も考慮して形状 (A) を採用し、材料は熱伝導率のよい銅を使用した。また、ダイオードエレメント

表 3. 水冷フィン内水路の形状と冷却効率の関係

	(A)	(B)	(C)
冷却水流路の形状			
冷却効率の比	200	150	100
損失水頭の比	150	130	100

との接触面には、2.2 節に述べたようにシリコンオイルが介在しているため、接触抵抗の低減と安定化がなされ、更に各接触面間の熱膨張係数の差に対して接触面で滑動するように熱応力が直接シリコンに影響を及ぼさないように配慮している。

以上の改良によって外形寸法をほぼ同等とする従来水冷フィンと比較して、約 2 倍 (1 素子当たり 2 個の水冷フィンでフィン-水間熱抵抗 $R_{th(f-w)} = 0.03 \text{ } ^\circ\text{C/W}$) に冷却性能を向上することができた。

3.2 電流バランス

このシリーズは 1,600 A 級ダイオードエレメントを 8 個まで並列接続するのであるが、特に電流バランスをつけず、十分電流バランスが図れるように次の対策を行い、電流不平衡率を 15(%) 以内に収めることができた。すなわち

(1) 順電圧降下の温度依存性により生ずるばらつきを小さくするため、冷却水の流路を図 3. のように 2 系路とし各エレメントの冷却効果をほぼ均一になるように配慮した。

(2) 接続導体の抵抗及び接続部の接触抵抗に起因する電流不平衡をなくすため、図 4. に示すようなくし形の端子導体を皿ばねを介して締めつけた。

なお、並列接続する各ダイオードエレメントの順電圧降下のばらつきは、電流値 5,000 A において 60 mV 以下にそろえている。

図 3. は冷却水の流れ方向に対して冷却フィンの熱抵抗がどのように変化するかを示すデータであり、流れにそって熱抵抗が上昇する

理由は、水が冷却フィンを通過すると熱を吸収し、温度上昇していくためである。2 系統の流路を反対向きに水を流すことにより、エレメントからみた合成熱抵抗はほぼ均一になることが分かる。

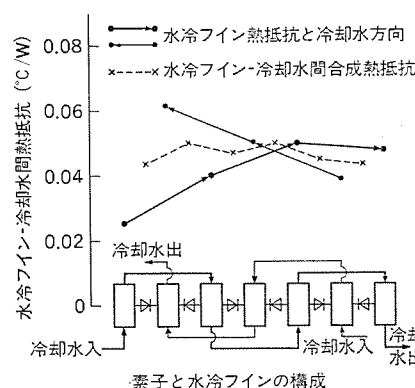


図 3. 冷却水流路と水冷フィン熱抵抗の関係

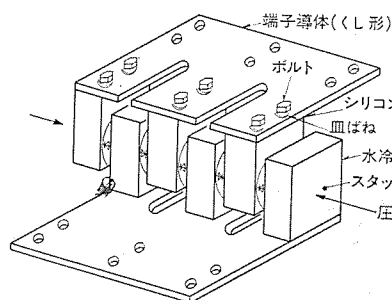


図 4. 端子導体の形状と接続方法

図 4. に示す端子導体は、電流バランス改善の点で効果があるが、次章に示すように、小形軽量化という点でも重要な要素となる。

3.3 端子導体の接続

スタックへ接続する

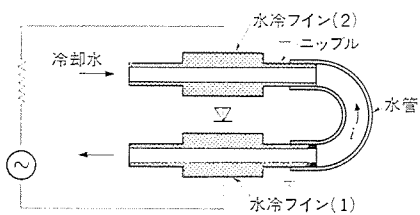


図 5. 電流腐食の発生説明図

この場合、側のニップルが電流腐食により摩耗していく。このため一般には、可とう(撓)性を有するより(燃)線導体を使用しているが、従来大電流スタックの場合には、形状が大きくなりその構造は複雑になっていた。

このシリーズには、図 4. に示すくし形端子導体を採用したが、これは、接続部以外にみぞを入れることにより接続部分に可撓性をもたせ、スタックへの接続を容易にしている。

スタックとくし形端子導体の接続は、接続面にシリコンオイルを塗布し、皿ばねを介したボルトで締付けを行っている。この方法は締付部の接触面に滑動効果を与えるので、圧接方向に対する部品の膨張収縮を吸収できる利点をもっている。また、このシリーズの端子導体接続面は同一平面上に位置するよう調整組立てされているが、多少のずれを生じてくし形端子導体の可撓性により吸収できる。このようにくし形端子導体の採用により、スタックへ無理な力を及ぼすことなく締付力が常に安定している点で信頼性の向上が図られ、しかも接続容易でコンパクトな構造にすることができた。

