

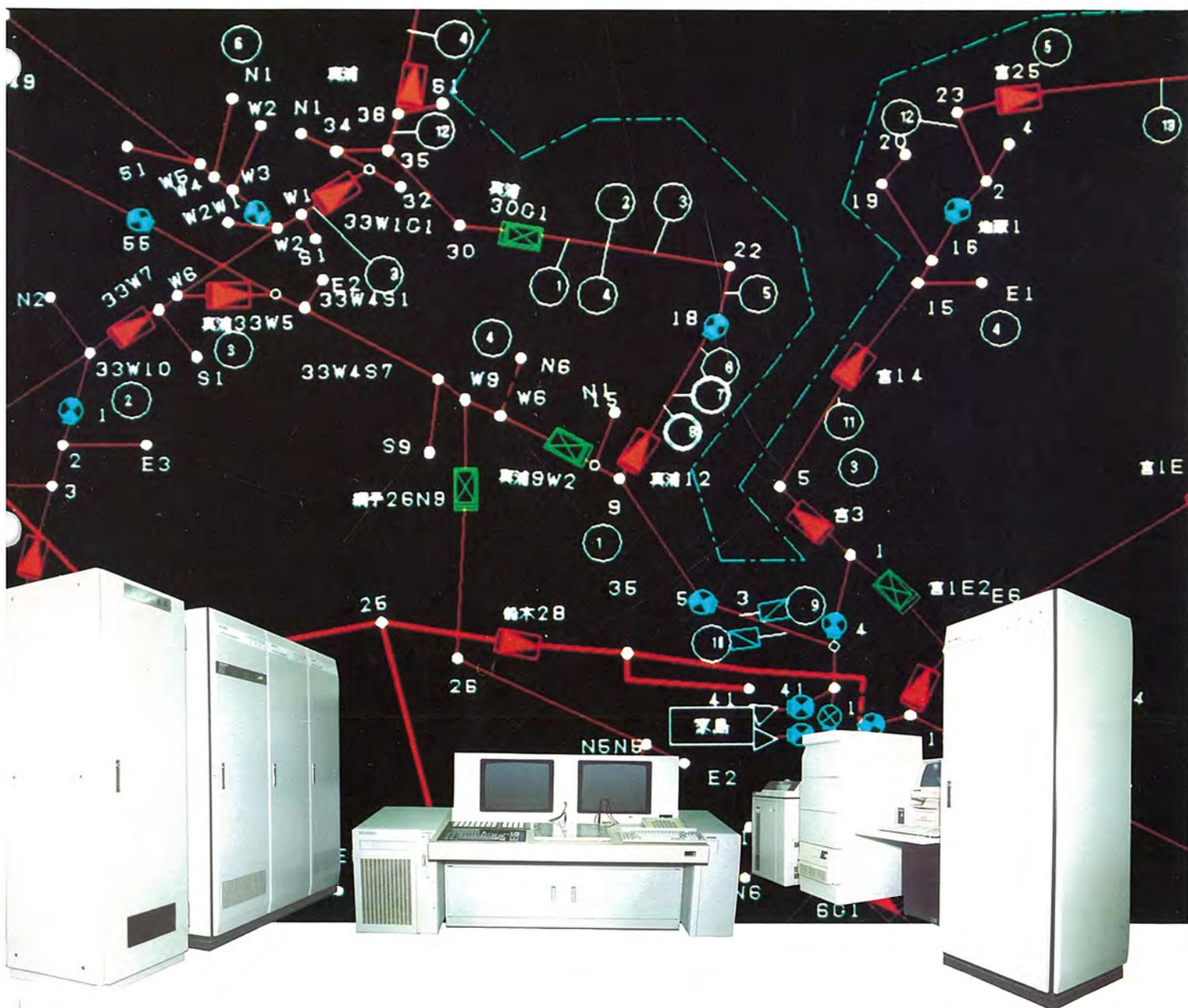
MITSUBISHI

三菱電機技報

MITSUBISHI DENKI GIHO Vol.62 No.3

3
1988

配電技術特集



配電技術特集

目次

特集論文

配電技術特集に寄せて 山田重知	1
配電技術の動向 永井信夫・鈴木健治・前田耕司	2
配電線自動化システム 中山太平・畑田 稔・金田 明・村上輝男・諫早啓司・井上 正	6
開閉器遠隔全自動監視制御システム 不動弘幸・湯川英彦・福井隆行・加賀越寛・野口好朗・松本忠士・内尾敬信・諏沢俊二・ト部敬二	10
光・同軸・ペアケーブル通信を駆使した 遠隔検針などの伝送路多目的利用システム 不動弘幸・深江 登・中谷真佳・吉田勝彦・芦澤友雄・安藤和夫・小山勝行・吉原孝夫・桜井清美	16
架空配電マッピングシステム 名倉庄一・榎本武仁・渡辺 進・池田一成・田中啓資・日比野 学	20
配電設備教育支援システム 太田好彦・市瀬欣二・山西麻雄・岩上克義・田中英二	26
配電用変圧器の技術的変遷と最近の柱上変圧器 藤井二郎・蓑輪 保	30
最近の配電用遮断器、開閉器及び電力ヒューズ 上野 博・植主雅史・中畑 稔・長畑有信・秋定三津男	34
最近の配電用避雷器の技術動向 加来 勲・高橋 進	38
電力需給用複合計器 甲本莞爾・戸田政義・池田 修・村上義昭・馬場光徳	41
最近のビル・工場用受配電設備 三好一男・野村 聡・手島正之・蓑輪 保	45
特高・高圧需要家向け制御保護装置 伊藤 真・大谷則夫・小谷源三郎	49
地中埋設物探査レーダ 佐藤勝重・松浦達吉・野口秀夫・上窪康博・実森彰郎・宇佐美照夫	53
東京電力(株)向け架空配電線事故レーダ 山下隆弘・唐鎌幸雄・佐藤信二・増田直毅・柳沢公人・藤本隆一	57

普通論文

14/11GHz帯IBS用小型地球局アンテナ設備 松澤清貴・中村立美・伊藤富美夫・増田剛徳・杉山隆一・牧野 滋	61
EEPROM内蔵TV用マイコン 高橋直樹・川内功一・山田憲正・中島盛義・境田優二	67
産業用高性能塩化チオニルリチウム電池 須藤尚志・平田郁之	71
マイクロ波放電ランプの発光現象 鈴木 量・斎藤正人・渡部勲二	77

特許と新案

電気機器の貨車積卸し装置、液中溶解ガス抽出装置	85
締付結合体	86

スポットライト

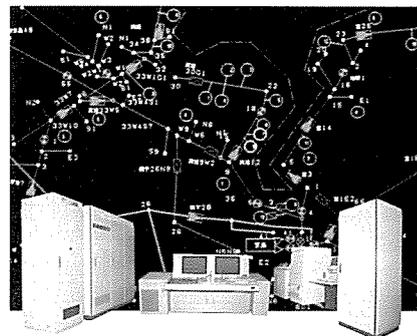
三菱指紋判別機	81
三菱マイクロコンピュータ講習会	82
新形プレアラーム遮断器NF225-SE・NF400-SE	84
三菱中容量CVCF装置MELUPS-8500	(表3)

表紙

配電線区分開閉器プログラム監視制御装置

32ビットのスーパーミニコンピュータを使った配電線の区分開閉器の監視制御を行うもので、供給信頼度の向上を実現している。

表紙は20インチのフルグラフィックCRTの表示画面の一部をバックに計算機システムの一構成例を示したものである。中央下部はオペレーショナルコンソールを示し、系統図表示用のフルグラフィックCRT、スケルトン、帳票、グラフ等表示用のセミグラフィックCRTを配し、左下部手前より営業所テレコン親局、中央演算設置、CRT制御及び計算機入出力装置、磁気テープ架を示し、右下部手前より電源分電盤、システムコンソール、外部補助記憶装置、ラインプリンターを示す。



アブストラクト

配電技術の動向

永井信夫・鈴木健治・前田耕司

三菱電機技報 Vol.62・No.3・P2～5

飛躍的な諸技術の発達により、情報化時代の中で配電分野のシステム、機器は新しい幕開けを迎えようとしている。

生活水準の向上と利便性を志向する社会システムからの要求と、これにこたえ得る公益事業としての電力会社の努力、この状況下における総合電機メーカーとしての立場で両者のインタフェースとしての役割をよく認識し、当社が開発及び製作する各種のシステム及び機器の概要を展望する。

配電設備教育支援システム

太田好彦・市瀬欣二・山西麻雄・岩上克義・田中英二

三菱電機技報 Vol.62・No.3・P26～29

社会の電力依存度が高まる中、電力会社では電力設備運営に携わる要員の教育・訓練に関する諸施策を講じている。業務基本知識の早期習得を目的とし、パソコンとビデオディスクを用いたコンパクトな電力用実務教育システムを開発した。中部電力(株)では、いち早くシステムを導入し、配電部門を対象に実務教材の開発を行っている。

配電線自動化システム

中山太平・畑田 稔・金田 明・村上輝男・諫早啓司・井上 正

三菱電機技報 Vol.62・No.3・P6～9

年々拡大かつ複雑化する配電システムの電力供給信頼度の向上と設備運用の高効率化、省力化を図るために、開閉器を遠隔監視制御する配電線自動化システムを実用化した。このシステムは、時限順送方式とマニュアル制御方式を併用した開閉器制御であるが、将来のプログラム制御方式に対応できる構成にしている。最近、中部電力(株)に納入した通信線搬送方式、配電線搬送方式を用いた配電線自動化システムの概要と新技術について紹介する。

配電用変圧器の技術的変遷と最近の柱上変圧器

藤井二郎・養輪 保

三菱電機技報 Vol.62・No.3・P30～33

最近の配電用柱上変圧器には都市機能の高度化と負荷密度の増大に対応したコンパクト性と高品質化が要求されるようになってきており、これらのニーズに対応するための変圧器技術開発は着実に進められている。

本稿では、配電用変圧器の技術的変遷と最近の配電用柱上変圧器の開発概要について紹介する。

開閉器遠隔全自動監視制御システム

不動弘幸・湯川英彦・福井隆行・加賀越寛・野口好朗・諏沢俊二ほか

三菱電機技報 Vol.62・No.3・P10～15

電力システムの信頼性向上のため、配電系統の開閉器遠隔全自動監視制御システムを構築し、実系統での運用を開始したのでここに報告する。変電所以降の伝送媒体により、同軸方式、配搬方式の2方式を実現したが、グラフィックCRTによる配電系統図表示、画面データの自動認識によるデータの一元化を図ったデータメンテナンス方式等により操作性の向上を図るとともに、事故時の計算機による自動復旧機能により停電時間の短縮に大いに寄与している。

最近の配電用遮断器、開閉器及び電力ヒューズ

上野 博・植主雅史・中畑 稔・長畑有信・秋定三津男

三菱電機技報 Vol.62・No.3・P34～37

高圧配電用機器の技術動向として、6.6kV配電用真空遮断器、配電用ガス絶縁開閉器(配電用T分岐、 π 分岐スイッチ及び地中開閉器、柱上ガス開閉器など)、高圧、特別高圧電力ヒューズなどの技術動向、構成、特長などを最近の製品を例にとり紹介する。

光・同軸・ペアケーブル通信を駆使した遠隔検針などの伝送路多目的利用システム

不動弘幸・深江 登・中谷眞佳・吉田勝彦・小山勝行・吉原孝夫ほか

三菱電機技報 Vol.62・No.3・P16～19

現在は高度情報化社会にあり、各電力会社では検針業務の効率化、負荷動向把握及びお客さまサービスの向上などを目指して広域伝送網の多目的利用に関し、研究開発が積極的に推進されている。本稿では、地域特性に応じた各種の伝送媒体の特性を生かして、伝送信頼度の確認と異種情報の混在及び多数のお客さま用電力設備の監視制御のあり方を検討するために、実験モデルを構築して実験を開始したので紹介する。

最近の配電用避雷器の技術動向

加来 勲・高橋 進

三菱電機技報 Vol.62・No.3・P38～40

配電線路における耐雷施策について、最近の避雷器の技術動向を通して展開したもので、系統の統計から得られた雷害事故の実態、避雷器技術の変遷と、当社の配電用避雷器製品シリーズの紹介を行った。殊に、昭和50年以降急速に実用に供され始めた酸化亜鉛(ZnO)素子を利用した避雷器を中心に、配電機器への避雷器内蔵化、機器への近接設置による電位抑制効果などについて実施例を交えて述べる。

架空配電マッピングシステム

名倉庄一・榎本武仁・渡辺 進・池田一成・田中啓資・日比野 学

三菱電機技報 Vol.62・No.3・P20～25

配電系統は面的な広がりを持ち、その設備は複雑・膨大な数であり、設備の新增設・更新工事には設備図面が不可欠となっている。今回短時間で初期図面登録可能な図面自動読み取り・認識機能を持っている架空配電マッピングシステムを開発した。このシステムは架空配電線路図を計算機に登録し、既存の設備情報管理システムと連動して事業所単位の図面補正業務を機械化するものである。本稿では、このシステムの概要と特長について要点を紹介する。

電力需給用複合計器

甲木莞爾・戸田政義・池田 修・村上義昭・馬場光徳

三菱電機技報 Vol.62・No.3・P41～44

電力取引の目的に使用される電力需給用計器も電気料金制度の多様化の動きの中で、従来の単機能のものから、電子化された多機能、複合化された計器が求められる状況となった。

本稿では、これらの電子化、複合化を代表的な特別精密電力量計、電力需給用複合表示装置、電力需給用複合計器の製品例をもとにその概要と技術の大略について紹介する。

Abstracts

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 62, No. 3, pp. 26 ~ 29 (1988)

Computer-Aided Instruction for Power-Distribution Systems

Yoshihiko Ota, Kinji Ichinose, Asao Yamanishi, Katsuyoshi Iwakami & Eiji Tanaka

Electric-power utilities have found it necessary to develop more effective methods of training operators and other personnel. Mitsubishi Electric has developed a compact system that uses a personal computer and a video-disk player to rapidly introduce trainees to the basic principles of power-system equipment. The Chubu Electric Power Co. has already taken delivery of a system, and educational testing is underway.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 62, No. 3, pp. 2 ~ 5 (1988)

Trends in Power-Distribution Technology

by Nobuo Nagai, Kenji Suzuki & Koji Maeda

With the advent of the Advanced Information Age, many information networks and systems have been introduced to support a variety of social services. This has led to a revolution in power-distribution technology. Electrical manufacturers such as Mitsubishi Electric supply equipment to both utility companies and consumers, giving them a pivotal role in determining future trends. The article examines the role of electrical manufacturers in power distribution, and surveys the current state of Mitsubishi Electric's development and commercial production of many types of distribution systems and equipment.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 62, No. 3, pp. 30 ~ 33 (1988)

Technical Advances in Distribution Transformers and Pole-Mounted Transformers

by Jiro Fujii and Tamotsu Minowa

Pole-mounted transformers installed in central urban areas must be compact and reliable. Space-saving transformers reduce installation costs and help cope with the rapidly increasing sophistication of urban functions and the great increase in load densities.

Mitsubishi Electric is continuously developing new transformer technologies to meet these needs. The article surveys recent technical changes and highlights several products under development.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 62, No. 3, pp. 6 ~ 9 (1988)

Automation of Power-Distribution Systems

by Taihei Nakayama, Minoru Hatada, Akira Kanada, Teruo Murakami, Keiji Isahaya & Tadashi Inoue

The need for greater reliability, efficiency, and reduced manpower in power-distribution systems necessitates greater automation. This system automatically and remotely monitors and controls the state of switches in distribution systems. It allows switch setting to be done manually or automatically based on a time sequence that is locally set. The system allows upgrading as new control programs are developed. The article introduces a system, recently delivered to the Chubu Electric Power Co., that employs both power-line carrier and communication lines.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 62, No. 3, pp. 34 ~ 37 (1988)

Recent Circuit Breakers, Load-Break Switches, and Power Fuses for Power-Distribution Systems

by Hiroshi Ueno, Masashi Uenishi, Minoru Nakahata, Yushin Nagahata & Mitsuo Akisada

The article reports on technical trends in high-voltage distribution apparatus. Product configuration, features, and technologies are surveyed in the areas of vacuum circuit breakers, gas-insulated ring-main switchgear, and high-voltage power fuses. The discussion of gas-insulated ring-main switchgear includes Tee-off switches, switchgear for underground distribution, and pole-mounted gas load-break switches.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 62, No. 3, pp. 10 ~ 15 (1988)

A Fully Automated Remote Control and Monitoring System for Power-Distribution Networks

by Hiroyuki Fudo, Hidehiko Yukawa, Takayuki Fukui, Takehiro Kaga, Yoshiro Noguchi, Tadashi Matsumoto, Takanobu Uchio, Shunji Suzawa & Keiji Urabe

The article reports on the installation and operation of a fully automated system for remote control and monitoring of distribution-line switches. Coaxial-cable and distribution-line carrier systems have been developed from signal-transmission media to improve the power-supply reliability. The power-distribution network is represented on a full-graphic CRT display. The system also employs a full-graphic display-oriented data-maintenance method to reflect changes in the network, greatly simplifying and shortening maintenance.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 62, No. 3, pp. 38 ~ 40 (1988)

Technical Trends in Arresters for Power-Distribution Systems

by Isao Kaku & Susumu Takahashi

Lightning arresters for power-distribution lines were developed after highly effective metal-oxide nonlinear resistor elements were discovered during research on surge arresters. The article surveys changes in arrester technology since 1975, when the new elements first entered service, and introduces the latest Mitsubishi products. The application of built-in arresters for distribution-system equipment, and the surge-limiting effect when the arresters are installed close to the protected equipment, are discussed. The article also carries statistical data on line faults caused by lightning.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 62, No. 3, pp. 16 ~ 19 (1988)

A Multipurpose Communication System Using Fiber-Optic, Coaxial, and Twisted-Pair Cables for Automation of Utility Companies' Communication Networks

by Hiroyuki Fudo, Noboru Fukae, Masayoshi Nakatani, Katsuhiko Yoshida, Tomoo Ashizawa, Kazuo Adachi, Katsuyuki Koyama, Takao Yoshihara & Kiyomi Sakurai

The electric-power utilities are now actively researching wide-area communication networks and are planning to install such networks to automate meter reading, monitor load fluctuations, and improve customer service.

The article introduces an experimental multipurpose communication system designed to implement power-system monitoring and control for multiple customers. The system, which can use fiber-optic, coaxial, and twisted-pair cables, was designed to support multiplex transmission of heterogeneous data types.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 62, No. 3, pp. 41 ~ 44 (1988)

Electronic Multifunction Electricity Meters

by Kanji Katsuki, Masayoshi Toda, Osamu Ikeda, Yoshiaki Murakami & Mitsunori Baba

With the development of more complex electrical tariff systems, improved meters are required to replace the single-function meters conventionally used to measure the power consumption of electricity customers. The article describes multifunction electronic meters designed to provide this greater flexibility. Several products are introduced, including a high-precision watt-hour meter, and a multifunction electricity meter with a multifunction display unit. These meters are intended to meter usage for both the suppliers and consumers of electrical power.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 62, No. 3, pp. 20 ~ 25 (1988)

An Advanced Mapping System for Power-Distribution Systems

by Shoichi Nagura, Takehito Matsumoto, Susumu Watanabe, Kazushige Ikeda, Hiromoto Tanaka & Manabu Hibino

Because power-distribution systems cover large geographical areas and include a vast number of complex facilities, detailed maps must be available to support their expansion and renewal. To provide such capabilities, the Corporation has developed a computer system that rapidly reads in distribution diagrams of overhead power lines, with pattern-recognition abilities for handling map symbols, lines, and characters. The system stores the diagrams in the form of digital data for retrieval and is linked with an information-management system for existing equipment to automate the updating of the maps for each facility. The article introduces the basic concepts and features of the system.

アブストラクト

最近のビル・工場用受配電設備

三好一男・野村 聡・手島正之・袁輪 保

三菱電機技報 Vol.62・No.3・P45～48

最近の受配電設備の技術動向として、受配電設備専用の監視・制御システム、複合電子機器搭載の受配電設備、プロセスプラントにおける補機モータ制御用分散制御、集中監視システム、24/36kV級ガス絶縁開閉装置、オイルレス変圧器などについて、その構成、特長などを最近の製品を例にとり紹介する。

14/11GHz帯IBS用小型地球局アンテナ設備

松澤清貴・中村立美・伊藤富美夫・増田剛徳・杉山隆一・牧野 滋

三菱電機技報 Vol.62・No.3・P61～66

日本においてもインテルサット衛星を利用する国際間のビジネス通信サービス(IBS)が国際電信電話(株)(KDD)により開始された。開発したアンテナは、標準E₂地球局用のKu帯の開口径5.5mのオフセット グレゴリアンアンテナである。東京都大手町に設置され、電波干渉をできるだけ少なくすべく、低サイドローブ化を図っている。更に、高能率化と低価格化のため、主反射鏡を理論パラボラとし、副反射鏡と補助反射鏡によって交差偏波消去を行う鏡面修整技術を開発した。

特高・高圧需要家向け制御保護装置

伊藤 真・大谷則夫・小谷源三郎

三菱電機技報 Vol.62・No.3・P49～52

特高及び高圧需要家の制御保護継電器は主に電磁型が使われてきたが、アナログ、又はデジタルによる静止型の使用の要望も増えてきた。最近の受配電の技術動向としてデジタル化があり、制御、保護、計測の複合機能をマイクロプロセッサを利用して1ユニットに収納することも可能となった。顧客の要望にこたえるデジタル方式静止型製品のシリーズぞろえを行ったので、製品の紹介とともに市場動向及び技術動向を述べる。

EEPROM内蔵TV用マイコン

高橋直樹・川内功一・山田憲正・中島盛義・境田優二

三菱電機技報 Vol.62・No.3・P67～70

電氣的に消去・書込み可能な不揮発性メモリ(EEPROM)1Kビットと画面表示機能とを内蔵したTV用の5V単一電源動作可能なシングルチップCMOS4ビットマイコンM34300N4- $\times\times\times$ SPを開発した。このEEPROMは、TVのチャンネルのチューニングデータを記憶するために用いられるメモリで、フローティングゲート構造である。消去・書込み回数は1万回、記憶保持時間は10年間可能である。

地中埋設物探査レーダ

佐藤勝重・松浦達吉・野口秀夫・上窪康博・実森彰郎・宇佐美照夫

三菱電機技報 Vol.62・No.3・P53～56

配電系統における地中化工事の本格実施に伴い、道路下の各種配管・ケーブルを非破壊的に探査するレーダの早期実現が求められているが、土の電氣的性質から高精度・高分解性のある探査の発展を阻んできた経緯がある。今回、東京電力(株)の研究委託を三菱電機(株)が受け、合成開口レーダ処理技術を用いるとともに、地中の特性を加味した各種フィルタ技術とセンサ回路・機構を工夫し、性能を向上した地中埋設物探査レーダを開発した。ここでは、その技術的概要を述べる。

産業用高性能塩化チオニルリチウム電池

須藤尚志・平田郁之

三菱電機技報 Vol.62・No.3・P71～76

先端技術を応用した電子機器の急速な進展により、小型軽量で、電圧変動の少ない、高エネルギー密度を持つ電池の要求が高まっている。今回、 -55°C の低温から 85°C の高温まで使用でき、保存中の容量低下が1%/年以下、使用中の電圧低下が1%以下と小さく、更にエネルギー密度が 480mWh/g ($1,000\text{mWh/cm}^3$)とマンガン乾電池の約10倍を示し、実用電池で最高の性能を持つ塩化チオニルリチウム電池を商品化したので報告する。

東京電力(株)向け架空配電線事故レーダ

山下隆弘・唐鎌幸雄・佐藤信二・増田直毅・柳沢公人・藤本隆一

三菱電機技報 Vol.62・No.3・P57～60

架空配電系統での停電事故発生時には、広域にまたがって数多く設置されている柱上機器の内から、事故点を迅速に発見する必要がある。今回、時間と労力のかかる柱上探査作業を減らし、地上で事故点を特定する手法を、東京電力(株)と三菱電機(株)が共同で考案した。これは、故障点で放電時に発生する進行波が伝播してくる方向を判定し、事故点を探査するものである。現在、試作器によりフィールドテスト中であるが、探査の大幅な効率化が見込まれており、今後は実用化を進めていく。

マイクロ波放電ランプの発光現象

鈴木 量・齊藤正人・渡部勤二

三菱電機技報 Vol.62・No.3・P77～80

高輝度で高出力の光源であるマイクロ波放電ランプは電極がないため、電極と封入物との反応がなく、発光金属の選択の幅が広いので、新しい用途の可能性を持った光源である。

本稿では発光特性を左右するプラズマの温度分布の測定方法とその測定例を示し、次にこの温度分布から分光分布の推定方法を水銀の共鳴線を例にして示す。さらに、この温度分布の測定方法及び分光分布の推定方法が実用上有効であることを示す。

Abstracts

Mitsubishi Denki Gihō: Vol. 62, No. 3, pp. 61 ~ 66 (1988)

A Small Earth-Station Antenna for the 14/11GHz Band INTELSAT Business Services (IBS) System

by Kiyotaka Matsuzawa, Tatusyoshi Nakamura, Fumio Ito, Masanori Masuda, Ryuichi Sugiyama & Shigeru Makino

Kokusai Denshin Denwa offers IBS to Japanese corporations. Mitsubishi Electric developed the standard E2 earth-station antenna used to provide this service and installed it at the KDD building in Otemachi, Tokyo. The antenna, an offset Gregorian type with a 5.5m aperture, is designed for the Ku band. The antenna design minimizes the side-lobe level to suppress interference. The main reflector is a paraboloid, and the subreflector and auxiliary reflectors employ specially shaped surfaces that cancel out cross-polarization effects.

Mitsubishi Denki Gihō: Vol. 62, No. 3, pp. 67 ~ 70 (1988)

A Microcomputer with an EEPROM for Use in TVs

by Naoki Takahashi, Koichi Kawauchi, Norimasa Yamada, Moriyoshi Nakashima & Yuji Sakaida

The Corporation has developed M34300N4-XXXSP, a four-bit CMOS microcomputer for use in TVs. This microcomputer has display functions and contains a 1kb EEPROM to store channel-tuning data. To achieve non-volatile storage, the EEPROM employs a floating-gate construction. The EEPROM is guaranteed for 10,000 programming operations, and data will be retained in memory for as long as ten years. The entire device operates on a single 5V power supply.

Mitsubishi Denki Gihō: Vol. 62, No. 3, pp. 71 ~ 76 (1988)

Lithium Batteries for Electronic Devices

by Hisashi Sudo & Ikuyuki Hirata

Many advanced electronic products require small, lightweight batteries with a high energy density and minimal voltage drop over the rated battery life. Toyotakasago Dry Battery and Mitsubishi Electric have developed new high-energy lithium thionyl chloride batteries designed to operate at temperatures from $-55 \sim 85^{\circ}\text{C}$. The capacity drop is within 1% per year during storage, and the voltage drop within 1% during use. The energy density is 480mWh/g ($1,000\text{mWh/cm}^3$). This is about ten times the energy density of manganese dioxide batteries, and the highest commercially available.

Mitsubishi Denki Gihō: Vol. 62, No. 3, pp. 77 ~ 80 (1988)

Light-Emitting Phenomena in Microwave-Discharge Lamps

by Ryo Suzuki, Masato Saito & Keiji Watanabe

Since high-luminance, high-intensity microwave-discharge lamps employ no electrodes, consideration of reactions between electrodes and light-emitting additives is unnecessary. This frees designers to use a much wider variety of additives, and such lamps promise to find many new applications. The article reports on methods and results of measuring the plasma temperature distribution within the bulb, a factor that substantially affects the light-output characteristics. Based on the temperature distribution, the resonance-line shapes of mercury were calculated and verified experimentally.

Mitsubishi Denki Gihō: Vol. 62, No. 3, pp. 45 ~ 48 (1988)

Substation Equipment for Large Buildings and Factories

by Kazuo Miyoshi, Satoshi Nomura, Masayuki Teshima & Tamotsu Minowa

Recent power-control equipment for large buildings and factories is characterized by the extensive use of electronic technology. Main substations are generally managed by dedicated supervisory and control systems. Manufacturing plants are now adopting centrally administered systems with functional control of a large number and variety of motors in their process lines. Other advances include 24- and 36kV-class gas-insulated switchgear, and oilless transformers. The article discusses the configuration, features, and other salient aspects of this variety of products.

Mitsubishi Denki Gihō: Vol. 62, No. 3, pp. 49 ~ 52 (1988)

Substation Control and Protection Technology for High- and Medium-Voltage Users

by Makoto Ito, Norio Otani & Genzaburo Kotani

Although electromagnetic devices have long been employed to control and protect the substation equipment of users of both high- and medium-voltage supplies, solid-state devices have recently made significant progress. Solid-state protection combined with digital electronics has made it possible to incorporate the control, protection, and metering functions for substations within a single integrated unit. The article introduces the Mitsubishi line of solid-state digital protection and control products, and surveys market and technical trends.

Mitsubishi Denki Gihō: Vol. 62, No. 3, pp. 53 ~ 56 (1988)

A Radar System for Surveying Buried Pipes and Cables

by Katsushige Sato, Tatsukichi Matsuura, Hideo Noguchi, Yasuhiro Uekubo, Akio Jitsumori & Teruo Usami

With the burying of many power and communication cables and water and gas pipes, a nondestructive method of detecting their presence is essential to prevent functional damage to other utility services. Mitsubishi Electric has been working to develop radar systems that can penetrate several feet of earth and return precise high-resolution images. Under a contract with The Tokyo Electric Power Co., Mitsubishi Electric has developed a synthetic-aperture radar system for underground detection, with newly designed filters and sensor circuits that dramatically boost the system performance. The article reports on the technical features of this system.

Mitsubishi Denki Gihō: Vol. 62, No. 3, pp. 57 ~ 60 (1988)

Remote Fault Location in Overhead Distribution Lines by Means of Electromagnetic-Wave Detection

by Takayuki Yamashita, Yukio Karakama, Shinji Sato, Naoki Masuda, Kimito Yanagisawa & Ryuichi Fujimoto

When electric-power services supplied by overhead distribution lines are interrupted, utility personnel must rapidly check many miles of cable and climb individual power poles to check pole-mounted equipment to locate the fault. Recently, in cooperation with The Tokyo Electric Power Co., Mitsubishi Electric developed a new locating system that detects the direction of the traveling waves radiated by discharge at the fault. A prototype model, currently undergoing field tests, has proven to be a highly effective tool, and plans for commercial production are underway.

配電技術特集に寄せて



(財)電力中央研究所
赤城試験センター所長
工学博士 山田重知

今日、電力エネルギーは経済活動や国民生活のあらゆる面に利用され、必要不可欠なものになっているが、今後、更に高度情報化の進展、都市集中化に伴う都市機能の高度化、ならびに生活様式の多様化などにより、社会の電力エネルギーに対する依存度は益々高まり、2000年時点では、全エネルギーに占める電力エネルギーの割合は43%にも達すると推定され、電力の役割が益々重要となってくる。この中であって、電力流通設備の末端に位置し、需要家に直結している配電系統は電力エネルギー供給の良否の鍵を握る重要設備である。この分野は従来から種々の技術開発が行われ、その時代時代に適応した近代化により、今日では、事故率は大幅に減少し、信頼度も向上し、そのレベルは諸外国に比べても相当に高い水準になっている。しかし、今後の電力依存度の高まりにつれ、供給の信頼性、電圧変動、ならびに高調波など電力の品質に対する社会的要請が、従来にも増して大きくなっていくであろう。現在、配電の分野で話題になっている幾つかの問題について触れてみよう。

(1) 配電電圧の昇圧：高压配電電圧は6.6kVが主体であるが、将来的に6.6kV供給のままでは、技術面、サービス面は固より、経営的にも行き詰まりが懸念され、その抜本的打開策として、昭和40年代中頃から20kV級(22kVと33kVを総称した表現)電圧が導入され、超過密地域における供給力確保、ならびにローカル地区や新規開発地域における供給方式として、順次拡大されてきたが、低压配電電圧は供給電圧そのものが、需要家設備の使用電圧であるため、昇圧には需要家設備の変更に伴う数多くの困難な問題があり、一部を除いては、従来からの100V、および200Vがそのまま使用され、特に一般家庭は100Vが殆どである。しかし、将来の電化生活の進展につれて、大容量機器の利便性から一般家庭でも200V機器が普及することが予想されるので、需要家が200V機器の利用を自

由に選択できるようにしていくことが必要である。この問題は、最近、自民党、資源エネルギー庁、電気事業連合会など政・官・民で取り上げられ検討を行っている課題である。

(2) 配電自動化：配電系統の高信頼度化、設備運用効率化、省力化、ならびに新しいサービスの展開を図るためには、最新技術を用いた実用的な自動化方式の開発・適用が必要である。配電自動化は線路に係わるものと需要家に係るものとの両方の内容を含んでいるが、これら配電自動化は従来から、その時代時代の技術的基盤のもとに、社会的要請と経済性の調和を図りつつ適用が進められてきたが、近年になり電力供給に関する周囲条件の変化とエレクトロニクスを中心とした技術革新により、各種自動化システムの開発が進められているが、今後は、大形計算機、光ファイバーの導入を前提とした業務全般の中で配電自動化を推進する必要がある。

(3) 高調波：最近のエレクトロニクス分野における急速な技術進歩により、半導体応用機器が普及してきたが、これら機器から発生する高調波に起因する障害事例も報告され、今後、この種機器の数と単機容量の増大により、障害も増大することが予想される。電力の品質向上の面から、先見的高調波対策を早急に打ちたてていく必要がある。具体的には、個々の機器からの高調波発生量を適切なレベルに維持、または抑制するとともに、被害機器の影響が最小になるような配電系統の高調波管理基準の設定が必要である。

この他の話題として、配電地中化建設コスト低減技術や新しい配電機材の開発などがある。何れにしても、今回の特集は配電技術の開発の一端を紹介する貴重なものであるが、今後も、引続き配電技術開発を推進されることを切望する。

配電技術の動向

永井信夫*
鈴木健治**
前田耕司**

1. ま え が き

高度情報化と言われる時代に当たり、社会の電気依存度は、都市機能の高度化、多様化などにより、より一層高まっている。工場、事務所から一般家庭に至るまで、多くのエレクトロニクス機器が普及するに及び、電力供給の信頼度向上の要請が強まってきている。

配電系統は電力需要の増大に伴い、巨大化、ふくそう（輻輳）化するのみならず老朽、劣化設備の改良工事も増加する状況にあり、その計画、設計、運用、保守、工事及び維持管理も複雑化の一途をたどっている。このため、これらの業務遂行には多大の時間と労力を必要とし、業務運営管理と人材育成などの適切さ、効率化の必要性及びより一層の環境調和の要請の高まりとなっている。

このような状況の中で、マイクロエレクトロニクス、計算機制御、ワークステーション、エミュレータ、伝送、オーディオビジュアルなどの諸技術の飛躍的な発展から配電自動化システムを始めとし、それぞれの配電関係のシステム、機器が多方面で検討され、その適用が本格化しつつある。

総合電機メーカーとして、保有する諸先端技術を融合した各種システム、装置、機器を開発、製作している立場からみた“配電総合システム”の動向を展望するとともに、このような環境下で当社がどのように取り組もうとしているかについてその一端を紹介する。

2. 配電技術の展望

配電系統は社会に直結した電力流通のななめであり、更には近い将来には信号や情報流通のななめともなる可能性を秘めた“系”であり、特徴として、個としての設備が集まって膨大な数を形成する

とともに面的な広がりを持っている。

配電自動化及び業務管理、人材育成といった側面から技術的な変遷をみると図1に示すとおりとなる。

近年に至り、以下の諸点が“配電総合システム”を大きく実現に向けて動かしており、多方面で活発な検討がなされている状況にある。

2.1 配電総合システムのニーズ

- (1) 計算機に代表されるエレクトロニクス製品の普及、エレベーター、全電化マンションの増加などにみる電力需要の質的变化、生活の中における電力依存度の増大、これらによる供給信頼度向上に対する強い要請。
- (2) 需要増に伴う配電系統、設備の複雑化、多様化及び設備変更、系統変更など、更には需要家停電を極力少なくするための綿密な作業停止計画などの増加による計画、運用保守、管理業務の増大と複雑化。
- (3) 工事等の場合の地中埋設物の簡便で正確な識別手段の要請。
- (4) 万一の事故発生時の緊急的な事故復旧のための簡便で正確な事故点レーダの要請。
- (5) 環境調和要請の増大による機器のコンパクト化、複合化などの要請。
- (6) 電力設備運営に携わる要員の教育訓練及び転任者、新卒者に対する適切で充実した人材育成の要請増加。
- (7) 都市の高層住宅化並びに過疎、多雪地域及び不在需要家の増加に対する検針能率の改善、季節別時間帯別料金制度導入に伴うお客様サービス向上の追求の高まりと、通信事業自由化時期の符合による伝送網の多目的応用推進。

これらの諸ニーズが当社の先端技術（シーズ）と結合して、各電

昭和	40年代	50年代	60年代
配電総合システム (配電自動化システムを中心にみて)	配電線ローカル制御 (時限順送)	個別遠方監視制御	制御計算機による自動遠方監視制御
		自動検針、負荷集中制御・管理情報収集	配電総合システム 配電情報処理システム (マッピング) 教育支援
関連技術	単機能	記録・監視	大規模化(制御・多重化)
	ワイヤードロジック	ミニコン(16ビット) タイプライタ	スーパーミニコン(16ビット) CRT
	専用線による回線交換		総合自動化・AI・CAE
	長短符号アナログテレメータ	等長符号サイクリック デジタルテレメータ	メガミニコン(32ビット) 光学読み取り・音声入出力
通信・伝送		波長多重	大容量光伝送 帯域圧縮
光伝送		20dB/km	1dB/km
半導体	トランジスタ	IC	LSI
	メモリ容量	1K 4K	16K 64K 256K
			1M 4M

図1. 配電総合システム関連技術の歩み

力会社との共同開発で実用機として種々開花しており、その一端をこの特集号でも紹介している。

2.2 配電自動化システムの動向

2.2.1 動向

現在検討されている自動化システムの概念は①線路用開閉器の監視制御(マニュアル制御/プログラム制御に分類される)、②負荷集中監視制御、③自動検針、④管理情報の収集である。

の中で、最も多く検討され、かつ具体化されているのは線路用開閉器の監視制御である。

(1) 線路用開閉器制御システムは、配電用変電所に設置されている再閉路機能と組み合わせて、時限順送装置と自動開閉器で配電線の事故区間の切離しと電源側の健全区間への送電を自動的に行わせるシステムとして、昭和20年代後半から採用され、現在の各電力会社の採用状況は表1に示すとおりである。

上記システムをベースとし、各線路用開閉器を遠方監視制御が行い得るように子局を設置して、営業所との間で所要信号を送受信する。事故区間が切り離された後、負荷側の停電健全区間の送電を営業所設置装置の指令で復旧するシステムで、昭和40年代から各社で開発が行われており、実施状況は表2に示すとおりである。

遠方監視制御を行うための伝送媒体としては、配電線自体を使う配電線搬送方式(代表例として、大地帰路方式、線間注入方式があり、当社は両方式の技術を保有している)、ペアケーブル、同軸ケーブル、光ファイバケーブルが候補に上げられ検討が進められている。線路用開閉器制御の網構造は、いずれも配電系統及び機器の物理的配置と制御性から樹枝状網が用いられており、近年この網媒体の特徴からくる地域特性等による使い分け及び複数機能信号の媒体共用化の検討が盛んに行われている。各種の伝送媒体の一般的な特徴を表3に、網構造の代表例を表4に示す。

さらに、事故区間、事故種別、事故相を特定化して、事故区間及び停電した健全区間の復旧を早めようとする動きも盛んで、子局に保護機能等を付加する検討が各方面で進められている。これの電圧、電流(PD, CT)導入部の究極は“光センサ”とみなされているが、配電系統自体が非接地系で1線地絡時の3I₀は微少であるため、センサの検出感度、精度に大きな課題を

持っている。

当社でも精力的に検討を進めており、考え方の一端を図2、図3に示す。

2.2.2 配電自動化システム拡張機能

伝送系とセンサ系が充実してくると、設備稼働状況を所要地点で

表1. 時限順送装置の施設状況

会社名		A	B	C	D	E	F	G	H	I	合計
項目	適用回線数 (A)	1,497	3,052	10,118	5,275	1,200	9,370	1,744	937	2,790	35,983
	全回線数 (B)	1,584	4,031	13,426	5,714	1,263	9,576	1,843	1,328	2,845	41,610
線	適用回線率 (A/B)×100	94.5	75.7	75.4	92.3	95.0	97.9	94.6	70.6	98.1	86.5
	全個数 (C)	8,254	8,207	25,519	16,149	4,152	21,193	11,996	3,060	32,987	131,517
個	1回線当たり個数 (C/A)	5.5	2.7	2.5	3.1	3.5	2.3	6.9	3.3	11.8	3.6

注 (1) 電力技術基盤強化懇談会資料 (昭和61年3月末現在)

(2) 特別高圧配電線を除く

表2. 線路開閉装置監視制御の実施状況

会社名	A	B	C	D	E	F	G	H	I
項目	実用化	実用試験	実用試験	実用化及び実用試験	実用化及び実用試験	研究	実用化	実用化	実用化
段階	実用化	実用試験	実用試験	実用化及び実用試験	実用化及び実用試験	研究	実用化	実用化	実用化
制御方式	手動制御	手動制御	手動制御及び計算機制御	手動制御	手動制御	計算機制御	手動制御	手動制御一部シーケンス制御	手動制御及び計算機制御
運転(研究)開始時期(昭和)	52年	51年	56年	59年	41年	58年	52年	43年	45年
(信号伝送路)信号方式	(通信線)周波数選択方式 〔配電専用線 大地帰路 低周波 パルスコード方式〕	—	—	(通信線)搬送パルスコード方式 〔配電線 大地帰路 高周波 パルスコード方式〕	(通信線)直流信号方式 〔配電線 大地帰路 高周波 パルスコード方式〕	(通信線)搬送パルスコード方式 〔配電線 大地帰路 高周波 パルスコード方式〕	(通信線)信号方式 〔配電線 大地帰路 低周波 パルスコード方式〕	(通信線)周波数選択方式及び直流パルスコード方式 —	(通信線)搬送パルスコード方式 〔配電線 金属回路 音声周波 パルスコード方式〕
適用回線数(回線)	220	31	174	67	24	3	771	351	1,147
適用開閉器(個数)	1,260	166	615 (地中用54個含む)	186	118	8	4,178	1,570	13,440

注 電力技術基盤強化懇談会資料 (昭和61年3月末現在)

表3. 伝送媒体の特徴比較

	ペアケーブル	同軸ケーブル	光ファイバケーブル
周波数帯域	0.3~数 MHz	~数百 MHz	~数 GHz
伝送速度	~1.5Mbps	2~400Mbps	100Mbps~4Gbps
伝送損失	10~50dB/km	20~40dB/km	0.2~1dB/km
無中継距離	数km程度	ベースバンド: 2.5 km以下 RF: 数百m以下	100 km程度
伝送品質	誘導雷の影響、漏話有り	誘導雷の影響あり 流合雑音がある	電氣的誘導障害小
適合網	スター形又はバス形	ツリー形	スター形又はループ形
適合情報データ 音声 静止画 動画	○ ○ ○ 限界有り	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○
信頼性	耐雑音性劣る。誤り率: 10 ⁻⁵ ~10 ⁻⁴ スター: 伝送路を端末が専有するため伝送路障害の影響範囲が狭い。 バス: 伝送路を共有するため影響範囲が大きい	耐雑音性劣る。誤り率: 10 ⁻⁸ ~10 ⁻³ トリー: 伝送路を端末が共有するため伝送路障害の影響範囲が大きい	耐雑音性良、誤り率: 10 ⁻¹⁰ ~10 ⁻⁷ スター/ループ: 伝送路を端末が専有するため伝送路障害の影響範囲が狭い
保守性	ケーブル中継のみで保守単純	中継アンプ、分岐路の保守が必要	ケーブルの端末処理が困難
その他の特徴	分岐が容易、一般には中継不要	中継間隔は短いが分岐分配が容易、中継器への電源供給が必要	分岐ロス大、分岐が不自由、今後の価格低下、光ファイバ等の進歩の期待可
適合地域	都市部(過密) 分岐線	都市部(過密) 幹線、サブ幹線	都市部 長距離幹線、サブ幹線

表4. ネットワーク構成の特徴比較

	スター形	ループ形	ツリー形
概念構成図			
方式概要	センターと各端末がケーブルにより放射状に接続され、すべての通信制御はセンター側にある。	リング状の伝送路にノードが接続されており、通信制御は各ノードが受け持つ。	センターと端末が他の端末に対して一部伝送路を共有し、すべての通信制御はセンター側にある。
長所	ノードの障害は他のノードには影響を与えない。	信号は一方回り、長距離伝送可能、伝送路総延長は一般にスター形より短い。	装置相互間で一部伝送路を共用、分岐に対する自由度が高い。
短所	配線が共用でない。拡張は中央装置の容量で決まる。小規模の場合、中央装置のコスト比重が大きい(コスト高)。	各ノードが再生機能を持ち、複雑高価になりやすい。	分岐点が多くなり光には不向き。
信頼性	中央装置故障: 全系の通信不能、二重化などの対応必要 端末装置故障: 故障端末装置のみ通信不可 伝送路故障(断線): 断線点以遠が通信不可	全系通信不能 ループバック方式等の対応必要	全系通信不能、二重化などの対応必要 故障端末装置のみ通信不可 断線点以遠が通信不可
その他	分岐点がないため光に適している。電話網に使用されている。	光に適している。	CATV網に使用されている。

No.	方式	系統電流	磁界変換	電流変換	電圧変換	光センサ	回路
1	ギャップ付きコア 磁界センサ	○	○			⊗	⊗
2	磁界センサ	○	○				⊗
3	巻線付きコア 電圧センサ	○	○	○	○		⊗
4	ギャップ付きコア 磁界センサ	○	○				○
5	巻線付きコア 電圧センサ	○	○	○	○		○
6	巻線付きコア 電圧センサ	○	○	○	○		○
7	三次巻線付きコア 電圧センサ	○	○	○	○		○
8	ギャップ付きZCT 磁界センサ	○	○				○
9	磁界センサ	○	○				○
10	巻線付きZCT 電圧センサ	○	○	○	○		○

注 ⊗: 代数和をとることを示す。

図2. 零相電流導出モデル

常時把握し、系統の時定数を配慮した需給条件に合った配電系統の最適制御化が具体化しやすくなっていく。このため以下の各項の検討はより一層盛んになるものと思われる。

(1) 負荷管理技術

大電力家電品の普及による深夜、深深夜電力負荷、需給調整契約負荷、蓄熱槽などの貯蔵用負荷、太陽光発電等の自然エネルギー電源を合理的に監視制御する負荷平準化(ピークシフト、ボトムアップ)技術。

(2) 配電系統の経済運用技術

No.	方式	系統電圧	電界変換	分圧	光センサ	回路
1	分圧 電圧センサ	○		○	⊗	⊗
2	電界センサ	○	○			⊗
3	分圧 電圧センサ	○		○		○
4	電界センサ	○	○			○
5	分圧 電圧センサ	○		○		○
6	電界センサ	○	○			○

注 ⊗: 代数和をとることを示す。

図3. 零相電圧導出モデル

回線間の負荷バランス、配電損失最小化、 $V-Q$ (電圧-無効電力)制御などによる電力供給コスト最少となる最適経済運用技術。

(3) 設備利用管理技術

配電系統の最適パラメータを用い、系統監視と負荷予測から、負荷融通と負荷制御を行い、変圧器容量、回線容量を効率的に活用する技術。

(4) 設備投資管理技術

高低圧配電線、変圧器などから最適パラメータを用いて計測し、データの適性管理から

設備の稼働状況を知り、効率的、合理的な設備増強、投資を行う管理用技術。

(5) 遠隔計測、遠隔計量の高度化技術

セキュリティを含めた電力供給を信頼度高く維持するための系統諸値(例えば、電圧値、変動幅、高調波など)の監視、負荷体系、需要家ニーズに基づいた多重料金体系などの検針業務の高度化対応技術。