3. 4 電流腐食に対する配慮

水冷式スタックにおいて電流腐食は、水漏れ事故の原因となるので十分な配慮が必要である。電流腐食の発生機構は図 5. に示すように、電源を投入することによって水冷フィン(1)→冷却水→水冷フィン(2)からなる経路に直流電圧が印加され、冷却水を媒体として漏れ電流が流れて、電解作用によりニップル部が腐食摩耗する現象である。この場合の腐食量はほぼ次式で求められることが知られている。

$$w = q \cdot i \cdot h \cdot k_1 \cdot k_2 \quad (\text{g})$$

w : 腐食量 (g) q : ニップル材の電気化学当量 (g/Ah)

i : 電流値 (A) h : 電圧印加時間 (h)

k_1 : 周波数による係数 (直流で 1.0, 交流商用周波で 0.01, 交流 500 Hz で 0.001)

k_2 : 水あか、酸化膜の生成等の状態による係数 (普通 1)

k_1 の値は実験値より求めた値であり、直流印加の場合、交流の場合に比べて 100 倍の電流腐食が生ずることが分かる。

このシリーズでは、図 3. に示す 2 系路で構成される冷却水流路は、おのおの同電位同志の水管で連結してあるため、電流腐食の問題が生じない。これにより水管は短く、また小形にできるのでスタックをコンパクトにまとめることができる。更に水あかの除去及び保守点検を容易に行えるように、水管とニップルは着脱可能な構造を採用している。

4. 定格特性

このシリーズは、エレメントの並列接続数 8 個までを標準品としている。代表機種定格特性を表 4. に、直流式溶接機用として必要な平均出力電流対使用率の特性カーブを図 6. に掲げる。

電流容量は 8,200 A (単相半波平均値) までとなっているが、更に大電流のものを必要とする場合にはこのシリーズを容量に応じて容易

表 4. 最大定格、特性一覧

最大定格、電気的特性			形名			
項目	記号	単位	FDS1600 H ₂ W-P	FDS1600 H ₄ W-P	FDS1600 H ₆ W-P	FDS1600 H ₈ W-P
ピーク線返し逆電圧	V_{RRM}	V	100			
ピーク非線返し逆電圧	V_{RSM}	V	200			
推奨交流入力電圧	E_a	V	28			
注1) 単相 3 相 6 相 直流出力電流	I_d	A	2,520	4,620	6,510	8,200
			2,260	4,170	5,920	7,510
			1,850	3,420	4,870	6,190
サージ順電流	I_{FSM}	A	20,000 (1 エlement 当たり)			
使用水温度	T_w	°C	0 ~ +50			
保存温度	T_{stg}	°C	-40 ~ +60			
絶縁耐力、絶縁抵抗	—	—	AC 2,000 V 1 分間 500 V メガにて 10 MΩ 以上			
順電圧降下	V_{FM}	V	1.45 ($I_{FM}=5,000$ A, $T_j=150^\circ\text{C}$, 1 エlement 当たり)			
逆電流	I_{RRM}	mA	80 (V_{RRM} 印加, $T_j=150^\circ\text{C}$, 1 エlement 当たり)			
熱抵抗 (接合水間) 注2)	$R_{th(j-w)}$	°C/W	0.075	0.08	0.085	0.09
損失水頭 注3)	—	mmH ₂ O	620	800	950	1,100
重量	—	kg	2.8	4.4	6.0	7.6
素子並列数	—	個	2	4	6	8

注1) 冷却水 (入口) 温度 30°C, 流量 3 l/min, 流路 2 系路, 使用率 100% の条件において 1 アーム (スタック) 当たりの値を示す。

2) 流量 3 l/min, 流路 2 系路の条件における値を示す。

3) 流量 3 l/min, 流路 2 系路の 1 系路当たりの値を示す。

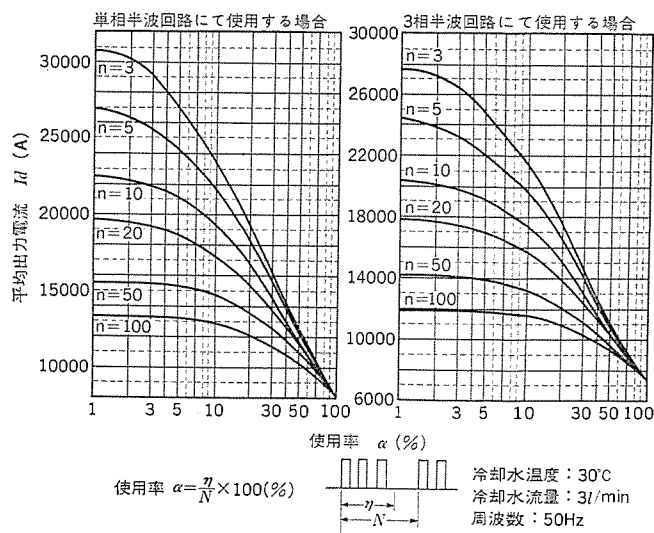


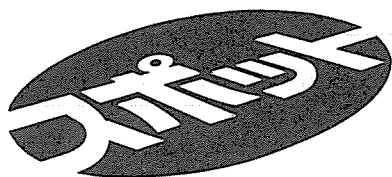
図 6. スタック (1 アーム) 当たりの平均出力電流対使用率特性

に並列接続することが可能である。

5. む す び

セラミックシールの省略によりダイオードエレメントを直接スタックに組み込む方式を開発することがこのシリーズにおける最大のねらいであった。本稿において紹介したエレメントの直接組立方式は、各種の試験と厳しい信頼性試験により、その性能は十分実証された。またこのシリーズの量産化によりコスト低減にも著しい効果をあげることができた。

今後はサイリスタやトライアックについても、この方式の実用化が期待される。

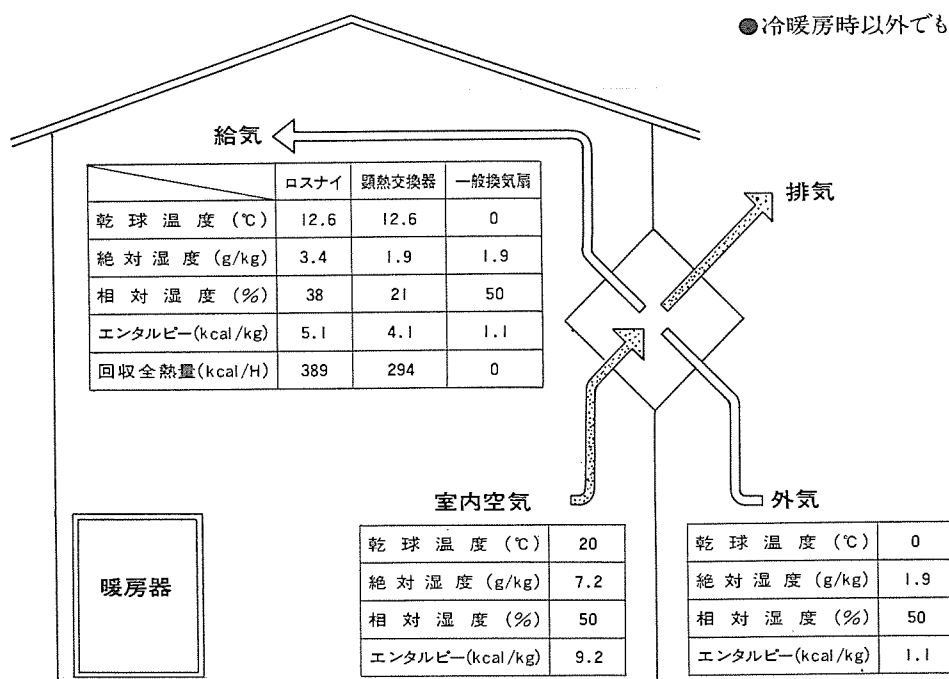


三菱ロスナイ V-1200形

三菱ロスナイは全熱交換方式(温度と湿度の交換)により、新鮮な空気を室内の温度・湿度に近づけて吸気します。熱交換率は約70%で、換気による熱損失が少ないため、その分だけ能力の小さな冷暖房機器を使用できるなど、経済的な空調システムを実現します。

特長

- 冷暖房効果を損わずに換気でき、冷暖房維持費が節約できます。
- 強制同時給排(換気)方式ですから、密閉度の高い室内でも効率の高い換気が行えます。
- 外気を室内温度に近づけて吸気しますから、快適です。
- 遮音特性にも優れ、外部騒音を20デシベル以上減衰できます。
- 冷暖房時以外でも一般換気扇として使用できます。



左図は冬の暖房時の例で、外気を0℃から12.6℃まで上昇させて入って来ますので、換気による不快感(寒気進入)がない上に暖房維持費の節約になります。

夏の場合も同様に暑い外気が冷やされて入って来る上に湿度も減少(減湿)され、その効果は大きくなります。

図1 ロスナイによる換気効果(冬季暖房時)