(6) 事故未然防止(劣化予知)技術

配電系統及び機器の最適パラメータから収集した情報を解析、駆使して、前駆現象段階で対応処置を行う事故未然防止技術。

2.3 配電総合システムの課題

社会経済の発展、生活水準の向上とともに、安定成長下といえども電力需要は着実に増え続けるものと思われる。この結果、配電系統は量的にも質的にも変革が要請され、系統自体の不測の出来事に対する体質の強化及び前駆現象、事故、事故後の各段階に関するきめの細かい需要家の立場に立った監視制御の導入が図られ、更には業

務、運営管理、人材育成面などにわたった配電総合システムの高度化、多様化が進むものと思われる。

このような背景のもとに、今後の課題として、メーカーの立場から以下の諸項目を考えている。

(1) 多目的総合自動化システムを目指して

システム構成として1事業所での機能集中処理又は情報集中によるセキュリティが配慮され危険分散が図られ、優先割り込み処理付きの柔軟な伝送処理時間割当機能等が導入されたり、線路用開閉器監視制御用伝送網を主体とした樹枝状網と双方向お客様サービス網を主体としたスター状網との経済的接続のとれる構成としたりする検討、負荷制御、管理情報収集などの“電力ユースシステム”を総合化する検討が必要になってくると思われる。

お客様サービスとしてメッセージ、音声、画像などに関する諸情報及びホームオートメーション、ホームセキュリティなどとの接続を含む“通信ユースシステム”の検討も必要になってくると思われる。

最終の姿は“電力ユースと通信ユースシステム”が信頼性と経済性の観点から十分な検討が加えられ、機能が統合化されたシステムになると判断される。

(2) システムの導入効果と投資コストの評価手法の確立を目指して

配電自動化システムを例にとれば、その時代の社会的要請から定まる配電システムの信頼度レベルは電力供給コストと自動化コストのバランスの関数であり、トレードオフポイントからメーカー側の課題が展開されてくる。このとき、自動化コストとは自動化システムの設備又はデータの多目的応用度及び技術進歩による投資コストの低減を総合的にみた導入コストを意味し、供給コストとはシステム導入による設備利用率、系統及び機器の更新時期延滞度、供給信頼度の向上度、省力化などの効果を考慮したコストを意味している。

このため、トレードオフポイントに対する評価手法をユーザーと一体となって探究していく所存である。

一方、社会生活面から電力供給形態をみたときの課題は、以下のようになってくると想定できる。

(1) 使い勝手の良い電気の供給

高度情報化社会は、とりもおさず高学歴化、高齢化社会であり、安価でセキュリティが配慮され、安全で使い勝手の良い電気エネルギーが求められ、負荷機器により要望される電気の品質と料金の格差付与、及び現状設備による対応手段の可能性の検討が行われると思われる。

(2) 環境調和と昇圧

社会環境をも含めた生活水準の向上が、電力線、通信線、機器、電柱を含めた一層の環境調和と需要増への対応策から20kV級、200V級配電がより強く要請され、省資源、省エネルギー的設備集約手段による具体化、及び地中化の検討が行われると思われる。

(3) ローカル発電、貯蔵

自然エネルギーを利用したローカル発電と負荷機器、配電システムへの連けいの在り方も検討が行われると思われる。

当社は総合電機メーカーとして、これらの動きに即応して、新しく要求される機能を満足する“配電総合システム”及び機器を今後も積極的に研究開発していく所存である。

3. 配電総合システム、機器に対する当社の基本的考え方

配電総合システム、機器は、その時代の社会、経済、技術動向に

調和し、かつ信頼性、運用保守性などで現状における最高品質であることが肝要である。

この認識のもとに、これらの製品を実現するためには、計画、設計、運用保守、工事及び諸設備管理などの配電系統にかかわるのみならず、創造性発揮、能力開発への期待などの人間性にかかわる面にも留意して研究開発、製作を進めてきている。

また、社会的要請としてますます強まる供給信頼度及び電気の質の向上に対するメーカーとしての心構えを“技術の究極の目的である信頼性、経済性の不断の追求”において、一層の努力を重ねている。ここでは、基本的な考え方的一端として信頼性、運用保守面を記述する。

3.1 高信頼性の確保

システムや機器の故障による電力流通や信号、情報流通の阻害は、需要家の停電、信号、情報の途絶に直結し、社会的影響のみならず経済的影響も大きなものとなる。このため、広範囲の技術が必要とするこれらの品質レベルは最高のものであると同時に合理的である必要がある。この観点から、品質の作り込みの原点を開発、設計の段階におき、経験的、科学的手法による信頼性評価と検証を徹底的に行っている。

生産段階においては、製品構成を部品、ユニット、パッケージ、システムに階層化し、各階層ごとに合理的、最適な品質管理を行う生産階層別品質管理及び徹底した環境評価手法を導入し、高信頼性維持を図っている。さらに、万一のフィールド障害に対しては間断のない迅速なサービス体制の確立と製品へのフィードバックの徹底を図っている。

3.2 運用、保守容易性の追求

特に配電機器は膨大な数を対象とするため、信頼性維持のために装置が複雑化し、手間や作業性が増加することは是非とも避けるべきである。具体的には、保守、点検部分を必要最小限度とし、その手数を減らすため構造、材質などの選定に留意することにより、一層の長寿命化を図っている。また、自動点検や計算機などによる情報処理、見やすいディスプレイなどを適用して運転員の負担を減らすようにしている。

む す び

“配電総合システム”機器は、それぞれに検討、開発、製品化等々具体化の動きが盛んになっている。本来、これは新規設備投資や先端技術利用が社会システムの要求に合致することが重要であり、その必要性、システムや機器導入のための投資とその効果、技術レベルなどについて十分な検討があり、システムや機器の在り方、適用方法などの見極めなど踏むべきステップを、これからもユーザーとともに着実に実践していく所存である。

より普遍的なニーズと総合電機メーカーとしての最先端のシーズとの調和のとれた融合をねらいに、ますます配電総合システム、機器の開発、製作にまい進していくつもりである。

参 考 文 献

- (1) 配電自動化方式、電協研第36巻5号(昭55)
- (2) 配電技術の近代化と課題、OHM(昭63)
- (3) 成田：電力事業の技術革新、日刊工業新聞社(昭61)
- (4) 東松：配電系統、電気書院(昭59)

配電線自動化システム

中山太平* 村上輝男**
 畑田 稔** 諫早啓司**
 金田 明** 井上 正**

1. ま え が き

情報化社会の到来とともに社会構造の高度化が進むにつれて、電力利用の質的变化や日常生活における電力依存度が拡大し、社会的使命として、高品質、高信頼度の電力供給が一層要請されるようになってきた。この社会的要請にこたえるためにお客様に密着し、面的に広がった膨大かつ複雑な配電システムを高効率で運用し、供給信頼度の向上と業務の省力化を図る配電線自動化システムの導入が必要となってきた。

一方、配電線自動化システムの実用化については、厳しい環境下に適用される高信頼度子局の開発と高速信号伝送システムの構築を進めてきたが、エレクトロニクスを初めとする先端技術の急速な進歩により実現が可能となってきた。このような背景のもとに、当社は通信線搬送方式と配電線搬送大地帰路方式の2方式を用いたマニュアル制御方式の第1段階システムを開発し、昭和60年度、61年度に中部電力(株)の6営業所に7システムを納入した。

以下、このシステムの概要と新技術について述べる。

2. システム概要

2.1 システム構成

配電線自動化システムの全体構成を図1に示す。このシステムは営業所から開閉器を遠隔監視制御するもので、営業所に設置する親局装置(親局)と開閉器を監視・制御する子局制御装置(子局)を信号伝送系で結合し、伝送路の形態により通信線搬送方式と、配電線搬送方式の2方式で構成している。システムの構築に当たっては、(1)最終形態と考えられる配電総合システムが完成するまで、他の関連システムとの独立性の確保。(2)操作性の向上。(3)フェイルセーフ方式の強化などに留意し、発変電所60箇所、発

変電所当たり3バンク24フィード、フィード当たりの開閉器数21台をシステム最大取込み数としている。これら膨大な数の設備を監視制御するために運用上問題となる監視・制御の応答性については、経済性を考慮し、バスとスターの最適併用方式を用いた伝送網を構築し、子局アドレスの短縮化、可変長データ伝送方式などによる伝送効率の向上を行い、高速化を図っている。

2.2 システム機能

このシステムは、事故復旧操作の迅速・確実化、開閉器現地操作の確実化、省力化を図るために、マイクロプロセッサをベースとしたデジタル処理方式を採用し、営業所親局・子局間の機能分担の適性化と高機能化を図っている。このシステムの代表的なシステム機能を表1に示す。

監視方式は、系統状態及びシステム全体を一定周期ごとに連続的に監視する自動監視と、リクエスト監視の2方式を採用し、監視データの高効率伝送により、監視対象を高速で状態検出できるようにしている。一方、制御・設定方式は2挙動操作により操作の信頼度向上を図っている。事故時対応の自動化としては、配電用変電所の再閉路ロック用過電流継電器(OCLリレー)トリップ、バンク停止時に不要なループ点の自動逆送を防止するため、ループ点リレーの除外制御の自動化を行った。

子局機能は、子局高信頼度化と停電範囲・時間の短縮、操作の確実化を図るために、デジタル処理により、子局単独機能を高機能、多機能化するとともに、遠隔制御化対応機能を付加している。

その他、操作員の訓練用として親局にシミュレータ機能を内蔵し、随時で使用できるようにしている。

2.3 システムの特長

このシステムの主な特長を列記すると次のとおりである。

(1) システム診断機能の強化による高信頼度開閉器制御システムを実現。

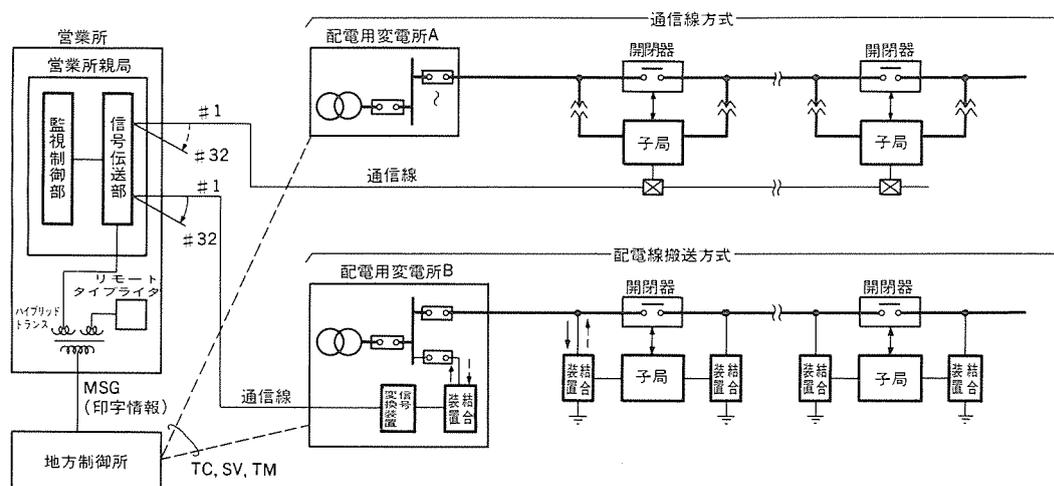


図1. システム構成

表 1. システム機能

項目	内容
監視制御機能	(1) 開閉器の「投入」、「開放」制御と監視 (2) リレーの「種別」、「順送時限」、「使用/除外(個別、一斉)」、「瞬停切替え」、「正/逆接続切替え」などの設定と監視 (3) 開閉器両端電圧の「有」「無」監視と電圧位相角計測 (4) システム監視…親局、子局、伝送路などの異常、子局内自動状態変化などの監視
印字、表示、警報機能	(1) 操作時、異常発生時の自動印字 (2) リクエスト印字 (3) 異常発生時の表示、警報
メンテナンス機能	設備データの登録、削除、変更
シミュレーション	(1) 監視、制御のシミュレーション (2) メンテナンス登録、削除、変更のシミュレーション
子局機能	(1) 子局単独機能 (2) 遠制御機能

(2) 高速応答を配慮した伝送網の構築とデータ伝送の高効率化などによる監視制御応答の高速化。

(3) 監視制御部の複数台並列処理による操作性、保守性の向上(オンライン設備データメンテナンス)。

(4) マイクロプロセッサ搭載型子局

(a) 開閉器制御リレー部と伝送部との一体化による小型軽量化の実現。

(b) デジタル処理化により、子局機能を多機能化、高機能化し、運用面の高効率化を実現。

(c) 耐雷、電波ノイズ、電源ノイズ、耐候性などの厳しい耐環境性の確保とフェイルセーフ機能強化による高信頼度化の実現。

(5) マルチドロップ方式による通信線搬送、配電線搬送システムとして600bpsの高速信号伝送を実現。

3. 営業所親局装置

親局はマンマシン機能をつかさどる監視制御部と子局とデータ通信を行う信号伝送部からなり、システム構成を図2に示す。監視制御部は操作性の良い汎用の20インチカラーCRTを中心としてキーボード、マウス、オペレータコンソール及びプリンタで構成している。

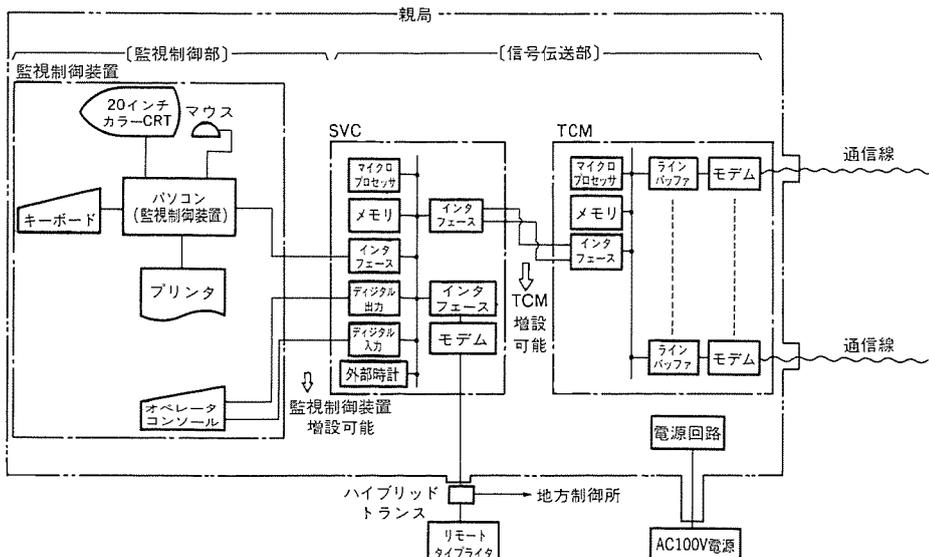


図 2. 親局システム構成

CRT画面の展開は、変電所-バンク-配電線-開閉器を順次索引的に必要な画面を選択できるようにし、各操作ステップごとにガイドメッセージを表示し操作性を高めている。制御はCRT画面上でマウスを操作し対象の項目を選択した後、オペレータコンソール上のスイッチで制御を行う二挙動方式を採用し、操作の確実化を図った。

システム性能を確保するための処理部は16ビット高性能パソコンを使用し、信号伝送部とは光ファイバケーブルを使用したRS-232Cインタフェースとし、設置場所の制約、ケーブル長に対し自由度の高い構成とした。また、データの保存、復元はフロッピーシートにより容易に行える方式とした。

信号伝送部は伝送処理制御(SVC:Super Visory Control)と伝送処理(TCM:Tele-Control Master)に機能分散(マルチプロセッサ方式)し、子局の増設に対応できるようにユニット形式でTCMを増設できるシステムとした。また、伝送処理制御部からは最大3台まで監視制御部を接続できる能力と最大9ユニットのTCMを接続できる能力を保有するほか、リモートタイプライタモニタ装置との接続も可能とした。

TCMユニットは、6パーティラインの回線制御が可能で、1パーティラインは50子局を接続できる能力を保有している。

リモートタイプライタモニタは、地方制御所計算機から送られてくる変電所情報(メッセージ)のうち、バンク停止、OCLリレー動作のメッセージを検出し、変電所名、バンクNo.、フィードNo.を判読してループ点の子局に対し除外信号を発し不必要な自動逆送を防止している。図3に親局装置の外観を示す。

4. 通信線搬送方式

4.1 通信方式

子局との通信は上り、下り信号を別々のペア通信線を用いてマルチドロップ方式で接続している。

子局内の受信回路は、高インピーダンスで受けることにより、子局数、ケーブル長の影響を受けないようにするとともに、上り回線についても、1子局が連続してキャリアを出した場合、同一パーティラインの子局が応答できなくなることを想定して、一定時間で送信を切ることにより障害範囲の限定を図っている。また、伝送方式も汎用性のあるJISコードをベースに同期獲得性、符号検定能力を向上させ、応答性、伝送品質を確保するとともに、600bpsの周波数偏移変調方式(FSK方式)で伝送を行っている。

更に、制御応答性能を向上させる手法として、常時は子局アドレスによる応答信号のみを行い、子局側で状態変化があったか、親局側で全データが必要になったときはデータ長を延ばすことにより性能を確保している。これらの仕様を表2に示す。

更に、制御応答性能を向上させる手法として、常時は子局アドレスによる応答信号のみを行い、子局側で状態変化があったか、親局側で全データが必要になったときはデータ長を延ばすことにより性能を確保している。これらの仕様を表2に示す。

4.2 子局

子局は柱上に設置され、開閉器、制御用トランス、電源スイッチ、通信端子箱とともに、自動化設備を構成して

表 2. 信号伝送部機能

項目	仕様															
通信方式	半二重通信方式															
回線接続方式	マルチドロップ方式															
回線制御方式	ポーリング方式															
変調方式	周波数偏変調方式 (FSK)															
伝送速度	600bps															
周波数	1,200±200Hz															
符号検定方式	パリティ, 反転送, 定マーク (制御コード)															
符号フォーマット	<table border="1"> <thead> <tr> <th>STX</th> <th>No.1ワード</th> <th>No.2ワード</th> <th>No.Nワード</th> <th>ETX</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>11ビット</td> <td>22ビット</td> <td>22ビット</td> <td>22ビット</td> <td>11ビット</td> </tr> <tr> <td colspan="5" style="text-align: center;"> <div style="display: flex; justify-content: space-around; width: 100%;"> ⏟ ⏟ ⏟ ⏟ </div> 1フレーム </td> </tr> </tbody> </table>	STX	No.1ワード	No.2ワード	No.Nワード	ETX	11ビット	22ビット	22ビット	22ビット	11ビット	<div style="display: flex; justify-content: space-around; width: 100%;"> ⏟ ⏟ ⏟ ⏟ </div> 1フレーム				
STX	No.1ワード	No.2ワード	No.Nワード	ETX												
11ビット	22ビット	22ビット	22ビット	11ビット												
<div style="display: flex; justify-content: space-around; width: 100%;"> ⏟ ⏟ ⏟ ⏟ </div> 1フレーム																



図 3. 営業所親局装置

表 3. 子局機能一覧

項目	内容	
単独機能	1. リレーハンドル	リレーハンドルによる開閉器の投入/開放
	2. リレー機能	(1) リレー種別 (a) 順送用 (S ₁) (b) 逆送用 (S ₂) (c) 常開ループ点用 (L) (d) // (再投入付き) (RL) (e) // (遠制スイッチ) (T) (2) 瞬停切替え
	3. 停電時のデータ保持	両電源無電圧でも下記データを保持する。 (1) 子局アドレス (2) リレー設定 (種別, 時限) (3) 正/逆接続 (4) 停電直前の子局稼働状態
	4. 自己診断機能	回路, 入出力信号の矛盾を監視し, 異常検出時は警報表示を行うとともにリレー部の除外又はロックを行う
遠隔監視制御機能	1. 制御・設定機能	(1) 開閉器の投入・開放 (2) リレー機能の設定, 時限設定, 使用/除外設定 (3) 正/逆接続, 瞬停の切替え
	2. 監視機能	(1) 上記制御・設定後の状態表示 (2) 開閉器両端の電圧, 位相角計測 (3) 子局・伝送路の異常検出
	3. 自動機能	(1) キャリア断における L, RL リレーの一斉除外

いる。子局の機能は、従来の順送、逆送、ループ点用機能を備えたリレー機能と、遠隔制御用伝送機能に分けられ、構成を図 4 に示す。表 3 は子局が具備している機能をまとめたもので、二つのマイクロプロセッサで機能分散し動作の安定化を図っている。

子局は柱上等の特異環境下に設置されるため、このような条件のもとでマイクロプロセッサを含む電子回路を安定に動作させるために、十分な電氣的・機械的強度を持つことは言うまでもなく、耐雷

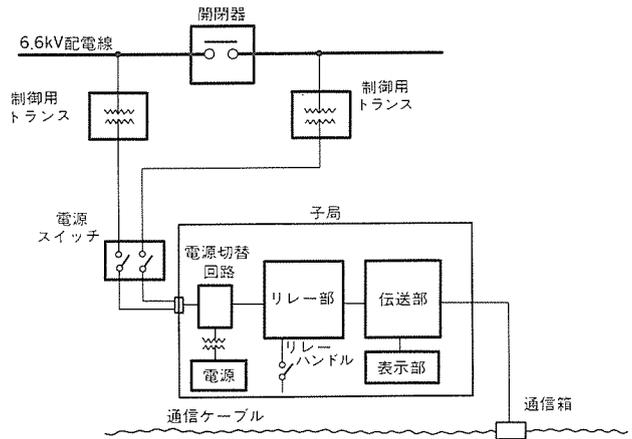


図 4. 子局構成図

性、耐電波性、耐振性、耐塩性などを考えた設計にしている。子局の外観を図 5 に示す。

子局のケースはステンレス筒と FRP 材による成形品を各々の特長を生かした使用にしている。ケース上部は装柱部の安全性、耐電波ノイズ、防熱性を考え、ステンレスに FRP 製のサンバイザをつけた二重方式とした。また、底部は構造の複雑さからくる品質の安定性と軽量化を考え、FRP 材で構成し、金属名板で全体を覆うことで電波ノイズを阻止している。また、子局内に入出する信号線には外部から侵入するサージ・ノイズから内部回路を保護するため、サージアブソーバ、絶縁トランス、フィルタなどを多段につなぐ多階層絶縁方式としている。

5. 配電線搬送方式

5.1 大地帰路方式

高圧配電線を利用した配電線搬送は大地帰路と金属回路の 2 方式になるが、信号伝送速度の高速化と信号出力の低消費電力化から大地帰路方式を採用し、図 6 に構成を示す。高圧配電線との結合は、絶縁、信頼度、フィルタ構成面からコンデンサ結合方式を採用し、子局側は結合の簡素化から一相結合、配電用変電所側は子局と高圧配電線との相接続が変化しても搬送信号の授受に影響を受けないように三相結合としている。使用周波数は、雑音音が 5 kHz 以上の周波数で大幅に減少すること、高い周波数程結合装置が小型化できること、及び電波法の規制から 5~10kHz を採用している。送受間の搬送信号電圧比、すなわち信号伝送比は配電線のこう(巨)長が長くなった場合に生じる定在波現象と接地抵抗を含めた配電線損失、及び注入点インピーダンスによる結合損失によって影響を受ける。このため信号伝送は、定在波現象を考慮し、周波数比約 1.5 の 2 周波の搬送信号を用いて行い、伝送誤り率 10⁻⁶ を確保するために、伝送出力を最大 10W に設定している。

また、伝送信頼度を向上するため、符号検定としてパリティ、反転送照合、定マークに加え、CRC (Cyclic Redundancy Check) による 1 ビット訂正を行っている。信号伝送仕様の概要を表 4 に示す。

このシステム運用以降の受信率 (受信成功回数/ポーリング回数×100) は、このシステムに装備している信頼度データ自動収集機能から得た信頼度データをもとに分析した結果、ポーリング回数 170882 回に対し、リトライなしの場合 99.98%、リトライ 1 回又は 2 回実施の場合 100% の実績である。

表4. 信号伝送仕様

項目	仕様									
通信方式	半二重通信方式									
回線制御方式	ポーリング方式									
変調方式	周波数偏移方式 (FSK)									
伝送速度	600bps									
信号周波数 (Hz)	<table border="1"> <tr> <td>群</td> <td>低群</td> <td>高群</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>5,400 ± 200</td> <td>8,200 ± 200</td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>6,800 ± 200</td> <td>9,600 ± 200</td> </tr> </table>	群	低群	高群	A	5,400 ± 200	8,200 ± 200	B	6,800 ± 200	9,600 ± 200
群	低群	高群								
A	5,400 ± 200	8,200 ± 200								
B	6,800 ± 200	9,600 ± 200								
同期方式	ビット同期, フレーム同期									
検定方式	パリティ, 反転連送照合, 定マーク, CRCによる1ビット訂正									
通信パワー	10W程度									
伝送フォーマット										

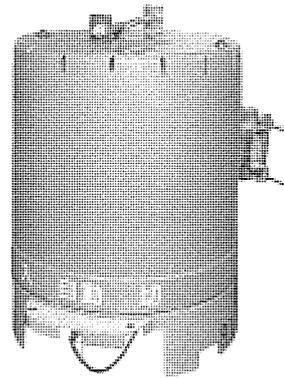


図5. 子局

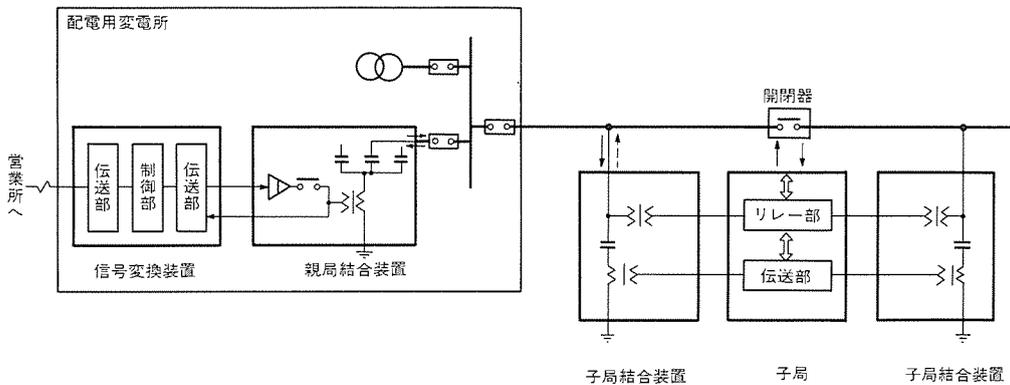


図6. 大地帰路方式の構成



上段：開閉器
中段：子局結合装置
下段：子局

図7. 柱上設置装置

5.2 装置構成

装置構成は配電用変電所設置の信号変換装置, 親局結合装置と柱上に設置される子局結合装置と子局とからなる。信号変換装置は通信線方式による対営業所との600bps 信号伝送と配電線搬送方式による対子局との600bps 信号伝送との間の符号変換, 符号検定及び配電線搬送制御を行っている。屋外に設置される親局及び子局結合装置は高圧配電線とコンデンサ結合するもので, 他の配電機器との格差絶縁を図るため10号Aの絶縁階級をもたせている。なお, 子局結合装置には配電線との結合を簡素化するため子局用の制御トランス

を内蔵している。子局の性能, 機能は配電線搬送部のインタフェースを除いて通信線方式の子局とほぼ同じ仕様としている。図7に柱上設置装置の装柱状況を示す。

6. むすび

以上, マニュアル制御方式により開閉器を遠隔監視制御する第1段階の配電線自動化システムについてのべた。第2段階では第1段階の開閉器制御を軸に, 配電を初めとして給電, 系統制御など, 他の自動化システムと協調をとり, 自動検針, 負荷制御などを含めた配電総合システムとして効率の良いシステムの構築が必要である。

このシステムの基幹要素である子局については, 先端技術を導入し, 高信頼度化と装柱美化を考慮した小型, 軽量化, スリム化を更に推進する必要がある, また, 今回試行段階にある配電線搬送方式については, 通信線搬送方式と同等の伝送速度, 伝送信頼度の確保と運用面から見た多チャンネル化, 広域制御化の実現が必要である。

以上, 配電総合システムの実現に当たっては, まだまだ多くの課題をもっているが, 技術革新による早期解決と実用化を行う所存である。

最後にこのシステムの完成に御指導, 御協力いただいた関係各位に深く感謝の意を表する次第である。

参考文献

(1) 宮田ほか; 配電線搬送方式による配電線自動化システムの試行について, 電気関係学会東海支部連合大会 No.101 (昭61)
 (2) Suzuki et al : Automation Technology for Power-Distribution Systems.Mitsubishi Electric ADVANCE (1987-6)

開閉器遠隔全自動監視制御システム

不動弘幸* 加賀赴寛** 内尾敬信**
 湯川英彦* 野口好朗** 諏沢俊二***
 福井隆行* 松本忠士** 卜部敬二**

1. ま え が き

高度情報化社会の到来に伴い、電力需要の質的高度化や日常生活の電力依存度向上とともに、電力の安定供給に対する要請が高まっており、事故停電に対する需要家の評価では、停電時間の短縮が強く望まれている。

この要求に対し、最新の計算機技術、通信伝送技術、エレクトロニクス技術を駆使することにより、従来から用いられている時限順送方式開閉器によるローカル制御の機能面、適用範囲面での限界を打破し、より高度かつフレキシブルな配電線運用が可能な計算機制御に基づく開閉器遠隔監視制御システムを構築し、実系統での運用を開始したので、その概要を報告する。

2. システム構成と特徴

開閉器遠隔監視制御システム全体の構成を図1に示す。システムは営業所に設置される中央装置、変電所装置、開閉器側端末装置、及びそれらをつなぐ伝送路から構成されるが、これを機能面から見ると、①マンマシンインタフェースであるとともに、システム全体の制御処理をつかさどる計算機システム、②変電所情報の収集と営業所～変電所間の信号伝送をつかさどるテレコンシステム、③変電所から開閉器までを同軸ケーブル又は配電線そのものを伝送媒体として信号伝送し、開閉器を遠隔監視制御する同軸方式サブシステム、

表1. 設計基本方針と仕様の特徴

設計基本方針	仕様の特徴
フルブルーフ設計	<ul style="list-style-type: none"> 各操作に対応した「専用集中ボタン」を配備した操作卓。 機器操作は、選択→(確認)→制御の2挙動式。 現場操作がいかなる遠隔操作より優先。
フェイルセーフ設計	<ul style="list-style-type: none"> コンピュータ・通信線・子局などが故障しても、(1)開閉器は現状をそのまま維持。(2)事故時は現行の時限順送がそのまま働くため、信頼度は低下しない。
メンテナンスフリー設計	<ul style="list-style-type: none"> 開閉器子局での調整、設定は極力排除。 設備データは開閉器遠隔制御に必要な最小限の項目とし、入力やデータメンテナンス労力を最小化。
コンパクト設計	<ul style="list-style-type: none"> 執務室内のレイアウト変更程度で設置可能な操作卓。(専用の運転室は設けない) コンピュータ機能のフル活用による開閉器子局機能のシンプル化→子局のコンパクト化。

配搬方式サブシステムとに分けられる。

各システムの構成要素については次項に述べるが、システムを構築する上での設計基本方針と、仕様の特徴は表1のとおりである。すなわち、

- (1) 操作対象者が選任運転員でなく、必ずしも計算機オペレーションに習熟していないことから、だれにでも容易に使い、誤操作の防止を十分に配慮したフルブルーフ設計とした。
- (2) 配電システムが需要家に直結しており、社会的に高い信頼度を要請されることから、システムが故障しても電力供給面からみて安全サイドに働くフェイルセーフ設計とした。
- (3) システムの変更などが頻繁に実施されるため、設備やデータのメンテナンス労力を極力排除したメンテナンスフリー設計を指向した。
- (4) 営業所、電柱上のスペースをとらないコンパクト設計とした。

また、システム設計規模は、将来高压需要家引込用開閉器の自動化にも対処可能なように、max 40変電所/営業所、max 1,024子局/変電所としている。

なお、今回、同軸方式サブシステム、配搬方式サブシステムの2種類のシステムを構築したのは、これら配電自動化に用いられる伝送路が、高度情報社会の進展につれ、様々な情報通信ニーズにより多目的、多様的に使われる可能性があることから、高速伝送に適した同軸方式及び経済性に優れた配搬方式の実用性を見極めようとするものである。

3. 計算機システム

計算機システムの構成を図2に示す。電力システムの末端に位置する配電系統は面的に広がった網目状の膨大な設備であり、この配電系統を制御する計算機システムは膨大なデータを高速処理することが必要であるが、32ビットの高機能ミニコンピュータ《MEL-

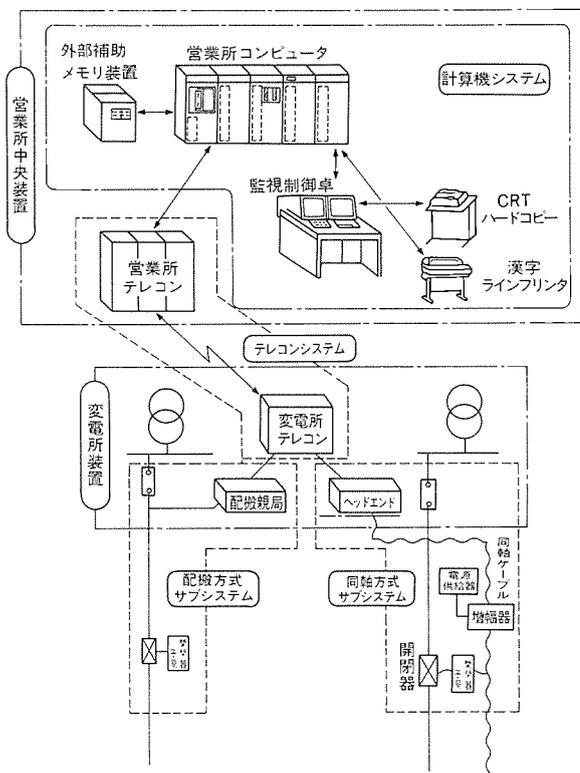


図1. 開閉器遠隔監視制御システムの構成図

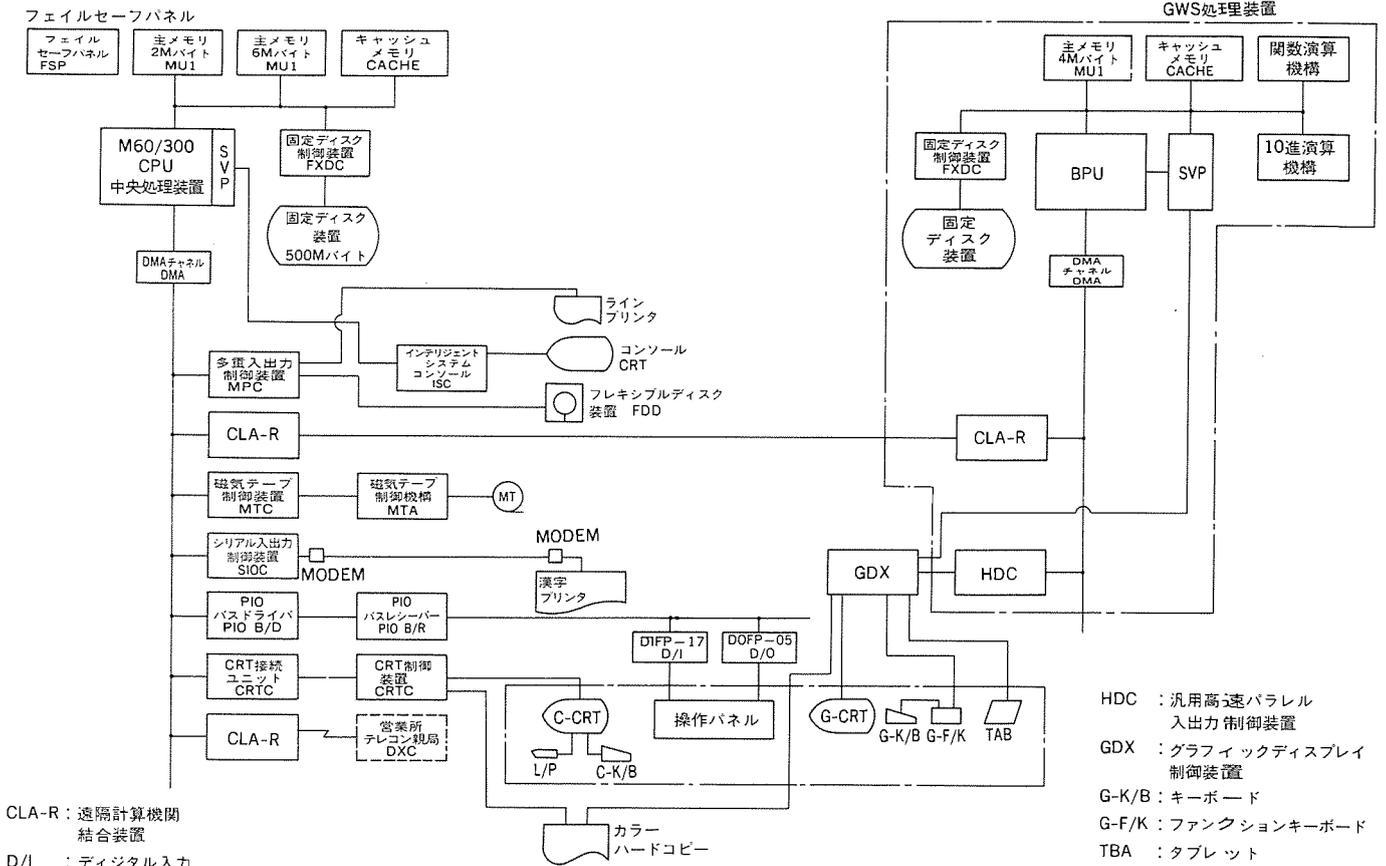


図2. 計算機システムの構成図

CLA-R : 遠隔計算機間結合装置
 D/I : デジタル入力
 D/O : デジタル出力
 L/P : ライトペン
 C-K/B : 標準キーボード

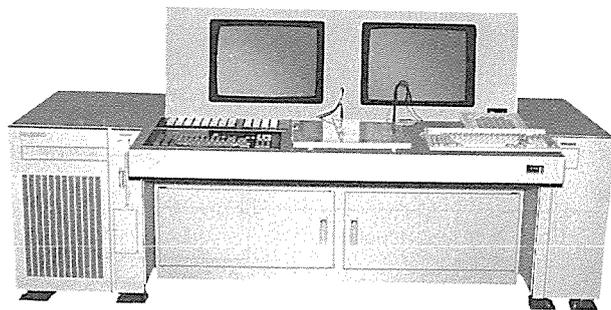


図3. 操作卓の外観

COM350-60/300》により、これを実現している。

執務室に設置される操作卓を図3に示すが、配電系統図表示用のグラフィックCRT、オペレーション情報表示用のキャラクタCRTを組み込んだコンパクトな構成となっている。

システムの機能概要を表2に示すが、主な機能は次のとおりである。

(1) 自動系統切替操作機能

事故時の停電系統復旧や過負荷解消、また緊急に指定区間を停電させたい場合、運転員の指示により、過負荷チェックや電圧降下計算を用いた負荷融通計算に基づき、系統の切替手順の作成及び手順の連続実行を行う。なお、事故時の電源側停電区間の復旧は従来の時限順送機能により行い、負荷側停電区間の復旧は遠隔制御機能で

表2. システムの機能概要

機能	内容
監視・状態把握	配電系統の現在状態（開閉器の開・閉、区間の充電有無など）の常時監視及び状態変化（事故等）の判断、表示
事故復旧	配電線事故、変電所事故時の系統切替手順の作成及び自動実行
緊急操作	緊急時における指定区間停電のための系統切替手順作成及び自動実行
過負荷監視	フィード電流の常時監視による過負荷検出及び過負荷解消の操作手順の作成、自動実行
手動設定	手動開閉器の状態のマニュアル設定及び自動開閉器のモード・操作禁止などの設定
負荷融通計算	負荷曲線作成、区間負荷算定、電圧降下計算等に基づく系統切替手順の最適化
記録報告書作成	状態記録、操作記録、事故報告書などの作成、印字
メンテナンス処理	設備データ（開閉器、線路など）および画面データのメンテナンス
系統図表示	配電線系統図及び変電所スケルトンの表示

行っているが、この負荷側復旧はシステム運用モードの設定により、自動的に実行することも可能であり、特に多回線同時事故やバンク事故時等に威力を発揮し、停電時間の短縮に大いに寄与するものである。

(2) 配電系統図表示機能

配電系統の運用者は膨大な設備の多種多様なデータを正確に把握するとともに、事故や作業時には現場への指示等が迅速、的確に行う必要があるが、このためグラフィックCRTを用いて従来用いら

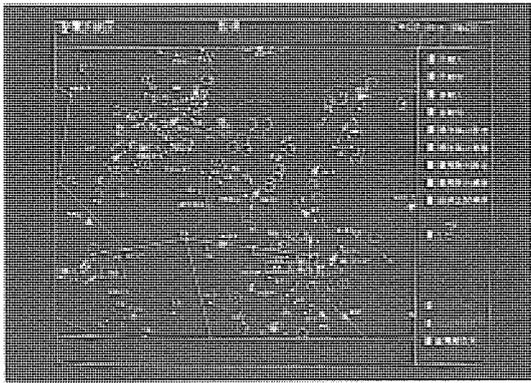


図4. 配電系統図の表示例

れている図面と同レベルの配電系統図表示を行っている。

表示例を図4に示すが、テレコンシステムにより収集されるオンラインデータに基づく表示更新機能や選択機器名称表示、配電線名表示機能のほか、次のような機能を持っている。

- (a) スクロール機能
 - (b) 表示縮尺変更機能
 - (c) 地図情報重ね合わせ機能
 - (d) 配電線の色別表示機能
- (3) データメンテナンス機能

配電系統では新設、撤去などの系統変更が頻繁に行われるため、計算機が保有する系統データのメンテナンスは、計算機のオペレーションに精通していないユーザー運転員でも容易にできる方式でなければならない。データには機器情報や接続情報などの設備データとCRT上のシンボルの種別や配置(接続)などの画面データとがあり、各々重複する情報を持っているがこのシステムでは図5に示すように、画面データをまず入力し、変更部分などの自動解析に基づき、必要な設備データのみを計算機からのガイダンスにより入力する方式を採用しているため、データの一元化による入力作業量の軽減、誤入力防止が達成されている。

4. テレコンシステム

開閉器遠隔制御システムのテレコンシステムは、営業所の計算機システムと変電所以下の同軸方式サブシステム、配搬方式サブシステムとを結合するシステムで1:Nのスター状接続により、1営業所当たりの最大接続変電所数は40となっている。

営業所親局装置は変電所子局装置と回線を經由して接続

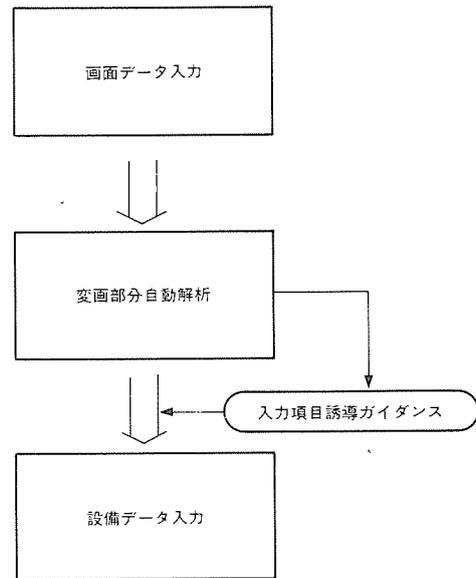


図5. データメンテナンス方式

表3. テレコンシステムの伝送方式

(i) 伝送路形状	スター型
(ii) 伝送手順	CDT方式、全二重
(iii) 伝送速度	1,200bps
(iv) 変調方式	FSK
(v) 同期方式	調歩同期方式
(vi) 誤り検定	パリティ、反転・連送照合、定マーク検定(制御のみ)

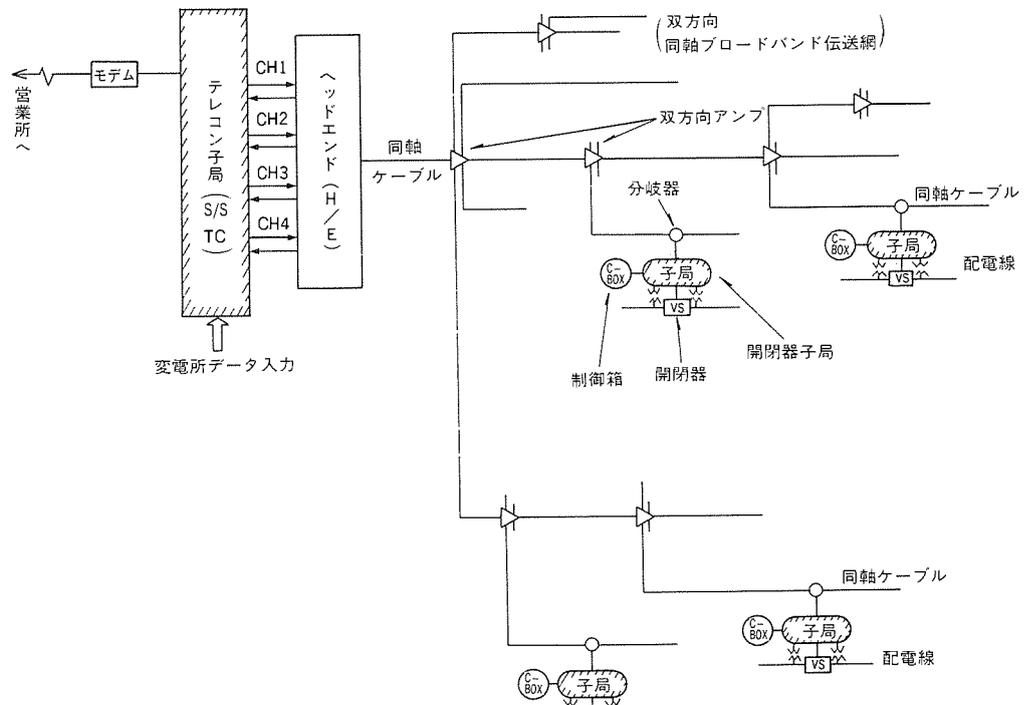
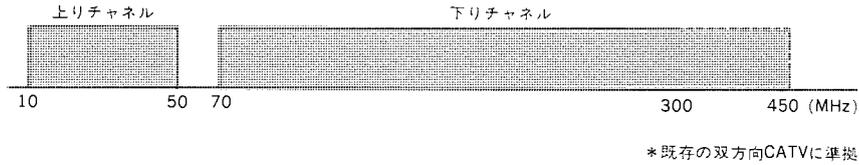
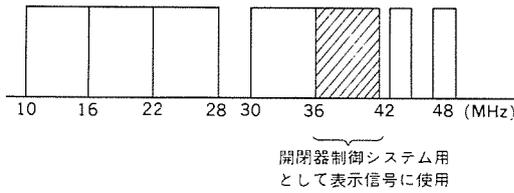


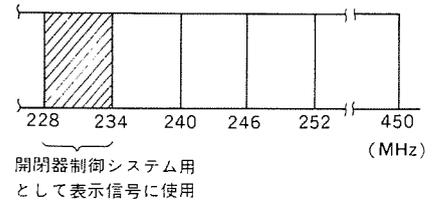
図6. 同軸方式サブシステムの構成図



(a) 上り／下りのチャンネル分割



(b) 上りチャンネルの選定



(c) 下りチャンネルの選定

図7. 同軸方式チャンネルアロケーション

表4. 同軸方式サブシステム用信号の中心周波数

	定格信号周波数 (MHz)			
	CH1	CH2	CH3	CH4
上り	36.5	37.0	37.5	38.0
下り	228.5	229.0	229.5	230.0

表5. 同軸方式サブシステム伝送方式

(i) 伝送路形状	ツリー型
(ii) 伝送手順	ポーリング, 半二重
(iii) 伝送速度	1,200bps
(iv) 変調方式	FSK
(v) 同期方式	調歩同期方式
(vi) 誤り検定	パリティ, 反転・連送照合, 定マーク検定 (制御のみ)