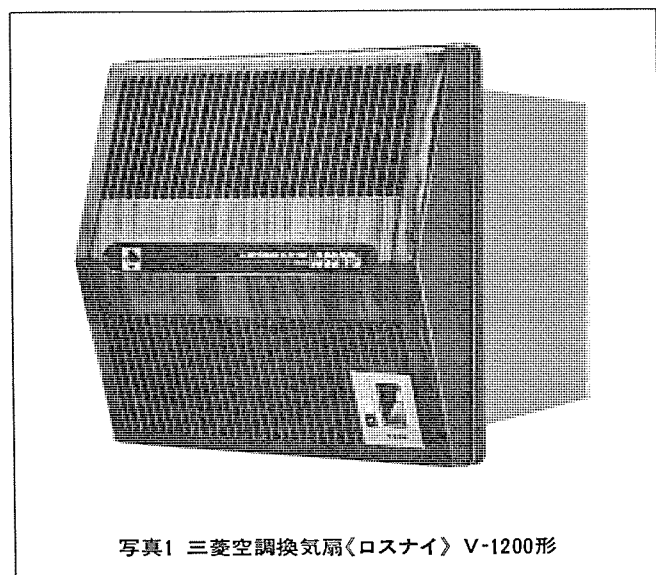


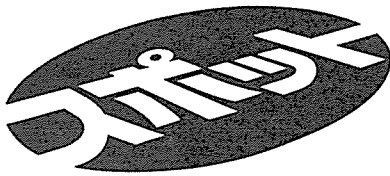
写真1 三菱空調換気扇「ロスナイ」V-1200形

用途

- 住宅、病院、事務所など、空調を必要とするところ。

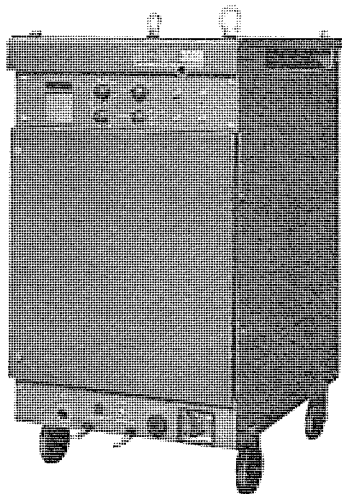
仕様

- 形名……………V-1200形
- 電源……………100V(50/60Hz)
- 消費電力……………41/47W
- ノッチ……………強・弱2段切替
- 風量……………81/96m³/h
- 適用面積……………15~26m²(4.5~8.0畳)
- 適用人数……………3~5人
- 熱交換効率……………63/60%
- 運転音……………42/45ホン
- 重量……………7.5kg
- 取付穴寸法……………30cm×30cm



三菱 TB-H形 汎用TIG溶接機

三菱電機は溶接性能の向上を目的として、優れた制御特性をもつサイリスタおよび独自の回路方式、低周波/パルス制御を採用したTB-H形TIG溶接機を製作しました。



TB-300H形外観

特長

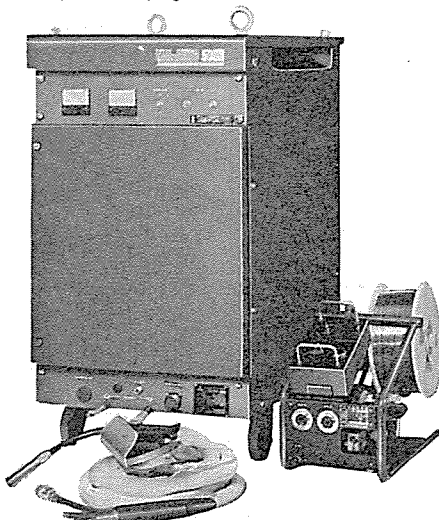
- 低周波パルス制御法により溶接適用範囲を拡大しました。(例、継手精度のラフな溶接物、うす板、熱容量の異なる溶接物など)
- 電源電圧、周囲温度、アーク長などの変化が生じて、フィードバック制御により溶接電流を常に一定に保ちますから、均一な溶接が行えます。
- アークスタートはソフトスタート方式ですから、遅れや瞬時にピーク電流の流れがなくスムーズです。
- 「有」「無」「反復」の三種類のクレータ制御を行いますから、クレータ割れ、仮付、溶落が防止できます。
- 延長ケーブルは最長40mまで使用できます。また、ノイズキラー方式を採用しましたから、他機の高周波雑音に対しても安定した溶接が行えます。
- 保守点検が容易です。

定格仕様

入 力 電 源	3φ 200V 50/60Hz	定格使用率(%)	60
定格入力(kVA)	16	パルス制御ピークベース時間 (秒)	0.1～1 (連続可変)
出力電流 (A)	10～300	外形寸法 (幅×奥行×高さ) (mm)	510×658×1000
定格負荷電圧 (V)	32	重 量 (kg)	165

三菱 SA-H形 半自動溶接機

三菱電機は炭酸ガス溶接法の実用化と溶接性能の向上を目的として、優れた制御特性をもつサイリスタおよび種々の回路方式を採用したSA-H形サイリスタ式半自動溶接機4機種を製作しました。



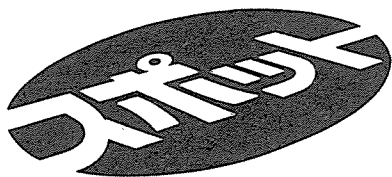
SA-500H形外観

特長

- 低電流域でも安定したアークが得られるCPC方式と波形を改善して安定したアークが得られるWARC方式の組合せにより、突出長の変動や高速溶接時でも安定したアークが持続できます。
- 溶接終了時にワイヤ端の溶滴生成を防止するNWC方式と安定したアーク性能をもつWARC方式を採用して、アークスタートをスムーズにしました。
- 電源電圧の変動や周囲温度の変化が生じて、フィードバック制御により溶接条件を常に一定に保ちますから、均一な溶接が行えます。また、ノイズキラー方式を採用していますから、高周波ノイズなどの外乱が防止でき、設定条件を安定させます。
- 溶接条件の調整ができるよう、正確な一元化制御方式と直読目盛を採用しました。