し、表3の伝送方式により通信を行うとともに、計算機システムとはバス結合によるデータの授受を行っている。

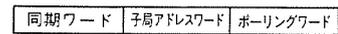
変電所子局装置は変電所情報の取り込みを行うとともに開閉器子局情報をポーリングにより収集し、営業所親局装置へサイクリックに情報伝送を行う。また、応答性を良くするため状態検出及び優先伝送機能も備えている。現在はこのシステム専用の装置であるが、将来的には工務系等、他のテレコン装置との共用化を目指している。

5. 同軸方式サブシステム

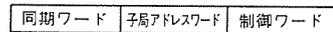
同軸方式サブシステムにおける変電所テレコン子局装置と開閉器子局装置間の通信は、同軸ケーブルを用いたブロードバンド伝送網を用いて行われる。

5.1 システム構成

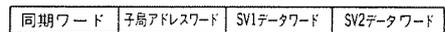
図6に同軸方式サブシステムのシステムブロック構成を示す。同軸ケーブルを用いたブロードバンド伝送網は変電所に設置するヘッドエンド装置、双方向中継増幅器、分岐器及びこれらを接続する同軸ケーブルなどから構成されている。このシステムでは、1変電所



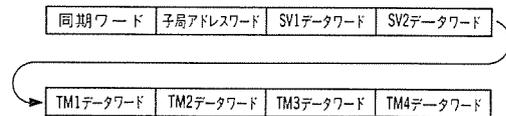
① ポーリングフレーム (下り)



② 選択制御フレーム (下り)

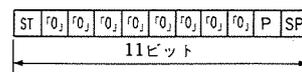


③ 表示フレーム (上り)

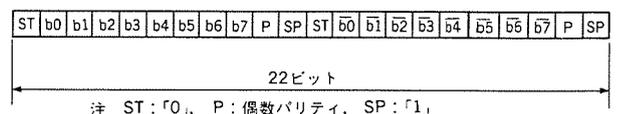


④ 表示・計測フレーム (上り)

図8.(a) 伝送フォーマット (フレームフォーマット)



① 同期ワード



注 ST:「0」、P: 偶数パリティ、SP:「1」

② データワードの基本構成

図8.(b) 伝送フォーマット (ワードフォーマット)

から開閉器子局群への同軸ケーブル本数は最大4本で、上り下り信号を4周波数に分割、多重化して1変電所当たり16回線が接続可能な構成となっており、さらに1回線当たり最大64台の開閉器子局を

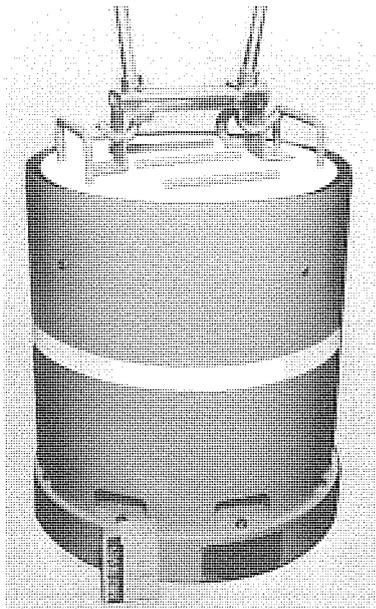


図9. 開閉器子局の外観（同軸方式）

接続することにより、1変電所当たり1,024台の開閉器子局を監視制御できるものとしている。

5.2 チャンネルアロケーション

同軸ケーブルを用いたブロードバンド伝送網は、CATVシステムに多くの実績を持つ伝送路であるが、双方向データ伝送路としての利用例は比較的少ない。そこで、CATV業界の標準化動向及び過去のCATVシステムの諸データを考慮してこのシステムのデータチ

ャンネルを決定した。

上り下りの周波数分割は既存の双方向CATV仕様に準拠して、上り10~50MHz、下り70~300又は450MHzの範囲内とし、上りチャンネルとしては空間伝搬ノイズの影響が最も少ないと考えられる36~42MHzを、下りチャンネルとしては郵政省放送行政局有線テレビジョン放送技術委員会が音声・データ用チャンネルに指定している228~252MHz帯のうち228~234MHzを選定した。これらのチャンネルアロケーションを図7に示す。さらに、上り下り各6MHz帯域のうちデータ伝送を行う帯域は1データチャンネル当たり500kHzとし、それらのデータチャンネルの中心周波数を表4に示す。

5.3 伝送方式

変電所テレコン子局から同軸ケーブルを経由して開閉器子局を監視制御するための伝送方式は、ポーリング方式によるものである。表5に伝送方式の概要を、図8に伝送フォーマットを示す。

変電所テレコン子局は営業所からダウンロードされた自変電所管内の子局範囲（子局アドレス）に従い、常時サイクリックに開閉器子局をポーリングし、その結果として得られる表示フレーム又は表示計測フレーム情報を営業所に伝送する。このとき、開閉器子局に状態変化があれば、その情報は優先伝送により変電所子局から営業所に伝送される。また、営業所から特定の開閉器子局への選択ポーリング指令があった場合は、常時ポーリングより優先して指定の開閉器子局へポーリングをかけるようにしている。

5.4 開閉器子局

開閉器子局は開閉器、制御箱とともに電柱上に設置され、同軸ケーブルを介して変電所テレコン子局と通信を行い開閉器の監視制御を行う。なお、開閉器子局は既設の制御箱との組合せにより開閉器

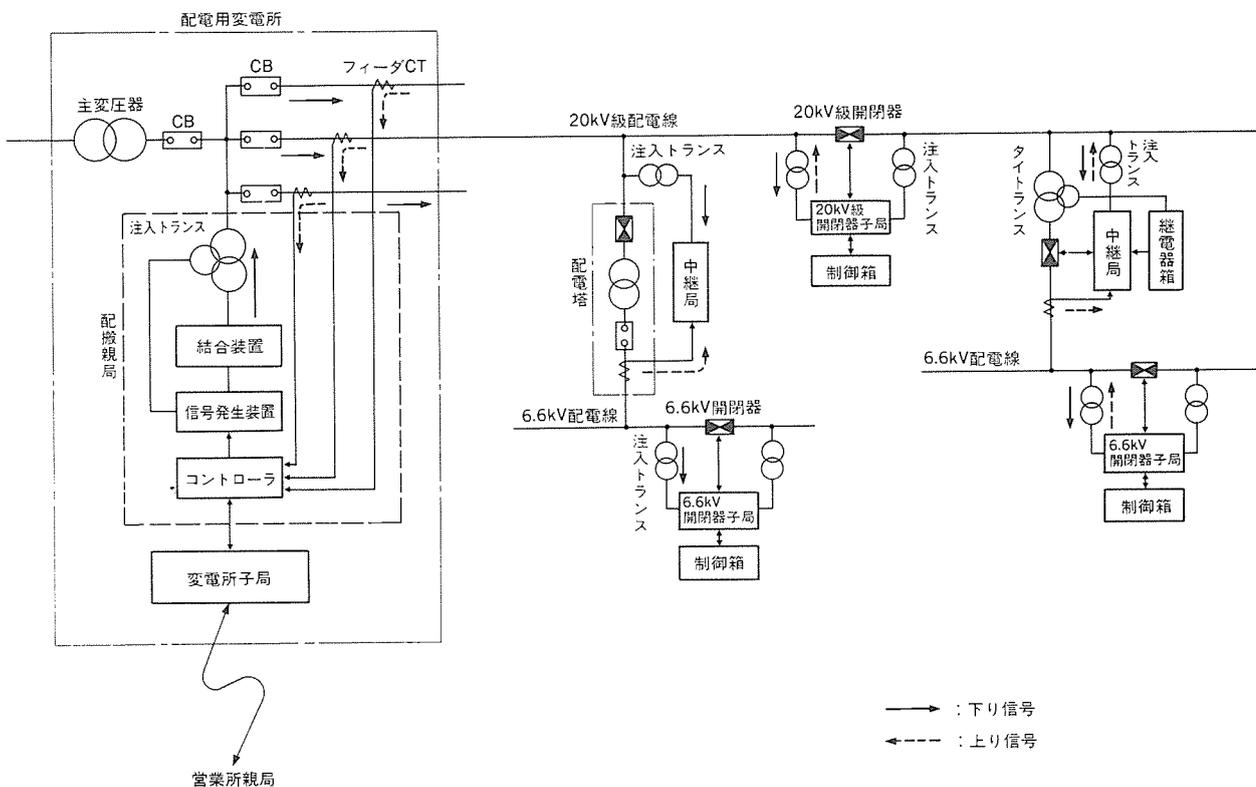


図10. 配搬方式サブシステムの構成図

表 6. 配搬方式サブシステムの伝送方式

伝送方向	伝送区間	項目	仕様
下り方向	配搬親局 ↓ 中継局 ↓ 開閉器子局	信号伝送路	20kV 級配電線及び 6kV 配電線
		信号形態	電圧信号
		送信レベル	系統電圧の 1%
		信号周波数	260/280Hz
		変調方式	FSK
		伝送速度	20bps
上り方向	6.6 kV 用 開閉器子局 ↓ 中継局	信号伝送路	6.6kV 配電線
		信号形態	電流信号
		送信レベル	660mA
		信号周波数	435/465Hz
		変調方式	FSK
		伝送速度	30bps
	20 kV 級用 開閉器子局 ↓ 配搬親局	信号伝送路	20kV 級配電線
		信号形態	電流信号
		送信レベル	400mA
		信号周波数	435/465Hz
		変調方式	FSK
		伝送速度	30bps

制御の必要機能を実現する構成となっており、制御箱には従来機能である時限順送投入機能を持たせ、開閉器子局には遠隔制御機能及び順送方向遠隔設定機能などを持たせている。

図 9 に同軸方式開閉器子局の外観を示す。

6. 配搬方式サブシステム

配搬方式サブシステムは変電所と開閉器間の信号伝送媒体として配電線自体を利用するシステムであり、下り信号伝送としてはリップルコントロール方式を、上り信号伝送としては電流アンサバック方式を用いている。

6.1 システム構成

図10に配搬方式サブシステムのシステム構成概念図を示す。システムは配搬親局、中継局、開閉器子局から構成されるが、配搬親局は変電所に配置され、変電所テレコン子局との情報授受、配搬下り信号送信指令及び配搬上り信号受信処理を行う配搬コントローラ、配搬下り信号をコントローラからの指令に基づき生成し送信する信号発生装置、系統側からの商用周波数の流入を阻止する一方、配搬下り信号を注入トランスを介して20kV 級配電線へ効率良く注入する結合装置、及び配搬親局を20kV 級配電線へ結合するための注入トランスから成る。

中継局は配電塔とタイトランスの近傍の電柱上に設置し、これらの状態監視と計測、及びタイトランス 2 次開閉器制御を行い、併せて 6 kV 用開閉器子局からの配搬上り信号を中継する機能を持っている。

開閉器子局は開閉器と同柱上に設置し、開閉器制御端末としての機能を持っている。

6.2 伝送方式

伝送方式は雑音特性、信号伝送特性などの実測データと計算機に

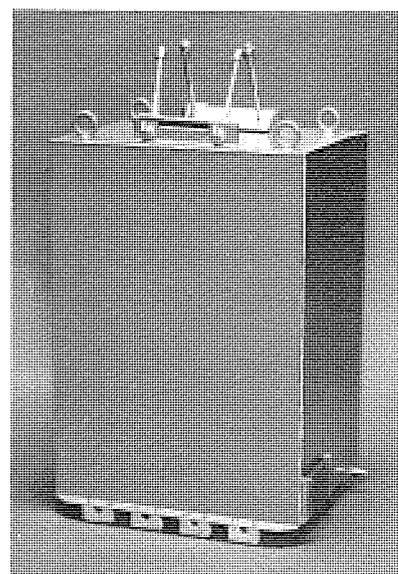


図11. 6 kV 用開閉器子局の外観 (配搬方式)

よるシミュレーションデータをもとに決定している。その主要諸元を表 6 に示す。

配搬方式は伝送速度が20~30bpsであるため、サイクリックなポーリング方式のみで開閉器状態を監視する方法では状態変化の検知までに要する時間が、システム規模(開閉器台数)にもよるが、最悪数十分かかる場合があり得る。したがって、この問題を解消するため他局をポーリング中であっても、状態変化の発生した中継局又は開閉器子局から割り込み受信可能な緊急アンサバック信号を送信する方式を採用して、状態変化をタイムリーに検知できる方式としている。

6.3 適用系統

配搬方式は信号伝送路として新たに通信線を敷設する必要がないという大きな利点があるが、前述のように伝送速度が比較的遅いためシステム応答性の面から適用系統が制約される。すなわち、適用系統の目安として、1 変電所当たりの配電線の総こう(互)長が比較的長く、かつ開閉器数が比較的少ない系統が対象となるものと思われる。

6.4 開閉器子局

開閉器の遠隔監視制御としての機能は、同軸方式子局とほぼ同等である。図11に 6 kV 用開閉器子局の外観を示す。

7. む す び

このシステムは関西電力(株)三の宮営業所(同軸方式)、姫路営業所(配搬方式)に昭和62年12月から設置し、総合対向試験に続いて実系統における試験運用を継続中である。今後、引き続き運用データの収集とともに運用実績を重ねながら、更に作業停電計画機能、シミュレータ機能、系統状態のモニタリング機能の充実、AI 技術の導入による系統運用の効率化などを図ることにより、本格的実用システムを構築していく予定である。

光・同軸・ペアケーブル通信を駆使した 遠隔検針などの伝送路多目的利用システム

不動弘幸* 吉田勝彦** 小山勝行***
深江 登* 芦澤友雄** 吉原孝夫+
中谷眞佳* 安達和夫** 桜井清美**

1. ま え が き

各電力会社の配電部門では、従来から配電システムの自動化システムの開発を積極的に推進している。配電自動化システムは、①配電線の開閉器制御等配電設備運用の自動化を対象とするシステムと、②お客さまを対象とし膨大なデータ量を扱うシステムに大別され、これらを統合して伝送路を多目的に利用するシステムを目指している。本稿は後者のシステムについて記載する。

一般的にこのシステムは、検針業務の効率化のために、お客さまの消費電力量等の遠隔検針やロードサーベ이를ベースとし、さらに

伝送路の多目的利用の観点からお客さま用機器の監視や制御、画像伝送、お客さまへのサービス情報提供などの多様な機能を合わせ持つ実用化システムが待ち望まれてきた。

今回、関西電力㈱では、大阪市内と吹田市内において、初期段階として、検針値やロードサーベイレータの遠隔収集と機器の監視、制御を行う実験システムを構築したので、以下に概要を紹介する。

2. 対象とするお客さまと実験内容

実験の対象地域、お客さま軒数、内容などは表1のとおりである。情報伝送には、情報伝達の信頼性向上、高速化の可能性を考慮して

通信線を選択し、情報内容の多い特高需要のお客さまには光ファイバ、需要密度の高い地域の高圧と低圧需要のお客さまには同軸、一般地域の低圧需要のお客さまにはペアの各ケーブル方式とし、3方式を実験の対象とした。

制御対象機器は力率改善用コンデンサ、温水器、クーラーを前提とし、実験初期には

表1. 実験概要

系統	対象のお客さま	実験内容	収集・処理箇所
光ケーブル系	特高需要のお客さま 91軒 扇町営業所 内 10軒 新曽根崎 S/S 管内 //	・遠隔検針、ロードサーベイレータの収集 ・お客さま受電用遮断器の開閉状況の表示 ・連絡用の電話	・営業所であったん収集 ・営業所にて表示 ・お客さまへ変電所間 ↓ 計算センター 大阪北支店 データを送信し、表示する
同軸ケーブル系	高圧需要のお客さま 50軒 扇町営業所 // 西扇町 S/S 管内 //	・遠隔検針、ロードサーベイレータの収集 ・力率改善用コンデンサの開閉制御 ・遠隔検針、ロードサーベイレータの収集 ・温水器、クーラーの開閉制御	・営業所であったん収集 ・営業所→お客さま ・営業所であったん収集 ・営業所→お客さま
ペアケーブル系	低圧需要のお客さま 200軒 吹田営業所 // 末広 S/S 管内 //	・遠隔検針、ロードサーベイレータの収集 ・温水器、クーラーの開閉制御	・営業所であったん収集 ・営業所→お客さま

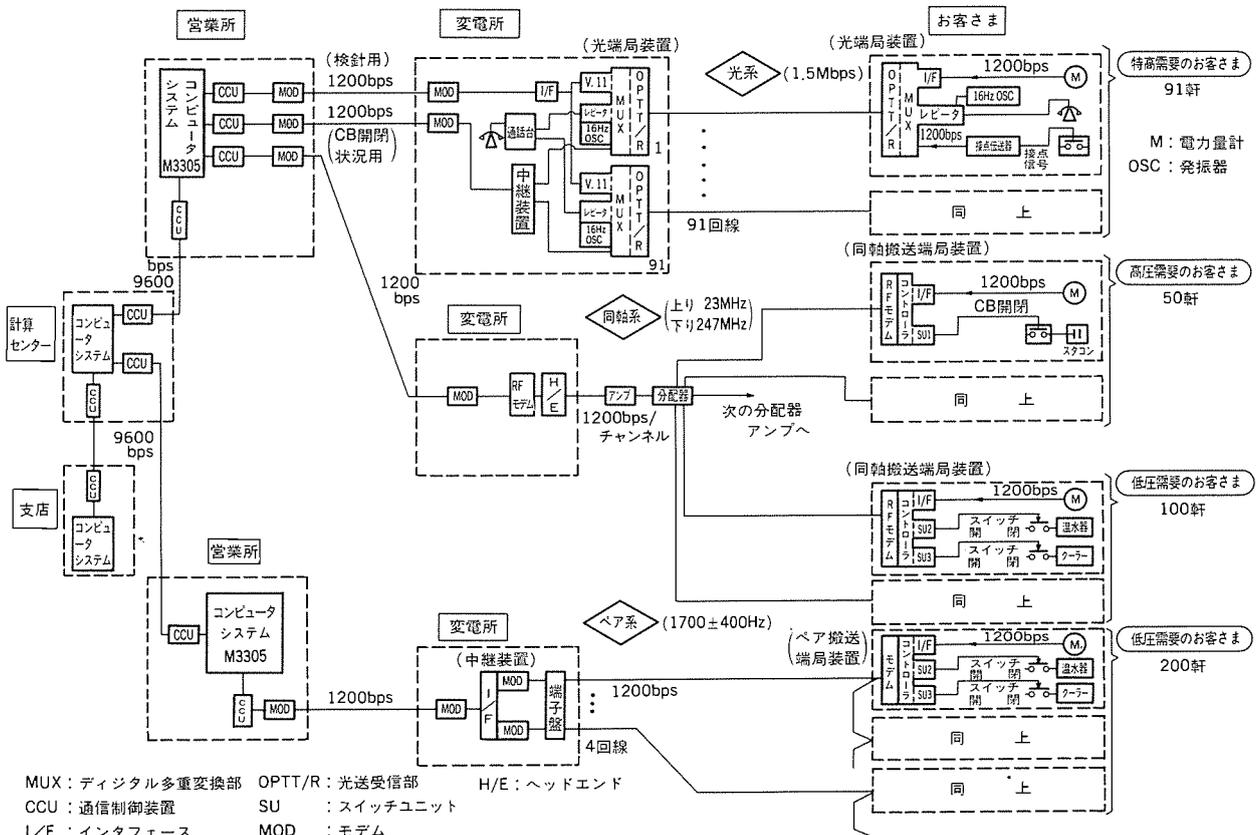


図1 実験システムの概要図

模擬負荷で制御状況を確認することになっている。

3. システム構成

実験システムの構成は図1のとおりである。変電所とお客さま間には光ファイバ・同軸・ペアケーブルの3方式を適用し、変電所においてお客さま側の多数回線の通信線を集線した。変電所、営業所、計算センター、支店間は各1対1にて連繫している。なお、変電所から上位（営業所側）は既設ルート（ペアケーブル）を利用した。

情報フローは情報集配の拠点を営業所とし、お客さまに対して監視、制御をするとともに、収集した遠隔検針、ロードサーベイのデータを計算センターのディスク内に転送する。支店では計算センター内で処理した情報を多機能端末で呼び出して、表示、プリントアウトを行うシステム構成としている。

営業所とお客さま間のデータ伝送速度については、端末コストの増大を抑制すること、個々のデータ伝送速度はさほど高速化を要求されないこと及びペアケーブルで一般に用いられている速度であれば伝送路種別にかかわらず同一の端末でよいことから1,200bpsとした。1,200bpsであれば、遠隔検針において将来1営業所当たり30万軒を対象として、18日検針を行えばデータ収集は約6時間/日で可能である。ただし、将来は変電所においてお客さま側の複数回線のデータの並列処理と、変電所、営業所間的高速伝送を考慮している。

営業所、計算センター、支店間は、計算センターの大型計算機の使用時間を短縮するため9,600bpsとした。

3.1 営業所

営業所に設置した処理装置は、お客さまに対する情報集配のほかに、計算センター（IBM製大型計算機）へのデータ伝送機能を合わせ持たせている。この処理装置としては、三菱マルチワークステーション

ションM3305を選定した。この機器構成を図2に示す。

3.2 計算センター

計算センターでは実運用されている大型計算機を用い、検針員によるデータと遠隔検針によるデータとの照合、ロードサーベイデータ等の分析など大量のデータ処理を実行させている。

3.3 支店

支店内の多機能端末IBM5550を用い、計算センターからデータを受信して、表示、プリントアウトする処理を実行させている。

3.4 伝送媒体別サブシステム

お客さまと変電所間の光ファイバ・同軸・ペアの各ケーブル系について記載する。

3.4.1 光ファイバサブシステム

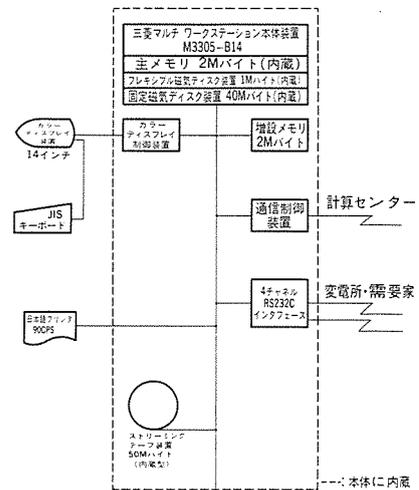


図2. 営業所のCPU構成

表2. 光ファイバ系の伝送方式の比較

検針項目	PCM+時分割多重	ベースバンド+光波長多重	周波数多重	周波数多重+PFM	周波数多重-PCM
システム構成	検針-PCM, CB-PCM, TEL-PCM → MUX → OPT T/R → 光ファイバ 2心	検針-WPT W/R, CB-WPT W/R, TEL-OPT T/R → MIX → 光ファイバ 1心	検針-FM, CB-FM, TEL-FM → MIX → OPT T/R → 光ファイバ 2心	検針-FM, CB-FM, TEL-FM → MIX → PFM → OPT T/R → 光ファイバ 2心	検針-FM, CB-FM, TEL-FM → MIX → PCM → OPT T/R → 光ファイバ 2心
装置の大きさ (mm)	520(W) × 250(D) × 300(H)	520(W) × 250(D) × 200(H) × 2台	520(W) × 250(D) × 300(H)	520(W) × 250(D) × 300(H)	520(W) × 250(D) × 300(H)
最大伝送距離 (km) (0.85μm LED, APD)	11	3	5	7	8
コスト	ベース	やや安価	やや安価	やや高価	やや高価
ch数/1.5M	24ch	-	-	-	12ch
伝送品質	○	×(ノイズに弱い)	△(少しノイズに弱い)	○	○
拡張性(ch増設)	○	×(1式追加が必要)	○	○	○
信号の中継接続	○	×(S/Nの劣化が重なる)	△(S/Nの劣化が少し重なる)	△(S/Nの劣化が少し重なる)	△(S/Nの劣化が少し重なる)
デジタル網との接続	○	×(A/D変換が必要)	×(A/D変換が必要)	×(A/D変換が必要)	○
総合評価	○	×	×	×	△
考察	上記諸条件のほかに次の項目も考慮し、特高需要のお客さま用光端局装置の伝送方式は“PCM+時分割多重”とすることが望ましい。 (1) 特高需要のお客さまは将来的に高速デジタル専用線のユーザーとなる可能性が大きい。 (2) 伝送方式を“PCM+時分割多重”とし高速側インタフェースを高速デジタル専用線と合わせておけば直接専用線に収容できる。 (3) 時代の流れがデジタル化の方向に向っているので、デジタル伝送のコストは将来的に低下することが期待できる。				

注: PCM: バルスコード変調 OPT T/R: 光送受信器 検針: 遠隔検針用電力量計 TEL: 電話
 PFM: バルス周波数変調 MUX: 多重分割装置 CB: 遮断器接点伝送器
 MIX: 合分波器

特高需要のお客さまにおいては、次の3項目の送受信を行う。

- (1) 遠隔検針及びロードサーベイのデータ (両項目は時間を分けて収集)
- (2) 遮断器開閉状況 (常時)
- (3) 変電所～需要家間連絡用電話

伝送方式は表2により各種方式を比較の上、伝送品質、将来拡張性を考慮してPCM (Pulse Code Modulation) + 時分割多重方式を採用した。ネットワーク構造については、特高需要のお客さまを対象とするので、表3により将来の拡張性、信頼性を重視して1対1のスター方式とした。

1変電所と約100軒のお客さま間のネットワークを構築し、変電所では約100台の光端局装置を1架10台ずつの10架構成として設置した。この約100台分の光端局装置をV、11インタフェースによりマルチ接続を行い、1回線に集約して営業所向きモデムに接続している。

お客さま側では、1軒当たり1台の光端局装置を設置するにあたり、遠隔検針用の電力量計及び遮断器接点伝送器と組み合わせて機器収納盤に格納した (図3)。

光端局装置は変電所側も含めて表4に示す仕様 (抜粋) のとおりである。遮断器接点伝送器は、お客さまの受電用遮断器のa接点を入力し、その開閉状況を営業所へ伝送するものであり、遮断器4台分の状態を送信するよう構成している。遠隔検針及びロードサーベイ用の電力量計は、既設取引用電力量計の形態に応じて、時間帯を10分割して計量し得る複合表示装置 (WE 1型) と、新たに開発した複合計器 (デマンド付き) を採用した (図4)。これらの電力量計は、いずれも電子式で電力量計に表示される値を営業所からの指令 (ポーリング) により返送する。

3.4.2 同軸系サブシステム

同軸系は広帯域周波数特性を利用して、本稿でのべる遠隔検針等のほかに、開閉器制御や将来において画像、FAXなどの伝送を同一通信線で行うので、用途別にチャンネルアロケーションを定めた。

- (1) お客さま側から変電所へのデータ返送の上りチャンネルは、図5

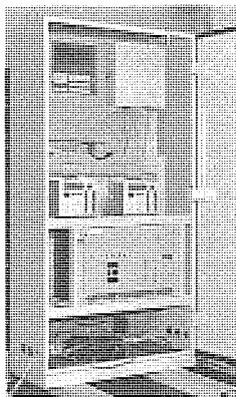


図3. 特高需要のお客さまに設置する機器収納盤
上段左: 複合表示装置 (10時間帯取引用)
// 右: 遮断器接点伝送器
中段: 計量器用パルスピック
下段: 光端局装置

表3. ネットワーク構造の比較

項目	スター	マルチドロップ	リング
基本構成			
全般的特徴	<ul style="list-style-type: none"> • あらゆるシステムに適合する。 • フレキシブルなネットワークが構成できる。 	<ul style="list-style-type: none"> • 放送形情報伝送に適す。 • 適用分野は限定される。 	<ul style="list-style-type: none"> • ネットワーク管理が必要で、簡便ではない。 • 適用分野は広い (多機能・高性能)
伝送媒体	光・同軸・ヘアのいずれも使用可能。	同軸・ヘアの適合性が良い。	高速伝送は光、低速はヘア。
伝送速度	特に制限なし。	1Mbps以上は少ない。	時分割多重による高速伝送可能。
ホーリングの適合性	良い。並列処理も可。	良い。	良くない。
論理的接続形態	(1:1) × N, 1:N, N:N	1:N, N:N	(1:1) × N, 1:N, N:N
伝送路長	最も長い。	最も短い。	マルチドロップに次いで長い。
異種情報伝送の追加 (映像伝送など)	可能。時分割多重、周波数分割多重、波長分割多重 (光) で対応。	上り情報伝送に制御が要。	原理的には可能 (マルチメディアLANが開発段階)
システムの信頼性	故障のブランチのみが切り離される。システムダウンはない。	伝送路切断は変電所から遠い側が切り離される。	二重ループとすれば高信頼性となる。
拠点の拡張性	フレキシブルに可。	制限をうける。	制限をうける。
機器コスト	高価	安価	高価
総合評価	拡張性、信頼性を重視するシステムに適する。	低コストにてシステムを構成する場合に適する。	信頼性を特に重視する場合に適するが拡張性にはほしい場合もある。

に示すようにノイズレベルの低い帯域を対象とし、22~28MHz帯を使用することとした。

- (2) 変電所側からお客さま側への下りチャンネルは、有線テレビジョン放送技術委員会報告書に準拠して、データ用帯域の採用とし、その内の246~252MHz帯を使用することとした (図6)。

今回の実験システムで採用した周波数は、上り23MHz、下り247MHzのそれぞれ1周波数である。チャンネルセパレーションは、「1」「0」情報を周波数偏移するために、一般的に最低約150kHzが必要であるが、フィルタ精度、コストと余裕度をみて500kHzとした。これにより、上り、下り共それぞれ12周波数まで増加可能であり、将来の拡大システムにも十分に対応できる。

同軸系においては、表5の仕様 (抜粋) によりお客さま用同軸搬送端局装置を開発した (図7)。同軸搬送端局装置は、RF (Radio Frequency) モデム、通信制御、ロードサーベイ、リレー (制御用) とバッテリーの各ユニットから成り立ち、機能別のユニット形式としているので、目的に応じて任意の組み合わせを可能としている。

遠隔検針及びロードサーベイ用の電力量計は、高圧需要のお客さまには前述の複合計器 (デマンド付き) を、低圧需要のお客さまには新たに開発 (他社) した電子式電力量計を取り付けた。

3.4.3 ペア系サブシステム

ペアケーブル系は心線分離により用途別に使い分けるために、今回は遠隔検針、負荷制御用として専用回線を構築することとした。

表4. 光端局装置の高次群側仕様 (抜粋)

項目	仕様
伝送速度	1.544Mbps
光変調方式	IM方式 (光強度変調方式)
発光波長	0.85μm帯
発光素子	LED
受光素子	APD
光出力レベル	-17dBm以上 (ピーク値換算)
最低受光レベル	-55dBm以下、BER ≤ 10 ⁻⁹ (ピーク値換算)
伝送路符号	CMI
光ファイバ	GI 50 / 125

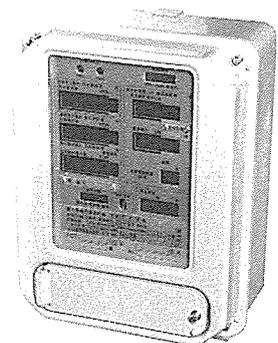


図4. 複合計器 (デマンド付き)

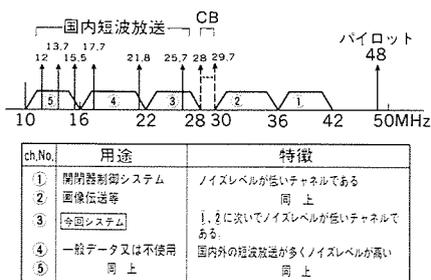


図 5. 同軸系の上りチャンネル アロケーション

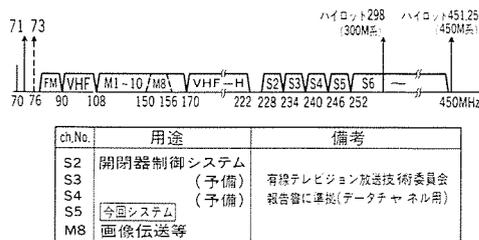


図 6. 同軸系の下りチャンネル アロケーション

表 5. 同軸搬送端局装置のモデム仕様(抜粋)

項目	仕様
データ伝送速度	1,200bps
変調方式	FSK
信号周波数	入力 247MHz 出力 23MHz
周波数偏移	中心周波数±75kHz +75kHzを論理「0」 -75kHzを論理「1」
送信出力	100dBμ
受信感度レベル	60~80dBμ
適用回線	75Ω 高周波同軸ケーブル

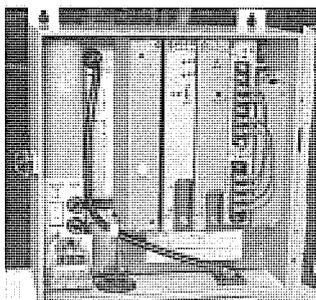


図 7. 高・低圧需要のお客さまに設置する同軸搬送端局装置

表 6. ペア搬送端局装置のモデム仕様(抜粋)

項目	仕様
データ伝送速度	1,200bps
変調方式	FSK
変調周波数	1,300Hz / 2,100Hz 2,100Hzを論理「0」 1,300Hzを論理「1」
入力インピーダンス	20 k Ω*
出力インピーダンス	600Ω
送信出力	0dBm
受信感度レベル	0~-35dBm
適用回線	4線, 0.9mmφペアケーブル

注*変電所用は600Ω

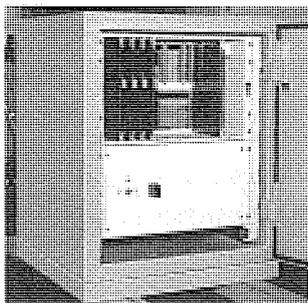


図 8. ペア系の変電所に設置する中継装置

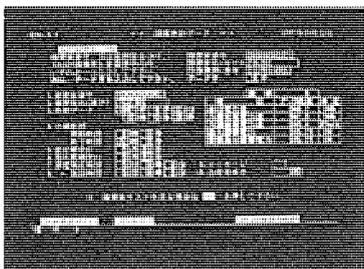


図 9. 営業所で収集した遠隔検針データの CRT 表示例

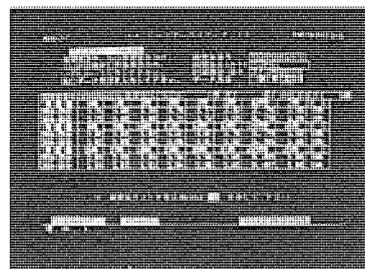


図 10. 営業所で収集したロードサーベイデータの CRT 表示例

ペアケーブル系は低圧需要のお客さまを対象とし、数が多いことに対応させるためにネットワークはツリー状のマルチドロップ方式とした。1パーティライン当たりの端末接続数をできるだけ多くするため、後述のペアモデムの入力回路をハイインピーダンスとし、マルチドロップ数を約70とした。これにより、低圧需要のお客さま200軒に対して、通信回線は予備をみて4回線とした。

ペアケーブル系では、表6の仕様(抜粋)に適合するお客さま用ペア搬送端局装置を開発した。この装置は同軸系の搬送端局装置と同様機能であり、モデム部をペアケーブル用としている。また、変電所には1対Nのモデム機能を持つ中継装置を開発し設置している(図8)。

3.5 伝送制御システム

営業所からお客さまに対する伝送制御方式は、種々の異なる業務を行うこと、及び随時のデータ集配に対応可能なように、営業所から統制的指令が行えるポーリング方式を採用した。光ファイバ・同軸・ペアの各ケーブル系とも同一方式であり、営業所からお客さまに対し、アドレス、業務名コードなどを含めた電文フォーマットを送信すると、該当お客さまの搬送端局装置又は電力量計が受信データを解読して返信するシステム構成である。

電文フォーマットの符号方式は、ローマ字等の文字伝送を効果的に行うため、JIS 7単位の情報処理交換用符号を採用し、誤り判定は垂直+水平パリティ方式とした。電文フォーマット長は、データ量

の少ない低圧需要のお客さまに対しては40けた、データ量の多い高圧・特高需要のお客さまに対しては100けたとした(1けた:10ビット)。システムの運用は自動運用機能を持たせているが、手動操作も可能である。

営業所にてポーリングにより収集した遠隔検針とロードサーベイデータのCRT表示例を、それぞれ図9、図10に示す。ロードサーベイは30分ごとの電力量を収集している。

4. むすび

このシステムは昭和61年度にシステム検討を着手以来、機器製作、試験、工事を経て、昭和62年12月1日に運開を開始した。

画像伝送、FAX、電子メールなどの通信ユースは、別途の研究にて進行中であり、今回システム内に追加構築予定である。今後は総合的な伝送路の多目的利用の研究を行い、機能向上を図る所存である。なお、今回システム内には、他社で開発された機器があり、それらについては省略をしている。

最後に、このシステム構築に関し、多大な御指導をいただいた関係各位に厚く謝意を表す。

参考文献

- (1) 有線テレビジョン放送技術委員会報告書、郵政省放送行政局(昭61-3)

架空配電マッピングシステム

名倉庄一* 池田一成+
 榎本武仁** 田中啓資+
 渡辺 進*** 日比野学***

1. ま え が き

配電系統は面的な広がりを持ち、その設備は複雑・膨大な数である。また、都市計画、道路建設計画に対する設備の新增設工事、需要家からの依頼による設備の更新工事は年間数十万件に及び、配電設備の計画・設計・系統運用・設備維持管理には、設備図面が不可欠となっている。これまでは、計算機機能・性能の制約や初期入力時の経済性から図面処理の機械化は困難であったが、近年の計算機技術、画像処理技術の進歩により機械化システムの構築が可能となっている。

このたび、東京電力(株)と三菱電機(株)との共同開発により、配電設備図面の機械化を目的とした架空配電マッピングシステムを完成し、東電広告(株)に納入した。このシステムは、架空配電線路図を人手によるディジタル入力ではなく、短時間で計算機に入力する図面自動読み取り・認識機能を持ち、既存の地形図・線路図の登録・保管、及び目的に応じた検索・印字出力業務を機械化処理する。また、既存の設備情報管理システムと連動し、配電設備工事設計に対応した設備異動情報を図面に自動反映する機能も持っている。

以下にシステムの概要と特長を示し、図面登録・認識方式、データ管理手法の要点を述べる。

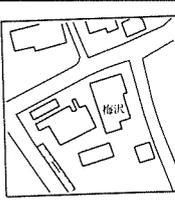
2. システムの概要

架空配電線路図は電力供給地区全域をカバーし、メッシュ対応で地形図と線路図を一組にした設備図面であり、現状、日々発生する

表 1. 主要配電設備図面諸元

	名称	サイズ	縮尺	枚数
架空 関連	供給区域図	A0	1/10,000 ~1/30,000	—
	架空配電線路図	A1	1/500	地形図：256,000 線路図：218,000
	ポールマップ	A1, A2	1/2,000 ~1/3,000	43,000
	架空高圧電線路系統図	各種	1/2,500 ~1/5,000	6,000
	事故捜査図	B4, B3	各種	14,000
地中 関連	直埋ケーブル布設平面図	A0	1/250	28,000
	地中配電線路系統図	A0	1/1,000	1,000
	管路径路図	A1	1/5,000	—
	地中設備詳細図	A3~A1	各種	30,000

〈架空配電線路図例〉



(地形図)

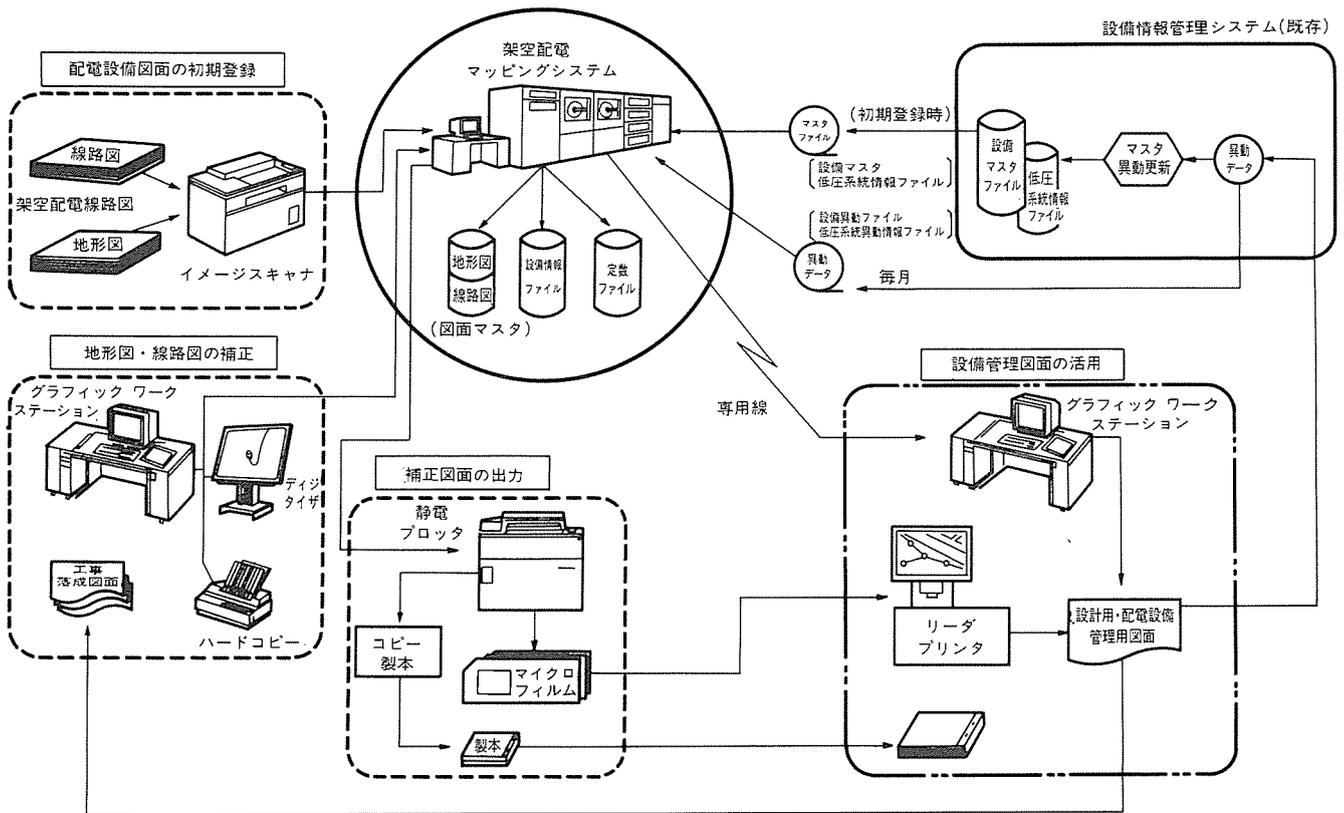


図1. システム概要図

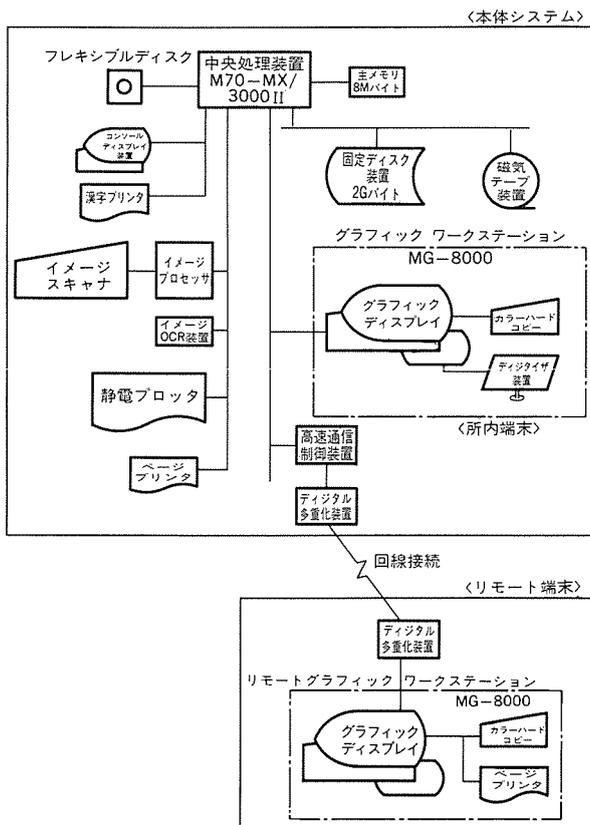


図2. システム構成図

表2. システム主要機器一覧

装置名	概略仕様
中央処理装置 M70-MX/3000 II 固定ディスク装置	スーパーミニコン、マスタ/スレーブプロセッサ、キャッシュメモリ、主記憶容量：8バイト 記憶容量：500 Mバイト×4台 (2 Gバイト)
磁気テープ装置	記憶密度：6,250RPI
イメージスキャナ	解像度：16ドット/mm、最大読み取りサイズ：A1
イメージプロセッサ	専用プロセッサ、イメージメモリ：48 Mバイト
イメージOCR装置	明朝・ゴシック・手書き漢字辞書、知識処理付き
ページプリンタ	カット紙、用紙サイズ：B4
静電プロッタ	分解能：16ドット/mm、最大作画サイズ：A1
グラフィックワークステーション MG-8000	20インチカラーグラフィックディスプレイ装置、 分解能：1,280×1,024ドット
グラフィックワークステーション MG-8000	セグメントバッファ：3.8 Mバイト、入出力装置： タブレット、カラーハードコピー (A3サイズ)、 デジタルタイザ (A0サイズ)
デジタル多重化装置 MELMUX	回線速度：384Kbps、インタフェース：X. 21

印字出力などのバッチ系処理及びマスタデータ保管を行い、グラフィックワークステーション側で画面表示制御、デジタルタイザ処理を実行する。

(2) 専用画像処理装置の利用

地形図・線路図の自動入力（読み取り、認識）にA1サイズのイメージリーダー（分解能：16ドット/mm）と専用イメージプロセッサ（画像メモリ48Mバイト実装）を活用する。

(3) 高性能グラフィックワークステーション

広域地形図面検索・表示に最適なマルチウィンドウ機能、カナ漢字変換入力機能を持つグラフィックワークステーションと図面審査用のA3サイズカラーハードコピー装置、A0サイズデジタルタイザ装置を使用する。

(4) 図面伝送ネットワーク構成

所内端末以外に、事業所での図面検索を目的としたリモートグラ

(1) 分散処理構成

中央処理装置側では、図面自動入力、設備情報の展開処理、編集

フィック ワークステーションを設置し、光ファイバケーブルによる高速デジタル回線とデジタル多重化装置《MELMUX》を介して接続する。

3. システムの特長

このシステムは、初期図面登録、マッピングデータ構成、図面補正方式などの諸面で、以下の特長を持っている。

3.1 初期図面登録方式

30万枚に及ぶ多量図面を手動で初期登録するのは費用や期間的な問題があるため、このシステムでは高速・高精度な図面自動読み取り・認識機能を実現している。初期図面登録は、入力前段処理、地形図認識処理、線路図認識処理に大別できる(図3)。架空配電線路図(地形図・線路図)の認識対象を表3に示す。

3.1.1 入力前段処理

地形図、線路図を各々最大40枚を1グループとし、グループ単位

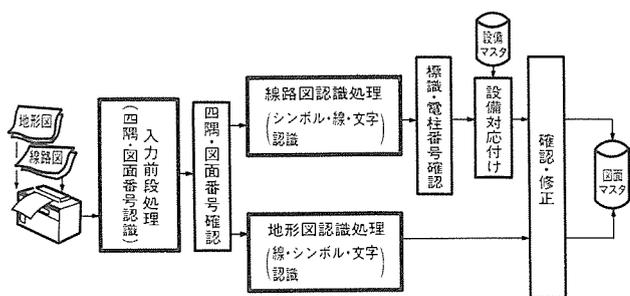


図3. 図面入力フロー

でイメージスキャナにより読み取る。読み取ったデータは2値画像(白ドット='0', 黒ドット='1')の形式でイメージプロセッサのメモリ(16Mバイト/枚)に入り、ノイズ除去、データ圧縮して保管する。とのとき、事前に設定した図面枠領域で四隅認識を実施し、更に図面番号エリアを画像エリアを画像上から切り出し、文字認識装置(OCR)により図面番号の認識を行う。図面番号はデータ保管時のキーであり、オペレータの確認・修正も可能である。

3.1.2 地形図認識処理

地形図は、線分・文字・シンボルから構成されるが、ベクトル化・構造解析・文字認識後、家屋・道路・市郡界などにレイヤ分けして地図利用面から意味ある構成に分類する。処理方式を次に示す。