定格仕様

仕様	総合形名		SA-300H	SA-350H	SA-500H	SA-500HW
入 力 電 源			3 φ 200V 50／60Hz			
定 格 入 力 (kVA)			16	19	35	
出 力 電 流 (A)			60～300	60～350	60～500	
使 用 率 (%)			60			
ワ イ ヤ 送 給 速 度 (m/min)			1.5～15			
外形寸法(幅×奥行×高さ)(mm)			510×660×1000			510×960×1000
重 量 (kg)			170		220	250



三菱 GL形 ロードセンタ

三菱電機はこの程、ノーヒューズしゃ断器を使用した動力主幹盤GL形ロードセンタ(JEM-1265準拠)を開発しました。この装置は受電盤・分岐盤・配電盤用で、従来のコントロールセンタを流用した方法に比べ、配線・据付工事の簡略化、保守の簡素化が図れます。

特長

- しゃ断器はユニットケースに収納し、さらにその前面にユニットフロントパネルを取付けた二重バリヤにして、安全性を高めました。
- 導体のボルト接続部はすべて正面から見えるよう母線の配置構成を単純化しました。

- 1200Aフレーム以下はしゃ断器2列配置、1600Aフレーム以上は1列配置と、ノーヒューズしゃ断器の形状に合わせた箱体にして、コンパクト化を図りました。

- 標準奥行寸法を1300mmにして、広いケーブル処理スペースをとりました。

- しゃ断器ユニットはスケルトンに合わせてシリーズ化し、標準の固定タイプ、オプションの自動連結タイプをそろえています。

- 負荷側端子は丸圧着端子・Cu圧縮端子・Al圧縮端子のいずれでも取付けられます。

- Tr盤・ACB盤・高圧受電盤などの関連製品にも容易に対処できます。

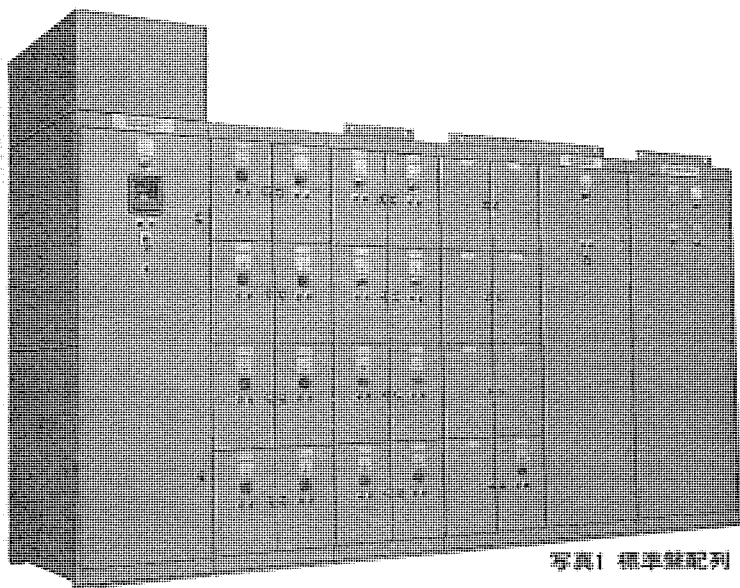


写真1 標準盤配列

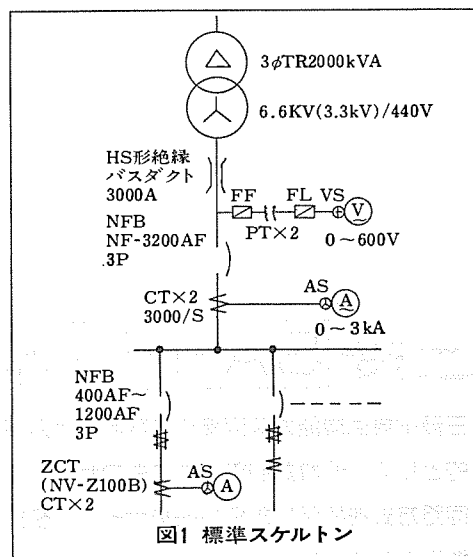


図1 標準スケルトン

分岐ユニット計画表

使用NFB	条件	幅 (mm)			積 段 数			ユニット収納部品				扉 取 付 部 品			
		ツイン	シングル	900	4段	2段	1段	CT 2ヶ	51G	制Tr	PT 2ヶ	AA AS	AV VS	WHM	PL PB
NF-50S	3P 表面形	○			○			○	○	○	×	○	△	×	○
NF-100S	3P 表面形	○			○			○	○	○	×	○	△	×	○
NF-225S	3P 表面形	○			○			○	○	○	×	○	△	×	○
NF-400S	3P 表面形	○			○			○	○	○	×	○	△	×	○
NF-600S	3P 表面形	○			○			○	○	○	×	○	△	×	○
NF-800S	3P 表面形	○				○		○	○	○	×	○	△	○	○
NF-1000S	3P 表面形	○				○		○	○	○	×	○	△	○	○
NF-1200S	3P 表面形	○				○		○	○	○	×	○	△	○	○
NF-1600	3P 表面形		○			○	○	○	○	○	○	○	△	○	○
NF-2000	3P 表面形		○			○	○	○	○	○	○	○	△	○	○

○:取付可能 △:条件付取付可能 ×:取付不可

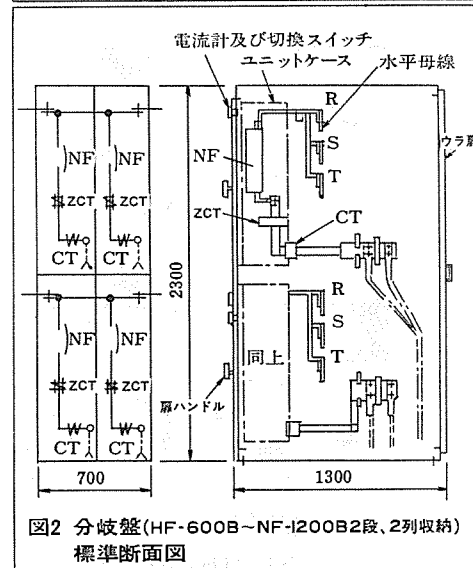


図2 分岐盤(HF-600B~NF-1200B2段、2列収納)標準断面図

当社の登録実用新案

登録番号	名 称	考 案 者	登録番号	名 称	考 案 者
1116273	電子機器	{岡本勝義・野村久幸 黒原章和	1116315	スチームアイロン	{小川 昇・大竹 操 荒木 勲・河村 洋
1116274	多気筒点火装置	市川 和	1116316	石油 ストーブの消火装置	斉藤 勝
1116275	磁気連結装置	菅原悦夫	1116317	振幅制限回路	中田克己
1116276	溶接用 コンジットチューブ	鵜飼 順・平松正毅	1116318	スチームアイロン	{小川 昇・大竹 操 荒木 勲・河村 洋
1116277	コイルのリード線引出装置	滝本良隆	1116319	扇風機	入沢淳三・糸魚川左富
1116278	制御盤	藤田昇三	1116320	内燃機関の排気ガス浄化装置	三木隆雄
1116279	電磁 クラッチ	管原悦夫・西野 広	1116321	電源回路	{岩村清志郎・西谷芳久 三橋康夫
1116280	屋外形配電盤	一木博幸	1116322	内燃機関の排気ガス浄化装置	三木隆雄
1116281	高圧閉鎖形配電盤	水溜和哉	1116323	車輛用 スロットル 固定装置	片山紘二
1116282	回転機の防爆装置	永淵一美	1116324	パンチャー 内蔵形 ストリッパー 装置	{松原彦治・袖野恵嗣 武田明通
1116283	内燃機関点火装置	土井 仁・植谷正徳	1116325	応動装置	元木義明
1116284	回転電機の軸受保護装置	又木真一郎・伊瀬知孝	1116326	自己復旧形電流制限装置	落合温之・原文 吾
1116285	回転式密閉形圧縮機	石黒正己	1116327	フラッシュプレート	渡辺澄男
1116286	密閉形圧縮機	高田 宏・田中 満	1116328	回転電機の回転子	近藤寿一
1116287	電磁粒子式連結装置	植田雅晴	1116329	電気 マッサージャー	川合輝一
1116288	モーションナルフィードバック式スピーカ	赤松昌彦	1116330	リミットスイッチ	{早川隆昭・三田村隆輝 邑神 進
1116289	電動圧縮機の油分離装置	久山貴美雄	1116331	誘導加熱装置の冷却装置	新見明彦
1116290	真空しゃ断装置	岡田武夫	1116332	誘導加熱装置	松尾 茂
1116291	タイムスイッチ	新川成美	1116333	回路の動作表示装置	里見勝康・斎藤善治
1116292	電気車の無加圧 セクション 通過装置	平尾新三	1116334	回路の動作表示装置	里見勝康
1116293	巻線装置	福田文吉	1116335	警報表示装置	片岡猪三郎
1116294	気相成長装置	三木秀二郎・伊藤道弘	1116336	エレベータ 運行表示装置	竹内照男
1116295	電気 マッサージャー	川合輝一・橋本 一	1116337	エレベータ 位置表示装置	舟橋謙三
1116296	線材酸洗装置	政木淑人・神谷中行	1116338	キャンドモートル	森田 清・柴田隆夫
1116297	回転式電気あんま器	川合輝一	1116339	サーキュレータ	中原昭次郎・折目晋啓
1116298	電気あんま器	川合輝一	1116340	電気 カミソリ	丸山 泰
1116299	真空しゃ断器	加藤 勝・橋口年春	1116341	高圧発生回路	大塚洋俣
1116300	エレベータのかご呼び登録装置	{舟橋謙三・丸山祥男 水谷 実	1116342	回転機の軸止め装置	宮路純一・大町安彦
1116301	信号回路開閉表示装置	白土孝彦	1116343	スポットキラー 回路	西谷芳久・三橋康夫
1116302	回転機の線輪	古小路征一	1116344	可動テープガイド 機構	中島 治
1116303	多端子対 サーキュレータ	白 幡 潔	1116345	浴用気泡発生装置の噴気盤	増田三郎・川合輝一
1116304	電気掃除機	長 嶺 元	1116346	電気かみそり	熊田泰治
1116305	サーキュレータ	中原昭次郎・川端俊一郎	1116347	マイクロ 波距離計	中原昭次郎・小畑哲男
1116306	BI 型 フェライトコア	猫塚正道・当金彦宏	1116348	変圧器巻線	魚住幸男
1116307	高周波伝路切替装置	{一ノ瀬友次・上田勝彦 島本知郎	1116349	モールド 機器の位置決め具	吉川邦生
1116308	遠隔指示計測装置	戸田政義	1116350	モールド 機器の位置決め具	吉川邦生
1116309	分割形ワイヤリール	鵜飼 順・平松正毅	1116351	動つりあい試験機	福西正道
1116310	空気調和装置	木ノ内達夫・渡辺 進	1116352	テーププレーヤのチャンネル選択装置	堀内 勝・吉田茂夫
1116311	保護シート	須田良吉	1116353	パルス発生回路	三浦守生・中村 隆
1116312	限流 ヒューズ	{岩崎行夫・太田 忍 秋定三津男	1116354	電気 マッサージャー	川合輝一
1116313	ドレン 排水用接続装置	三浦 隆・大谷泰昭	1116355	浴用気泡発生器	川合輝一・小池利男
1116314	ドレン 排水装置	三浦 隆・大谷泰昭	1116356	浴用気泡発生器	{武井久夫・増田三郎 川合輝一