- (1) 入力前段処理で登録した地形図の2値画像データをイメージプロセッサを用いて線素化、線幅測定し、長ベクトル化・構造解析を行う。
- (2) 線分図形を線幅や線分構造により家屋・鉄道・道路などに分類し、流水方向、鉄塔、地番などは特徴形状の判定によるシンボル認識にて分類する。
- (3) 市町村名、道路名、需要家名などの名称については、文字相当領域を切り出し、そのサイズにより明朝・ゴシック・手書きの各漢字碎書を選定してOCR装置により文字の認識を行う。
- (4) 線分、所定のシンボル図形と文字認識結果を統合して、レイヤ構造を持った地形図認識結果とする。

3.1.3 線路図認識処理

線路図は、本柱・機器・電線・引込み・接続に関連する各種シンボル、線分、文字から構成されるが、認識の目的は下記となる。

表3. 認識対象一覧

図面四隅・図面番号		地形図		線路図	
地形図	<四隅点> 	家屋 	鉄道 	本柱 ・ 付属柱	
	<図面番号> 	市郡界 	道路, 階段, 河川 ほか 		機器 関連
線路図	<四隅点> 	土手, 流水方向, 鉄塔 ほか 	地番, 消防対策 	電線 関連	線路
	<図面番号> 	名称類 (市町村名, 道路名, 需要家名 ほか) 	引込 関連		線路 内容
			接続 関連	小柱・ 引込点・ 地中点 	引込線・ 地中線
				接続 関連	種別・ セクション

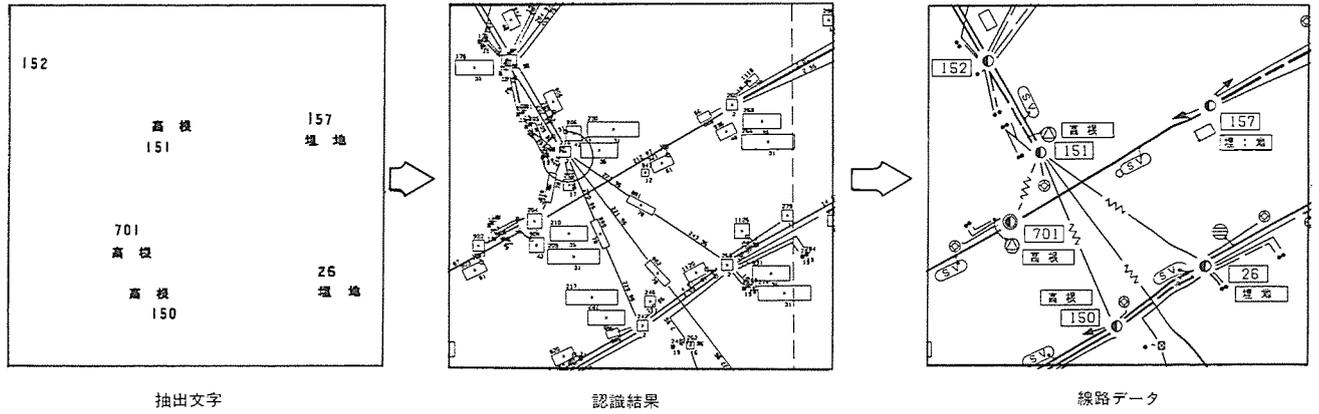


図4. 線路図認識処理例 (部分図)

- ・ 本柱シンボルの図面内位置座標を得る。
- ・ 既存の設備情報管理システムになく、手書き図面上にのみ存在する付属柱、引込関連データをコード化する。
- ・ 設備情報管理システムのデータと本柱・機器・電線・接続関連の図面認識結果を相違照合チェックする。

線路図の認識方式を以下に示す。

- (1) 地形図と同一方式にてベクトル化を実施する。
- (2) 孤立シンボル、接触シンボルに対して形状特徴量を算出し、本柱シンボル、機器シンボル、電線シンボル、付属柱・引込関連シンボルに分類識別する。
- (3) 本柱シンボルの一部である電柱標識名、電柱番号に対し、明朝体漢字辞書で文字認識を実施し、電柱シンボルのキーとする。電柱標識には知識辞書を活用し認識率の向上を図る。

- (4) 電線、引込線は、ベクトル化データにより線認識し、上記シンボル間の接続情報を作成する。接続関連情報も同一処理する。

線路図認識処理実施時の図面処理例を図4に示す。

線路図認識結果は、本柱キーとシンボル、及びシンボル間接続から構成される。後処理として既存の設備情報管理システムの設備マスタ、低圧系統情報マスタと認識結果の本柱キー(標識と電柱番号)を基準に対応づけ処理し、線路図データを初期作成する。

3.2 マッピングデータ構成

初期図面登録した図面データは、地形図データと線路図データから構成され、既存設備情報管理システムから展開した設備情報ファイルを属性情報として連係する。マッピングデータの主要ファイルは下記であり、事業所単位で管理する(図5)。

- (1) 定数ファイル

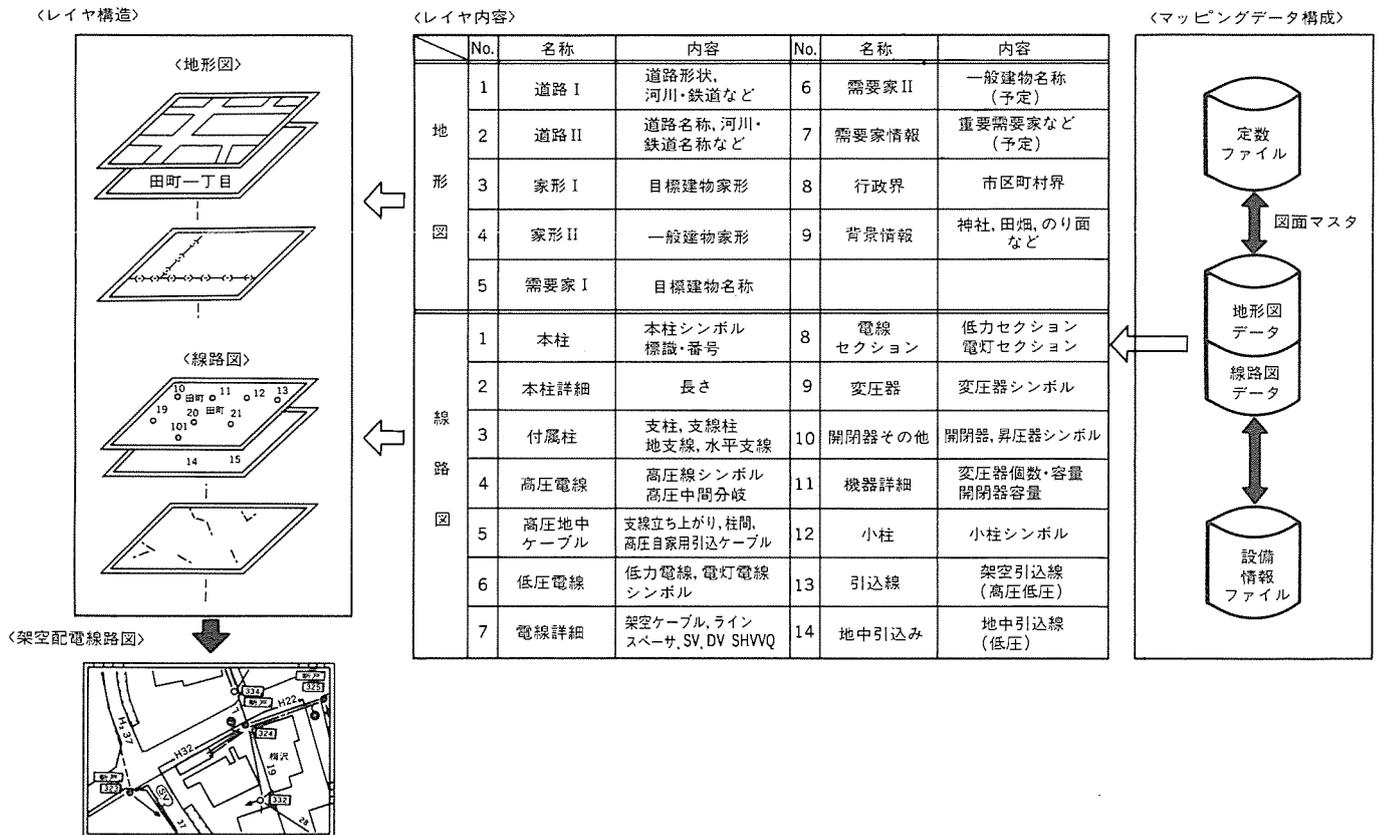


図5. マッピングデータの構造

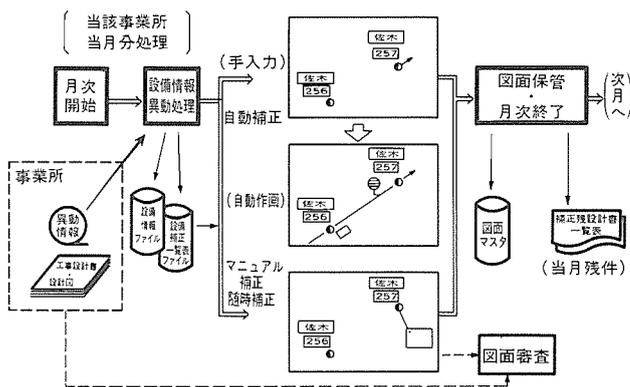


図6. 補正処理フロー



図7. グラフィック ワークステーションの構成

高低圧配電メッシュサイズ、メッシュ番号、地図原点。事業所名称、住所名称、配電ブロック名称・番号。

(2) 図面マスク

地形図データと線路図データの集合体。図面管理情報/レイヤ情報/グループ情報/図形要素情報で構成。

(3) 設備情報ファイル

線路図データの属性情報に相当。電柱、電線、機器について各々の配電設備情報を保持。

図面の検索に当たっては、①図面番号(低圧メッシュ番号)、②町名称、③電柱番号により対象エリアの表示が可能であり、線路図データと設備情報ファイルの連係により、表示中の線路図に対し、本柱、機器、電線の個別シンボル対応で設備情報ファイルの内容を表示できる。

3.3 図面自動補正方式

既存の設備情報管理システムから毎月発生する設備異動情報を取り込み、線路図データと設備情報ファイルの連結性を活用して、設備の異動内容を自動的に図面上に反映する図面自動補正処理が可能となる。補正処理フローを図6に示し、処理方式を以下に示す。

(1) 月次処理開始

事業所ごとに月単位の補正処理開始を示す。

(2) 設備情報異動処理

設備異動情報と低圧系統異動情報をMT(磁気テープ)入力展開処理し、設備情報ファイルとマージするとともに、設計書番号単位、図面番号単位にまとめた設備補正一覧表ファイルを作成する。

(3) 自動補正

設備補正一覧表ファイルの内容に従い、電柱・電線・機器の新設・

電	柱	電	線	機	器	引	込
...

図8. デジタイザメニュー例

撤去・撤去新設といった異動内容を線路図上に逐次自動反映し、オペレーションガイドに沿って座標位置の指示や処理実行の可否を対話形式で入力する。なお、異動情報として、上がってこない地形図修正や引込関連の修正については、事業所から入手した設計書番号に対応した落成設計図を用いてマニュアル補正や随時補正処理で図面を修正する。

(4) 図面保管・月次終了

当月分の図面補正、審査終了後、図面変更内容を図面マスクに反映する。設備補正一覧表ファイルの残分があれば、次月に繰り越す。

3.4 高度マンマシン処理機能

架空配電線路図や各種設定表の表示・印字、及び図面補正を効率良く実施するために、このシステムでは特長のあるマンマシン機能を付加している。グラフィックワークステーション構成を図7に示す。

(1) マルチウインドウ表示機能

架空配電線路図上の詳細設備情報表示や、図面補正時のシンボル選択にマルチウインドウを使用する。

(2) デジタイザによる大型図面補正

大規模工事の設計図(A1サイズ以上)補正時に、タブレットと同一形式でデジタイザを使用する。デジタイザコマンドメニューを図8に示す。

(3) A3サイズカラーハードコピーによる図面審査

架空配電線路図の補正後審査を見やすくするため、A3サイズカラーハードコピーを採用する。

(4) ページプリンタによる帳票出力

B4サイズの日本語ページプリンタにより、フォームオーバーレイ機能を活用した各種帳票を出力する。

(5) 高精度静電プロッタによる印字

オートカット機能付きの高精度静電プロッタにより認識結果、架空配電線路図を枚数、サイズ(A1/A3)、レイヤ指定で印字出力する。

4. システムの機能

以下に架空配電マッピングシステムの業務別機能を示す。

4.1 メニュー構成

図面マスク・設備情報ファイルは事業所単位の管理であり、業務開始に際しては、対象事業所を事業所境界図から選択する。一方業務メニューは、メインメニューとサブメニューにより構成され、オペレータごとのユーザーID(識別子)とパスワードチェックを各メニュー選択時に行う。メニュー構成を表4に示す。

表4. メニュー構成

メインメニュー	サブメニュー
登録業務	(1) 設備情報登録 (6) 地形図入力状況検索 (2) 地形図入力 (7) 線路図入力状況検索 (3) 地形図修正 (8) 登録業務関連リスト出力 (4) 線路図入力 (9) メッシュ接合処理 (5) 線路図修正 (10) 図面入力設定値登録
補正業務	(1) 月次処理開始 (5) 月次処理終了 (2) 設備情報異動処理 (6) 補正業務関連リスト出力処理 (3) 図面補正 (7) 月次処理確認 (4) 図面保管 (8) 随時補正
統計業務	(1) 補正業務統計 (リスト出力) (3) システム管理統計 (リスト出力) (2) 随時統計 (リスト出力)
検索業務	(1) 供給区域図検索 (3) 電柱番号索引簿検索 (2) 架空配電線路図検索 (設備情報検索) (4) 設備条件抽出
編集出力業務	(1) 架空配電線路図出力 (2) 電柱番号索引簿出力 (配電ブロック索引簿出力) (リスト出力)
定数表管理	(1) 事業所マップ情報管理 (4) 名称テーブル管理 (2) 図面一括出力設定値管理 (事業所一覧表, 住所一覧表) (3) 配電ブロック定数表管理 (5) 図面登録一覧表管理 (6) 定数表リスト出力
システム管理	(1) マスタ情報登録 (3) パスワード定数表 (2) MT 管理

4.2 業務処理機能

(1) 登録業務

事業所ごとの初期図面入力に関する業務であり、既存システムから設備マスタ、低圧系統情報マスタを磁気テープ(MT)を介して登録・展開後、地形図・線路図をグループ単位に自動入力する。認識結果を必要に応じて修正し、確認後図面マスタに登録する。また、図面入力時のパラメータ設定や入力状況検索、認識状況の印字出力、設備情報と線路図認識結合対応付け時の調査表出力を実行する。

(2) 補正業務

月単位に発生する設備異動情報を MT から入力し、事業所ごとに登録業務で作成した設備情報ファイルとマージし、対話形式で補正する。処理方式は次の3種類から選択実行する。

- (a) 自動補正……設備異動情報に沿って計算機から自動的に指示されるガイド方式にて逐次入力作業を行う。
- (b) マニュアル補正……設備異動情報に含まれない引込関連を中心に手動により補正する。
- (c) 随時補正……手動により随時、図面補正を行う。

(3) 統計業務

補正業務時の業務作業量、架空配電線路図の設備数量、ハードウェア使用回数を統計・集計処理して、帳票形式で印字する。

(4) 検索業務

図面マスタに登録されている架空配電線路図をメッシュ番号指定、町名指定、電柱番号指定により表示する(図9)。表示図面に対するレイヤ指示、表示中設備の詳細仕様検索が可能であり、また電柱・電線・機器に対し、丈尺、種別、製造年月といった指定条件を設定し設備情報ファイルにより抽出処理できる。

(5) 編集出力業務

指定内容に沿って、架空配電線路図を静電プロックに随時又は事業所一括で出力する。また、電柱番号の一覧表を電柱標識単位でペ

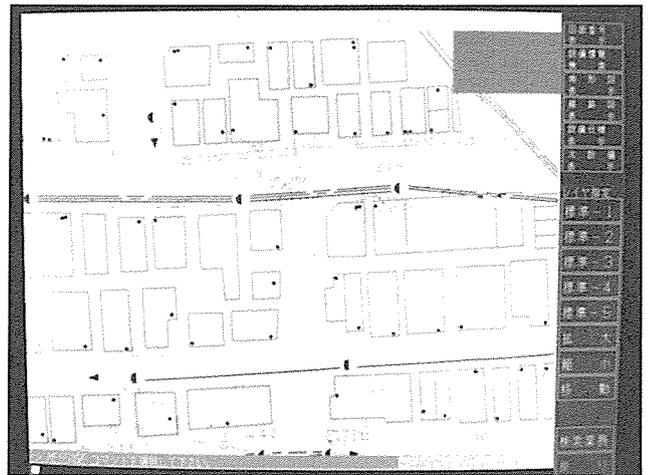


図9. 架空配電線路図の表示例



図10. 架空配電線路図の印字例

ージプリンタに印字する。印字例を図10に示す。

(6) 定数表管理

メッシュ定義情報やメッシュ番号順序、事業所名称や電柱標識名称、住所一覧など、システム運用に必要な定数データを事前入力し、保管・帳票出力する。

(7) システム管理

図面マスタ、設備データなどの MT 保管、MT 使用状況の管理、及び利用者のパスワード管理を行う。

5. むすび

このシステムは、多量に存在する既存図面を自動入力し、機械処理するための高度な認識機能を持つマッピングシステムであり、昭和62年10月から試験運用に入った。以降は、ポールマップ、高圧系統図等の関連図面処理機能を追加し、更に設計図作成システムへと展開する予定である。

最後に、このシステムの開発に際し、御指導、御協力いただいた関係各位に深く感謝の意を表する次第である。

配電設備教育支援システム

太田好彦* 岩上克義**
市瀬欣二* 田中英二***
山西麻雄**

1. ま え が き

高度情報化社会の到来に伴い、社会の電力依存度がますます高まる中、電力会社では業務の機械化、高信頼度化を推進するとともに、電力設備運営に携わる要員の教育・訓練に関する諸施策を講じている。配電部門では、膨大な数の顧客とかがかわることから、多種多様な業務知識が必要であり、新任者・転任者は正確・迅速な知識習得を要求されている。

従来、実務教育は、部門ごとに定める基準・規程・要領などを基にOJTで行われるのが一般的であった。しかし、新任者・転任者の初期教育用教材は、必ずしも適切、充実されてなく、またOJTは時間的制約があるため、新たな教育形態が求められてきた。

近年の計算機技術の発展は、高性能、小型、安価なパソコンを出現させ、AV (Audio Visual) 技術の進展は、ビデオディスク、モニタテレビの高精細化、計算機との親和性向上、さらに計算機システムとしてマンマシンインタフェースを良好なものとしている。

一方、大学、教育機関などでは、計算機を利用した効果的な教育支援システム (Computer Assisted Instruction: CAI) の開発が活発に行われている。当初、CAIシステムは、多数の履習者を対象とする教育現場に導入されたが、次第にその範囲を広げ、企業内の各部門教育を目的とした高性能パソコンとAV機器によるコンパクトな個人学習システムが実用化されつつある。

本稿では、今回開発した最新鋭パソコン《MULTI 16 IV》とビデオディスクによる“電力用実務教育システム”の特長と基本機能について述べる。また、具体応用事例として、中部電力㈱へ納入した“配電視聴覚教育システム”の概要を紹介する。

2. 電力用実務教育システム

2.1 特長

電力会社の業務は、電力設備の操作、法令・基準に照合させる確かな判断を要する運転・保守・高度に機械化された事務作業など複雑多岐にわたる。“電力用実務教育システム”は、電力設備の計画・設計・工事・運転・保守に携わる要員を対象とした、現場での教育・訓練を目的としたCAIシステムであり、このシステムの特長を以下に示す。

(1) 説得力あるコースウェア

最新のAV技術を駆使し、教材となるコースウェアは、映像(動画・静止画)、パターン画、連続的に画面を切り替えるアニメーション、文章、数式、音声など多彩なメディアにより構成され、実践的で説得力のあるものを提供する。

(2) 直感的で容易な学習進行

パソコンを活用し、「見て・聴いて・考え・触れる」新時代の個別学習体系を実現する。学習者の知識レベルにより、項目のスキップ・補足説明・反復操作による効果的な学習進行、また例題・確認テストによる理解程度の確認が可能である。学習進行は、すべてモニ

タテレビ画面を直接触れる直感的操作とし、キーボード操作の煩しきから解放され、初心者でも容易に使うことができる。

(3) 知的CAIシステムへの発展

エキスパートシステムとの結合により、知識工学を応用した知的CAIシステム、またネットワーク結合による総合CAIシステムへの拡張・発展が可能である。

2.2 ハードウェア構成

ハードウェア構成を図1、基本仕様を表1に示す。このシステムは、パソコンを中核に、ビデオディスク、スーパインポーザ、アンプ、ヘッドホンなどのAV機器、及び学習進行操作を行うタッチパネルから構成される。

(1) パソコン

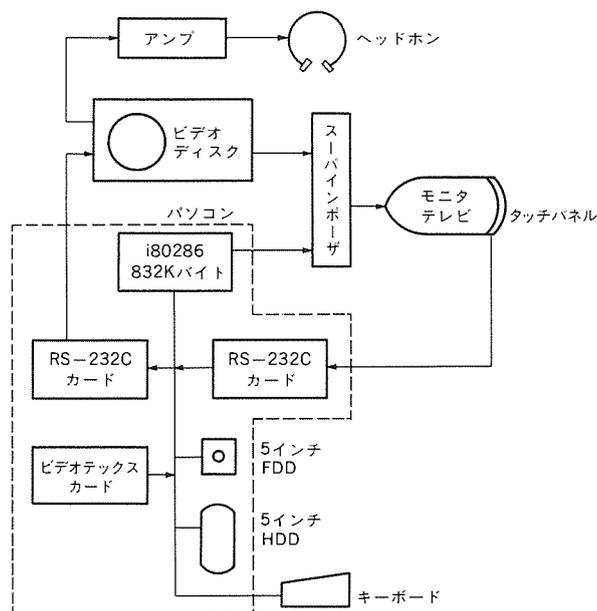


図1. ハードウェア構成

表1. ハードウェア基本仕様

装置名	型名	仕様
パソコン	MULTI 16 IV (III, II)	CPU: i 80286 主メモリ: 832 Kバイト RS-232 Cカード 2枚, ビデオテックスカード 1枚増設
ビデオディスク装置	LD-V600	方式: レーザ方式 ディスク容量: 静止画 54,000 枚 動画 約 30 分
スーパインポーザ	FS-1000	入力信号: NTSC コンポジット, デジタル RGB 出力信号: NTSC コンポジット
タッチパネル	MT-1400	方式: 光線方式 素子数: 縦, 横とも 64 の LED-ホトトランジスタ対 モニタテレビに装着
モニタテレビ	PVM-2090	20 インチ カラー

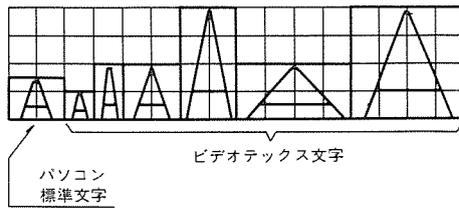


図 2. ビデオテキスト文字

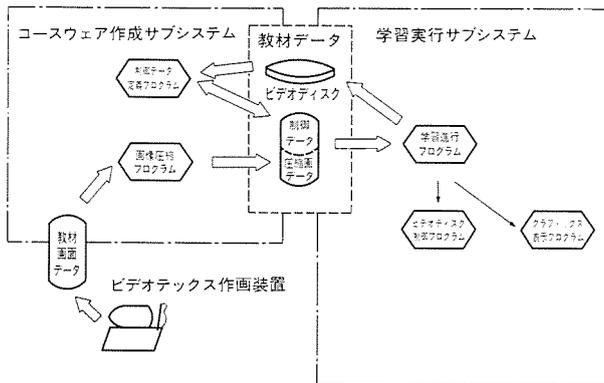


図 3. ソフトウェア構成

CPU に i 80286 を採用し、高速処理可能な《MULTI 16 IV》に、図 2 に示す 6 種類の文字フォントを備えたビデオテキストカード及びタッチパネル、ビデオディスク制御通信用の RS-232C カードを付加する。

(2) ビデオディスク装置

ビデオディスク装置は、光学非接触方式（レーザー方式）で、鮮明な映像と音を再生する。また、パソコンからのフレーム No. (番地) 指定により、任意の映像・音をランダムに検索することができる。

(3) スーパーインポーザ

パソコンの CRT 出力信号とビデオディスク装置の出力信号を合成して、映像、文字を組み合わせた画面をモニタテレビに表示する。

(4) タッチパネル

モニタテレビ前面枠（ベゼル）の上下左右に、64対の受発光素子（LED 式）を配列し、画面を指触するとき遮断される赤外線位置から、学習者の指示座標を検出する。画面へフィルム等の張付が不要のため、この方式は、管面の反射・にじみがなく、視認性を向上させている。

2.3 ソフトウェア構成

ソフトウェア構成を図 3 に示す。コースウェア作成サブシステムとコースウェア（教材データ）及び学習実行サブシステムに大別される。コースウェア作成サブシステムは、制御データ定義プログラム、画像圧縮プログラムと初期画面作成のために別途用意するビデオテキスト作画装置、学習実行サブシステムは、学習進行プログラム、グラフィックス表示プログラムとレーザーディスク制御プログラムから構成される。

(1) ビデオテキスト作画装置

簡単な対話操作で、詳細なパターン、アニメーション、文章、及び算式などの教材画面データを作成する。文字パターンは、通常のパソコン標準文字のほか、判読容易なビデオテキスト文字を使用可能としている。

(2) 画像圧縮プログラム

教材画面データを実行形式に変換するとともに、データ圧縮により、学習実行時の表示性能を向上させる。

(3) 制御データ定義プログラム

学習進行を決めるコースウェア制御データの作成を行う。制御データは、教材の章構成、質問の要求に対する説明、例題回答の正否など、学習フローの条件制御情報を定義する。

(4) 学習進行プログラム

学習者の操作に応じて、レーザーディスク制御プログラム、グラフィックス表示プログラムを起動し、学習進行処理を行う。

(5) レーザディスク制御プログラム

制御データに定義されるフレーム No. に基づき、レーザーディスク装置を制御し、特定の映像・音声を再生する。

(6) グラフィックス表示プログラム

圧縮画像データを伸長し、パターン画、アニメーションの表示を行う。

3. 学習支援機能

3.1 学習進行

学習教材の媒体となるコースウェアは 1 ページごとの画面で構成される。学習進行は図 4 に示すように、先頭画面から順送りする順次学習、及び任意特定章について学習する選択学習の 2 種類が可能である。

(1) 順次学習

先頭から一画面ずつ進めることにより、全内容を一通り学習する。内容に不明点があれば、随時画面を戻し反復学習する。

(2) 選択学習

画面に表示された章番号を直接触れ、当該章から学習する。戻し操作により、元の章メニュー画面に戻り、再選択可能である。

3.2 説明機能

説明の流れを図 5 に示す。

(1) 画面表示処理

図 6 に示すように、映像・アニメーションなどの動画、及び静止映像・パターン画・文章・数式などの静止画を表示する。

(2) 音声再生処理

画面に対応した説明音声を再生する。

(3) 音声同期処理

説明音声に同期して、当該箇所を矢印表示、フリッカ表示、反転表示する。

3.3 学習補充機能

学習効果向上のため、次の機能を持っている。

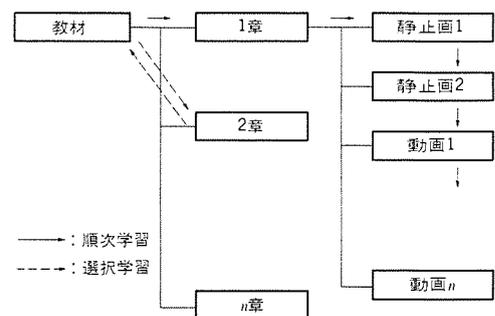


図 4. 学習進行

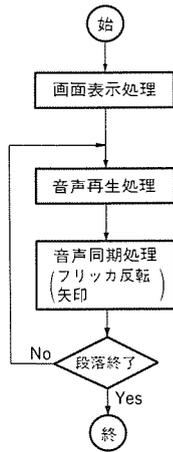


図 5. 説明の流れ

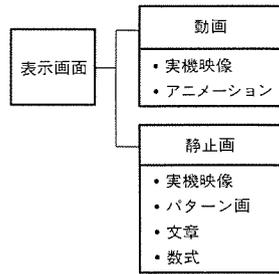


図 6. 画面表示内容

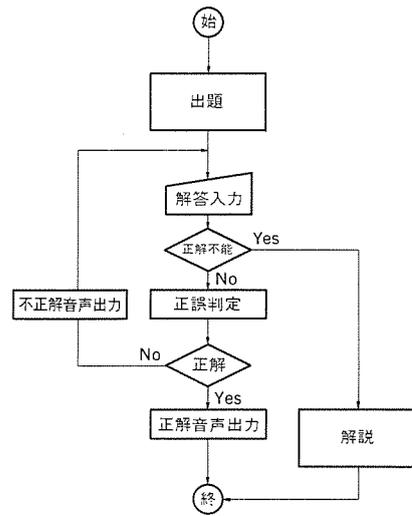


図 7. 例題の流れ

(1) 質問

説明文の語句、映像に疑問がある場合、対象物を直接触れて質問を行う。対象物に対しあらかじめ定義した解説画面を表示し、音声による説明を行う。理解後、戻し操作により元画面に戻る。

(2) 例題・テスト

例題やテストは図 7 の手順で実行され、学習者の理解度をチェックする。学習者が回答を入力すると、正誤判別を行い、回答の不正箇所を示す。学習者が正解不能の場合、正解の提示、回答方法の解説を行う。

(3) 休憩

VDT (ビデオディスプレイ ターミナル) 作業による目の疲労防止、気分転換を目的とした休憩画面が挿入できる。休憩画面は、複数の映像・パターン画を用意し、この中から乱数選択し表示する。背景には軽音楽を流し、心身のリラックスを促す。

(4) 評価

学習終了時、例題・テストの解答状況により、学習評価を行う。例題・テストの結果から、優・良・可の3段階評価を行い、評価結果と重点学習ポイントを音声で解説する工夫を行っている。

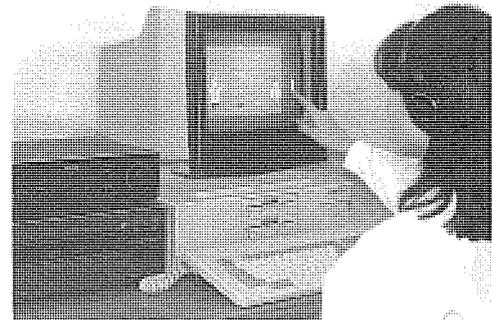


図 8. システムの外観

4. 配電視聴覚教育システム

4.1 システムの導入

配電視聴覚教育システムは、中部電力㈱の特級営業所に、配電分野における新任者、特に若年層の実務教育を目的に導入され、既に運用し実効を上げている。このシステムの外観を図 8 に示す。

(1) コースウェアの開発

表 2 に示すように、設計技術計算、業務機械化、業務遂行基準の分野について配電部門を対象に選定し、計14コースを開発する。コースごとの学習時間は、実務遂行、VDT 衛生基準への考慮から30~40分を標準とし、超過する場合は、途中休憩画面を挿入する。教材データは、パターン画・アニメーション・文章・数式など画像と音声を採用する。今後、開発を予定している“計器業務”では、更に実計器、取替作業など実映像を併用し、臨場感のあるシステムにする予定である。

(2) 利用形態

このシステムは独立型 (スタンドアローン) で、事業所の新任者は上長の OJT 教育の補佐として、業務の合い間を使って学習を行う。

表 2. コースウェア一覧

教材名	教育内容	学習時間
支持物強度計算	● 荷重の計算方法 ● 支持物・基礎の強度計算	1時間30分
支持物敷地管理業務	● 民地業務、官地業務 ● 移設補償業務	40分
低圧負荷計算	● 低圧配電方式 ● 負荷電流計算 ● 変圧器の稼働率計算	40分
配電業務機械化概要	● 業務機械化システムの開発経緯・業務の流れ	30分
設計図作成方法	● 設計図の役割 ● 設計図作成のポイント	25分
現場設計の注意事項	● 支持物、電線ほかの設計 ● 現場における注意事項	30分
高圧供給検討	● 高圧線電流計算 ● 高圧線高圧降下計算 ● 変電所変圧器の稼働率計算	45分
低圧供給検討	● 営業部門における検討業務 ● 設計者の検討事項	30分
3年一括支払い業務	● 3年に一度支持物敷地料支払い業務の流れ	40分
配電予算と経理	● 予算業務の流れと経理関係の基礎知識	40分
負担金計算	● 負担金の考え方とその計算方法・会計処理の概要	30分
補償金算定	● 補償の基本的考え方と補償金計算・会計処理の概要	30分
配電オンライン	● 配電オンラインの業務概要と注意事項	30分
計器業務	● 変成器付計器の理論と概要及び組合せ計器の種類	1時間

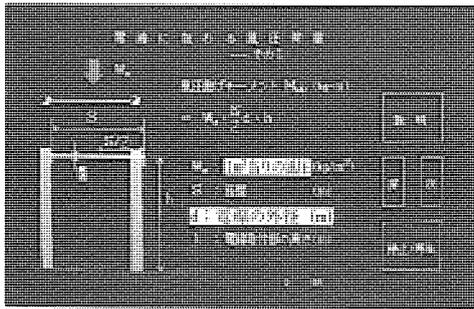


図9. 算式説明画面

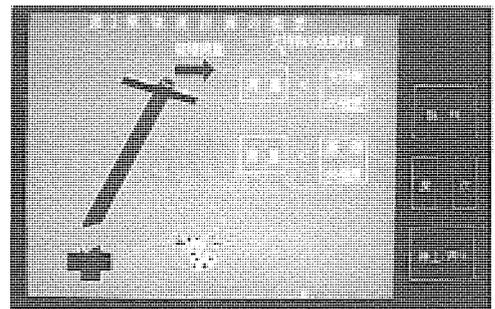


図10. アニメーションになる説明画面

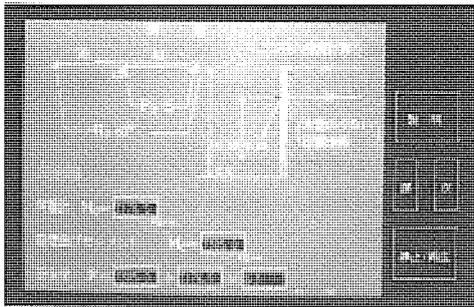


図11. 例題画面



図12. 休憩画面



図13. 評価画面

4.2 学習実行例

図9～図13に“支持物強度計算”の特徴的な画面例を示す。

(1) 算式の説明 (図9)

ビデオテックス文字パターンにより、添字を含む算式を表示している。音声同期処理により、画面上の文字「d:電線の外径(m)」、「d」を反転表示している。

(2) 概要の説明 (図10)

アニメーションで、強度不足の電柱が折れる様子を示し、強度計算の意義を説明している。

(3) 設計例題 (図11)

安全率算出を問う例題である。回答欄の数字は、学習者が入力したものである。

(4) コーヒーブレイク (図12)

休憩画面の一例である。ほかに3通りのパターンがある。

(5) 評価 (図13)

例題テストの正解率が50%以下のため、「可」と総合評価された例である。

5. む す び

電力用実務教育システムの基本機能、システム構成、及び応用例として配電視聴覚教育システムの概要を述べた。最近電力会社では、発電・給電分野で教育支援のほか、運転員訓練用シミュレータの導入が進められている。電力用実務教育システムは、運転訓練の前段階で基本知識の習得に最良の効果を発揮する。教育支援システム、訓練用シミュレータを組み合わせることにより、実践に即した効果的な総合教育体系を完成させることが期待される。また、今後も各現場ニーズに応じた適切なコースウェアの開発を進め、教材充実を図る所存である。

最後に、このシステム開発に当たり、御指導、御協力いただいた関係各位に感謝の意を表する次第である。

参 考 文 献

- (1) 植田ほか：ビジュアル・インタフェースに関する一考察, SICE 第1回ヒューマン・インタフェース・シンポジウム, (昭60)
- (2) 吉沢ほか：保守教育支援システム ADVISOR の開発, 電力技術研究会資料 (昭62-7)

配電用変圧器の技術的変遷と最近の柱上変圧器

藤井二郎*
養輪保*

1. ま え が き

6 kV 配電設備をめぐる最近の情勢として、電力需要の増大と都市機能の高度化などの都市構造の変革に対応した配電設備機器に対する高信頼度化への要求が高まっている。こうした社会的背景のなかで柱上変圧器に対しても、

- (1) 高信頼度・高品質化
 - (2) 機器のコンパクト化と環境調和への対応
 - (3) 電力損失低減への対応
- などが要求されている。

当社でも、これらのニーズに対応した新しい配電用柱上変圧器を開発し配電線路への適用を図ってきているが、この開発に当たっては配電用変圧器の長い技術的変遷の中で培われた設計・製作技術の進歩と材料開発に負うところが大きい。

本稿では、配電用変圧器の技術的変遷とこれら技術を応用した最近の配電用柱上変圧器について紹介する。

2. 配電用変圧器の技術的変遷

油入変圧器は鉄心、巻線から成る中身本体とこれを収納する変圧器タンク及びブッシング等の付属品、絶縁油から構成されている。配電線路における装柱機材の中での重要機器の一つである柱上変圧器は、負荷密度の増大に伴って大容量化となっており、装柱の関係から小型軽量化への要求が強く、また電力損失低減の要求から変圧器の低損失化が従来から指向され、これらのニーズに対応するため、当社では鉄心、巻線、タンクなどの改良を進めてきた。

鉄心については、昭和33年に鉄心構造を従来の積鉄心からラップジョイント方式の巻鉄心として単相50kVA以下の柱上変圧器に採用して以来、設計、製造技術の改良を重ね、現在では大容量の単相変圧器及び三相変圧器にも巻鉄心構造を採用している。鉄心材料も、無方向性けい素鋼帯から方向性けい素鋼帯へと移行し、現在では更に磁気特性の優れる高配向性けい素鋼帯を採用している。また、柱上変圧器には一層の低損失化を図るため渦電流損の少ない薄板化高配向性けい素鋼帯も採用している。

巻線技術では、当社は昭和37年に耐熱絶縁紙を一部採用、昭和42年に低圧導体にシート巻線、昭和44年にコイル絶縁として絶縁紙表面にエポキシ樹脂をパターン状に配置し、加熱乾燥時に硬化、コイルを固着する接着絶縁紙を採用してきた。

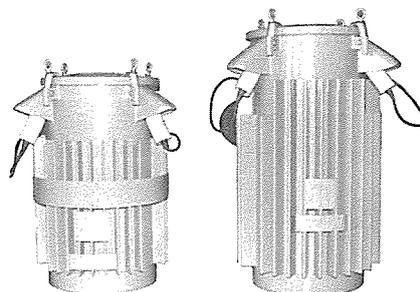
低圧巻線にシート導体を使用したコイルは平角導体を使用したコイルに比べ、短絡時の軸方向機械力が大幅に低減されるためコイルの保持具が不要となり、構造が簡素化されるとともに鉄心窓内におけるコイル導体の占積率が改善されるため、変圧器の小型、軽量化に有効である。

また、耐熱絶縁紙使用変圧器は従来のクラフト紙使用変圧器に比べ温度上昇10°Cアップでほぼ同程度の寿命を期待できることから、多くの電力会社において耐熱絶縁紙を使用した65°C仕様変圧器が大

容量の柱上変圧器に適用されてきている。

変圧器タンクの技術的変遷としては、従来の主流であったフィン冷却に対し、冷却効率の優れるコルゲート放熱器が主流となってきている。コルゲート放熱器は変圧器の側板を連続的に波形に成形し、コルゲート内に直接絶縁油を通し放熱する構造であるため、冷却特性がフィンに比べ優れている。

当社ではこのコルゲート放熱器を昭和40年に一部の大容量柱上変圧器に適用したが、昭和50年代に入りコルゲート製造技術の飛躍的な進歩に伴い、小容量までその適用を広げ、変圧器の小型軽量化に大きく貢献した。図1に最近の低損失型柱上変圧器と従来型の比較を示す。



(左：コルゲート放熱器構造 右：放熱フィン構造)
図1. 変圧器の外観比較 (50kVA)

3. 最近の配電用柱上変圧器

近年の架空配電設備には高信頼度・高品質化、低損失化、環境調和への要求が高まっている。当社ではこれらの社会的ニーズに対応して昭和49年に真空遮断器、アレスタを内蔵した複合型変圧器を開発し、最近では更に一層の低損失化とコンパクト化を進めるとともに、装柱作業の省力化、装柱の簡素化を図った耐雷素子・限流ヒューズ・開閉装置内蔵のコンパクト柱上変圧器や停電工事に対応した工事用変圧器などを開発、製品化している。

これらの製品開発に当たっては前述の材料、製造技術がベースとなっている。以下にこれらの新しい配電用柱上変圧器の特長、構造について紹介する。

3.1 耐雷型柱上変圧器

耐雷型柱上変圧器は低損失設計の柱上変圧器内にZnO(酸化亜鉛)型耐雷素子を内蔵させることにより、変圧器の耐雷保護性を向上させたもので、東京電力(株)との共同研究により開発した柱上変圧器である。

3.1.1 ZnO型耐雷素子

ZnO素子は高純度の酸化亜鉛(ZnO)を主成分に微量のビスマス(Bi₂O₃)等を高温で焼成した金属酸化物で、その電気的特性は図2に示すとおり優れた非直線性を示し、次の特長を持っている。

- (1) ZnO素子は優れた非直線性を示すことからギャッププレス化が

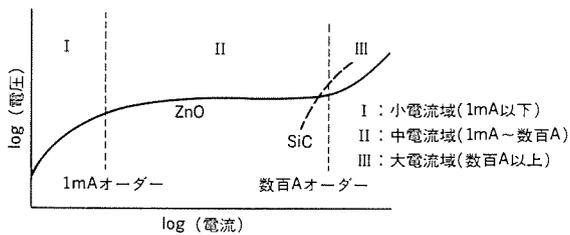


図 2. ZnO 素子の電圧-電流特性モデル

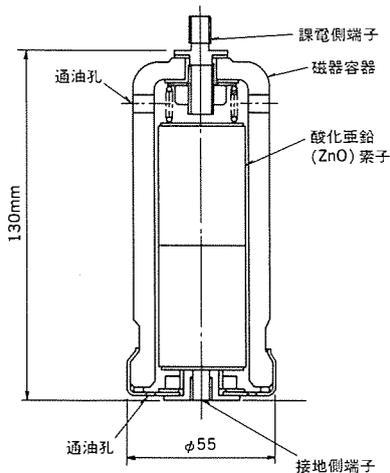


図 3. 変圧器内蔵の耐雷素子の構造図

表 1. 耐雷素子の性能

項目	仕様
定格電圧	8.4kV
公称放電電流	2,500 A
動作開始電圧 (V 1mA)	17kV 以上
制限電圧	2.5kA (8/20 μ s) 36kV 以下 10kA (8/20 μ s) 50kV 以下
雷インパルス放電耐量	10kA (4/10 μ s) 2回

可能となり、これにより従来のギャップ付き SiC 避雷器に見られる火花放電遅れがなくなり、急しゅん波サージに対しても速やかに応答し抑制できる。

(2) 従来の SiC 避雷器ではサージ電流を流した後、回路の交流対地電圧による統流が流れ、避雷器は大きいエネルギーを処理する必要があったが、ZnO 素子はその優れた非直線抵抗性を持つことから統流がほとんど流れず、動作責務を行う際のエネルギー処理はサージ電流だけとなり、多重雷や間欠弧光地絡などの繰り返しサージに対処しやすい。

変圧器内蔵用耐雷素子は図 3 に示すとおり、上述の ZnO 素子を磁器容器に収納したものであり、その仕様を表 1 に示す。

3.1.2 変圧器構造

耐雷型柱上変圧器は上述の ZnO 素子を低損型失変圧器内の油中部に取り付けることにより雷サージから変圧器本体を保護するもので、その構造を図 4 に示す。

3.2 コンパクト柱上変圧器

コンパクト柱上変圧器は装柱機材の高信頼度化、環境調和並びに装柱の簡素化と装柱作業の省力化を図ることを目的とした東京電力(株)の「コンパクト装柱機材開発」の一環として共同開発した変圧器

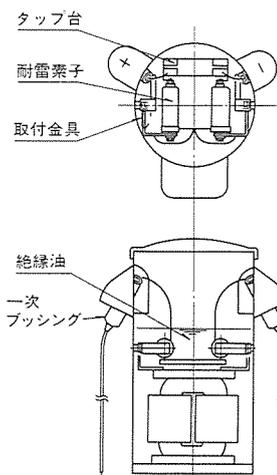


図 4. 耐雷型変圧器の内部構造図

である。

この変圧器は 2 台の単相変圧器中身を 2 段積み、同一タンク内に収納して V 結線した異容量 V 結線変圧器で、耐雷素子、三相一括型一次開閉装置及び限流ヒューズを内蔵して複合化を図るとともに、一次・二次共にスリップオン端末として充電部を隠ぺい化して工事保守の簡素化と安全性向上を図った機器となっている。

3.2.1 定格及び仕様

コンパクト柱上変圧器は V 結線三相 4 線式の電灯・動力負荷共用変圧器で、(20+50) kVA、(30+70) kVA の 2 種類があり、その定格及び仕様を表 2 に、構成略図を図 5 に示す。

3.2.2 構造及び特長

コンパクト変圧器の製品外観写真を図 6 に示す。

(1) 中身構造

変圧器中身は単相変圧器を 2 段階 V 結線とした三相 4 線式変圧器を構成している。鉄心は高配向性薄板けい素鋼帯ラップジョイント

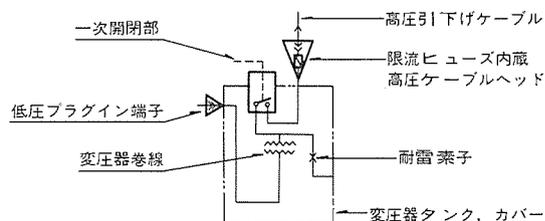


図 5. 変圧器の機械略図

表 2. コンパクト変圧器の定格・仕様

型式	油入自冷式・屋外仕様	
相数	三相	
定格容量	20+50kVA	30+70kVA
定格周波数	50Hz	
結線	異容量 V 結線三相 4 線式	
定格一次電圧	6,600 V ノンタップ	
定格二次電圧	210 V (三相), 210/105 V (単相)	
温度上昇限度	巻線 65°C 絶縁油 60°C	
絶縁階数	一次: 6 号 A 二次交流試験電圧: 2kV	
騒音値	45 ホン以下	
内蔵機器	一次開閉装置、限流ヒューズ、充電部隠ぺい型(一次、二次ケーブル)	

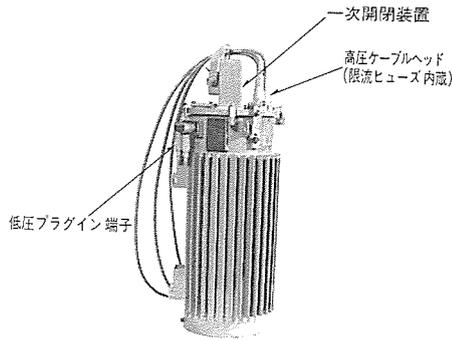


図6. コンパクト柱上変圧器の外観

表3. 工所用変圧器の定格・仕様

型式	油入自冷式・屋外仕様
相数	三相及び单相の2系列
定格容量	三相：30+30 kVA, 20+50 kVA, 30+70kVA 单相：50kVA
定格周波数	50Hz
結線	三相：異(同)容量V結線三相4線式 单相：单相3線式(単三専用)
定格一次電圧	6,600 V ノンタップ
定格二次電圧	210 V (三相), 210/105 V (单相)
温度上昇限度	巻線 65°C 絶縁油 60°C
絶縁階級	一次：6号A 二次交流試験電圧：2kV
騒音値	50 ホン以下
内蔵機器	一次・二次開閉装置, 限流ヒューズ, 検電・検相装置 充電部隠ぺい型(一次, 二次ケーブル)

巻鉄心構造として無負荷損失の大幅な低減を図っている。巻線絶縁には接着耐熱絶縁紙を使用し、巻線温度上昇65°Cライズ化とするとともに、50kVA, 70kVAの低圧巻線導体には銅シートを使用し、耐短絡機械力の向上とコンパクト化、低損失化を図った構造としている。

(2) 一次開閉装置

変圧器を幹線から切り離すことを目的として一次開閉装置を内蔵した。これは従来、変圧器の一次側には高圧カットアウトが設けられ、ヒューズ筒の着脱により幹線と変圧器との切り離しを行っていたものを、一次開閉装置内蔵化により三相一括開閉を可能とし、併せて充電部の隠ぺい化を図ったもので、開閉操作はカバー上に設けた操作ハンドルを操作することにより行うことができる。

(3) 高圧側端子及び限流ヒューズ

変圧器高圧側には充電部を隠ぺいしたケーブルヘッドをふた上面に設け、6.6kV 架橋ポリエチレン絶縁ケーブル(CVケーブル)を引き出すとともに、ケーブル末端にはスリップオン端子を設け幹線と接続する構造とした。また、ケーブルヘッド内には限流ヒューズを内蔵し、変圧器及び負荷側異常時の幹線への事故波及び防止を図っている。

(4) 低圧側端子

低圧側には低圧ケーブル325mm² (u, v相)と60mm² (w, N相)が接続できる充電部を隠ぺいした低圧プラグイン端子を設けた。低圧プラグイン端子は消弧室を持ったスリップオン構造となっており、負荷開閉能力を持たせた安全設計となっている。

3.3 工所用変圧器

最近の需要家ではコンピュータ機器が数多く使用されてきており、配電線工事に伴う停電が許されない状況にある。各電力会社ではこれらの社会的ニーズに対応した無停電工法の研究が進められている。今回、東京電力(株)と各装柱機材メーカーとの共同研究により無停電工法を目的とした各種バイパス工法機材が開発され、当社もこれら機材の一つである工所用変圧器の開発を行ったので、その特長、仕様、構造などについて概要を紹介する。

なお、無停電工法の概要、他の装柱機材の紹介については他の文献にゆだねる。

3.3.1 定格・仕様

表3に変圧器仕様を、図7に外観写真、図8に変圧器結線図を示す。

3.3.2 工所用変圧器の特長

工所用変圧器は高圧配電線路の工事時に、その区間の低圧需要家に電力を供給するために使用される変圧器で、図9に示すとおり工

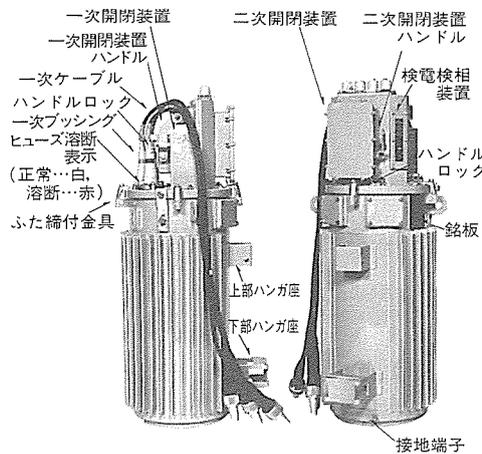


図7. 工所用変圧器の外観と機器構成 (30+30kVAの例)

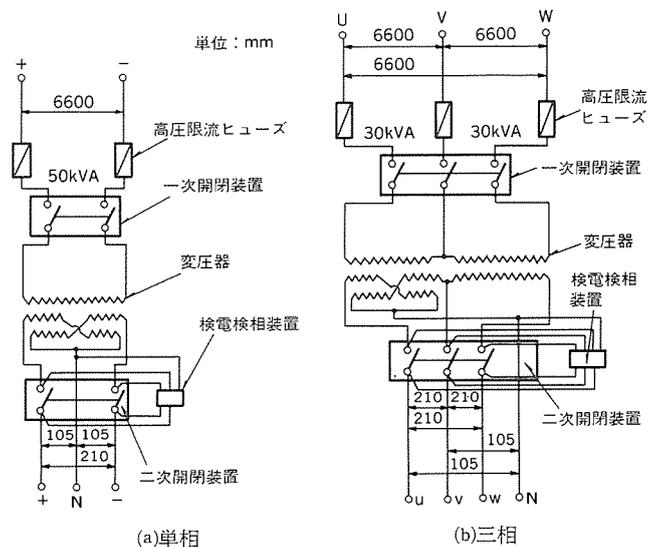


図8. 変圧器の結線図

事区間にバイパス用仮線路を形成し、負荷へ電力を供給する。工所用変圧器の使用方法の一例を図10に示す。工所用変圧器は工事時のみに使用される変圧器で、常時設置される柱上変圧器とは異なり、頻繁な移動、操作が伴うため、信頼性、操作性、安全性を重視した複合型変圧器とし、次の構造と特長を持っている。

(1) コンパクト化

単相変圧器と三相変圧器をシリーズ化し、三相変圧器は3.2節にて

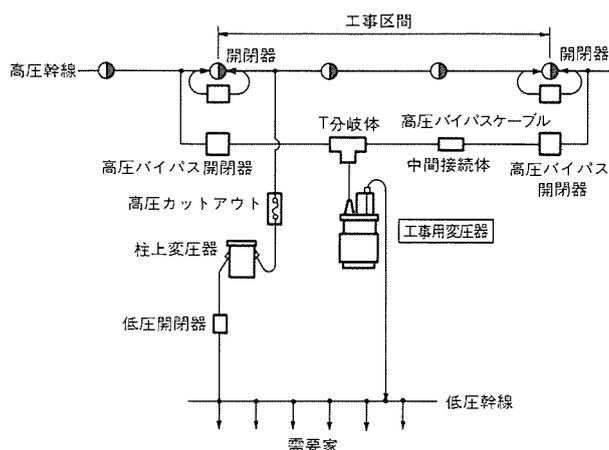


図9. 高压バイパス工法

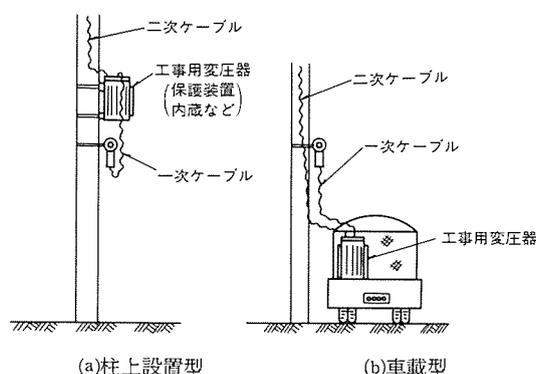


図10. 工事用変圧器の使用方法

紹介したコンパクト変圧器と同様の異容量V結線三相4線式変圧器とし、巻線には銅条、耐熱接着絶縁紙を採用するとともにタンクはコルゲート構造を採用しコンパクト化を図った。

(2) 複合化

一次・二次開閉装置、一次限流ヒューズ、検電・検相装置などの高压から低压へ電力を供給するために必要な装置を内蔵した変圧器で次の機能を持っている。

(a) 高压側機器

変圧器を幹線に接続、切り離すための一次開閉装置を内蔵するとともに、高压側端子は限流ヒューズを内蔵した高压ケーブルヘッドを設け、可とう性に優れる6.6kV PNケーブルを引出し幹線のT分岐体と接続できるケーブル端末を装着した。この高压ケーブルは中間接続体を介して延長ケーブルと接続することができ、図10の車載状態からでも幹線と接続することができる。表4に一次開閉装置及び限流ヒューズの仕様を示す。

(b) 低压側機器

(i) 二次開閉装置、二次端子

二次側負荷開閉を目的として二次開閉装置を内蔵した。開閉装置は三相(又は单相)一括開閉構造とするとともに遮断能力を持たせて保護性能の向上を図った。また、二次開閉装置の上部には低压引下げケーブル及び低压バイパスケーブルが接続可

表4. 一次開閉装置、高压限流ヒューズの仕様

項目	仕様	
一次開閉装置	定格電圧	7,200 V
	定格電流	30 A
	絶縁階級	6号A
	負荷開閉能力	7.2kV, 30 A, 力率 0.7~0.8 で 50 回 7.2kV, 3 A, 力率 0.2 以下で 150 回
	無電圧開閉能力	1,000 回
高压限流ヒューズ	定格電圧	7,200 V
	定格電流	10 A, 25 A
	遮断容量	150MVA

表5. 二次開閉装置の仕様

項目	単相用	三相用
定格電圧	210/105 V	
定格電流	300 A	200, 300, 400 A
定格周波数	50/60Hz	
極数	2 極	3 極
遮断容量	220 V, 15kA	
負荷開閉能力	220 V, 定格電流, 300 回	

能なスリップオン端子を装着し、ケーブル接続後は充電部が隠ぺいできる構造とした。二次開閉装置の仕様を表5に示す。

(ii) 検電・検相装置

作業安全性の向上と二次側ケーブル誤接続防止を目的として、二次開閉装置の電源側と負荷側に検電・検相置を内蔵した。検電装置は一次開閉装置投入による変圧器二次側への電圧誘起(二次開閉装置電源側端子の検電)と低压ケーブルを変圧器端子に接続したときの二次開閉装置負荷側端子の検電を行う。また、検相装置は変圧器二次側誘起電圧と低压線の相回転をチェックし、低压ケーブルの誤接続状態での二次開閉装置投入による相间短絡防止を行うものである。

4. むすび

電力需要の増大と都市機能の高度化に伴う架空配電設備の高信頼度、高品質化ニーズに対応した最近の配電用柱上変圧器の紹介と、これらのベースとなる変圧器の製造面、材料面から見た技術的変遷について述べてきた。

今後、配電設備を巡る情勢は、需要家機器の高度化に伴う無停電への要求、都市環境調和、装柱作業の省力化、合理化への要望がますます高まっていくものと考えられ、これらの社会的ニーズに対応した機器の改良・開発を一層進めていく所存である。

参考文献

(1) 丹羽, 堀: 電機評論, 70巻, 8号 (1985)
 (2) 藤井ほか: 電気計算, 55, No.10 (1987)

最近の配電用遮断器、開閉器及び電力ヒューズ

上野 博* 長畑有信**
植主雅史* 秋定三津男**
中畑 稔*

1. ま え が き

情報化社会におけるビルや工場設備のシステム制御の高度化に伴って、質の高い電力供給の連続性への要求が高まっており、回路の短絡保護や負荷の開閉が主目的である遮断器や開閉器に対しても高性能・高信頼性が強く要請されている。ところで、このような配電系統で使われる3～30kVのいわゆる高電圧クラスの遮断器、開閉器は、開閉装置の小型化、オイルレス化、省力化とあいまって従来の油遮断器(OCB)や磁気遮断器(MBB)に代わって真空遮断器(VCB)やSF₆ガス遮断器(GCB)、ガス絶縁開閉器が主流を占めるようになってきた。

ここでは、最近の配電用遮断器の技術動向を紹介するとともに、ガス絶縁開閉器の応用例として配電用T分岐、π分岐スイッチとして適用するリングスイッチ、地中配電用開閉装置、柱上開閉器、電力ヒューズなどの製品例を紹介する。

2. 最近の高圧配電用遮断器

高圧配電用として特に3.3～6.6kV回路に適用される遮断器は、小型、軽量、経済性などの点から VCB が大部分を占めている。

ここでは、6.6kV 配電線から受電する高圧需要家の受電設備に使われる短絡遮断電流 8/12.5kA の VCB の新製品をもとに、最近の配電用遮断器の技術動向を紹介する。

2.1 真空スイッチの小型化

7.2kV-8/12.5kA 定格の VCB は、三相一体の絶縁フレームの採用により高圧機器としては大幅に小型化されており、盤側導体を接続した場合の絶縁空間距離などの点から、これ以上の小型化に対する要請は少ない。しかし、VCB 内部の電界強度の低下や軽量化のため真空スイッチ(VST)の小型化の研究開発は進められている。VSTの小型化は、短絡遮断性能から決まる接点径に依存するので、遮断性能の高い接点材料や電極構造など長期の基礎研究開発が必要であるが、当社の VST は高融点金属を添加した新接点材料の開発により、図1に示すようにその小型化の技術革新は目覚ましい発展をとげてきている。

2.2 操作機構の信頼性向上

遮断器の不具合事象としては、操作系が最も多く全不具合件数の約40%を占めているという報告(1)があり、操作機構の信頼性を高めることは重要である。今回、この定格の VCB では、長年ノーヒューズブレーカの操作機構として使われ経験及び実績の豊富なトグルばね操作方式を採用した。この操作機構は、投入ばねと引外しばねが共用化できるため部品点数が大幅に削減でき、信頼性の向上とともに、機構ユニットの縮小化が可能となった。また、このクラスの遮断器では、手動操作タイプの仕様も多いので、手動操作ハンドルの操作性及び操作力軽減などに対する要求も強かったが、トグル機構の採用とあいまって操作リンクの最適設計によって、操作力は従来ものものと比べ50%以下に改善することに成功した。

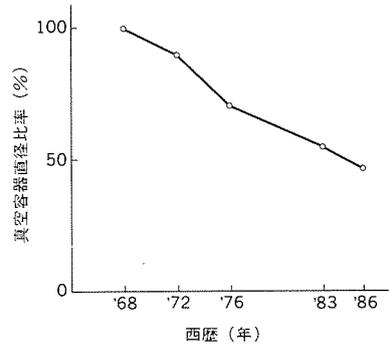


図1. VSTの真空容器サイズの縮小化

2.3 耐環境性の向上

従来の OCB に代わって BMC (Bulk Molding Compounds) 樹脂など有機絶縁物を使った上部端子型 VCB の普及に伴って、屋外盤ではじんあいや雨水の侵入が原因と考えられる絶縁破壊現象が問題となることがある。これに対しては、キュービクルの防水性能試験を厳しくすることや、接続端子の横向き構造の使用の推奨など適用面での改善も進んだ。さらに、VCBの絶縁設計でも、雨水のたまりにくい構造やひだ形状の適正化、更にはコンピュータによる電界強度解析の有効利用により、絶縁設計の最適化を図るとともに、等価霧中法による汚損試験、耐トラッキング試験、長期課電試験などに

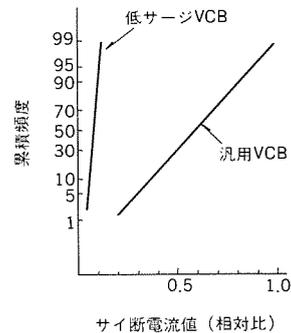
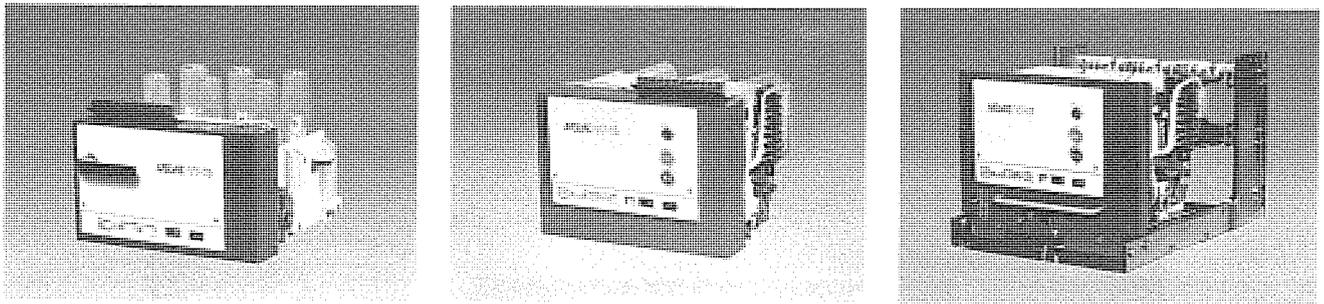


図2. 低サージ VCB のさい断電流値

表1. 7.2kV, 8/12.5kA 新型 VCB の主要定格事項

型名	汎用品	VF-8□H-B	VF-8□M-B	VF-13□H-B	VF-13□M-B
	低サージ品	VF-8□H-BZ	VF-8□M-BZ	VF-13□H-BZ	VF-13□M-BZ
投入操作方式	手動ばね操作		電動ばね操作		電動ばね操作
準拠規格	JIS C 4603 及び JEC-2300				
定格電圧 (kV)	3.6 / 7.2				
定格電流 (A)	400		600		
定格遮断電流 (kA)	8		12.5		
定格投入電流 (kA)	20		31.5		
定格遮断時間 (サイクル)	3				
絶縁階級 (号)	6 A				
重量 (パネル取付型) (kg)	26	29	26	29	



(a) VF-13NH-B型 (パネル取付手動操作型) (b) VF-13PM-B型 (パネル取付電動操作型) (c) VF-13FM-B型 (引き出し型)

図3. 新型 VCB の外観

より、耐環境性に対する評価を行っている。また、本質的にじんあいや雨水のたまりにくい下端子型を開発するなど実用性能面での種々の向上を図っている。

2.4 低サージ化

遮断器に要求される能力としては、事故時の短絡電流開閉能力だけでなく、変圧器、電動機などの負荷開閉において有害な開閉時過電圧を発生することなく電流を開閉できなければならないが、VCBはその優れた消弧特性に起因して、他の遮断器に比べ開閉サージが問題とされる場合がある。しかし、この問題は既にサージ発生メカニズムの現象解析がなされ、現在ではC-Rサージ サプレッサや酸化亜鉛型非直線素子などの保護装置によるサージ電圧の抑制方法が確立している。一方では、サージ電圧そのものの発生をなくするために、VSTの接点材料の研究開発が長年行われてきた。その結果、最近ではさい断電流値の小さい低サージ VST を使用して、サージレベルを低くした低サージ VCB が、汎用 VCB と同一外形寸法で製品化されている。そのさい断電流値を汎用 VCB と比較して図2に示す。

以上説明したとおり最近製品化した7.2kV 8/12.5kAクラスの新型 VCB の主要定格事項を表1に、また代表的な外観写真を図3に示す。

3. 最近の高圧配電用開閉器

3.1 ガス絶縁開閉器 (リングスイッチ)

近年における開閉装置は、ガス絶縁技術の確立と市場ニーズによるコンパクト化、耐環境性向上、絶縁信頼性向上等々の要求からガス絶縁開閉装置の適用が急速に拡大され、送変電機器の超超高压化が図られるとともに、変電におけるガス絶縁化が定着した。しかし、配電機器については、ガス絶縁がコストアップになることから、その適用が遅れていた。

今回、配電用T分岐、 π 分岐スイッチとして適用するガス絶縁開閉器 (リングスイッチ) を製品化したので、その構成、特長について紹介する。

3.1.1 機器構成の特長及び定格

ガス絶縁開閉器 (以下、G-RMU と称す) は、図4に示すようにラインスイッチとして2セットの負荷開閉器を備え、フィーダスイッチとして真空遮断器と断路器をシリーズに接続したスイッチユニットを備え、これらのスイッチユニットを一体にガス絶縁したもので、以下の特長を持っている。なお、12kVクラスのG-RMUの概略定格を表2に示す。

(1) ラインスイッチは絶縁性能に優れたガス負荷開閉器で構成しており、アーク時間1サイクル以下の負荷遮断性能となっている。

(2) フィーダスイッチは、ガスの絶縁性能と真空の遮断性能を効果的に適用するため、ガス遮断器真空遮断器をシリーズ接続し、両スイッチを連動動作させているため、安定した遮断性能を持つとともに安全に回路の断路を行うことができる。

(3) 各スイッチ共、投入容量のある接地スイッチを備えており、メンテナンス時の安全性を確保している。

(4) 従来の気中絶縁方式に比べ、50%の省スペース化 (床面積比) を図った。

(5) 真空スイッチ管の採用とガス負荷開閉器のアーク時間1サイクル以下の遮断性能によるアーク接点の長寿命化により、スイッチ部のメンテナンスフリー化を図った。

(6) ガス密封により、スイッチ部の耐環境性向上並びに難燃化を図った。

(7) 静止型過電流保護装置搭載により、系統保護の信頼性向上と安定化を図った。

3.1.2 配電方式と適用例

配電方式にはフィーダの重要度により、種々の方式が実施されるが、G-RMUは2系統配電に適したスイッチ構成となっており、オープンリング配電方式、常用・予備配電方式などに最適である。ま

(ラインスイッチ) (フィーダスイッチ) (ラインスイッチ)

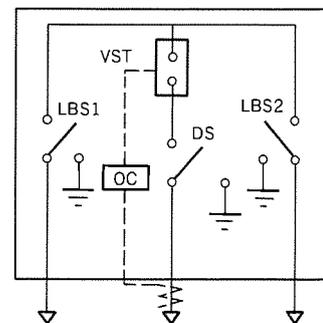


図4. G-RMU 機器の構成図

表2. G-RMU の定格

		G-RMU 開閉装置
定格電圧	(kV)	12
≒電流	(A)	ライン: 400 フィーダ: 200
定格短時間電流	(kA)	20(3秒)
定格投入容量	(kA)	20
≒遮断電流		20 (フィーダスイッチ VST)
耐電圧 商用	(kV)	28
衝撃	(kV)	95
操作方式		手動ばね

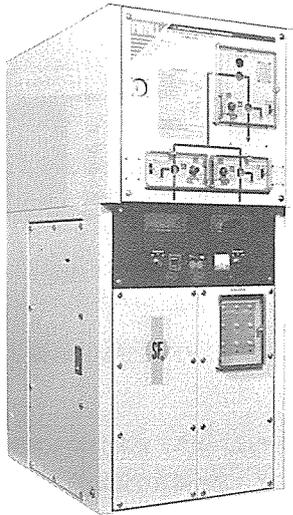


図5. G-RMUの外観

た、輸出仕様のG-RMUで、故障検出器、電圧検出器、リモートコントロールユニットなど多数のオプション機器を装備したものの外観を図5に示す。

3.2 全地中配電用高圧開閉装置

近年、都市の過密化、都市景観の向上、都市防災の強化などの観点から配電線の地中化に対する社会的要請が高まってきている。一方、配電線の地中化は、架空線に比べてコスト高、事故復旧に長時間を要するなどの難点がある。こうしたことから、配電線の地中化は、電力需要密度、景観保持及び機器の地上設置が可能などの諸条件が整った地域で計画的に進められている。

しかし、将来的には機器の地上設置が困難な地域も予想されることから、当社では関西電力㈱との共同研究により、都市部の地中配電用人孔内に設置可能なコンパクトで信頼性の高い高圧開閉装置を開発したのでここに紹介する。

3.2.1 システム構成

人孔内には常用・予備回線の2回線受電3回路分岐を行う常用・予備自動切替開閉器1台と、1回線受電2回路分岐を行う多分岐開閉器3台が設置できる。したがって、システム全体としては、最高、常用・予備の2回線受電6回路分岐ができることになる。また、各々の開閉器を遠隔操作を行うため、地上に地上操作箱を設置できるようになっている。図6にシステム構成図を示す。

3.2.2 システムの特長

以下に全地中配電用高圧開閉装置の特長を示す。

(1) 耐環境性の向上

人孔内設置という過酷な仕様であるため、タンク、ブッシング部は完全水密構造であり、タンクはステンレス材に特殊塗装仕様を施し、耐環境性の向上を図った。

(2) コンパクト型

SF₆ガス絶縁方式により、同等の気中開閉器に比べ大幅な縮小化が図れた。

(3) 制御装置の開閉器内蔵型

制御装置を静止型マイコン仕様により小型化し、常用・予備自動切替開閉器に内蔵している。

(4) 遠隔操作可能

地上操作箱と制御装置間の伝送により、常用・予備自動切替開閉器及び多分岐開閉器の遠隔操作が可能である。

(5) 事故種別判定機能付き

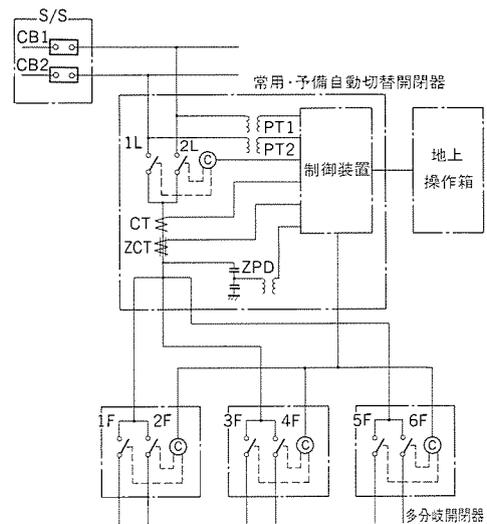


図6. 地中配電用開閉装置のシステム構成図

センサ内蔵により、電源側・負荷側の短絡と地絡を判定する。

(6) 常用・予備回線の自動切替機能付き

事故種別により、常用・予備回線の自動切替動作を行う。

3.2.3 構成機器の概要

常用・予備自動切替開閉器(定格電圧7.2kV、定格電流400A)の外観写真を図7に示す。多分岐開閉器は常用・予備自動切替開閉器と同一規格、同一形状である。地上操作箱は遠隔操作回路及び動作状態表示回路を備えた制御回路を収納している。

3.3 柱上開閉器(PAS-気中開閉器/PGS-ガス開閉器)

(1) 柱上開閉器の技術動向

高圧自家用需要家の事故波及防止対策の一つとして、SOG継電器(過電流ロック蓄勢、地絡トリップ型)付き柱上気中開閉器(PAS)の普及が進み、その効果が実績として評価されつつあるが、一方では屋外柱上使用でメンテナンスしにくい厳しい環境にあるため、ケース(鉄板に塗装)の発錆などにより、更新時期に達しているものも多く発生しており、ケースの長寿命化、メンテナンスフリーの要求も高まっている。この要求にこたえるべく昭和62年7月から、ステンレスケース製SF₆ガス完全密封の柱上ガス開閉器(PGS)を開発、新発売した。特に、SOG継電器付きガス開閉器は、国内で初めての製品化でその外観を図8に示す。

(2) 柱上ガス開閉器(PGS)の特長、定格(表3.)

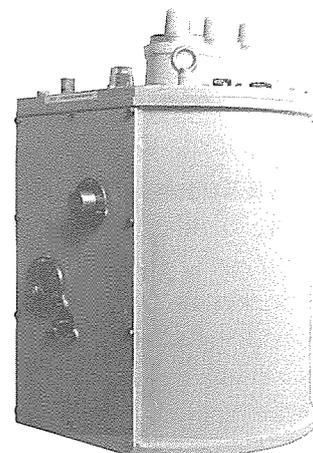


図7. 常用・予備自動切替開閉器の外観

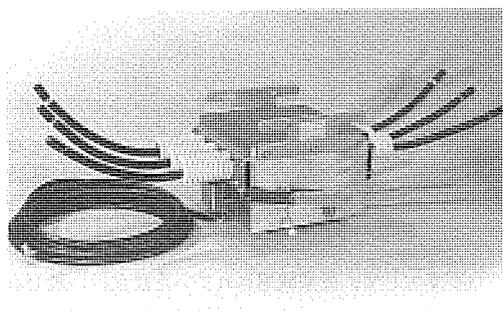


図8. PGSガス開閉器の外観

表3. 柱上ガス開閉器の定格

型名	P S T - 1GS	P S T - 2GS	P S T - 3GS	P S T - 2GDU	P S T - 3GDU
定格電圧 (kV)	7.2				
定格電流 (A)	100	200	300	200	300
SOG 継電器の種類	無方向性			方向性 (DGR)	

・特長

- (a) 小型、軽量…気中開閉気 (PAS) に比べ容積 $\frac{1}{4}$ 、重量 $\frac{1}{2}$
- (b) ステンレスケース製で長寿命、メンテナンスフリー
- (c) SF₆ガスの高絶縁性により、耐雷サージ性能の向上

4. 最近の高圧電力ヒューズ

4.1 技術動向

高圧ヒューズは、ヒューズ付き負荷開閉器の形態でキュービクル式高圧受電設備の主遮断装置として大量に使われている。このようなヒューズ付き負荷開閉器は、最近ではヒューズの動作に連動した強力表示棒で開閉器をトリップさせるストライカトリップ方式が主流となり、ヒューズ動作時の欠相防止やヒューズの劣化による誤溶断時のヒューズの破壊防止が行われている。また、小動物による短絡や地絡事故防止や操作者の感電事故防止のために、相間及び両側面に絶縁バリヤを設けるのが主流になりつつある。

また、特高ヒューズでは20kV及び30kV配電の拡大に合わせて小型化、高性能化が行われている。

4.2 高圧ヒューズ付き負荷開閉器

代表的な高圧ヒューズ付き負荷開閉器 (ヒューズ定格電流G 5~200A) の外観を図9に示す。

・特長 (SCL / SCT-SB型の場合)

- (a) ストライカトリップ式
- (b) ストライカトリップ機構が負荷側で安全
- (c) 相間・両側面バリヤの後取付け、取外しが容易
- (d) 高性能ヒューズ

最小遮断電流：1時間溶断電流、

繰返し過電流寿命：3,000回 (変圧器・コンデンサ用)

4.3 特高ヒューズ

汎用の屋内外共用シリーズとは別シリーズとして、20kV・30kV配電用、屋内専用、小型・高性能ヒューズ (定格電圧24kV、36kV、商用変圧器容量500~2,000kVA) を関西電力(株)との共同研究により開発した。その外観を図10に示す。

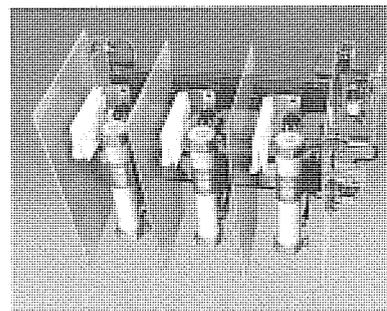
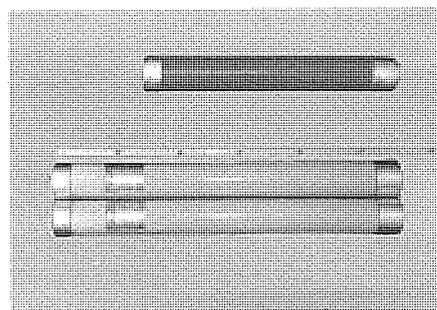


図9. 高圧ヒューズ付き負荷開閉器(SCT-SB型7.2/3.6kV, 200A)



上段：開発ヒューズ CL-KF型 24kV, T 53 A
下段：汎用ヒューズ CL型 24kV, G 100 A
(T 50 A) [G 50 A (T 25 A) × 2 並列]

図10. 開発ヒューズと汎用ヒューズの外観比較

・特長

- (a) 汎用品に比べ、寸法・重量が最大定格で約 $\frac{1}{3}$ に低減
- (b) 最小遮断電流が、汎用品の約10秒溶断電流に対して、100~490秒溶断電流に向上し、保護特性が向上
- (c) ヒューズ、変圧器、二次側 MCB 間の保護協調が向上
- (d) 外形寸法が24kV用、36kV用各1種類に標準化

5. むすび

最近の配電用機器の技術動向についてまとめた。高圧配電用遮断器は、小型、軽量、メンテナンスフリー、経済性の観点から VCB の適用が定着しており、VST の技術革新、操作機構の信頼性向上、そして耐環境性の向上などの技術的発展は目覚ましく、その適用は更に拡大するものと期待されている。一方、リングスイッチ、地中開閉器、柱上開閉器などの配電用ガス絶縁開閉装置は、耐環境性の向上、設置スペースの縮小化、安全性、信頼性の向上などの市場ニーズに十分こたえられ、今後の適用拡大が期待される機器である。さらに、配電用電力ヒューズの分野では、ストライカ、トリップ方式を採用したヒューズ付き負荷開閉器の普及、20/30kV配電拡大に合った小型、高性能特高ヒューズの適用がますます拡大されるものと期待している。

参考文献

- (1) 電気協同研究, 第41巻5号, P41 (昭61)
- (2) 三菱電機技報, 57, No.7 P61 (昭58)

最近の配電用避雷器の技術動向

加来 勲*
高橋 進*

1. ま え が き

近年、電力各社における耐雷施策は、過去永年にわたって行われてきた架空地線の布設や避雷器の設置によって、確実にその効果を上げてきた。中でも、避雷器設置数は全電力会社を合わせて年間36万相平均で増設されてきており、昭和62年現在、配電線路こう(亘)長1km当たり、4～5相の割合で避雷器が設置されていることになる。この耐雷施設は、昭和38年に電力中央研究所から発行された配電線耐雷設計基準要綱、及び昭和51年に、同じく同研究所から出された配電線耐雷設計ガイドブックで示された耐雷指針に基づいて、電力各社が具現化してきたものであり、雷害防止に対する効果は少なからぬものがある。今後、更に安定した高品質の電力供給を行っていくために、以下に最近の配電線路の耐雷施策の動向を避雷器を通して紹介する。

2. 配電線路の機器被害と雷害事故の実態

図1は昭和56, 57年度の2年間において、配電線路の供給支障をきたした雷被害機器の分類を示すもので、柱上変圧器の被害が最も多く、全体の34%を占めている。このような配電機器の被害を伴う雷害事故件数は、年々、若干低下する傾向を示しているが、今なお1～1.5/千km・年の事故があり、顕著な減少実績は示していない。

3. 避雷器技術の変遷

図2は昭和30年代から現在までの配電用避雷器に関する技術の変遷を示したもので、配電系統における社会的なインパクトと相まって、避雷器規格の改定が重ねられ現在に至っている様子を示している。殊に、昭和40年代後半から架空配電線の絶縁化が急速に進められるとともに、装柱美化への指向が強まる一方、耐雷施策面では、従来推奨されてきた200～250m間隔で避雷器を設置することによって配電線路を面的に防護する耐雷方針から、配電機器の近傍に接して避雷器を設置し、配電機器を個体としてとらえて保護する方向に転換しつつある様子がうかがえる。

これらの技術の変革は、避雷器を構成する重要な構成要素の一つ

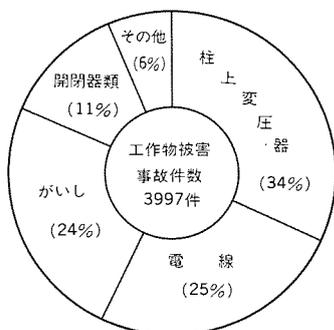


図1. 供給支障事故の原因となった雷被害機器の分類 (9電力会社 昭和56, 57年度2か年合計)

である特性要素として、従来使用されていた炭化けい素 (SiC) 素子が、昭和50年頃から実用され始めた、より電圧-電流特性の非直線性に優れた材料である酸化亜鉛 (ZnO) 素子に取って代わられてきたという、いわば材料技術の変革に負うところが大きい。

今後、この酸化亜鉛素子の持つ優れた電圧-電流特性の非直線性能や急しゅん波電流応答性能、及び簡素な構成など、数多くの特長を生かして、配電系統の雷害防止により一層応用範囲を広げるものと考えられる。

4. 三菱配電用避雷器の製品シリーズ

図3は当社の配電用避雷器について、研究開発段階から製品化に移行してきた経緯を示したもので、以下に個々の製品についてその特長を示す。

4.1 配電線路用避雷器(直列ギャップ付き酸化亜鉛型避雷器)

図4に定格電圧8.4kV、公称放電電流2,500A避雷器の外観を示す。これは最も一般的なスタイルを示すもので、電力各社や需要家一般の要請に対して種々のオプション構成をし、ニーズにこたえている。図5は線路側リード線の素線切れ防止と充電部の露出を完全に遮へいし、併せて耐塩性能を増すために、避雷器の線路側にモールドコーンと呼ばれるストレスコーンを装備したものである。この避雷器は更にガスケットを二重に配して気密保持に万全を期すなど、高品質を追求した製品として注目されている。

4.2 配電機器内蔵用避雷器(耐雷素子)

図6は昭和55年以来、東京電力(株)を始めとして変圧器製造メーカー各社と共同で研究した柱上変圧器に内蔵する避雷器の外観を示すもので、このようなスタイルの避雷器を特別に“耐雷素子”と名付け、年間20万相を超える生産実績を持っている。この耐雷素子は直列ギャップを持っておらず、酸化亜鉛素子だけで構成しており、変圧器の絶縁油中に耐雷素子を浸せき(漬)させ、更に耐雷素子容器の内部にも、この絶縁油が入り込む構成としたものである。耐雷素子の仕様は、変圧器の一時的な過負荷運転による油温上昇や大気温、及び柱上における変圧器タンクの日射による温度上昇を考慮して、最高温度120°Cの絶縁油中で使用できるように設計されている。

従来、避雷器によって配電機器を雷撃から保護する場合、その絶縁協調の基本的な考え方は、避雷器固有の特性である雷インパルス放電開始電圧や制限電圧、及び避雷器接地抵抗の大きさや避雷器設置相互隔離距離などの関係において、機器との保護協調が論じられてきた。近年、これらの考え方を更に前進させて、避雷器の線路側リード線や接地導体が持つインダクタンス (L) を考慮し、雷インパルス電流通過時にこのインダクタンス (L) によって生ずる電位、 $e = L \times di/dt$ を最小限に抑え、機器の端子電圧と避雷器の端子電圧の差を少なくすることによって、一段と有効な過電圧保護協調がとられるようになってきた。

図7は従来の避雷器装柱状態と避雷器を柱上変圧器に内蔵又は近接して接地した場合の模擬図を示したもので、接続導体の長さによ

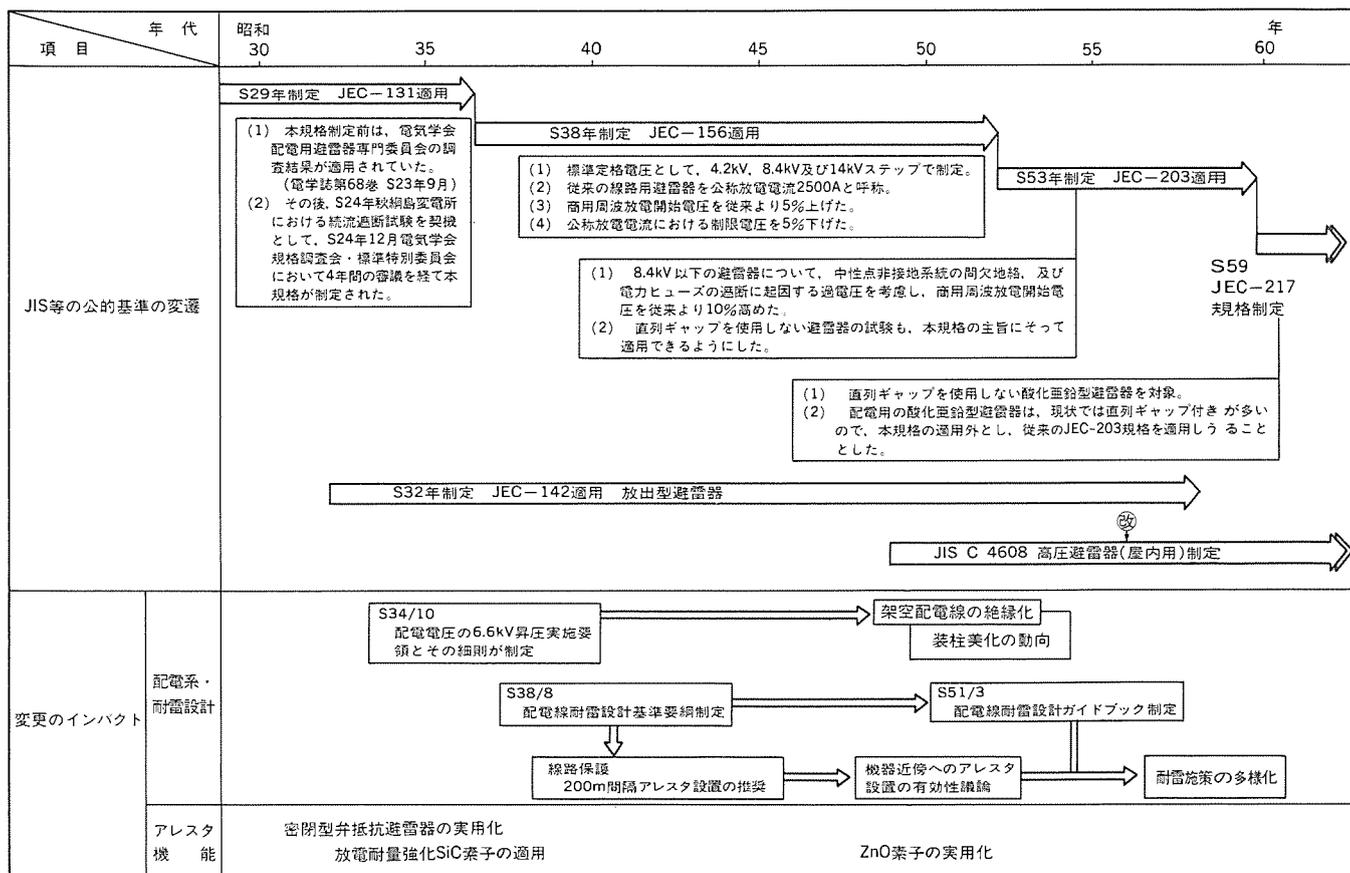


図2. 配電用避雷器技術の変遷

項目	年度(昭和)													
	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64			
配電線路用避雷器	開発研究	公開形式試験	関西・中部電力向けMASD型避雷器 東京電力向けMASA型避雷器 四国・九州・北海道・沖縄電力向けMASE型避雷器											
配電機器内蔵用避雷器(耐雷素子)	開閉器内蔵用耐雷素子開発研究		変圧器内蔵用耐雷素子開発研究		フィールド試験 製品納入									
配電機器への適用拡大	開発研究										フィールド試験(変圧器外部取付け)			

図3. 三菱配電用避雷器の研究開発と製品化の変遷

って生ずるインダクタンス(L)を使って等価回路で表したものである。避雷器によって保護される被保護機器(ここでは柱上変圧器)の端子電圧Vは、式(1)で求められ、インダクタンス(L)は、式(2)で概算される。

$$V = E + \Sigma L \frac{di}{dt} \dots \dots \dots (1)$$

$$L = 2 \ell \left(\ell_n \frac{2\ell}{a} - \frac{3}{4} \right) \times 10^{-7} \dots \dots \dots (2)$$

ここに

L:接続導体を持つインダクタンス(H), E:避雷器の端子電圧 (V)

i:避雷器の放電電流 (A), ℓ:接続導体の長さ (m)

t:放電電流波頭長 (s), a:接続導体の半径 (m)

き、波頭長を8 μs, 1 μs, 0.1 μsと変えて機器の端子電圧Vを求めた例を示す。この表からも分かるように、公称放電電流程度の電流でも、急しゅんな波頭長を持つ雷インパルス電流が侵入した場合には、接続導体部の電位上昇が機器の端子電圧を決定する大きな要素となり、機器の絶縁階級をはるかに超える高い電位になることが分かる。

以上のことから、被保護機器に避雷器を近接させて設置することによって、避雷器の接続導体による機器端子電圧の上昇を低減でき、有効な過電圧保護が可能となるため、避雷器の機器内蔵化や機器への近接設置の傾向が一段と強まってきている。

表1に避雷器に流れる放電電流として、公称放電電流2,500Aのと

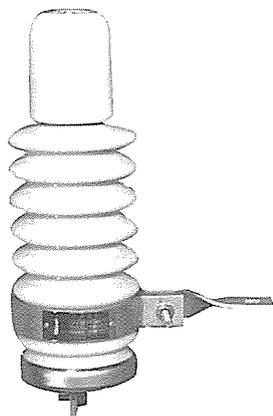


図4. 避雷器の外観
(定格8.4kV, 公称放電電流2,500A)

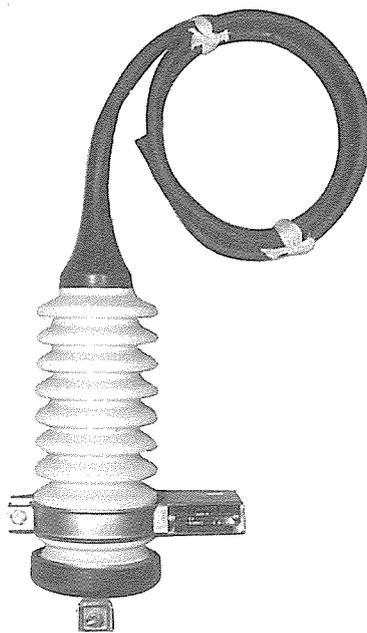


図5. モールドコア付き避雷器の外観
(定格8.4kV, 公称放電電流2,500A)



図6. 変圧器内蔵用耐雷素子の外観
(定格8.4kV, 公称放電電流2,500A)

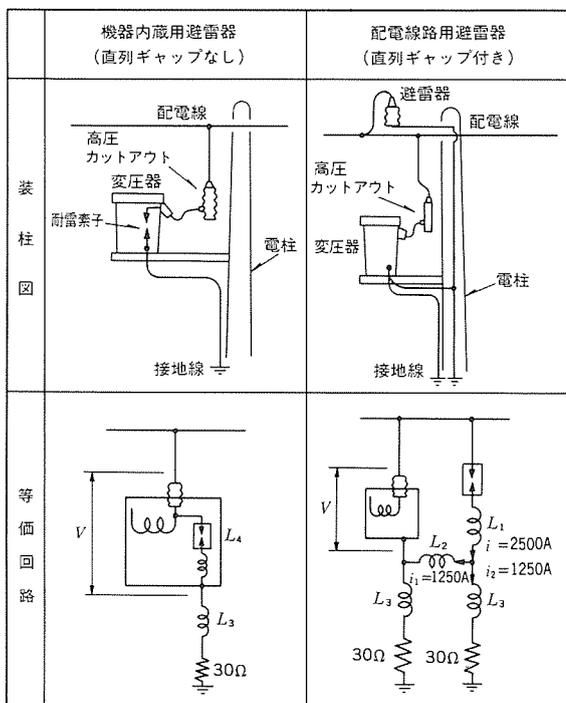


図7. 避雷器設置模擬図

5. むすび

配電系統における雷害防止の課題は、過去、永年のテーマである

表1. 避雷器の設置位置による変圧器端子電圧 (雷電流2,500A)

		雷電流波形 (μs)		
		8/20(標準)	1/40	0.1/40
機器内蔵用耐雷素子 (直列ギャップなし 制限電圧36kV)	変圧器端子電圧 V (kV)	36	37	44
	標準波に対する 端子電圧比	1.00	1.03	1.22
配電線路用避雷器 (直列ギャップ付き 制限電圧22kV)	変圧器端子電圧 V (kV)	25	47	291
	標準波に対する 端子電圧比	1.00	1.88	11.6

が、電力供給における質の高い電気が社会的なニーズとして求められており、今日的な命題として取り組まねばならない状況下にある。昭和50年頃から急速に実用化され始めた酸化亜鉛素子の出現は、避雷器の配電機器内蔵化や機器とのコンビネーションを容易なものとし、今後ますます多岐にわたる応用が考えられ、配電線路の耐雷施策をより効果的にすることが期待される。

参 考 文 献

- (1) 配電線雷害対策専門委員会：電気協同研究，第40巻，第6号(昭60-2)
- (2) 配電機材劣化診断技術専門委員会：電気協同研究，第43巻，第2号(昭62-10)

電力需給用複合計器

甲木莞爾* 村上義昭*
戸田政義* 馬場光徳*
池田 修*

1. ま え が き

電力の安定供給に対する社会的要求は、深まる一途であるが、この安定供給のための一つの要件として、負荷の平準化による電力コストの低減が求められている。昭和62年3月の電気事業審議会、料金制度部会の中間報告においても、季節別時間帯別料金制度の拡大導入により、季節別・時間帯別に料金率を設定し、価格誘導効果により、間接的な負荷の平準化を図ってゆくべきであることが示され、今年1月から、新しい電気料金制度の下で電力取引が開始されている。