登録番号	名 称	考 案 者	登録番号	名 称	考 案 者
1116357	トースターの熱盤保護枠	岡 部 勇	1116378	搬送装置	沢 永 寧・早泉紀夫
1116358	誘導加熱用誘導子	新見明彦	1116379	食器洗浄機	新井勝紀
1116359	誘導加熱装置	親見明彦	1116380	気泡発生装置	川合輝一・小池利男
1116360	スロット間歇抜き装置	近藤寛治	1116381	ガス暖房装置	酒井勝正・水野久好
1116361	リード線の保護装置	桜井信捷・藤田喜助	1116382	ヘアードライヤー	川合輝一・小池利男
1116362	テレビジョンカメラ用エスケープ装置	佐伯義行	1116383	低温流体移動送管	佐々木芳男
1116363	プッシング	本 城 守	1116384	放電間隙のトリガー装置	{ 吉 永 淳・桑 原 宏 伊 東 尚
1116364	プッシング	本 城 守・横山栄一	1116385	パネルヒーター	{ 柘 植 恵・牛 越 諒 高 相 泰 幸
1116365	温水器の湯水混合バルブ	{ 赤羽根正夫・宮崎昭信 窪田秀治	1116386	パネルヒーター	{ 柘 植 恵・牛 越 諒 高 相 泰 幸
1116366	水冷式空調和装置	丸 山 忍・佐久間清	1116387	歯車伝達装置	高田省吾
1116367	空調和機	三 浦 隆	1116388	冷却装置	岩崎善彦・浜 宏明
1116368	気泡発生装置	川合輝一・小池利男	1116389	回転体の回定装置	辻村頼光
1116369	ダクトの防火ダンパー	穴戸幸男	1116390	船舶用機関操縦装置	永岡克彦
1116370	電気機器の接続装置	岸田光弘	1116391	冷蔵庫の吸入管塞ぎ装置	内藤 勲・林 八郎
1116371	凝縮ユニット	辻 弘 之	1116392	離水装置付貯水箱	大塚信夫
1116372	気泡発生装置	川合輝一・小池利男	1116393	食器洗浄機	新井勝紀
1116373	リードリレーの動作表示装置	長尾良章・森 欽哉	1116394	船舶用機関操縦装置	永岡克彦
1116374	リードリレー	長尾良章・森 欽哉	1116395	パネルヒーター	桜本広和
1116375	トースターの反射板取り付け装置	岡 部 勇	1116396	パネルヒーター	桜本広和
1116376	自動トースタ	高橋恒夫			
1116377	船舶用操縦装置	栗原倫一			