このような状況下にあつて、電力取引の“はかり(秤)”として用いられる電力需給用の計器においては、負荷の平準化をねらいとした電気料金制度の多様化に伴い、機能の多機能化、複合化の時代へと明確に変遷している。従来、電力取引の目的に使用される計器は、主として電磁機械的原理に基づく単機能の計器が使用されてきた。これら従来の単機能の計器により、今後求められていく多様な計量条件に対応していくためには、単機能の計器を数多く組み合わせて必要とされる計量機能を充足していかなければならない。このことは、数多くの計器を組み合わせるなされた計量装置としては、計量コストの増大と、計器取付けスペースの増大が伴う一方、単機能の従来型の計器を数多く組み合わせた場合、その計量装置の故障率は構成している計器の故障率の和となり、結果として計量装置の信頼度の低下を招くことにつながっていく。この問題の解決手段として、複数の計量機能(電力量、無効電力量、最大需要電力、時間制御など)を複合一体化し、多機能化を図った電力需給用複合計器の開発を行

ってきた。

本稿では、開発・実用化されている主要な電子式電力量計、複合計器について紹介する。

2. 特別精密電力量計 WH3A-K10VR 型

この計器は、電力量センサ部分が電子式であり、電力量の計量表示部分がステップモータ駆動による機械的表示機構のレジスタである。性能としては、IEC Pub.687-1980の0.2S級を持ち、大きな電力量の授受点における電力量の高精度の計量を目的として開発したものである。この計器の外観を図1に、図2に電力量アナログ演算部の機能ブロック図を示す。原理的には、時分割乗算⁽¹⁾による電力の検出、電荷補償型電圧周波数変換⁽²⁾を基本とするものである。使用目的から、高い信頼度を保つことと、長期にわたり、誤差の変化しない高精度、高安定度を追求した計器であり、設計、製造において様々な配慮を施したものである。主要な事項としては

(1) 精度、安定度の決定

回路設計では、以下の事項を重点的に配慮した。すなわち、この計器の精度安定度を決定する回路素子としては、長期安定度において長年の実績のある、高安定度金属皮膜抵抗器、電圧標準ダイオード、水晶振動子のみに限定した。回路の動作に必要な機能素子(演算増幅器、トランジスタ、アナログスイッチ類など)に対しては、高信頼度部品を選定するのみならず、その素子の特性パラメータの変動は、計器の精度、安定度に影響を受けない回路構成とした。また、素子の特性パラメータとして長期にわたり高い安定度が得難い素子(例えばコンデンサ、サーミスタなど)に対しては、原理的に

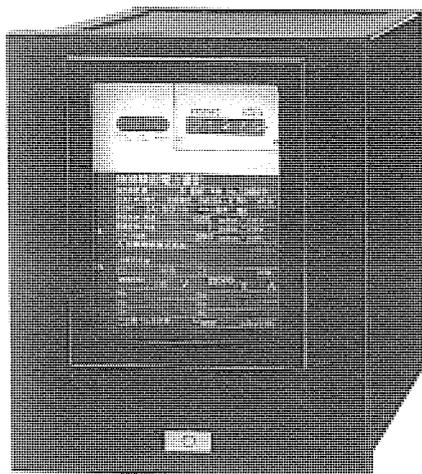


図1. 特別精密電力量計 WH3A-K10VR

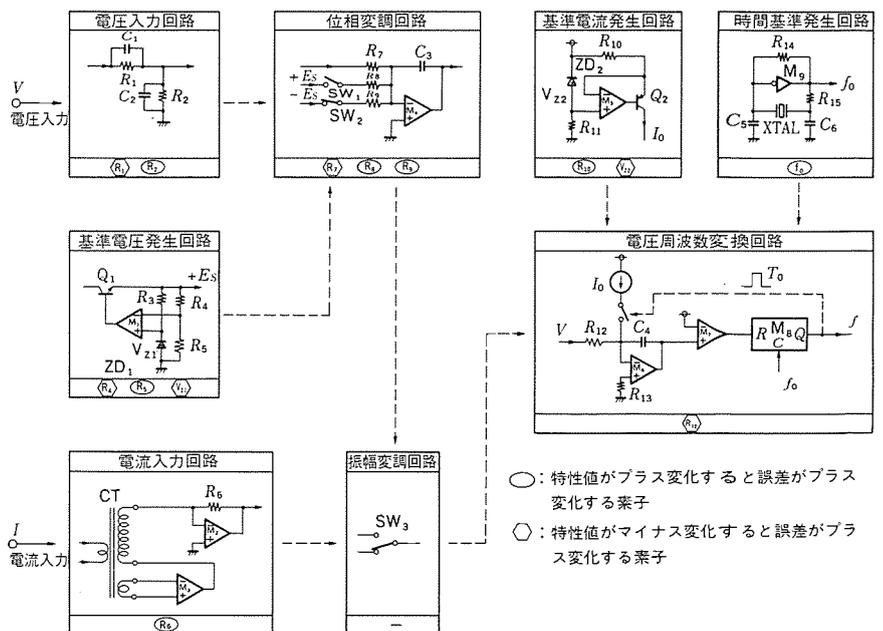


図2. アナログ演算部機能ブロック図

*福山製作所

その特性変化が計器の特性として表面に出ない回路構成とするか、又は使用しない方法を探っている。図2の機能ブロック図の中の各ブロック図で記号を付したものがこの計器の安定度、精度を決定する素子であることを示す。

(2) 高精度電流検出回路

計器の電流定格は5 Aであるが、電子回路で処理できる電気信号レベル(数V, 数mA)まで、この電流を精度を損なうことなく、高いリニアリティを保って変換する必要がある。このためにこの計器においては、カレントコンパレータ型の変流器の構成を基本とし、一つの環状磁心(パーマロイ)に一次巻線、二次巻線、三次巻線を設け、一次巻線に計器に入力される電流を導き、この電流によって磁心に発生した磁束変化を二次巻線で検出し、これを増幅し三次巻線でこの磁束を打ち消すようにフィードバックをかけ、磁心をほぼ零磁束に近い状態で使用している。このため、励磁損失が極めて小さくでき、非常に広い電流入力範囲において比誤差、位相角誤差の発生しない安定した電流検出回路としている。

(3) 補償、調整装置の簡素化

各回路ブロックの特性を個々に良好にし、これの組合せにより本質的に良好な特性、安定度を達成することを回路設計の基本としている。計器が実使用の状態ですら予想される機械的ストレス(振動、衝撃)、温度、湿度変化のストレスなどにより、避けることのできない可変抵抗器類の変化の影響を補償装置、調整装置(部品)の数を減じ、簡素化を図ることにより少なくした。

(4) 誤差変化メカニズムの明確化とエージング条件の設定

図2の機能ブロック図で示したように、計器の誤差、安定度を決定する素子は限定され、またその素子の特性値変化とその影響度が定量化されている。使用している抵抗又は電圧標準ダイオードの特性値変化のメカニズムとその活性化エネルギーは明確であるため、製造工程において部品及び製品のレベルで、安定化領域に達するエージング条件を定量化し実施している。

この結果、JISで規定された連続2,000時間の安定度試験において、すべての項目で誤差変化の差は0.03%以下の性能が達成、確認されている。また、計器を周囲温度85°Cとし連続通電による加速寿命評価試験を行い、2,200時間でその誤差変化は、0.06%以下である



図3. 電力需給用複合表示装置 WE 1 型

ことを確認している。この値は、計器の特性安定度を決定する部品個々の加速寿命試験による予測値とよく一致し、前述の特性値変化のメカニズムとその活性化エネルギーから、25°Cにおける12年間相当の加速係数を得ている。

現在、既に取引用計器として特殊検定を受け実使用に入っているほか、昭和62年11月日本電気計器検定所の型式承認を受けている。また、取引用外の用途として火力発電所等の発電機出力の計量用として数多く使用されている。

3. 電力需給用複合表示装置 WE1型

この計器は、需給調整契約及び季節別、時間帯別契約の電力取引用として開発された計器であり、需要家に設置される電力需給用複合表示装置の外観を図3に、この計器を一つの構成要素とする計量システムの構成を図4に示す。この計量システムのねらいは、

- (1) 多様な計量条件に対しても、その計量条件の設定又は、計量結果の検針のデータの流が一元化でき、複雑な人手によるデータの処理を必要とせず、単純な手順で設定検針ができること。
- (2) 今後、季節別、時間帯別の計量条件は、より多様化の方向であることは明確であり、その変化に対して柔軟に対応できること。
- (3) 需要家への計量条件の表示、計量状態、計量結果の表示、又は時間帯信号の出力等、需要家へのサービス機能を低下させないこと。
- (4) 既設の計量器(電力量計、無効電力量計、多回路統合計量システムなど)と相互接続ができ、導入がスムーズに展開できること。等々である。

このため計量システムとして、図4に示すシステム構成により電力会社営業所へデータ処理装置としてパソコン(若しくはワークステーション)を設置し、これを本店のホストコンピュータと接続し、計量条件、需要家情報をホストコンピュータから受け、このデータを設定用のメモリカセットに移し、需要家に設置した電力需給用表示装置へ設定する。また、この設定された計量条件により計量され

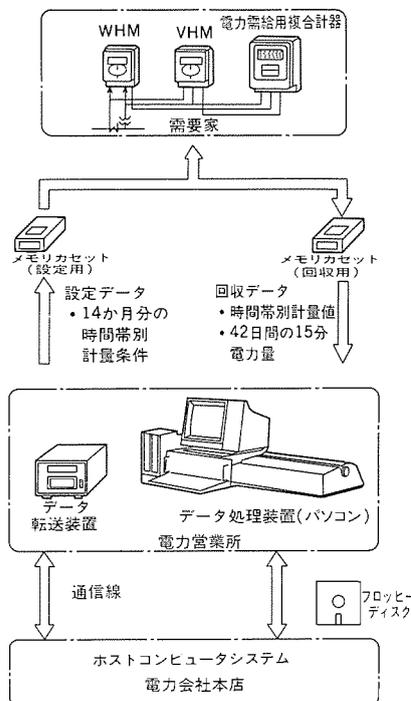


図4. 季節別時間帯別計量システム

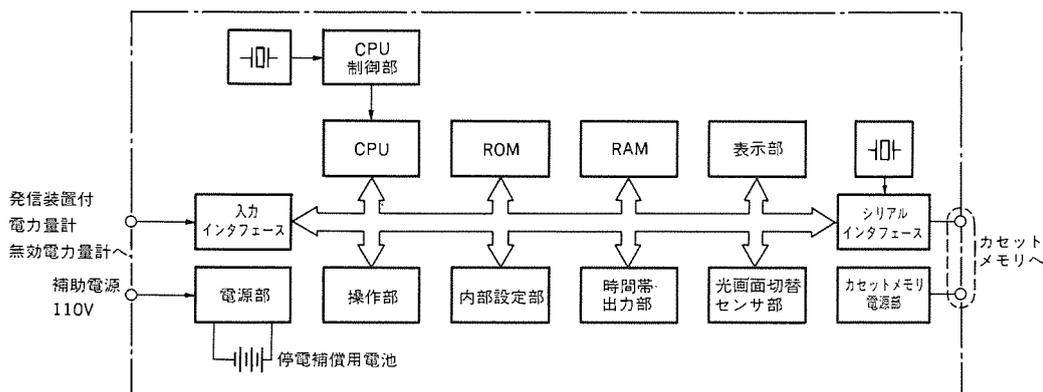


図5. 電力需給用複合表示装置 WE1型ブロック図

た検針データは、設定データとともに毎月回収用のメモリカセットで電力需給用複合表示装置から回収され、営業所においてデータ処理装置で料金情報への加工、負荷の解析、又は本店への情報として加工転送される。このうち、需要家に設置される電力需給用複合表示装置 WE 1 型は直接取引に使用される検定対象の計器である。14 か月分の個々の日の計量モードが設定でき、1 日を最大10種類の時間帯で、分単位で最大15区分に分けられ、20種類の計量モードが定義できる。また、各時間帯の電力量、最大需要電力の計量、月間昼間平均力率算定用の電力量、無効電力量の計量を行うほかに、42日間の15分電力量の記憶、月末検針(計量自動確定)、前月月間値の算出、設定/回収データのシリアル転送、諸計量結果、及び設定計量条件の表示などの多くの機能を持っている。

これらの機能は、図5に示すハードウェア上において16Kバイトのファームウェアにより発生させており、CPUは8ビット、RAMは32Kバイト、表示ユニットは40文字×8行のドットマトリクス液晶表示となっている。設定/回収のシリアルインタフェースは19.2 Kbpsのカレントループでメモリカセットとのデータの授受を行う。取引用計器としての性格から停電時においてもその機能を保持し続ける必要があり、CPU、メモリ、周辺デバイスはすべてCMOS構造のものを使用するほか、間けつ(歇)的にCPUを走らせるなどの低消費電力化を図っている。停電補償は、ニッケルカドミウム電池を取引用変成器のPT回路からの電圧を電源として浮動充電し200時間以上が保証できるものとしている。

図6は設定用若しくは回収用のメモリカセット(データ記録装置)であり、CPUは8ビットでROM内蔵型、RAMは128Kバイトの容量を持ち、19.2 kbpsのカレントループシリアル転送のインタフェースを持っており、最長で30秒の時間でデータの設定若しくは回収が行われる。記憶の保持は内部にリチウム電池(単セルで3.6V)を持ち、これにより128Kバイトのメモリのバックアップを行っている。

現在この計量システムは、電力需給用複合表示装置の部分が昭和62年3月に基本型式の型式承認を取得し、先に特殊検定を受けて実用化に入った昭和61年12月以来、1年余を経て順調に頭初のねらいの効果をj得ている。

4. 電力需給用複合計器 WM3E 型シリーズ

電力取引において、大口の基本的な取引形態は契約電力の大きさによる基本料金と使用電力量に応じた従量料金の二部料金の形となっており、加えて月間の昼間(8:00~22:00)平均力率が85%よ



図6. メモリカセット(データ記録装置)

り高いか低いかによって力率割引の制度が適用される。この料金取引のためのデータとして、月間の最大需要電力、電力量、昼間平均力率が必要であるため、従来は取引用として検定を受けた最大需要電力計、精密電力量計及び平均力率算定用の普通電力量計、無効電力量計、検定対象外の平均力率算定用タイムスイッチの5個の機械的原理による計器(タイムスイッチ)を一つの盤の中へ収納し、需要家へ設置していた。これらの計器の機能を全電子化し、従来の個々の計器の1台分の大きさに複合、多機能化した計器が、電力需給用複合計器 WP3E 型シリーズである。

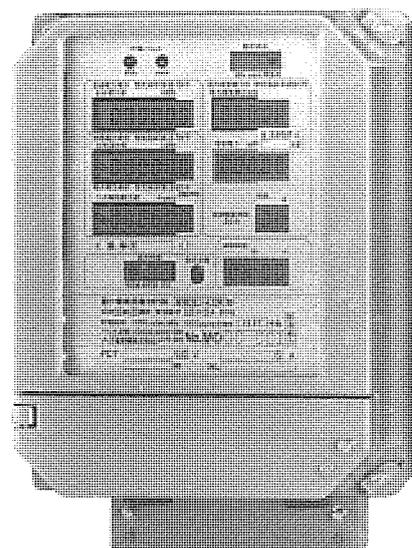


図7. 電力需給用複合計器 WM3EI-K17R 型

この計器の外観の一例を図7に、内部の機能構成ブロック図を図8に示す。計器は取引用の変成器と組み合わせられるため、定格はすべて110V、5Aである。計器に印加される電圧は内蔵のトランスTR1、TR2で降圧され、電源部へ供給され、ここで整流、安定化されて後述の各回路へ供給される。一方、内蔵のPT1、PT2で6Vの電圧に降圧され、計器に印加される電流はCT1、CT2で変流されて、それぞれW/F(電力周波数)変換部及びvar/F(無効電力周波数)変換部へ供給される。W/F変換及びvar/F変換は、原理的には時分割乗算、二重積分型電圧周波数変換によるものであり、基本部分は、Bi-CMOS構造の専用モノリシックIC、M54108Sで構成されており、その内部構成を

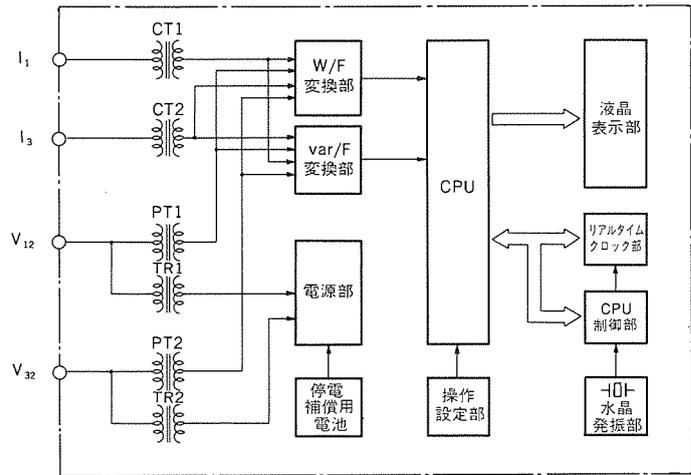


図8. 電力需給用複合計器 WP3E シリーズブロック図

図9に示す。M54108Sはデュアルインライン28Pの外形であり、二つの乗算回路を持つため、三相3線の電力周波数変換を1個のICで行うことができるLSIである。W/F変換部、var/F変換部でパルス列に変換された電力量、無効電力量情報はCPUに取り込まれ、この部分において、電力量、最大需要電力、昼間平均力率算定のための電力量、無効電力量が計量される。リアルタイムクロック部は、この計器の持っているその他の機能(計量確定行為)を発生するための年月、時分、秒を停電時に刻む時計であり、非停電時には、CPUが時刻を刻んでいる。水晶発振部は非停電時には、電源周波数で刻んでいる時刻の基準を停電時の基準とするためのものであり、またCPU制御回路のクロック信号を伴っている。CPU制御部は大部分がゲートアレー化された回路で、停電/復電時のCPUのコントロールを主たる機能としている。操作設定部は、計器前面の操作部を開いた所に設けたスイッチ類であり、計器の初期状態、すなわち年月日、時刻、計量確定の日などを設定できるようになっている。液晶表示部は高耐候液晶と液晶ドライバにより構成されており、計器の計量値、計量状態、設定状態、時刻などを、停電、非停電を問わず常に表示している。停電補償用電池は、デジタル回路の停電時の機能維持のためのものであり、ほぼ単三サイズのリチウム電池セル2個で、10年間において累計1年以上の停電に対して十分余裕ある停電補償の能力を持っている。

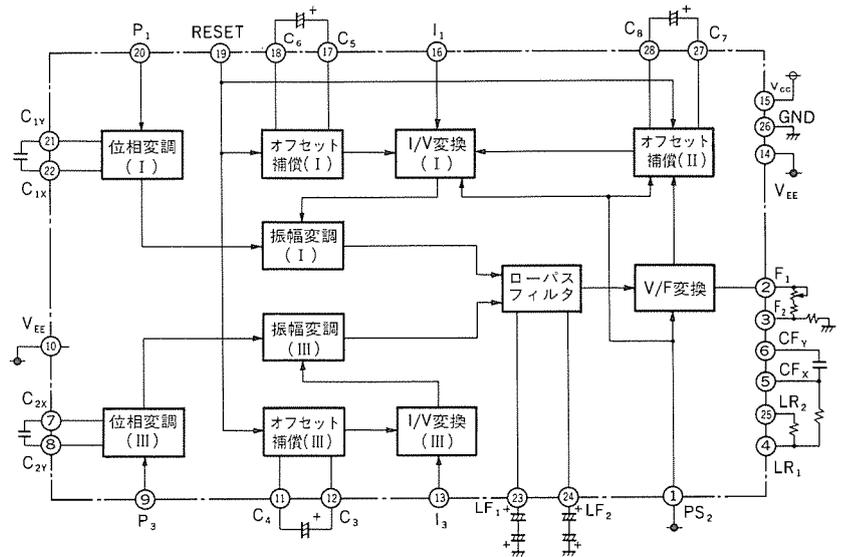


図9. W/F変換用LSI M54108Sブロック図

を紹介したが、これらの計器はすべてその使用目的から、電子化によりその機能、性能を達成し得たものである。取引用として使用されることから、一般の産業用の電子機器とは異なる様々な条件下において高い信頼度と長い寿命が求められるものであり、その要件を満たせる状況下に至った段階と考える。

今後、取引用計器は、多様化する社会的な環境のなかであって、様々な機能が求められる傾向は更に加速されるであろう。これにこたえた計器の開発は、電子技術の進展とともに新しい段階を迎えていくものと予測される。

参考文献

(1) Marek M. Stabrowski: Modern Numerical Analysis of Time-Division Multipliers, IEEE Trans. Vol. IM-28 No.1, p.74 (1979)
 (2) David F.Hoeschele, Jr: Analog-to-Digital/Digital-to-Analog Conversion Techniques, John Wiley&Sons Inc., p.356 (1968)

5. むすび

以上、電子化された電力需給取引用の電力需給用計器の三つの例

最近のビル・工場用受配電設備

三好一男* 菱輪 保**
野村 聡*
手島正之*

1. ま え が き

最近の受配電設備への社会的ニーズは、高度情報化・オンライン化社会におけるインテリジェントビルや24時間稼働ビル、FA工場における生産プロセスの高度化など、電気への依存度増大に伴う高品質の電気エネルギーの安定供給にある。これに伴い、受配電設備機能のインテリジェント化、難燃化・オイルレス化などの防災対策強化、信頼性強化、電力安定供給維持機能の拡大がなされている。

ここでは、受配電設備の最近の技術動向として受配電設備専用の監視制御システム、複合電子機器搭載の受配電設備などについて紹介するとともに、プロセスプラントにおける補機モータ制御に多重伝送装置を適用した分散制御、集中監視システム、24/36kV級受配電設備として新たに製品化したガス絶縁開閉装置(C-GIS)、オイルレス変圧器(モールド絶縁、ガス絶縁変圧器)などについて紹介する。

2. 最近の受配電設備

2.1 受配電設備の監視制御システム

受配電設備のインテリジェント化指向による自己完結制御型の開閉装置と総合判断機能を持つ集中監視制御装置を伝送ラインで結び、高信頼化、多機能化を図った受配電設備専用の監視制御システムについて紹介する。

受配電設備専用の《MELSAS》システム25/50(図1)は、ミニ

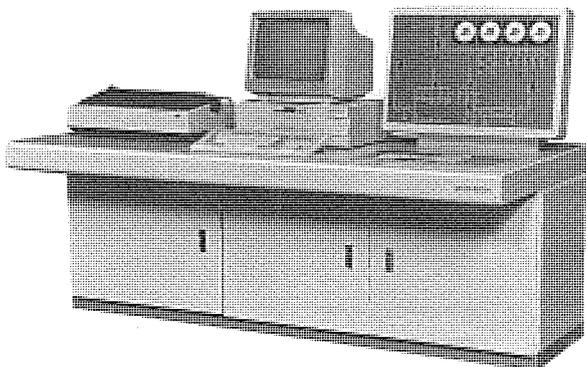


図1. 《MELSAS》システム25

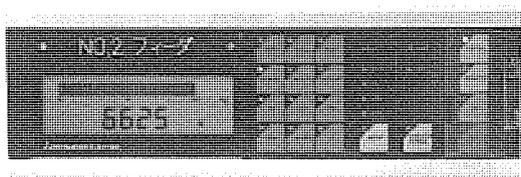


図2. MCD型集中制御表示装置

グラフィックパネルと専用操作キーボードを設置し、制御信号・アナログ信号の高速応答を実現したので、従来の制御盤と変わらない感覚で制御ができる。また、現場設備にリモートステーションを設置すると制御信号用と計測信号用の2回線多重伝送方式により、4本の信号線一括監視することができ、制御線工事の建設コストの大幅低減が可能となった。

総管理点数は、システム25で256点、システム50で512点である。

2.2 受配電設備

受配電設備は汎用遮断器としてクリーンな真空遮断器(VCB)を収納し、絶縁技術の向上、周辺機器の小型高性能化などにより操作性、安全性並びに保守点検の容易性を追求しつつ縮小化を図った。

計測制御系では、エレクトロニクス技術を結集した静止型計測制御機器化が急速に浸透しており、自己完結制御とともに中央監視への拡張が容易に行える機能を装備した。これらの複合電子機器搭載の受配電設備について紹介する。

(1) MCD型集中制御表示装置(図2)

配電盤の計測・制御・操作・表示の機能を集中制御表示装置にコンパクトに集約し、盤内の状態を扉前面の1箇所集中表示した。PT比、CT比の切替えが、ワンタッチでフレキシブルであり、計測値は大型の液晶表示器にデジタル/アナログバーグラフで明瞭に表示するとともにアナログ量の外部出力もできるため、従来の変換器類は不要となる。

(2) MSR型複合保護リレー(図3)

盤内収納型の多機能保護リレーで、過電流、方向地絡、不足電圧、過電圧の保護要素と、自己診断テスト機能をコンパクトに集約した

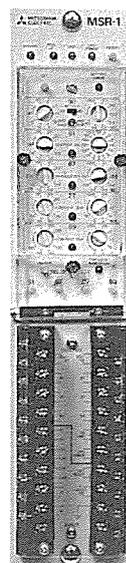


図3. MSR型複合保護リレー

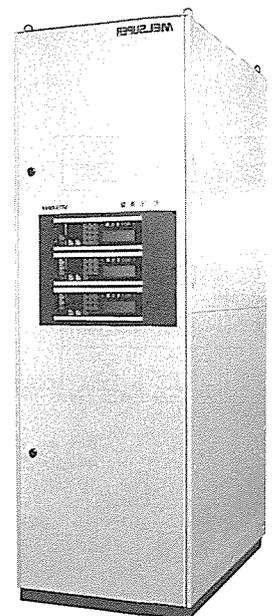


図4. 汎用高低圧受配電設備
《MELSUPER Cシリーズ》

小型・省スペースタイプである。

2.3 汎用高低圧受配電設備《MELSUPER Cシリーズ》

小型・軽量化を図った真空遮断器《MELVAC VF-B シリーズ》, 集中制御表示装置, 複合保護リレーを搭載した受配電設備であり, エレクトロニクス時代にふさわしい制御システム構成を持っている。電気室にマッチしたデザインであり, これからのビルディング, 各種産業設備, 公共施設などの電源設備に最適な受変電設備である(図4)(定格電圧3.45/6.9kV, 定格母線電流400/600/1,200A, 定格遮断電流8~25kA)。

3. 最近のコントロールセンター (補機設備に多重伝送装置を適用した分散制御システム)

プロセスプラントにおける補機モータの制御は, 各モータが現場に点在していることや, 始動装置が低圧コントロールセンター及び高圧コンビネーションスタータのように1台1台独立されて配置されていることなどの, 配置の分散性, 周囲環境の悪さ, 経済的導入効果の面から多重伝送化が困難とされてきた。

三菱CDL信号伝送システムは, プロセスに分散されている各操作端や監視情報源の信号を, ツイストペア若しくは光ファイバケーブルで接続することによって, 補機設備の分散制御, 集中監視システムを可能としたものである。これにより, モータ制御に関する機器との間のコントロールケーブルレス化が図れるばかりでなく, 補機設備からの情報のストアー化が可能となった(図5)。

特長

- (1) 信頼性の高い分散制御システム

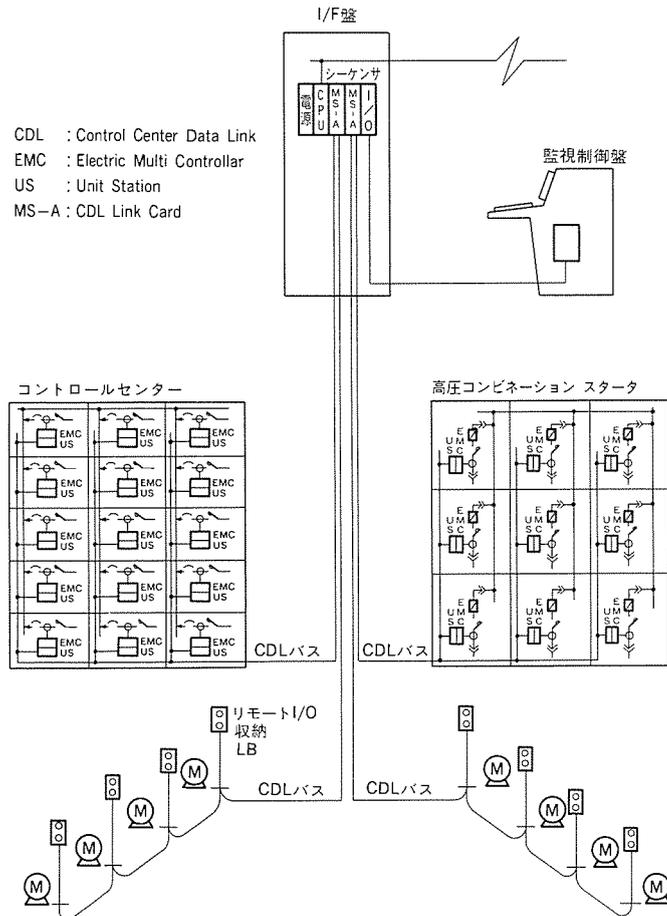


図5. 分散制御システムの適用例

小型端末局とシーケンサにより機能分散, 危険分散を徹底的に追求したシステム設計が可能である。また, 重要部の二重化や充実した自己診断機能により, 信頼性の高い分散制御集中監視システムが実現できる。

- (2) 経済的な補機システムの構築

ツイストペア若しくは光ファイバケーブルを使用することにより制御ケーブルの大幅な削減が可能となり, 工事費の低減と工期が短縮できる。また, 補機設備の増改造が発生しても制御ケーブルの変更処理が不要となり, コストパフォーマンスに優れたシステムが構築できる。

- (3) 使用条件に柔軟に対応可能な機種ぞろえ

各種用途に対応可能な伝送コントローラ, 本質安全防爆伝送端末局, 耐環境端末局, 電子制御多機能リレーとのインタフェース, シーケンサ《MELSEC-A シリーズ》へのリンク, 《MELIAC》, 《MACTUS-620》, 《MACTUS-320》などの工業用プラントコントローラとのリンクなどプロセス工業分野への対応可能な機種をそろえている。(図6, 図7)

4. 24/36kV ガス絶縁開閉装置(C-GIS)

4.1 製品化の経緯

24/36kV級受変電設備において, 近年にわかに小型化に対する要求が強まってきた。理由の第一は, 都市部の地価高騰により土地, 建屋の有効利用が強く望まれるようになったこと。第二は更新時期に達した設備において, 既スペースの中で停電を避けながらの更新

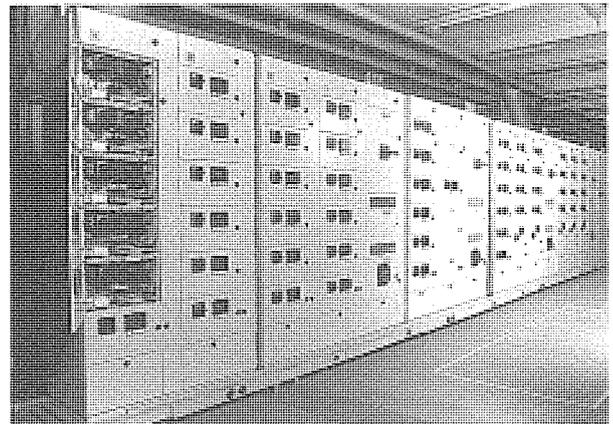


図6. EMC, CDLを搭載したコントロールセンター

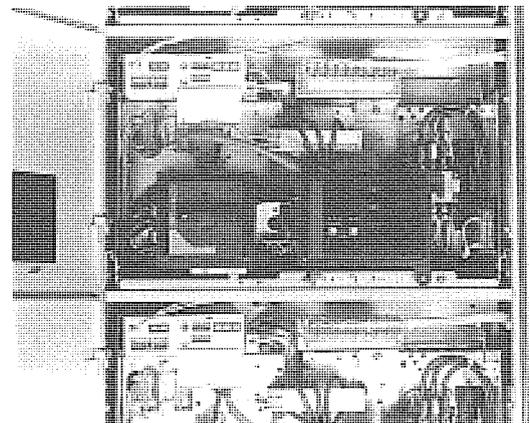


図7. EMC, CDLを搭載したコントロールセンターユニット

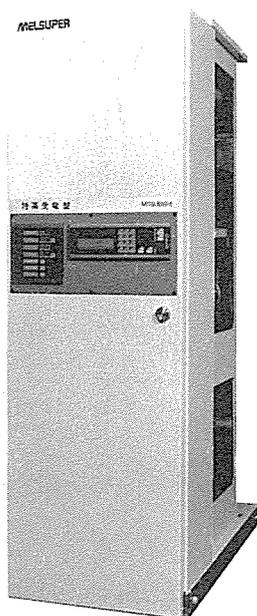


図8. C-GISの外観

- 1: ガス遮断器
- 2: 受電側三点断路器
- 3: 母線側三点断路器
- 4: 接地開閉器
- 5: 母線
- 6: ケーブルヘッド(スリップオン型)
- 7: 変流器
- 8: ケーブルブラケット
- 9: 接地母線
- 10: ガス区分用ブッシング
- 11: 操作制御部
- 12: 巻線型変流器
(7を取付けの場合は不用)

単位: mm

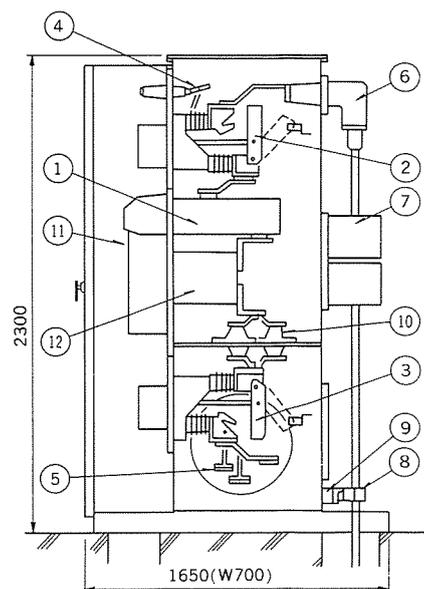


図9. 受電盤構造図

工事には、超小型の設備が不可欠である事情による。

この小型化の要請にこたえ、更に高信頼性・保守の省力化などを合わせ実現し得るキュービクル型ガス絶縁開閉装置(以下、C-GISと記す)が注目されることとなった。当社が長年培ったガス絶縁技術をベースに、24/36kV級一般需要家向けC-GISを製品化したので、その概要を紹介する。

4.2 構造の概要

遮断器・断路器・接地開閉器など主回路機器を矩形ガス容器前面にほぼ一直線上に配置し、この主回路部前面に制御ユニットを取り付けており、外観は通常キュービクルとほとんど同一である(図8、図9)。

一般需要家向け受変電設備は多様な回路構成に対応する必要があるため、このための方策として、遮断器・断路器などの機器をユニット化し、自在に配列できる構造とした。また、このユニット化は品質の安定化にも大いに寄与している。すなわち、それぞれの機器の主回路系、操作系を1枚のベース上に組み上げた完全ユニット化であり、単体において調整・試験まで完結し、狭いガス容器中における組立て、接続などの作業を一切排した構造とした。ガス容器は薄板かん(函)体の外側を角形鋼管にて補強した構造を採用し、軽量であり、かつ剛性の高い容器としている。

4.3 構成機器

(1) 遮断器

24/36kV級遮断器は現在ガス遮断器と真空遮断器が競合している状況にあるが、このC-GISにはガス遮断器を採用している。これはガス遮断器が小電流遮断時に過大なサージ電圧を発生しない特性を持っており、サージアブソーバ類が不要となり回路構成がシンプルとなること、及び消弧部ガス圧の常時監視が可能であることから、より信頼性の高いC-GISが実現できることによる。また、消弧室の最適設計により、消弧室内の封入ガス圧を従来の5気圧から2.5気圧への低減を実現し、消弧室構成部品の軽量化が図れ、より小型・軽量の遮断器とすることができた。

(2) 断路器

断路器はスペースの有効な利用を考慮し、接地ポジションを持つ

三点断路器を採用している。3ポジションを持つことによる誤動作・誤操作を防止するため“入一切”操作機構と“切一切地”操作機構を完全に分類した構造を採用している。

(3) 接地開閉器

C-GISの接地装置としては、前記三点断路器の接地位置のほか、単独の接地開閉器を備えている。この接地開閉器の接地端子は、現地における機器耐電圧試験及びケーブルの直流耐電圧試験の電圧に耐える構造とし、C-GIS 据付け後ガス処理することなく、耐電圧試験が行えることを考慮した構造となっている。

5. オイルレス(モールド絶縁、ガス絶縁)変圧器

受配電設備の中で、重要な役割を果たしている変圧器は、これまで安価で信頼性の高い油入式が最も多く使用されてきたが、近年の社会的環境の変化を背景に、変圧器の不・難燃化の要請が高くなってきている。我が国の受配電用オイルレス変圧器の歴史は、昭和29年にH種乾式変圧器が実用化し、主にビルの屋内変電室を中心に採用されてきた。そして、昭和40年代の終わりから50年代にかけて、乾式変圧器の絶縁性及び耐湿性を改善したモールド変圧器が市場に

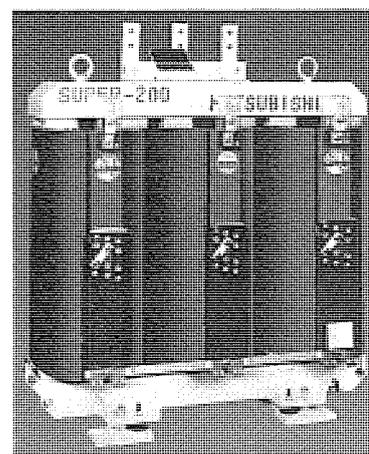


図10. CV-FP型6.6kV三相200kVAモールド変圧器

出された。モールド変圧器の限界は3.3kV、およそ10MVAとされているが、現在6.6kV配電用変圧器を中心に普及してきている。

一方、ガス絶縁変圧器の研究開発も昭和30年代から始められ、特別高圧変圧器を中心に、昭和40年代の終わりから50年代にかけて採用されだしてきた。近年では、全天候型オイルレス変圧器としても特別高圧電力用はもとより、6.6kV配電用変圧器としても注目されてきている。

5.1 モールド変圧器

製品化当初のモールド変圧器は全型を使用したいわゆる注型法、含浸法又はその併用方式の製法が一般的であったが、その後の技術開発により現在では多くの金型レスモールド絶縁処理方式が発表され、金型方式と同程度以上に実用化するに至っている。図10に金型レスで製作した配電用6.6kVモールド変圧器の外観を示す。

モールド変圧器は巻線が固体絶縁で構成され、かつ一般環境の大気にさらされていることから、巻線絶縁の耐湿性、耐クラック性及び部分放電特性の高信頼性検証が極めて重要である。耐湿性及び耐クラック性は過酷な開発評価で十分検証し、部分放電についても出荷試験で、全数コロナフリーを確認している。

当社のモールド変圧器はF種絶縁金型レスプリプレグ絶縁方式を標準とし、配電用6.6kV 500kVA以下の汎用機種には金型注形方式も採用している。また、2,000kVA以下は自冷式を、2,000kVAを超える変圧器については風冷式を標準的に採用している。モールド変圧器は油入式のようにタンク及びラジエータを必要としないので小型となり、盤収納に適した不・難燃性変圧器として市場での地位を確立しつつある。配電用6.6kVモールド変圧器が、屋内用盤収納変圧器として普及するに至り、規格化の要請が高まって、昭和61年11月に日本電機工業会により“配電用6kVモールド変圧器(JEM1424)”が制定され、この中でモールド変圧器の諸特性が我が国で初めて示された。

5.2 ガス絶縁変圧器

ガス絶縁変圧器はタンクに鉄心・巻線を収納し、絶縁と冷却性に優れたSF₆ガスを封入して密封したものである。その点で変圧器外観は油入式と酷似している。ガス絶縁変圧器の外観を図11に示す。

SF₆ガスは優れた電気絶縁性、冷却性に加えて化学的、熱的に安定で非爆・不燃性である。SF₆ガスは封入圧力が高いほど絶縁性、冷却性能とも高くなるが、変圧器のガス封入圧力は1.2kg/cm²(常温)としている。これは適切な絶縁性と冷却性を維持しながら、周囲温度の変化又は通常発生する過負荷時でも変圧器タンクの内圧は、圧力容器の基準である2kg/cm²を超えないように制限したものである。SF₆ガスの特性を空気、鉱油と対比して表1に示す。空気に比べSF₆ガスは絶縁性及び冷却性に優れていることが分かる。

ガス絶縁変圧器にとってSF₆ガスは重要な役割を果たしているので、変圧器の製作に当たってはガスの純度管理及びガスシールに細心の注意を払っている一方で、万一のガス漏れが外部から監視できる警報装置を備えている。ガス絶縁変圧器は、防災性、保守性、低

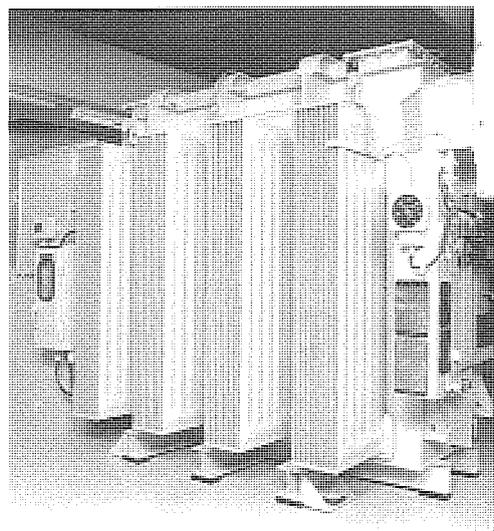


図11. GNAN型11kV1,500kVAガス絶縁変圧器

表1. 主要絶縁媒体の特性

	絶縁耐力 (kV/2.5mm)	熱伝達率 (kcal/m ² h°C)	引火点 (°C)
SF ₆ ガス	35	6	—
空 気	10	2.5	—
鉱 油	60	50	130

注 SF₆はゲージ圧1.2/cm²での値

損失などの優れた特長を持っている上、騒音もSF₆ガスの音響インピーダンスが大きいことと、更に変圧器タンクで遮音されているので乾式変圧器より約10dB低く、ほぼ油入変圧器と同レベルとしている。これらの優れた特長を持つガス絶縁変圧器は、全天候型としても適用できるので、過密都市の屋外変電所又はビルの屋上に設置する設備に適した変圧器と考えている。

当社のガス絶縁変圧器の製作は、これまでに配電用変圧器を中心に1,500台を超え、電力用変圧器として最大275kV、300MVAを記録しているが、今後の研究開発で更に高電圧、大容量化が期待できる。

6. む す び

最近の受配電設備の技術動向についてまとめた。受配電設備に要求される社会的ニーズは、高品質の電気エネルギーの安定供給であり、インテリジェント化機能、難燃化による安全性の向上、信頼性の強化など電力安定供給維持機能の拡大に向けて、更に技術的な発展が期待できるものと考えている。

特高・高圧需要家向け制御保護装置

伊藤 真*
大谷則夫*
小谷源三郎*

1. ま え が き

特高需要家及び高圧需要家における受電及び配電に関する制御及び保護装置は、実績を重んじて電磁型の制御継電器や保護継電器が主として使用されてきた。しかし、最近では電力会社設備の静止化の影響により、需要家から、また盤取付けスペース上の制約や厳しくなった要求性能を満たすために、盤メーカーからも静止型の適用を要請される場合が増えてきた。関連規格も順次アナログ方式やデジタル方式の静止型に適合できるように、改訂や新設がなされてきており、適用規格がないという障害の解消により静止型の適用が加速すると予測される。

ここでは、特高・高圧需要家向けの制御保護に対する顧客からの要望と、この要望にこたえる製品化について紹介し、動向を理解いただく一助としたい。また、複数の制御保護を収納したデジタル型《MULTICAP シリーズ》と、高圧専用のデジタル型過電流継電器 MOC-E を顧客の要望にこたえる新製品として紹介したい。

2. 市場供給に際しての必要事項

特高・高圧の需要家向け受配電用制御保護は次の3受注形態がある。
①制御保護盤を当社が総合電機メーカーとして受注する場合。
②需要家から、プラント エンジニアリング会社、設計会社、建設会社、電気工事会社を経由し、盤メーカーから制御保護継電器ほかの器具を単品受注する場合。
③重電機器を得意とする重電メーカーから制御保護継電器ほかの器具を単品受注する場合。なお、②③の受注形態は、単品販売による市場供給となるが、この割合がかなり多い。

需要家に納入された装置は、需要家専属の主任技術者又は需要家から委託を受けた主任技術者協会や保安協会の方々により保守される。保守される方々の担当範囲は、主機関連を含め電気設備のすべてであり、制御保護に限定し専門に保守をしていられるわけではない。

市場背景としての受注形態及び保守の形態は前記のようであり、これを考慮すると市場に供給する場合、次のことが必要である。

- (1) 制御継電器及び保護継電器を単品で受注し、盤製作会社や重電機メーカーに販売する 경우가多く、システム設計上で詳細な技術背景までは知らなくても保有適用技術力で、容易に機種選択ができ適切な適用ができる単品であること。
- (2) システムを構築する上で十分な品ぞろえができてきていること。
- (3) 保守及び点検は特殊な専門技能を必要とせず、一般技能で対応が可能な単品であること。

3. 動 向

使用者側の動向は、要望事項として表明されるので3.1節に記載する。製作者側の動向は、使用者側の要望事項にこたえる対応策として表れるので、最新の対応を3.2節に記載する。

3.1 使用者側からの要望

関連する直接又は間接顧客として、需要家、設計会社、プラント

エンジニアリング会社、建設会社、電気工事会社、盤メーカー、重電機メーカー及び主任技術者協会、保安協会がある。

各々異なる立場であり、異なる視点から使用者としての要望があるが、まとめると次のようになる。

- (1) 工場や施設設備の重要性にかんがみ、誤動作及び誤不動作を防ぎたい。このため、自己監視機能を内蔵した継電器を利用したい。また、更に自動点検ユニットの付加や二重化も行いたい。
- (2) 遮断器操作や扉開閉による衝撃の伝搬、地震による振動で誤動作しないように、耐振性能の良い製品が欲しい。
- (3) 主機保護、受電線保護の目的のために、複数の保護要素やシーケンス動作が必要なものについては、これらすべてが1台の単品に組み込まれた製品が、誤適用防止と適用の簡便さのために欲しい。
- (4) 海外物件適用のために、欧米の流儀である Scheme-type (複数保護要素やシーケンス動作が組み込まれていて機能をすべて果たす構成になっているもの) と同等の製品が、承認を容易に得るために欲しい。
- (5) 国内電力会社との打合せ時の静止型に対する要望をくみ取って、需要家側も静止型を適用したい。
- (6) 電磁型の保守には、回転部分が円滑か、接点の荒れや異物の付着がないか、を検査し手入れする等の機構的な保守技能が必要であるが、これらの技能を必要とせずに保守できる製品が欲しい。
- (7) 総合コストを安くする製品が欲しい。

電力会社の設備がデジタル化されつつあること、他分野でもデジタル化が普及し、技術雑誌で知る機会も多いため、「デジタル」が一般常識化し、自関連部門の製品に適用されることへの違和感が解消されたいために出てきた要望が前記の中に含まれている。

3.2 製作者側としての対応策

2章及び3.1節を共に満たす制御保護継電器を製作者側は供給する必要がある。これらの要望事項に対する対応策として、従来の電磁型に変えて、アナログ技術を用いて静止型とする方法と、デジタル技術を用いて静止型とする2方式がある。後者の方法は、電子化、マイクロプロセッサ化又はデジタル型と呼ばれている。この二つの方法には、各々利点及び欠点があるが、次に示す点を考慮し総合判断の結果、デジタル化による対応策を採用した。

- (1) 自己監視機能の要望に対しては、アナログ方式に比べてデジタル方式の方が幅広い監視が安価に確実にできる。
- (2) 複数の機能のほかに、シーケンス動作も組み込む要望に対して、アナログ方式ではその都度ハードウェアの設計が必要となりコスト増となるが、デジタル方式では基本的にソフトウェアで対応できるので、ハードウェアの共通化によりコストが少なくてすむ。
- (3) 電力会社における静止型は、デジタル方式が主流になりつつあり、需要家側に設置されるものも同じくデジタル方式にしておくほうが統一がとれる。
- (4) 耐震性については、アナログ方式もデジタル方式も同性能であり、デジタル方式でよい。

- (5) 複合度の高い要素数の多いものは、デジタル方式のほうがコストが安い。
- (6) デジタル方式では、数値を表示することが可能であり、入力値、逆相分電流ほかの保護に必要な数値、タイマ値、整定値などを表示できるので、試験や保守の質的向上や時間短縮が可能となる。

4. 《MULTICAP シリーズ》

《MULTICAP》は MULTIPLE Control And Protection の大文字を続けたもので、主として需要家向け、一部は電力会社向けに適用するマイクロプロセッサ化した制御保護機能を持った複合電子化ユニットのシリーズ呼称である。前述のデジタル化による対応策のシリーズである。

4.1 目標

特高-高圧の需要家設備と電力会社側との連系設備、海外電力向

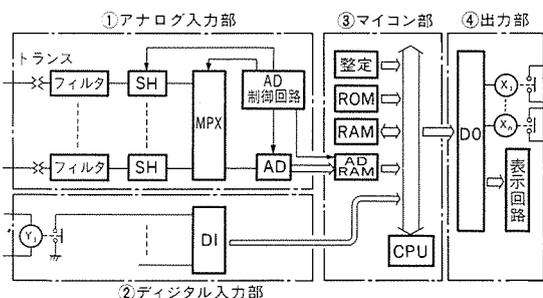


図1. デジタルリレーの構成概念図 (16ビットタイプ)

け送電線保護を含め、制御保護に必要なものについて、シリーズぞろえをして供給責任を果たすようにする。制御保護の対象である主機器、母線、受電線などごとに基本的な機能を複合化して、複合化する際に適用上の技術も盛り込み、単品として購入された顧客にとって使用しやすいとの評価をいただけるようにする。製品価格と機能とのバランスを考慮しつつ、保守や自己監視機能を入れる。

4.2 特長

機種による差はあるが、次の特長を備えている。

- (1) シリーズぞろえが充実している。
- (2) 複合機能ユニットであるため、取付スペースも小さく、また機能的にまとめられているので適用が簡単である。
- (3) 自己監視機能を備えているため、定期点検を待たなくても不具合の発見が可能である。したがって、有効利用率 (Availability) が高い。監視には次のものがある。

- (a) "RUN" 緑色の発光ダイオードで点灯。ソフトウェア プログラムにより点灯しており、電源関連、CPU や ROM 関連の不具合によりプログラムが動かなくなると消灯する。したがって、巡視時に点灯を確認することにより利用可能状態かを簡単に知ることができる。
- (b) "監視異常" 赤色の発光ダイオードを点灯、表示警報用の接点を出力し、更に他の出力をロックする。監視異常は、アナログ入力をデジタル値に変換する A/D 変換精度チェック、プログラムが変化していないかをプログラムデータの加算でみるチェックサム、回路又は ROM 記憶の変化により作動停止となっていないかを別置タイマでみるウォッチドグタイマにより行っている。ユニットの接点出力を監視盤に接続することにより、監視室で異常を知ることができ、またユニットの点灯によりどのユニットの異常かを知ることができる。

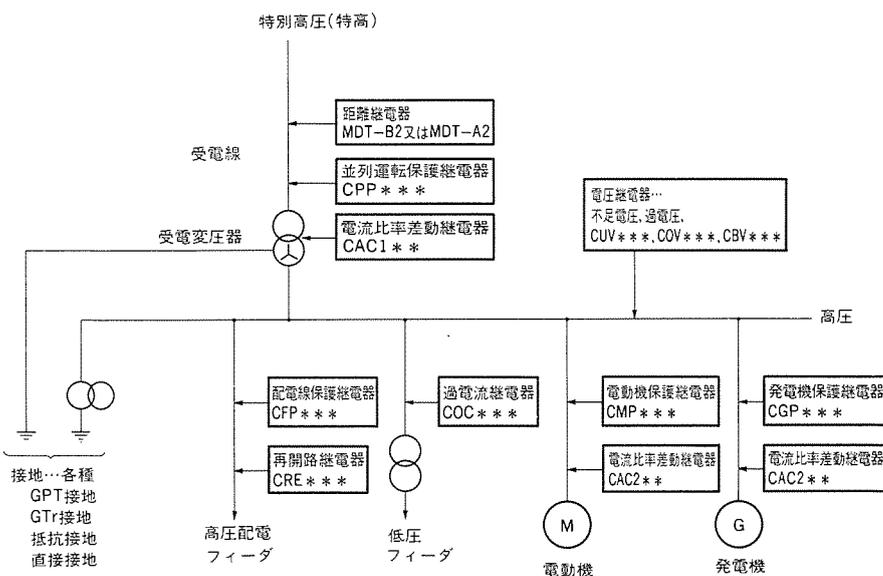


図2. 特高受電におけるラインアップ

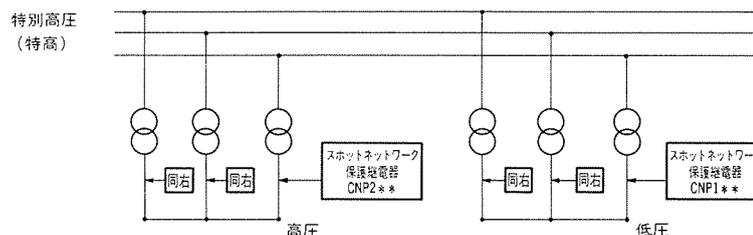


図3. スポットネットワーク受電におけるラインアップ

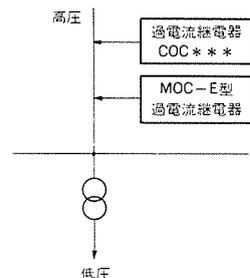


図4. 高圧受電におけるラインアップ

- (4) 数値表示機能を備えており、これを利用して入力値、整定値、演算値の数値確認などができ、試験や保守が簡単に行えるようになっている。
- (5) 精度が高く整定範囲が広い。
- (6) 国内規格である JIS, JEC, 海外規格の IEC, ANSI, BS などに適合するので、国内、海外共に利用できる。

デジタルリレーの構成概念を図1に示す。

4.3 製品のラインアップ

4.3.1 受配電系統図上におけるラインアップ

特高受電を図2に、スポットネットワーク受電を図3に、国内の高圧受電を図4に示す。各々枠内に該当する単品の型名を、スケルトン上に示す。重複するものは図2にのみ記載した。

4.3.2 シリーズの大分類

大別すると適用マイクロプロセッサが8ビット、又は16ビットの2種類がある。“RUN”表示は共通しているが、“監視異常”の有無、大きさの種類で大きく分類することができる。この大分類を表1に示す。

4.3.3 単品別の説明

単品別の一覧表を表2に示す。単品型名の末尾の***は、種々の番号が入ることを示し、複数の型名があることを示す。外観写真を図5、図6に示す。

(1) 距離継電器

MDT-B 2及びMDT-A 2が該当する。MDT-B 2は切替式距離リレーで、モー特性4段又はモーリアクタンス3段がある。MDT-A 2は非切替式高速距離リレーで四辺型特性の前方3段と背後方向検出要素をもっている。MDT-B 2とMDT-A 2共に、

表1.《MULTICAP》製品シリーズの大分類

収納ケース H×W×D (mm)	200×150×200	200×350×200	200×480×330
マイクロプロセッサ (ビット)	8	16	
監視機能	“RUN”	“RUN” “監視異常”…A/D変換精度チェック プログラムのチェックサム ウォッチドグタイマ	
数値表示	なし	3けた数値表示…入力値表示、演算値表示、 整定値表示	
保護の種類	単種類の保護	複数種類の保護	

短絡地絡三相分の保護要素、キャリア搬送利用の各種方式の整定による選択、脱調ロックほかの制御シーケンスをすべてユニット内に収納している。なお、欧州メーカーでは、このようなまとめ方が主流となっている。

(2) 並列運転保護継電器

CPP***が該当する。需要家に自家用発電機を持ち、電力系統と並列運転をする場合に受電点に設置する。コージェネレーションやピークカットのための並列運転に利用できる。日本コージェネレーション研究会が通商産業省資源エネルギー庁監修のもとに発行した「コージェネレーションの系統連系技術要件—ガイドライン解説書」に沿って、並列運転するために追加する必要がある保護要素類と制御要素を収納している。既設受電保護盤でも、このユニットを追加することにより、並列運転への対応ができる。

(3) 過電流継電器

COC***が相当する。最も一般的な継電器であるので種類も多く、大別すると8ビット、16ビットマイクロプロセッサ適用品に分かれる。COC.1***~COC.3***は8ビットマイクロプロセッサ適用品。短絡と地絡とを個別に保護するユニットと、短絡と地絡共に保護するユニットがある。COC.4***は16ビットマイクロプロセッサ適用品で短絡及び地絡共に保護をするユニットである。各ユニット共に動作時限特性は複数種類を設け整定により選択でき、動作特性は数式表現できIEC規格やBS規格に記載の数式に適合している。

(4) 電圧継電器

CBV***, CUV***, COV***が該当する。CBV***は、不足電圧及び過電圧を収納している。地絡過電圧は、含むものと含まない種類がある。CUV***は不足電圧を、COV***は過電圧を収納している。

(5) 電流比率差動継電器

CAC***が該当し、高整定過電流も収納し変圧器と発電機に対

表2.《MULTICAP》製品シリーズ表

種類	型名	収納要素	相	収納要素の 器具番号 ④アンメータ	マイクロプロセッサ (ビット)	ユニットサイズ 様式
距離継電器	MDT-B 2	切替式距離リレー：短絡地絡、モー4段又はモーリアクタンス3段 キャリア利用方式…整定により6種を選択可能、脱調ロック及びPTヒューズ断検出付き	3	44 S, 44 G	16	SU-4
	MDT-A 2	非切替式高速距離リレー：短絡地絡、四辺型前方3段 背後方向検出要素付き、 キャリア利用方式…整定により7種を選択可能、脱調ロック及びPTヒューズ断検出付き	3	44 S, 44 G		
並列運転保護継電器	CPP ***	電圧メモリ付き方向短絡、逆電力検出、電圧低下検出、不足周波数、過周波数 系統連系時の過渡誤動作ロック、系統解列時の不要動作ロックのシーケンス内蔵	3	67 Q, 67 P, 27 95 H, 95 L	16	U-3
過電流継電器	COC1 **	限時特性の過電流…動作時間特性5種を整定で選択、瞬時過電流 COC1***地絡用又は単相過電流、COC2***二相過電流 COC3~11***三相過電流、COC3~21***二相過電流と地絡過電流	1	51, 50	8	U-1
	COC2 **		2			
	COC3 **		3			
	COC4 **	限時特性の過電流…動作時間特性5種を整定で選択、瞬時過電流 各々相間事故用と地絡事故用を内蔵	3+1	51, 50 51 G, 50 G	16	U-3
電圧継電器	CBV1 **	不足電圧、地絡過電圧 各々定限時動作特性	1+1	27, 64	8	U-1
	COV ***	過電圧、定限時動作特性	1	59		
	CUV ***	不足電圧、定限時動作特性	1	27		
	CBV3 **	不足電圧、過電圧、地絡過電圧 2段 各々定限時動作特性	3+1	27, 59, 64		
電流比率差動継電器	CAC1, 2 **	変圧器用：電流比率差動、高整定過電流 励磁突入電流による誤動作防止のため第2 高調波抑制付き (CAC1…2巻線用、CAC2…3巻線用)	3	87, 50 H, ④	16	U-3
	CAC3 **	発電機用 電動機用 } 電流比率差動、高整定過電流		87, ④		
発電機保護継電器	CGP ***	過電流、逆相過電流、逆電力、電圧健全検出、過電圧 地絡過電流 (非接地…CGP2 **, 抵抗接地…CGP3 **), 地絡過電圧 (CGP4 **)	3+1	51, 51L, 67 P, 84, 59, 51G 又は 64	16	U-3
電動機保護継電器	CMP	過負荷用熱保護、回転子拘束保護、短絡過電流、逆相過電流 地絡過電流 (非接地…CMP2 **, 抵抗接地…CMP3 **)	3+1	79, 51, 50, 51L, 51G	16	U-3
配電線保護継電器	CFP ***	過電流、短絡過電流 地絡方向 (非接地…CFP1 **)	3+1	51, 50, 67 G	16	U-3
スポットネットワーク 保護継電器	CNP ***	逆電力遮断、差電圧投入、無電圧投入、再生電力検出 過電流 (二次低圧用定限時…CNP1 **, 二次高圧用限時…CNP2 **) 再生電力による誤遮断防止回路を外部で組めるよう再生電力検出を行っている	3	67 P, 60, 27, 51	16	U-3
再閉路継電器	CRE1 **	三相再閉路、再閉路回数 最大4回	3	79	8	U-1
	CRE2 **	単相三相再閉路、再閉路回数2回、同期確認		79, 25	16	

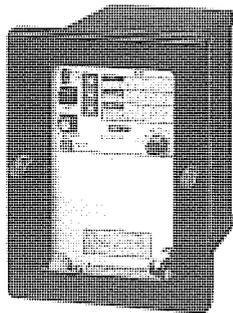


図5. 《MULTICAP》
8ビットタイプの外観

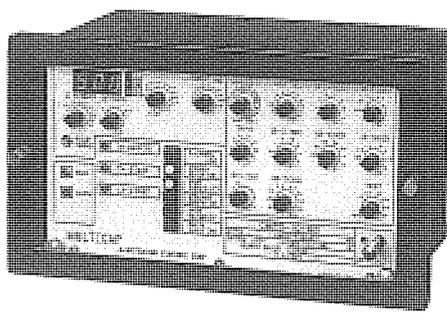


図6. 《MULTICAP》16ビットタイプの外観



図7. MOC-E型8ビットタイプ
高圧受電用過電流継電器の外観

応する種類がある。CAC 1**は変圧器用で、三相2巻線用と3巻線用がある。励磁突入電流対策として第2高調波抑制付きで高整定過電流も収納している。CAC3**は発電器用で三相タイプである。

(6) 発電機保護継電器

CGP***が該当し、接地方式に対応する種類がある。自家用発電機用としての基本的な保護要素である、短絡と地絡の過電流、逆相過電流、逆電力、不足電圧、健全電圧、地絡過電圧の各要素を収納している。

(7) 電動機保護継電器

CMP***が該当し、接地方式に対応する種類がある。電動機用としての基本的な保護要素である、過負荷（不平衡電流も考慮した熱要素）、回転子の拘束、短絡、逆相過電流、地絡の各要素を収納する。整定範囲が広いいため小容量から大容量まで、また各種電動機様式に適合する。過負荷については、動作までの時間余裕があるので警報を用意しており事前処置がとれるようにしている。

(8) 配電線保護継電器

CFP***が該当し、地絡方向保護の必要な配電線に用い、接地方式に対応する種類がある。配電線保護用としての基本である短絡用の過電流、地絡用の方向地絡を収納している。

(9) スポットネットワーク保護継電器

CNP***が該当する。二次側の電圧によって対応する種類があり、低圧はCNP 1**高圧がCNP 2**である。スポットネットワーク受電の保護と制御に必要な逆電力遮断と無電圧投入、差電圧投入機能を備えている。また、バンク二次の過電流保護及び外部回路との組合せによる電力回生時の不要遮断ロック、投入遮断を繰り返すポンピング動作を阻止するために不要差電圧投入ロックの機能も持っている。高感度整定が可能であるため、低励磁損失タイプの受電用変圧器が適用でき電力節減にも役立つ。

(10) 再閉路継電器

CRE***が該当し、再閉路に際し時間要素のみの無条件投入方式か、電圧や位相差他を確認して投入する方式かに対応する種類がある。CRE 1**は、無条件投入方式で再閉路回数は最高4回までの選択ができる。CRE 2**は電圧の有無、位相差、同期確認をして投入する方式である。事故の種類や、電圧条件ほかにより0回から2回の再閉路を自動的に行う。単相と三相再閉路を行う方式と三相遮断三相再閉路のみを行う方式が選択できる。

5. MOC-E型過電流継電器

高圧需要家の受電とフィーダー及び特高需要家の高圧用として使用する JIS C 4602適用の二相過電流継電器である。デジタル方式であるのでアナログ方式では実現し得ない次の特長を備えている。

表3. MOC-E型過電流継電器の使用概要
(JIS C 4602-1986 規格適合)

形 式	MOC-EIV-R	MOC-EIT-R
型 番	067PGA	068PGA
引 外 し 方 式	過電圧引外し	電流引外し
定 格 電 流	5 A	
定 格 周 波 数	50 / 60Hz	
限 時 要 素 2φ	動作値整定 3-3.5-4-4.5-5-6 A	
	限時整定ダイヤル 0.5-1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-15-20-30-40-50	
	動作特性 超反限時特性	
瞬 時 要 素 2φ	動作値整定 ロック-20-30-40-50-60 A	
	動作特性 2段限時特性	
表 示	始動表示 表示選択SW切替えにより可能(0→9)	
	動作表示 限時(R.T相)・瞬時(R.T相)	
	自己監視 正常にてLED(緑)点灯	

外観写真を図7に示し、仕様概要を表3に示す。

- (1) 2けたの数値表示を備えている。数値表示は選択整定により、入力電流計測、限時動作の経過表示、整定値の表示ができる。
- (2) 数値表示を入力電流計測に選択し、試験入力装置のアンメータ、又は盤のアンメータの指示値と見比べることにより簡単に精度チェックが可能である。数値表示を限時動作の経過表示に選択することにより、簡単に始動及び経過時間を0~10の表示で知ることができる。数値表示を整定値表示に選択することにより、整定タップ値どおりに作動することが電流入力を印加して試験しなくても目視でわかる。以上から保守、試験の簡易化が図れる。
- (3) 作動可能状態にあることを、緑色発光ダイオードの点灯により表示している。したがって、巡視のときに緑色発光ダイオードの点灯を目視確認するだけで作動可能状態にあることの確認ができ、保守の簡便化ができる。
- (4) ソフトウェアにより保護協調の取りやすい動作時間特性を実現している。低圧のNFBとの保護協調が取りやすいように、限時要素はNFBの過負荷保護要素と相似の超反限時の動作時間特性としている。変圧器の励磁突入電流での誤動作を避けるために、瞬時要素は2段動作時間特性にしている。

6. む す び

適用が易しい、機能が集約している、保守点検が簡単で省力化ができる、総合コストが安いなどの顧客の要望に低コストでこたえるためには、制御保護計測の複合機能を適用しやすいように1ユニットにまとめて自己監視機能を付加した製品が必要である。マイクロプロセッサを利用した製品により実現化しシリーズぞろぞろもできており、新設及び最近増えてきた既設設備更新に利用されることを希望している。特高一高圧需要家の分野も伝送、集中管理などのデジタル技術を応用した製品が出てきており、ここに述べた制御保護計測のデジタル製品もこの時流に適合し成長発展してゆくことを期待している。

地中埋設物探査レーダ

佐藤勝重* 上窪康博**
松浦達吉* 実森彰郎***
野口秀夫** 宇佐美照夫***

1. ま え が き

道路下には既設の電力ケーブルのみならず、ガス管、上下水道管、電話線のほか、都市生活にかかわる各種管路・ケーブルが埋設されている。このようにふくそう(輻輳)した地中に新たにケーブル等を埋設するには、既存の設備を損傷することなく道路を掘削するとともに、ケーブルを敷設するのに十分なスペースが確保できるかを把握する必要がある。

このため、現状では表面の舗装をカットで切断して剥離したのち人手で掘削することにより、大型シャベル機械を用いた工事による万一の既存設備の損傷・災害発生の防止策としている。今後の工事量の増大を考えると、工期の短縮がますます必要となっており、工事着工以前に道路を掘削することなく地中の配管状況を知ることができる装置技術が切望されていた。

このような背景から地中埋設物探査レーダ装置の開発が各方面で進められており、実用段階に入りつつある状況である。地中埋設物探査は、地層調査や衛星レーダと同様、測定対象物に直かにセンサを当てることができず、何らかの信号を送出し対象物による反射信号を得て処理し、対象物を知るリモートセンシングの技術を用いて実現される。現場の土の特性から、分解性、出力の認識許容性などの課題があった。ここでは、合成開口法をベースに、土の特性を特定化する各種フィルタを用いて形成した地中埋設物探査レーダ装置を開発したので、その概要と特長を報告する。

2. 地中埋設物探査レーダ

地中埋設物探査レーダに要求される基本要件は次のとおりである。

(1) 分解能

道路下では、各種企業の保有する埋設管・ケーブルなどの最小離隔が30cm以上と指導されている。このため、装置による垂直・水平分解能が30cm以下でないと地中のレイアウトを正確にとらえることができない。

(2) 探査深度

一般的に道路下の配管は、深度が約1mを平均として2~3mの深さまで埋設されているため、地中配電を考慮する場合深度2mまでの探査能力が要求される。

(3) 探査精度

探査位置精度は平均的配管径や掘削工事道具の大きさから±10cm以内の精度が必要とされる。

(4) 探査時間

探査作業は交通量の関係から通常深夜に道路の一部分を通行止めにして作業者の安全を確保しつつ実施される。このため、機材のセッティング及び探査用操作に要する時間や、装置用電源を確保するための時間など極力最小限にする必要がある。

(5) 即応性

探査結果により工事の実施が不可となる場合、第2の工事候補場

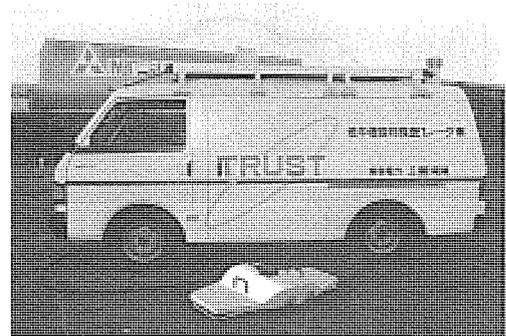


図1. 地中埋設物探査レーダ装置の構成

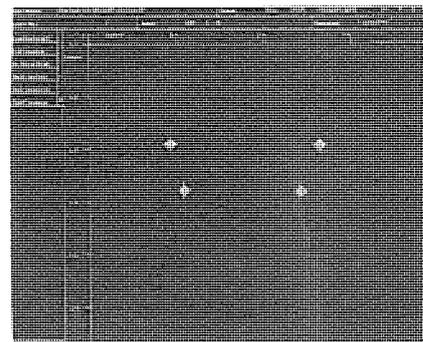


図2. 地中埋設物探査レーダの出力

所の探査が必要となる。現場で即座に出力できる装置とすることが重要である。

以上の要件を基本とし、開発装置の構成は図1に示すとおり車両搭載型探査レーダ装置として実現し、電源の内蔵及び高速演算型CPUをメインに信号送受信・変換回路とを結合した地中埋設物探査レーダとして形成し、実用に供するシステムを達成した。

地中へ電波パルスを送出するためのアンテナ機構は、車両内部の送受信・変換・処理システムと簡単に結合できる形態として設地が可能で、操作は作業員がリモートコントロールできる自走式ロボットとして具体化した。これにより、現場到着後、①電源を入れる(システム自動起動)、②アンテナ機構を路上へ設地する(ケーブルコネクタを接続)、③測定開始の手順で探査作業ができる。

出力形態はアンテナを走査した直線下の道路断面図がCRTに表示されるとともに、カラーハードコピーに即時複写ができる。この出力図は図2に例を示すとおり、配管・ケーブル位置がマークで示されるとともに、アンテナ走査方向及び深さ方向の距離をメートル値でスケールを付加し、測定現場名、測定日時、測定者名及び測定で生成されたデータファイル名を自動記入している。

3. 地中埋設物探査レーダの構成

3.1 システム構成

図3に地中埋設物探査レーダのシステムブロック図を示す。大別して車両に常備の部分は、①電源ユニット、②RFユニット、③信号

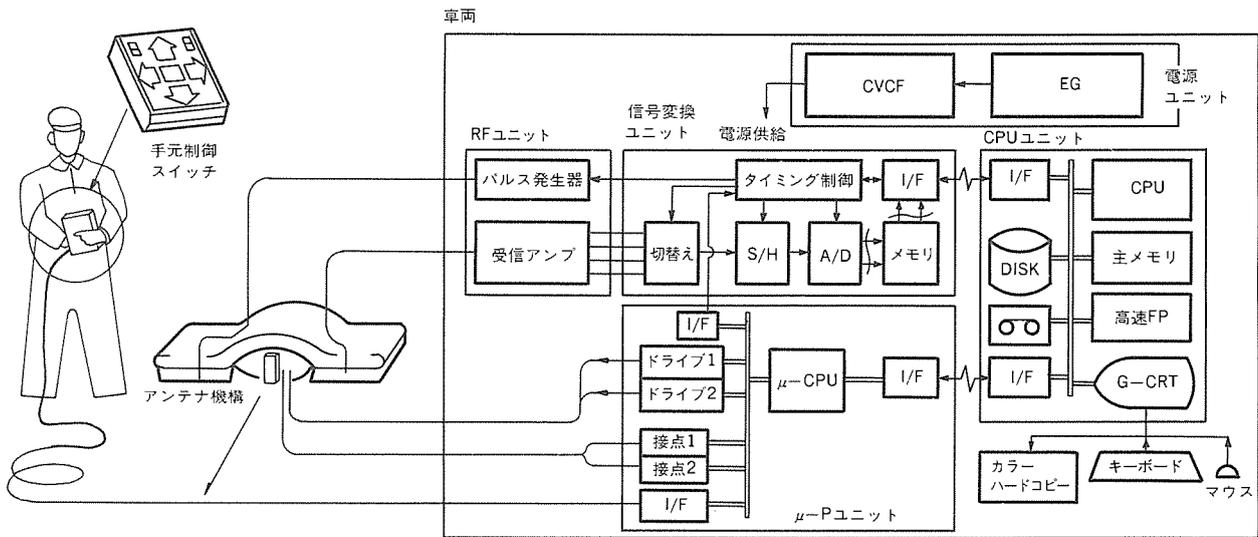


図3. 地中埋設物探査レーダのシステムブロック図

変換ユニット, ④CPU ユニット, ⑤マイクロプロセッサユニットからなる。測定時に現場路面に設置, 走査されるアンテナ機構を含めるとレーダシステム全系が構成される。電源ユニットは専用のエンジン発電機を用い配電線からの受電を不要とした。また, 搭載車両本体の燃料タンクを共有する方式としたので給油が簡便となっている。RFユニットは, レーダ用パルスの送信・受信部であり, 特に微小電力かつ高帯域の信号を扱う部分であるため高度シールドを設けている。信号変換ユニットは, 実時間波形換算で20psecに相当するデータサンプリング ホールドインターバルでデジタル化を行っている。CPUユニットは, 信号変換ユニットから入力データを得て地中埋設物の探査レーダ機能処理を担当するとともに, システム操作制御のためのマンマシン インタフェースを形成している。マイクロプロセッサユニットは, CPUのマクロ命令と手元スイッチの指令を受けて, アンテナ機構のドライブ制御を実行する部分である。

3.2 アンテナ機構

既存の地中探査レーダでは, アンテナ機構は一般的に手動式が採用されている。入力波形を鮮明に記録するとき, アンテナを微速で走査する必要があるため, 長時間の作業となる。これを解消すべく図4に示す形態の自走ロボットリモート制御型とした。作業者は万一の直線走査の逸脱と道路の往来に応じた一時停止のために, 手元スイッチを保持しながら監視する方式としたため, 作業性が向上した。

3.3 送受信機

地中での電波パルス伝搬に関する伝達関数を検討した結果, 要求仕様を満足するには送信信号として330MHzのモノサイクルパルスが妥当であると結論した。すなわち, 送信機はsin波形でパルス幅3 nsの単一パルスを出力する。この信号は送信アンテナから地中に放射され, 埋設物までを往復して受信アンテナに入射する。受信アンテナで電気信号に変換後, 広帯域特性の受信機を介することにより, 電力増幅されてデータ変換器に受け渡される。

3.4 データ変換器

データ変換器は受信機出力信号を受けてS/N (サンプリングホールド), A/D (アナログデジタル) 変換するとともに, S/N等価レベルの信号のゲイン向上のため記録波形を加算平均し, ノイズを除去する機能を持っている。この方式の波形のサンプリングは, 1回のパルス送信ごとに1サンプリングホールドする形態を採用し

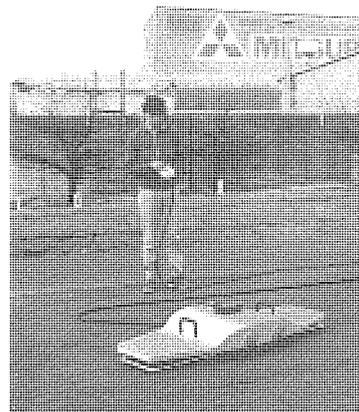


図4. アンテナ機構部の操作

ているので, 1波形 (1,024ワード) を記録するのに10msの時間を要する。加算平均は, この波形を順次加算して実行するものである。

3.5 処理装置

探査レーダ用入力波形データ (アンテナを走査しつつ反射波形を記録した一連の波形の集合)は, 最大256波形を単位としている。路面上をアンテナが約6 m移動すると入力波形データのフルサイズとなり, 一つの波形データファイルが生成される。これをレーダ探査処理用プログラムにより即座に探査結果を出力できるように, 処理装置に大容量処理型CPUを採用した。CPUの仕様として, フローティング演算速度……約10MIPS, 主メモリ容量……8 Mバイト, 固定ディスク容量……260Mバイト, グラフィック CRT画素数……1,280×1,024ピクセルと決定し, システムスルットの追求を図っている。

4. 地中埋設物探査レーダ処理

4.1 基本処理フロー

地中埋設物探査レーダ処理は, 衛星レーダ・航空機レーダなどで使用される合成開口法を基本に形成されるが, 地中での電波伝搬現象を取り扱うため, 土の特性に関連する各種フィルタを用いて合成開口処理をサポートしないと, 地中の映像が正しく出力されないのが一般的である。図5以下に地中探査レーダ処理の基本説明図を示す。

図5のとおり地中に配管が埋設された配置例の場合, 地表面上を

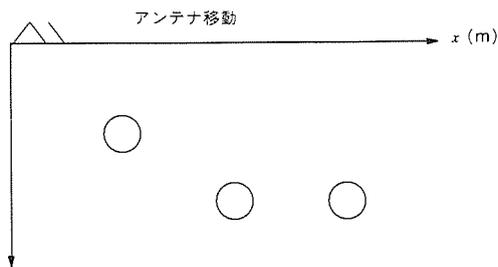


図5. 観測現場の地中配管レイアウト例

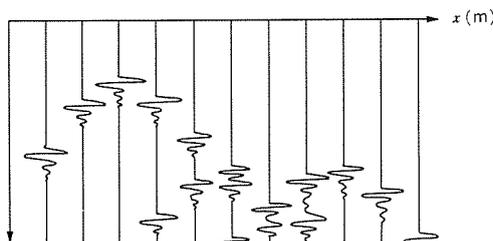


図6. 観測した波形データ例

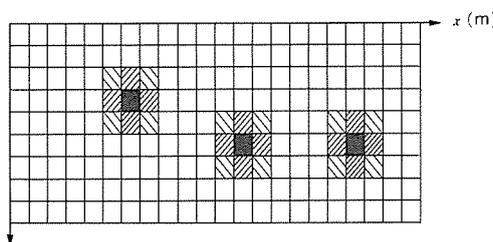


図7. 合成開口処理後のデータ

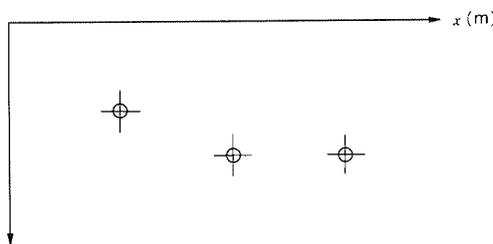


図8. 特徴抽出シンボルの配置

送受ペアのアンテナからパルス電波を送信（白）し、その反射波を受信（黒）しつつアンテナペアを移動していくと、図6に示すような反射波形シリーズが形成される。アンテナの位置が特定のパイプの真上に達したときに記録された波形には、そのパイプからの反射波パルスシリーズのうち最短時間で往復した部分が現れ、パイプから離れると次第に往復時間が長くなる傾向のため、全体として双曲線状の波の形成が見られる。個々の反射物ごとにこのような双曲線状の波紋ができ、これらが重畳した波動データとして記録される。地中での電波の伝搬速度が分かれば、特定の位置の物体からの反射波の双曲線状波紋形状は簡単に計算されるので、入力波形データを平面的に配列した画面の全画素において、特定の画素位置に物体が存在すると仮定したときの双曲線形状を求め、この双曲線と一致する画素のデータをすべて頂点に加算することにより双曲線の明確さに

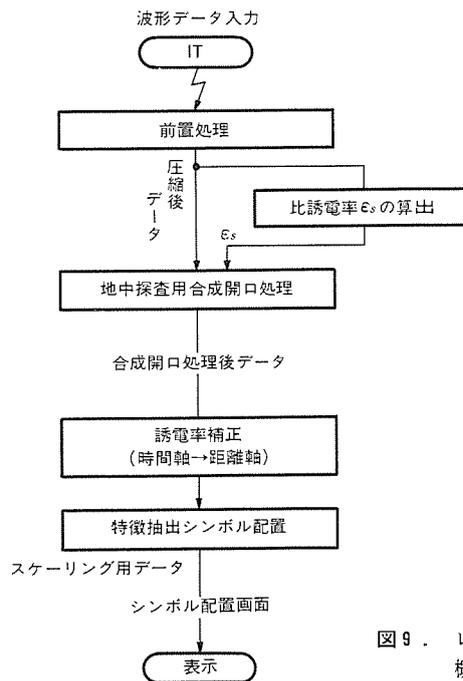


図9. レーダ処理の概略フロー

比例したゲインのスポットが物体の存在する画素を中心に現れる。以上が合成開口処理の基本的な考え方である。この結果、図7に示すとおり図6の波紋の双曲線の頂上にデータの重みが集合する結果レイアウト図と一致する位置に物体の映像として現れてくる。レイアウトが複雑な場合など図7の処理結果のみでは、読み取りに個人誤差が入るため、物体であることの一定判定ルールをプログラム化した処理を行い、所定判定位置にパイプのマークを最終的に配置する方式とした結果、図8の特徴抽出マーキング図を得た。

4.2 誘電率の自動算定

地中での電波伝搬速度は土の誘電率によって変化する。光速を C (m/s)、パイプの深さを R (m)、パイプの真上の地表点からアンテナペアまでの距離を x (m)、送受アンテナ間隔を y (m)、土の比誘電率を ϵ_s とすると、パルスを送出してから受信するまでの時間 t (s) は、

$$t = \frac{2\sqrt{\epsilon_s} \cdot \sqrt{R^2 + x^2} + (y/2)^2}{C} \dots \dots \dots (1)$$

と表される。アンテナの変位 x と時間 t に関して式(1)を解けば、前述の双曲線をなすことが分かる。ここで、重要な値が土の比誘電率 ϵ_s でこの値以外は、入力データを処理するときには構造上又は設定で決定されるか観測で得られる値であることが分かる。 ϵ_s が観測波形中の双曲線状波紋形状に一致した曲線を与える値であるとき、その双曲線に沿って積分したことで集められた頂点付近の映像は、切れの良いゲイン分布となる。また、土の真の比誘電率と与える ϵ_s が異なれば映像分布の切れが悪くなる。よって、比誘電率を求めるに当たり合成開口処理出力に関する一種の FOCUS を評価する関数を設定し、最も FOCUS が良好となる値の ϵ_s を土中の真の比誘電率として求める方法を採用した。 ϵ_s を一定規則のきざみ幅で変化させ、各 ϵ_s の変化ごとに合成開口処理を行い、FOCUS (ϵ_s) を求めてこれより唯一の ϵ_s を求めている。 ϵ_s の自動算定と合わせ、地中埋設物探査レーダ処理の概略フローは図9に示すとおりである。

5. システム評価試験

システム評価のために設けた実験場及び実際の工事予定現場での

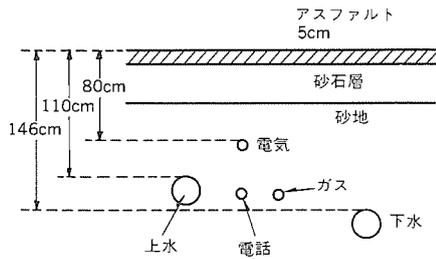


図10. 実測時の配管レイアウト

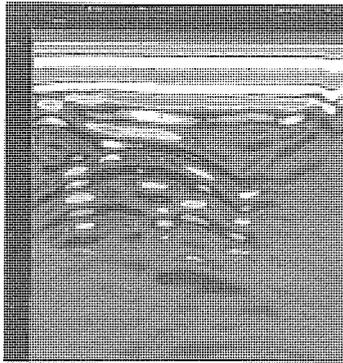


図11. 波形入力データ

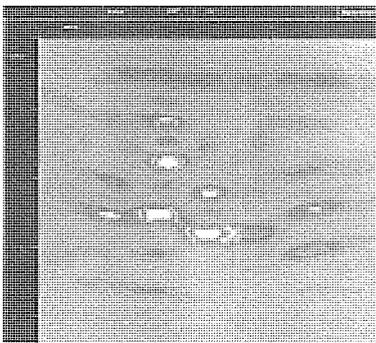


図12. 合成開口処理後のデータ

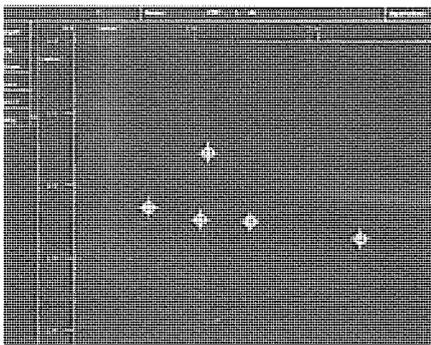


図13. 特徴抽出マーキングの配置

評価実験を実施し、掘削後の配管・ケーブル配置とシステム出力を比較評価した。実際の現場は不要反射物の存在が多く、かつ地中の電気的性質分布が不均質で波形入力を比較すると実験場の場合に比べて双曲線を簡単に作業者の目で見分けることが難しい。また、砂地と土質（特に密度が高く水分の多い）の場所とでは、土の方が難しい傾向であることもデータから明らかであった。しかし、これらのデータを入力してシステム処理を実行した結果、地中のレイアウト

トが読み取れる映像となっていることが分かった。

現場条件からパイプの深度の最大のもは、約1.5m、別のケースで離隔30cmのケースが各々存在したが、いずれも満足できる出力を得た。図10～図13は処理の流れを紹介した説明図5～図8に対応する実際の波形入力による処理例を示している。

以上のことから最大深度の見極めは残るものの、当初の基本性能を達成したと判断する。また、誘電率の自動算定に関しては、当初合成開口を繰り返し実行するため、処理時間も30分以上を要していたが、処理の圧縮を図り数分以内で妥当値が得られるよう改善した。

6. 地中埋設物探査レーダ実用化への展開

地中埋設物探査レーダの基本処理データ単位は、アンテナが移動する線分直下の断面図相当であるが、この垂直平面内へは他の平面に存在する物体からの反射波も飛来するため、厳密には断面図単位の入力のみでその平面内の物体か否か判定することができない。

現場の要求は「工事を実施する一工事空間内での配管・ケーブルのレイアウトはどうなっているのか」ということであり、三次元的な構造図出力の可能なものが必要となる。断面図単位の地中埋設物探査レーダの性能検証ができたので、次のステージとして立体化画像出力に向けた取組を実施中であり、早急に“現場で実用的に使用できる地中埋設物探査レーダ”の実現を図っていく。さらに、将来的には地中のレイアウト実測に基づく地図情報管理の概念にまで到達することが、今後の不可欠なサポートと考える。

7. むすび

今回開発した地中埋設物探査レーダは、合成開口処理をベースに、地中の誘電率特定化処理のほか、出力判定を良好とする各種フィルタを工夫し実現した。この結果、地中の断面図に関する優れた探査画像を出力できることが判明した。また、構造的にはレーダ車両として測定処理一貫型システムとして実現し、評価試験を通じて地中埋設物探査レーダの形態妥当性の評価もできたことから、今後この技術をベースに更に一層の努力を積み、性能のグレード向上を図る所存である。

参考文献

- (1) 鈴木：電波による地中物体の探査，電子通信学会誌(1984-3)
- (2) I. Arai et al : Synthetic Aperture Underground RADAR, 2nd Sensing Forum(1985-4)
- (3) I. Arai et al : Subsurface RADAR, ISNCR-84 P. 679(1984)
- (4) T. Usami et al : Detection of Underground Pipes by Synthetic Aperture Techniques, IECE(1986)
- (5) 伊藤ほか：地中埋設物探査レーダシステムの開発（その1）～（その4），電気学会全国大会（昭62）
- (6) 伊藤ほか：地中埋設物探査レーダシステムの開発，SICE '87 July, JS18-1
- (7) 大西ほか：地中埋設物探査技術，電気・情報関連学会連合大会（昭和62）
- (8) M. Itoh et al : A New RADAR System For Detecting Underground Cables, "Proc IEEE ESMO '87

東京電力(株)向け架空配電線事故レーダ

山下隆弘* 増田直毅***
唐鎌幸雄* 柳沢公人+
佐藤信二** 藤本隆一+

1. ま え が き

電力の安定供給のニーズが一層高まりつつある中で、電力供給の高信頼度化のための技術開発とその実用化が急がれている。高压配電の分野においても機器の耐雷性向上による事故防止対策や配電系統の自動制御化による早期送電対策などが強力に推進され、停電回数の減少と停電時間の短縮に効果をあげている。

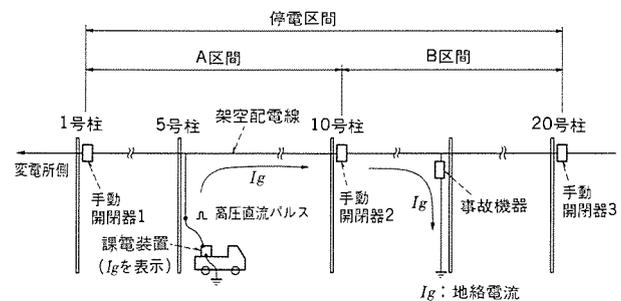
しかしながら、広域にまたがる高压架空配電系統には柱上変圧器、避雷器、区分開閉器、絶縁支持がいし等の機器が数多く設置されており、ひとたび事故が発生すると、事故点及び故障機器を発見するには多大の労力と時間がかかるのが現状である。従来からこの事故点探査方法に関して各種の検討がなされ、各種装置も実用化されているが、探査時間をより縮小でき、より簡便で安全に作業ができる探査手段の開発が望まれている。

このようなニーズのもとで、6.6kV 高压架空配電系統の事故点を、柱上作業を伴わない地上作業で探査できる新しい原理を考案し、試作器によりその実用化を検討してきた。本稿では、その原理や探査装置、実線路での探査例などについて述べる。

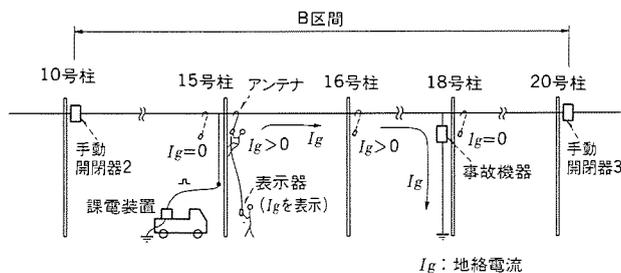
2. 従来の事故点探査方式

従来、架空配電線の事故点探査は、次の手順で実施されている。

- (1)自動区分開閉器による停電区間の特定
- (2)手動区分開閉器の操作による停電区間の限定・特定



(a)停電区間の縮小化



(b)事故点の発見

図1. 接触式の事故点探査方式 (従来の方式)

(3)停電区間の巡視点検による事故機器の発見と修復

架空配電線の事故には、雷や台風などがもたらした機器の故障や樹木接触事故など様々なケースがあるが、その大部分が地絡事故の形態をとっている。したがって、(2)及び(3)の段階では、この地絡性に着目して事故点を探査する装置 (課電装置と接触式探査装置) が使用される。

事故点探査(2)の段階では、課電装置により架空配電線に一定時間間隔で高压直流パルスを連続して印加し、このときの地絡電流を検出することで事故の有無を判定する。図1(a)において、手動開閉器2を“開”にすることにより高压直流パルス印加による地絡電流が流れなくなれば、事故点はB区間にあることになり、A区間へ送電を開始することができる。

事故点探査(3)の段階では、接触式探査装置が課電装置と併用される。接触式探査装置はアンテナと表示器からなり、架空配電線にアンテナを接触させ地絡電流の有無を検出することで、事故点の有無とその方向を判定するものである。図1(b)のモデルでこの装置によって事故点を見出す過程を示す。図1(b)に示す15号柱に昇柱し課電装置をセットするとともに、アンテナを15号柱の前方及び後方の配電線に接触させ、地絡電流を検出できた16号柱側に事故点が存在することが分かる。以後16号柱以降の各電柱において、同様な昇柱作業及び探査作業を実施し、18号柱において20号柱側の配電線で地絡電流が検出できなくなったことにより18号柱に事故機器が存在することが分かる。

上記の探査過程で一番問題視されているのが、昇柱及び柱上での作業である。一般には、事前に昇柱確認する電柱を設定しておき探査の効率化を図っているが、それでもこの作業は探査時間短縮化のネックとなり、夜間や事故の多発する雷雨などの状況下では、多大の労力を要する。このため柱上作業を必要とせず、架空配電線に非接触で地上から事故点の特定ができる探査方式が強く望まれていた。

3. 非接触探査の原理

上記のニーズに基づいて検討してきた非接触探査方式の原理について述べる。

事故の発生位置を非接触で探査するためには、音、光又は電磁波といった空間を伝ば(播)するシグナルを検出することにより事故点を見出すことが必要である。しかし、事故は台風、落雷などの劣悪な自然環境の中で発生するケースが多く、さらに事故点が市街地にある場合には、建造物などにより配電線の見通しがきかないケースが多い。このような条件下でも、広範囲な停電区間の中から正確にシグナルを検出し、迅速に事故点を探査しなければならない。

上記の各種状況を考えると、放電性地絡事故の場合には事故点において放電を起こさせ、このときに発生する進行波が、配電線を伝播するときに放射する電磁波を、シグナルとして検出する方法が最も有利と考えられる。このような考え方に基づいて、新しく考案した事故点探査方法について述べる。

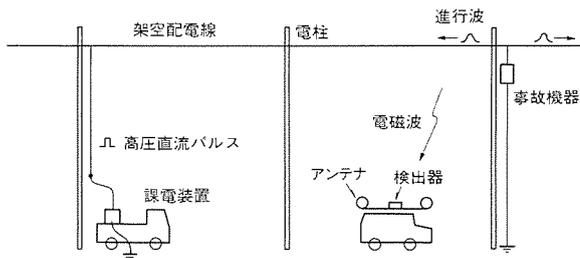


図 2. 非接触式の事故点探査方式

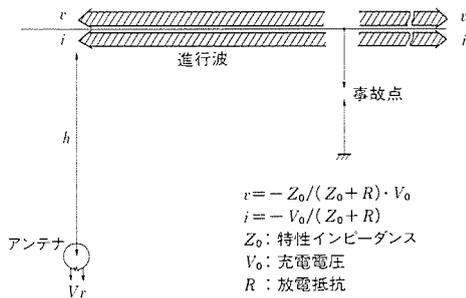


図 3. 進行波の第一波検出

停電区間の配電線に課電装置から高压直流パルスを印加し、事故点で放電を起こさせると、この放電によって発生した進行波が電磁波を放射しながら配電線に沿って伝播する。次に配電線に並行に適当な間隔で二つのアンテナを設置すると、進行波の伝播とともに進行波に近い方のアンテナにわずかに早くシグナルの電磁波が到達する。したがって、電磁波が二つのアンテナに到達する時間差を判別することができれば、電磁波の伝播方向すなわち進行波の伝播方向を知ることができる。事故点の探査は、このようにして検出された進行波の伝播方向と逆に配電線をたどって行けばよいことになる。実際には図 2 に示すように、課電装置から繰り返し高压直流パルスを停電区間に印加し、事故点で放電を発生させるとともに、二つのアンテナを持った車載検出器により進行波の伝播方向を検出する。検出された進行波の伝播方向と逆方向に車を走らせることにより、短時間で事故点近傍に到達することができる。事故点を通り過ぎれば、検出器の示す進行波の伝播方向が変わることから事故点の位置を知ることができる。