〈次号予定〉 三菱電機技報 Vol. 51 No. 10 レーダ特集

特集論文

- レーダ技術の動向
- 最近の特殊レーダ技術とその応用
- レーダのハードウェア技術の現況
- 24 GHz 空港面監視用高分解能レーダ
- レーダ技術の民生応用
- 降雨観測レーダ用2周波数共用アンテナ

普通論文

- 《MELCOM》70 シリーズモデル35のハードウェアとオペレーティングシステム
- 気化予熱混合式石油燃焼技術とその応用《クリーンヒーター》
- 石油温風暖房器《クリーンヒーター》の制御
- 大容量発電機主回路用ガスシャ断器の開発
- 三菱オゾン濃度計 OA シリーズ
- 直流機の整流現象理論
- 往復動圧縮機の熱解析
- 直流機の通風冷却解析

三菱電機技報編集委員

委員長	榎本俊弥	常任委員	茶谷三郎
副委員長	浦徳太郎	“	平林庄司
“	後藤正之	委 員	遠藤裕男
常任委員	佐々木二郎	“	村上卓弥
“	荒川信雄	“	神谷友清
“	葛野信一	“	橋爪 基
“	武藤 正	“	吉田太郎
“	奈川敏雄	“	山崎 肇
“	三矢周夫	“	松村長延
“	高橋広光	“	小野勝啓
“	忍足 博	幹 事	本間吉夫
“	武田克己	“	三田村和夫
“	清田 浩	9号特集担当	山本啓一
“	福家 章		

三菱電機技報 51 巻 9 号

(無断転載を禁ず) 昭和52年9月22日 印刷
昭和52年9月25日 発行

編集兼発行人 本 間 吉 夫
印 刷 所 東京都新宿区市谷加賀町1丁目12番地
大日本印刷株式会社
発 行 所 東京都千代田区大手町2丁目6番2号 (〒100)
菱電エンジニアリング株式会社
「三菱電機技報社」Tel. (03) 243 局 1785
発 売 元 東京都千代田区神田錦町3丁目1番地 (〒100)
株式会社 オーム社書店
Tel. (03) 291 局 0811, 振替口座 東京 20018
定 価 1部400円送料別 (年間予約は送料共5,200円)



三菱ビデオプロジェクター LVP-001形



写真1. 対角84インチスクリーン

三菱電機はテレビ画像をもっと大画面で楽しみたいというご要望にお応えして、世界で初めてメニスカスレンズ内蔵方式ブラウン管を採用したビデオプロジェクターLVP-001形を開発しました。この装置は、赤・緑・青の3本の特殊なブラウン管を採用し、その各々の画像をスクリーン上に拡大投写し、それを合成するもので、ブラウン管の実用限界(30インチ程度)を広げると共に、鮮明なカラー画像の大画面を実現しました。この装置はビデオ機器との組み合わせにより、教育用、業務用、ホームシアターなど、幅広い用途に利用できます。



写真2. ビデオプロジェクター LVP-001形

特長

- 有効画面对角84インチの大画面で、迫力、臨場感あふれる画像が楽しめます。
- 画面に明るさを出すため、特殊高能率アルミ膜の球面状スクリーンを採用しました。
- F/0.8の大口径凹面鏡を採用した明るく収差の少ないメニスカスレンズ内蔵反射式ブラウン管です。
- 赤・緑・青の3本のブラウン管を採用して、明るくマスク孔の影のない画面を実現しました。
- 鮮明な画像が得られる電磁フォーカスを採用しました。
- 色ズレのない画面が得られるアクティブコンバーゼンス回路を採用しました。
- 解像度を上げるため、くし形フィルターを用いた高解像度映像回路を採用しました。
- 自然で立体感あふれる画面を写しだすNPC回路(Natural Picture Control)を採用しました。
- チャンネルはタッチ式です。
- 約150Wという、電力消費の少ない設計です。

仕様

スクリーン	有効画面 スクリーンゲイン 外形寸法 重量	対角84" (幅173cm×高130cm) 約10、指向性(垂直±10°、水平±20°) 幅1.8m、高さ2.1m 27kg
本体	使用電源 消費電力 受信チャンネル アンテナ入力 輝度 高圧 解像度 ブラウン管 IC 半導体 スピーカ 音声出力 外形寸法 重量	100V、50/60Hz 約150W VHF1~12ch、UHF13~62ch VHF75Ω、UHF200Ω 35ft-L(スクリーン上) 30kV(500μA時) 水平350本 メニスカスレンズ内蔵反射式 ブラウン管(赤、緑、青3管) 9コ トランジスタ117コ、ダイオード70コ ダイアトーンP-610 3W(無歪) 高さ86cm、幅54cm、奥行70cm 72kg
投写距離		2.5m
最適観視範囲		3.5m以上、中心より±20°