二つのアンテナに対する電磁波到達時間差の判別の可否は、検出される電磁波の波形と判別回路の動作特性、特に処理速度に依存する。まず、課電装置から配電線に高压直流パルスを印加し、故障点で放電させたときに発生する進行波とそれに伴う電磁波について考察する。課電装置により線路に印加される電圧は、立ち上がり時間約 1 ms、パルス幅約 10ms、最大電圧 15kV である。立ち上がり時間が比較的長いのは、電圧印加時の線路への充電電流を検出することによる誤動作を防止するためであり、パルス幅と最大電圧は故障点において確実に放電を起こさせる値に設定してある。故障点で放電が起こり進行波が発生すると、進行波は配電線系統に存在する数多くの分岐や線路終端における反射により複雑な振る舞いをする。また、進行波から発生する電磁波は建造物等による反射・吸収のため、更なる様相は複雑になる。したがって、線路上を伝播する進行波が発生する電磁波から事故点の位置情報を得るためには、事故点から伝播する進行波の第一波を捕らえる必要がある。第一波の進行波

による電磁波をアンテナで捕らえた様子を図 3 に示す。進行波の電圧 v 及び電流 i は次式で与えられる。

$$V = -\frac{Z_0}{Z_0 + R} V_0$$

$$i = \frac{V}{Z_0} = -\frac{V_0}{Z_0 + R}$$

ここで、 Z_0 ：線路の特性インピーダンス

V_0 ：線路の充電電圧

R ：故障点の放電抵抗

進行波の第一波が発生する電磁波は高周波成分を含むため、電磁波測定には小型で大きなゲインを得ることができる磁場測定用ループアンテナが有利である。この進行波から発生する電磁波をループアンテナで検出したときの受信電圧 V_r は次式で与えられる。

$$V_r = -\frac{\mu_0 N S di}{2 \pi h dt}$$

ここで、 N ：ループアンテナのターン数

S ：ループアンテナの有効断面積

h ：線路とアンテナの距離

μ_0 ：空気の透磁率

上式から V_r は i の時間変化に比例するので、ループアンテナが高周波成分を含む電流の検出に適していることが分かる。

次に、受信信号の処理速度の問題について考察する。線路に並行に設置した二つのアンテナで進行波からの電磁波を検出すると、一方が他方と比較して、ある時間遅れをもって同一波形のシグナルを得ることになる。このシグナル受信時刻の差は、二つのアンテナ間距離を配電線路を伝播する進行波の速度で除した値になる。したがって、この受信時間差を判別できる信号処理回路を用いれば、二つのアンテナのどちらがシグナルを先に受信したかが判別でき、進行波の伝播方向が判定できる。

この信号処理のブロック図を図 4 に示す。二つのアンテナで検出されたシグナルは、各々高周波増幅回路で増幅された後、TTL レベルのデジタル信号に変換される。次に、この信号は受信時間差検出回路に入る。この回路で二つのアンテナの受信信号のうち、到達時刻の早い方のみを有効な信号として取り出し事故点方向を判別する。ここでアンテナ間の距離は、二つのアンテナの受信から方向判定に至るまでの個々の信号処理時間の差に依存する。すなわち、光速で伝播するシグナルの受信時間差を判定するためには、アンテナ間距離が (光速) × (信号処理時間の差) より大きくなければならない。この意味で高周波増幅回路のダイナミック特性及び時間差検出回路に用いている IC のスイッチング特性を均一にすることが重要である。処理速度が速く、かつ安価な論理 IC としてはバイポーラ型 IC があるが、この IC のスイッチング速度は数 ns 程度である。したがって、高周波増幅回路に調整をほどこすことで全体の処理時間差も IC のスイッチング速度程度にすることが可能である。いま、この処理時間差を 10ns とするとアンテナ間の距離は 3 m 以上必要となる。



図 4. 検出装置のブロック図

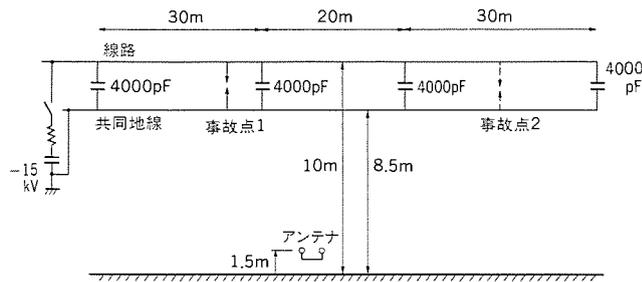


図 5. 試験回路 (模擬故障線路)

4. 機能検証結果

実験室や実際の架空配電線で実施した上記調査方式の機能検証結果について述べる。実験室での試験回路は、図 5 に示すように高圧配電線、共同地線及び事故点を模擬した球ギャップから構成されている。高圧配電線は地上10m、共同地線は8.5mの位置に設置され、全長約80mである。配電線と共同地線間にコンデンサを接続することで、約1.5kmの配電線を模擬している。また、測定系としては、地上1.5mの位置に直径0.2mの二つのループアンテナを3m離して設置した。高圧配電線、共同地線、及びアンテナの高さは実際の配電線に近い形態を模擬したものである。課電装置により、模擬高圧配電線・共同地線間に課電すると、球ギャップ放電後、両アンテナでは図 6 に示すような電圧が検出される。両信号の検出時間差は約10nsであり、アンテナ間距離3mを光速で除した値と一致している。このことは、個々のアンテナが球ギャップ放電により発生した進行波の立ち上がりを確実に捕らえていることを示すものである。また、個々のアンテナに対応した信号処理回路の応答時間差は5 ns以下であり、確実にシグナルの到達時間差を検出し、事故点方向を判別できることも分かった。この実験での検証に続いて試作器を製作し、実際の架空配電線で検査実験を行った。この場合には、事故点として球ギャップのほか実際に故障した柱上変圧器や避雷器を使用し、いずれも良好な結果が得られている。

5. フィールドテスト器と探査例

機能検証結果を踏まえ、より実用性を高めたフィールドテスト器を製作した。このテスト器は東京電力(株)の営業所に10台配備され、実使用条件下での性能を評価中である。ここでは、この装置の概要と探査例についてのべる。

5.1 フィールドテスト器の概要

この装置は探査作業車に搭載する探査装置本体と車内で使用する方向表示器、更に架空線に高圧直流パルスを印加する課電装置からなる。図 7～図 9 にこれらの外形を、表 1・表 2 に仕様を示す。

探査装置本体の両端部に、直径200mmのループアンテナが設置されており、中央部には電源部や信号処理部が収納されている。本体はアルミ及びFRP製で軽量化を図っている。また、中央部で二つ折りにして保管することが可能で、車への取付けは専用架台により簡単に行える。方向表示器は探査時にのみ本体に接続して使用され、課電装置による高圧直流パルスの印加に同期して事故点の方向を矢印表示(LED)と音で指示する。特に、後方指示は事故点を通り過ぎたときであり、赤色の矢印表示と警報音により注意を促している。

課電装置は上記の探査装置とは別の作業車に常時搭載されて使用

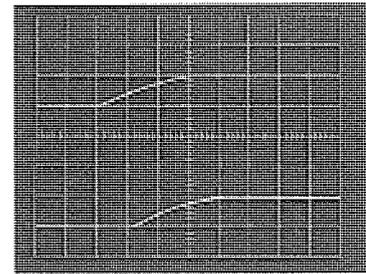


図 6. アンテナの受信電圧波形

(上: 0.2V/div, 下: 0.2V/div, 10ns/div)

され、架空配電線に7.5～15kV、10msの高圧直流パルスを4秒間隔で印加できる。そして、このときの地絡電流を測定し事故の有無を

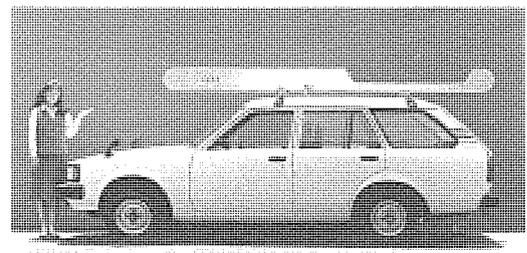


図 7. レーダの本体 (車載状態)



図 8. 方向表示器

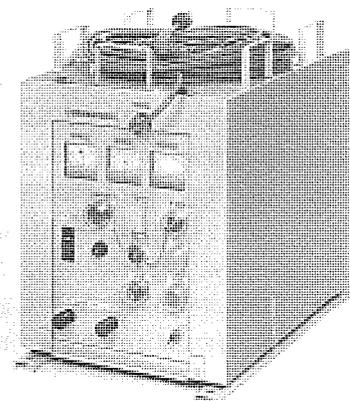


図 9. 課電装置

表1. 架空配電線事故レーダ仕様一覧

項目	仕様	
探査対象事故	6.6kV架空配電線の放電性地絡事故	
電 源	DC12V 30VA (自動車のバッテリー電源使用可)	
	種 類	200mmループアンテナ
アンテナ	台 数	2
	設置間隔	3m
検 出 器	方 式	電磁波到達時間差検出
	検 出 感 度	20mV (アンテナ出力)
	検出時間差	10ns
構 造	保護構造	防水(屋外)型
	取付構造	作業車上に設置 (専用架台を使用)
	寸 法	車載時:長さ3,230×高さ230×幅70 (mm) 保管時:長さ1,965×高さ475×幅70 (mm)
	重 量	約15kg
方向表示器	方向表示	前方向— 緑色矢印 後方向— 赤色矢印
	方向指示音	前方向— 連続音 後方向— 断続音(警報音)
	その他の表示	電源表示 モード表示(テスト/ノーマル) 周辺の電磁波ノイズ表示
	テスト機能	時間差検出機能及び表示機能のテスト
	構 造	小型ハンディタイプ 寸法 縦180×横80×高さ20 (mm)

表2. 課電装置仕様一覧

項目	仕様	
適用線路	6.6kV架空配電線路	
電 源	DC12V 300VA (自動車のバッテリー電源使用可)	
課 電 電 圧	7.5~15kV無段階調整	
	矩形波, パルス幅 10±1mS	
課電時間間隔	4秒, 8秒切替式	
時間定格	最大連続使用 1時間	
計 測 計 器 (盤 面)	電源電圧計	
	課電電圧計	
	事故電流計(高圧パルス印加による地絡電流の測定用)	
構 造	保護構造	防水(屋外)型 作業車架台に設置
	寸 法	幅385×高さ550×奥行610 (mm)
	重 量	約76kg

表示する。探査装置・課電装置ともに、電源は自動車のバッテリーを使用する。

5.2 フィールドでの事故点探査例

図10に実際に事故点の探査を行った過程を示す。この例では、事故点を開閉器1の負荷側に絞り込んだ時点からこの装置による探査を実施した。現場へは探査装置と課電装置を各々装備した2台の車が出動し、課電装置搭載車は37号柱で停止し課電装置をセットした。一方、探査装置搭載車は37号柱から30号柱の方向へ走行し、探査を開始している(手順①~④)。そして事故点が開閉器2の負荷側にあると判明した時点で、開閉器2により事故点を切り離し、開閉器1を投入し健全区間に送電を開始した(手順⑤~⑧)。その後、2台の車は13号柱へ移動し、同様の過程で事故点の発見に至っている(手順⑨~⑭)。この間、探査装置搭載車は20~30km/hの速度で停電

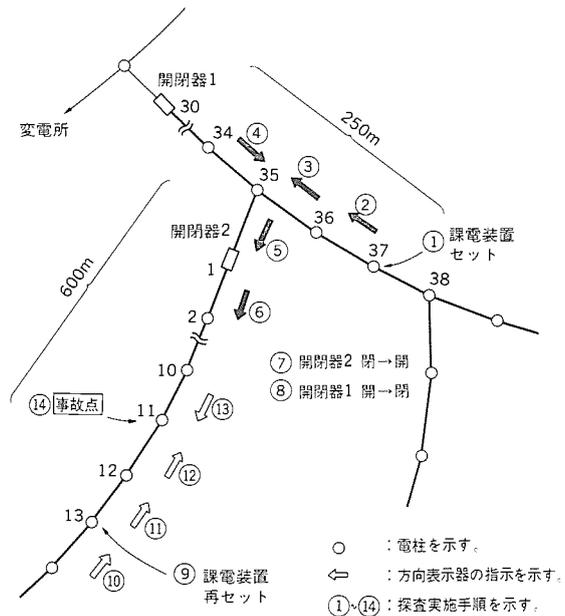


図10. 架空配電線事故点探査例

区間を走行し探査を行った。この例では、従来の接触式アンテナによる探査方式に比べると数回の昇柱を伴う探査作業を省略することができ、これにより探査時間が縮小されるとともに作業性も大幅に改善されている。

6. む す び

以上、事故点での放電発生時に架空配電線上を伝播してくる進行波に着目した事故点探査原理について述べ、機能検証の結果を報告し、その正当性を示した。また、フィールドテスト器の概要と実際の探査例を紹介し、従来の方法に対し大幅に探査の効率化が図れることを示した。今後の課題としては、フィールドの実使用条件下での性能を検証し、実用化を図ることである。具体的には、個々の事故機器の放電特性の相違、周辺の電磁ノイズや配電線の近接・分岐の影響など、多様な探査時の条件に対し、それぞれ最適な探査装置の特性や探査手順を見出すことで、この装置の実用化を図る予定である。

参 考 文 献

- (1) 岡村, 藤原: 配電線事故点探査について, 電学誌, 第100巻, 第10号 (1980)
- (2) 電気協同研究会: 配電設備の技術動向, 電気協同研究, 第42巻, 第1号 (1986)
- (3) 佐藤, 藤原: 送配電線から発生する雑音源の探知器, 電学論, 第84-3巻, 第906号 (1964)
- (4) R.Lundholm et al: Calculation of Transmission Line Lightning Voltage by Field Concept, AIEE Trans. 77, p. 1271 (1958)

14/11GHz帯IBS用小型地球局アンテナ設備

松澤清貴*・中村立美*・伊藤富美夫**・増田剛徳**・杉山隆一**・牧野 滋***

1. ま え が き

インテルサット衛星を使用してユーザー間で直接国際衛星デジタル通信を行う IBS (INTELSAT Business Service) が世界的に注目を集めているが、国際電信電話(株) (KDD) は、東京都大手町の同社ビル屋上に都市地球局として14/11GHz帯標準E₂小型地球局を建設し、インテルサットV号太平洋衛星を使用して1986年12月に通信サービスを開始した。

三菱電機(株)は、この地球局のアンテナ設備を製作し、納入した。ビルの屋上に設置するアンテナであるので地上回線などによる電波干渉の低減が必要なため、オフセット グレゴリアンタイプとして低サイドローブ化を図り、更に干渉波抑圧シールドを施している。図1に開口径5.5mのオフセット グレゴリアンアンテナの外観を示す。以下、このアンテナ設備の概要と特長を述べる。

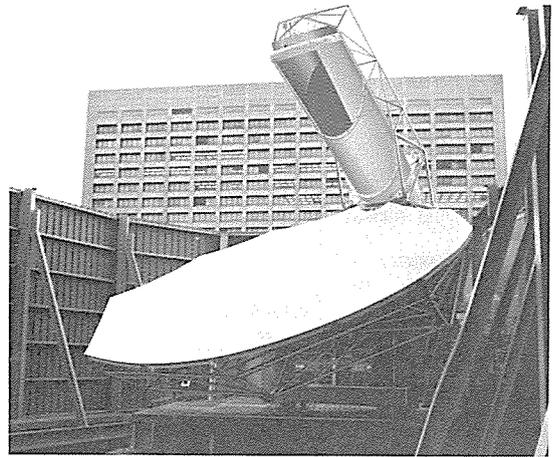


図1. オフセット グレゴリアンアンテナの外観

2. 設備の構成と主要性能

アンテナ設備は次の装置によって構成される。図2にそのブロック図を示す。

- ・オフセット グレゴリアンアンテナ装置
- ・アンテナ制御装置
- ・11GHz 低雑音増幅装置

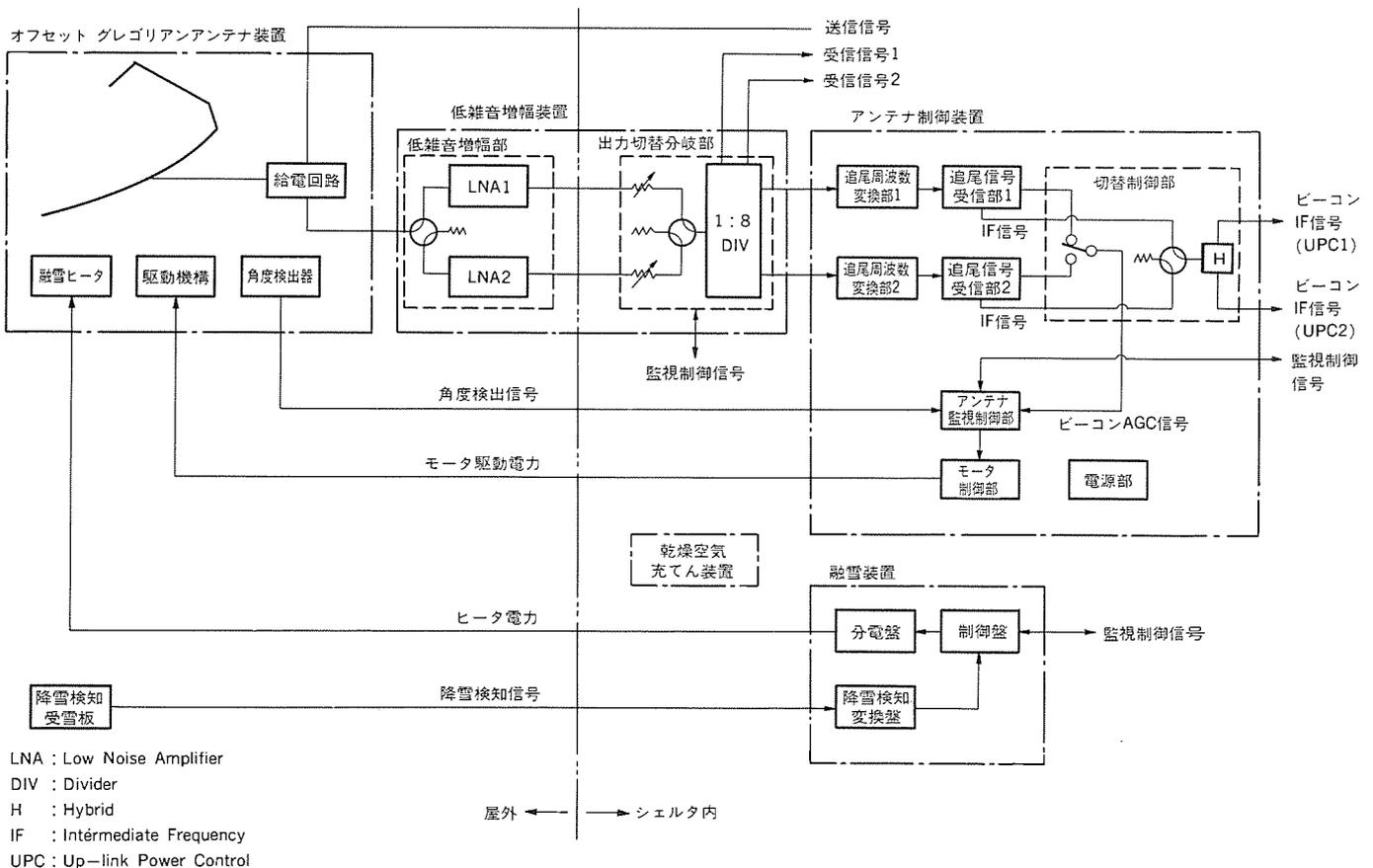


図2. アンテナ設備のブロック図

表1. アンテナの主要性能及び諸元

機械的性能諸元		電気性能(実測値)		
アンテナ形式	コルゲートホーン給電 オフセットグレゴリアン アンテナ	項目	送信帯	受信帯
マウント方式	Az-ELマウント	周波数(GHz)	14.0~14.5	10.95~11.7
主反射鏡	直径5.5m相当	利得(dB)	56.7	54.7
追尾方式	ステップトラック	開口効率(%) (測定周波数) (GHz)	72.6 (14.25)	27.6 (11.2)
追尾精度	平均風速13m/sにて 0.04'rms以下	雑音温度 (28°仰角)	—	34K以下
駆動範囲	Az 127±7° EL 33'±5'	G/T (28°仰角)	—	32.0dB(K ⁻¹)以上 (10.95GHz)
駆動角速度	Az,EL共 0.002~0.004°/s	サイド ローブ レベル	-21.5	-19.9
耐風性	運用可能 平均風速 25m/s 非破壊瞬間最大風速 70m/s	第1サイド ローブ (dB)	27-25logθ dBi -18 dBi	
		軸比 (追尾精度内) (dB)	32.5以上	39.1以上
		VSWR	1.2以下	1.2以下
		送受減結合量 (dB)	85以上	
		偏波	送受直行の直線偏波	

- ・乾燥空気充てん装置
- ・融雪装置

アンテナ装置の給電回路出力部には、受信システム雑音温度を低減するために低雑音増幅部が直接接続されている。アンテナ装置のすぐ後にはシェルタが設置され、低雑音増幅装置の出力切替分岐部、アンテナ制御装置、乾燥空気充てん装置及び融雪装置が収容されている。アンテナの送受信信号は、損失を最小にするため、導波管でシェルタ内機器に接続されている。

この設備は、標準E₂アンテナとして次の性能を満足するように設計されている。その主要性能諸元を表1に示す。

- (1)アンテナのG/T比(利得対雑音温度比)が、11GHzにおいて29.0dB(K⁻¹)以上(アンテナの仰角28°以上)であること。
- (2)無指向性アンテナに対し、主偏波及び交差偏波において、広角放射利得が次のエンベロップ以上となるサイドローブの数が10

%以下であるような良好な広角放射特性を持つこと。

$$27-25\log\theta \text{ dBi} \quad 1^\circ \leq \theta \leq 63^\circ$$

$$-18 \text{ dBi} \quad \theta > 63^\circ$$

ここで、θはアンテナ主ビーム中心からの離角である。

(3)軸比が自動追尾精度範囲内(±0.04°)において30dB以上であること。

3. オフセット グレゴリアンアンテナ装置

3.1 アンテナ放射給電系の設計

(1)放射系の鏡面修整

このアンテナはインテルサット標準E₂地球局用のもので、特に都市部に設置するため電波干渉を最小限に抑えるべく、CCIR Rec 465-1の勧告値(32-25logθ dBi)より5 dBから8 dB優れた広角指向特性が要求されている。今回、この要求を満たす直径5.5mの鏡面修整オフセット グレゴリアンアンテナを開発した。

高能率・低サイドローブを実現するためには、電界レベルを主反射鏡開口分布の中央部で一様とし、開口周縁でテーパ状に急峻に下げる分布形状が必要である。このような開口分布を得るためには、アンテナの鏡面系を修整鏡面にする必要がある。一般に回転対称なアンテナや小型のオフセット型アンテナでは、主反射鏡と副反射鏡を鏡面修整している。しかしながら、大型オフセット型アンテナでは、主反射鏡鏡面は多数の鏡面パネルで構成されるため、主反射鏡を鏡面修整しようとする場合、その加工方法は全鏡面パネルの型を作って成形するか、又は全面をNC加工して鏡面パネルを製作するまでであって、いずれの方法もコストが高くなる。そこで、副反射鏡と1枚の補助反射鏡とを鏡面修整することでコスト低減を図るオフセットカセグレンアンテナが開発された⁽¹⁾。今回のアンテナにおいても、主反射鏡を理論パラボラ鏡面とし、副反射鏡と補助反射鏡の2枚の鏡面を修整する方式を採用したが、その修整鏡面系の設計手法は文献⁽¹⁾とは異なり、不要な交差偏波成分の発生を抑える新たに開発した鏡面修整アンテナの設計手法⁽²⁾を用いた。まず、3枚反射鏡

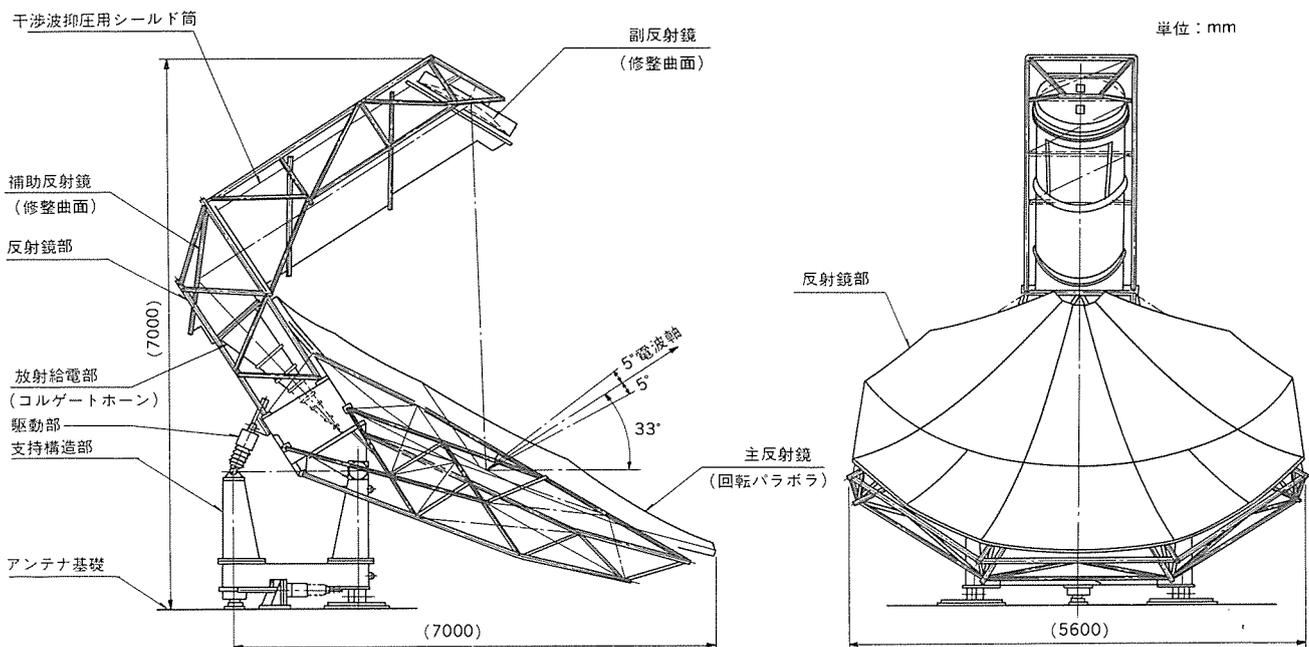


図3. オフセット グレゴリアンアンテナ装置

アンテナの基本構成は、3枚とも回転二次曲面鏡面で構成する交差偏波消去型の鏡面系⁽³⁾とした。

そしてアンテナの周囲に設ける電波干渉抑圧用のシールド壁に対

しての機械的要求条件から、主反射鏡鏡面上端の高さができるだけ低くなるように設計した。この基本構成に対して、所要の利得・放射パターン及び交差偏波特性が得られるように副反射鏡と補助反射鏡を鏡面修整した。図3にこのアンテナの外観を、図4に鏡面修整で得られた開口分布をそれぞれ示す。

(2) 広角サイドローブレベルの低減

低サイドローブ特性を実現するために、一時放射器としてはビームの回転対称性、低サイドローブ特性及び交差偏波特性に優れたコルゲート円すいホーンを採用している。

このアンテナの広角サイドローブ特性に影響する要因は、①主反射鏡エッジの回折波、②副反射鏡エッジの回折波、③一次放射器系からの直接波、④補助反射鏡からのスピルオーバー電力、⑤主、副・補助反射鏡の鏡面の凹凸による散乱波、⑥主反射鏡パネルのつぎ目からの散乱波・スピルオーバー電力などである。これらの要因のうち、②、③及び④の広角サイドローブレベルへの寄与を低減するために、干渉波抑圧用シールド筒を補助反射鏡と副反射鏡との間に設けた。

(3) 給電部

給電部は送・受信波を分波するための導波管回路で、図5に示すように送受分波器、14GHz帯帯域阻止フィルタ及び二つのロータリジョイントから構成される。衛星の偏波に適合させるため、任意のチルト角をもつ互いに直交した直線偏波を送受信できるように送受分波器、帯域阻止フィルタ及び低雑音増幅装置を一体で回転させる構造としている。帯域阻止フィルタは、送信波の低雑音増幅装置への漏えいを防ぐためのものであり、90dB以上の送受アイソレーションを実現している。

3.2 アンテナ装置機械系の設計

アンテナ装置機械系は、都市部の既設局舎屋上に設置されることを前提に、次の点に主眼を置いて設計した。

(1) 周囲の電波干渉対策用シールド壁を低く、また、風による荷重を小さくできる背の低いアンテナとする。

(2) 局舎屋上への搬入及び据付け調整工事が容易な、軽量で簡単なアンテナとする。

この主眼に沿って設計を行い、最大寸法が5.6m×7m×7m

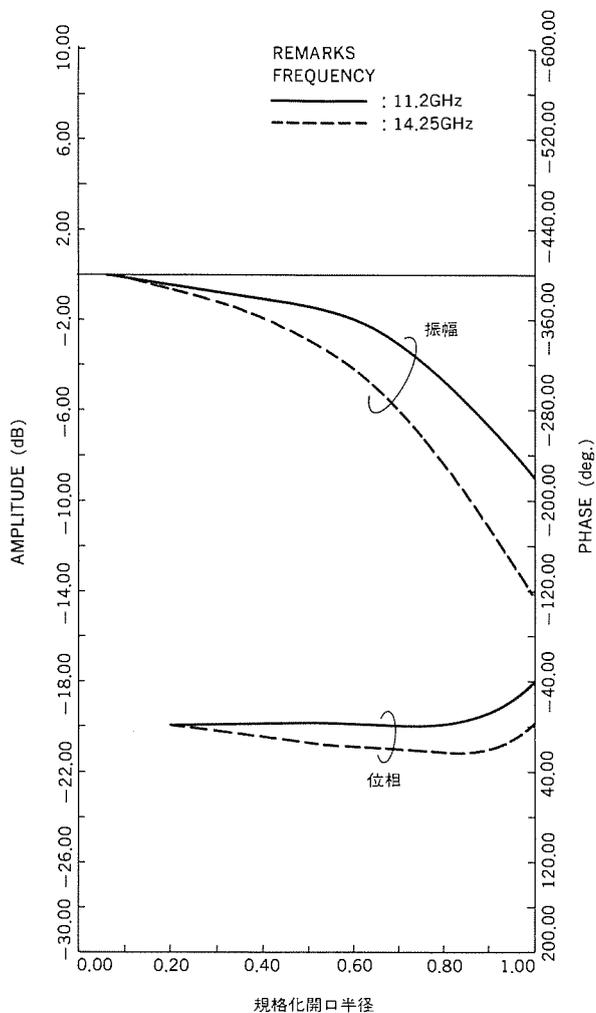


図4. 開口分布の計算値

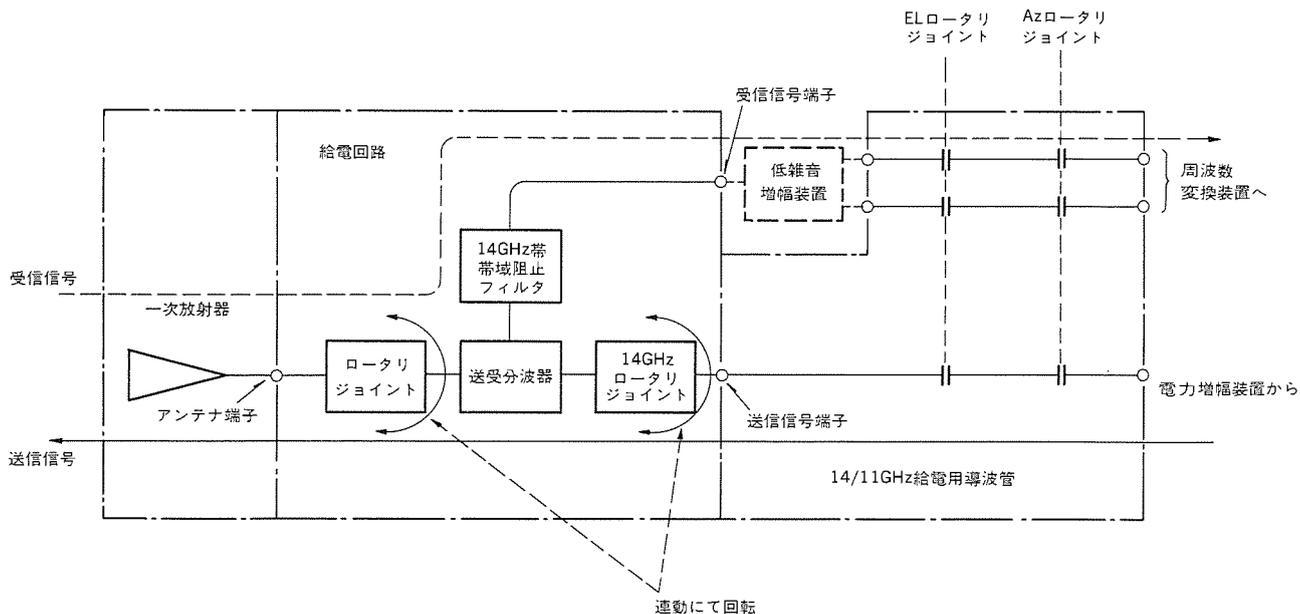


図5. 放射給電部のブロック図

(幅×奥行×高さ)、重量が4.3ton(融雪装置のヒータ部を含む)、機械系の据付け調整期間が約10日のオフセット グレゴリアンアンテナ装置を製作した。以下にアンテナ装置各部で留意した点、配慮した点の概要を述べる。

(1)反射鏡部・放射給電部

オフセットアンテナの反射鏡部は、アンテナ開口中心に対して回転対称体となっていないため、一般には主反射鏡を構成するパネルとバックアップストラクチャの形状及び構造が複雑となる。このアンテナ装置では、主反射鏡の基本構造として直径12mの軸対称パラボラ反射鏡を考え、そこから直径5.5mの円を取り出してオフセットアンテナの構造とすることにより、主反射鏡のパネル及びバックアップストラクチャのリブ材を図3のように放射状に等角度で配置でき、回転対称体の場合と同様に構造の単純化を図ることができた。更に、パネルを支持するバックアップストラクチャの構成を8ブロック、14部材に単純化して据付け性のよいアンテナ装置とするため、パネルを素材寸法と製造設備から決まる最大寸法に近い幅1.4m×長さ3.1mの大きさに大型化して枚数を13枚に減らした(従来は18枚程度)。放射給電部は、低雑音増幅部及びホーンカバーの保守性も考慮して電気寸法が決めている。放射給電部、低雑音増幅部及びホーンカバーは、いずれもアンテナ装置設置面から直接アクセスできる高さに置かれている。

(2)駆動部

駆動部は、スクリージャッキと AC モータを用いた駆動機構、アンテナ角度検出器及び駆動範囲制限用リミットスイッチから構成されている。これらの構成部品をスクリージャッキに取り付けて一体化することにより、据付け調整工事の単純化と保守対象部分の集中化を図っている。

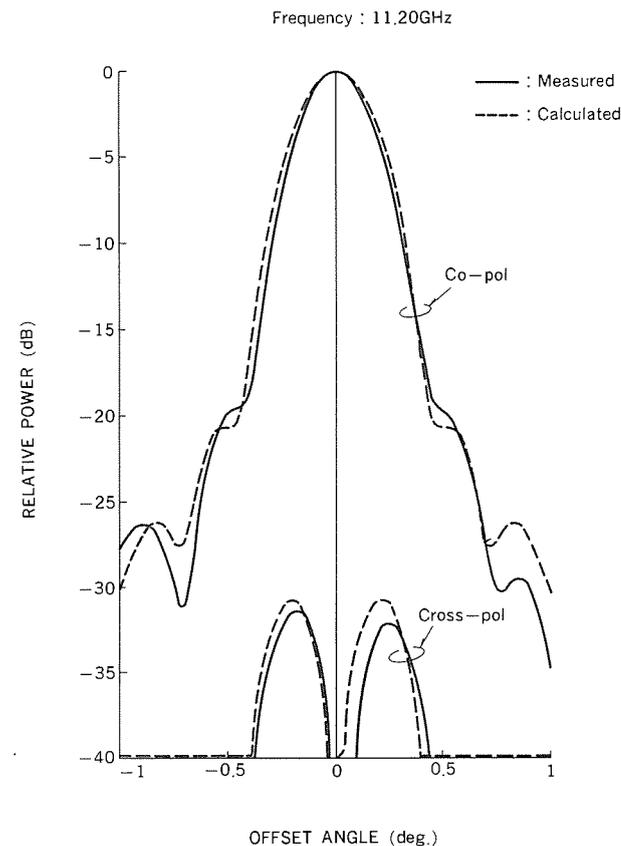


図6. 近軸パターンの実測値と計算値の比較

(3)支持構造部

このアンテナ装置は既設局舎の屋上に設置されることから、基礎への荷重を軽減するために反射鏡部の位置を低くし、更に基礎への荷重を分散できるレール・車輪式マウントを採用した。なお、支持構造部各部への荷重を分散するマウントにしたことにより、構造の単純化及び軽量化が可能となった。

(4)融雪ヒータ

主反射鏡の融雪ヒータは、パネルの熱変形による利得低下の小さ

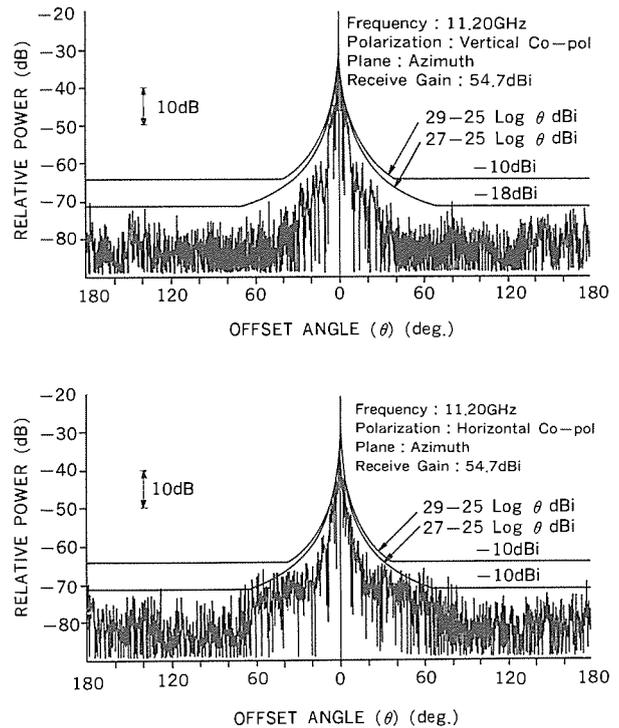


図7. シールド筒がない場合の広角サイドローブ特性

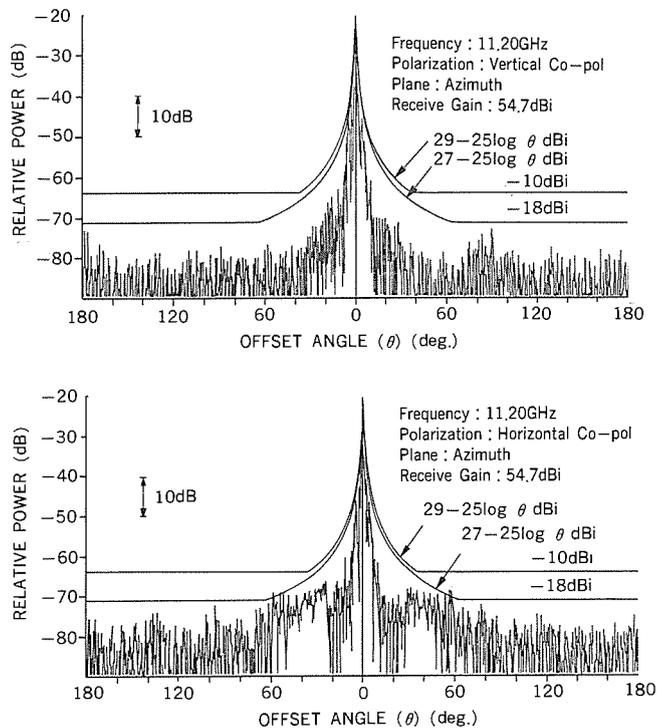


図8. シールド筒がある場合の広角サイドローブ特性

い間接加熱方式を採用した。この方式は、パネルを対流とふく(輻射)で温めるようにしたもので、一般に温度が上がりにくいパネルの補強枠部も輻射熱で温められるため、パネル全体の温度が均一に上昇し、熱変形が小さい。その結果、熱変形による利得低下は、直接加熱方式と比較して1/4以下になった。

3.3 アンテナの実測性能

利得、開口能率、雑音温度、サイドローブレベル、軸比など主要性能の実測値を表1に示す。

近軸放射パターンは、近距離測定によるものであるが、図6に示すように実測値と計算値とがよく一致している。また、この放射パターンは非対称鏡面による交差偏波成分の最大値が現れる面内のものであり、交差偏波も計算値とよく一致していることから、この設計に用いた低交差偏波鏡面系の鏡面修整法の妥当性が確認された。

広角サイドローブ特性について、シールド筒のない場合の垂直・水平偏波特性を図7に、シールド筒を装着した場合の偏波特性を図8にそれぞれ示す。シールド筒によるサイドローブ低減の効果は、図7と図8の比較から明らかであるが、定量的にその効果を評価するために、角度範囲5°ごとにサイドローブレベルの平均値を求め、その比較を図9に示した。同図によればシールド効果は約3dBであり、計算値とほぼ一致している。

次に、図7と図8において、オフセット角度10~70°に見られる垂直偏波と水平偏波のサイドローブのレベル差について考察する。この偏波特性は、主反射鏡パネルのすき間(約2mm)の寄与と考えられる。パネルのすき間をスロットとみなすなら、縦方向のパネルのすき間は垂直偏波に対してカットオフとなり、この垂直偏波はほぼ反射される。一方、水平偏波はそのすき間を通過するため、す

き間は反射鏡面とはなり得ず、ブロッキングによる散乱波となって広角のサイドローブに現れる。周波数11.2GHzと14.25GHzについて、パネルのすき間による散乱パターンを計算し、実測パターンにおける偏波特性の差分データと比較した。図10に示すように、計算値と偏波特性の差分の実測値はよく一致しており、偏波による広角サイドローブのレベル差は、パネルの縦方向のすき間に起因するといえる。

4. 11GHz 低雑音増幅装置

11GHz 低雑音増幅装置は、非冷却型低雑音 FET 増幅器を使用し、現用・予備の冗長構成をとっている。外観を図11に示す。この装置は、給電回路に直結してアンテナ背面に実装できるように、気密・防滴構造とするとともに、小型・軽量化を図った。

低雑音 FET 増幅器は、三菱電機製 GaAsFET 6 段で構成している。所要周波数帯域 (10.95~11.7GHz) において、雑音温度155K 以下、利得60dB 以上の性能が得られている。

5. アンテナ制御装置

このアンテナ設備は、安定した通信品質を保つために自動追尾機能を備えている。追尾方式としては、衛星ビーコン信号を利用する構成の簡単なステップトラック方式を採用した。これは、アンテナを微小ステップ角度ずつオフセット駆動して駆動前と駆動後の受信信号レベルを比較し、レベルが最大となる方向を探索する追尾方式である。受信レベルについてはソフトウェア処理によって変動成分をフィルタリングしたり、レベル変動量の検出により、必要に応じてステップ駆動を中断したりするなどの受信レベル変動対策を施し

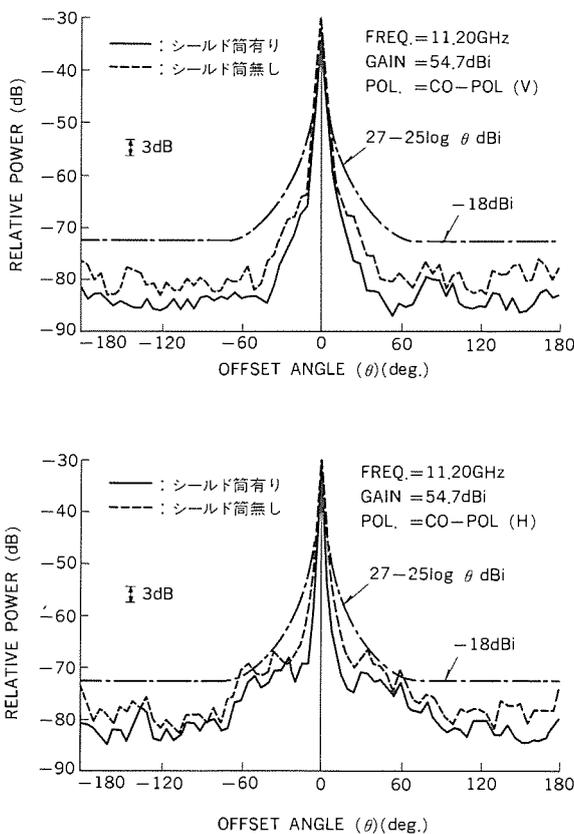


図9. 軌道面内パターンのシールド効果 (11.2GHz)

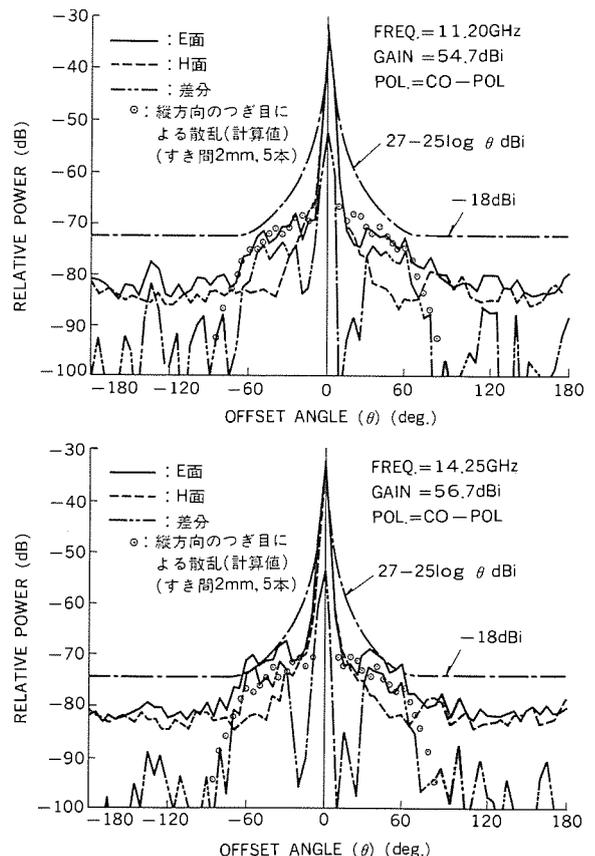


図10. 軌道面内パターンのE/H面比較 (シールド筒有り)

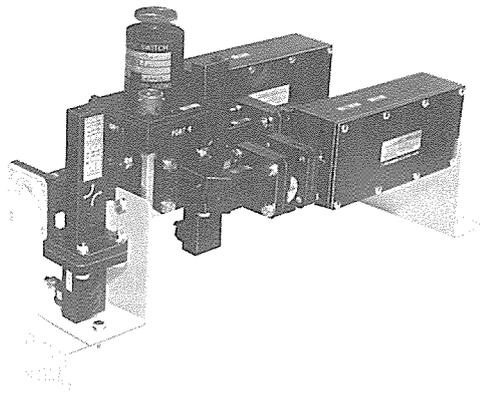


図11. 低雑音増幅部の外観

ている。

追尾周波数変換部は、11.198GHzと11.452GHzのビーコン信号を選択できるようにデュアルコンバージョンタイプとしている。追尾信号受信部は、ステップ追尾用としてビーコンAGC信号を出力するとともに、降雨時の送信電力制御用として使用する10.7MHzのビーコンIF信号も出力する。そのため、追尾周波数変換部と追尾信号受信部は冗長構成として、稼働率を上げている。

アンテナの追尾駆動制御は、アンテナ監視制御部で行っており、モータ制御部のSolid State RelayをON/OFF制御してアンテナのACモータを駆動している。アンテナ角度はポテンシオメータで検出し、アンテナ監視制御部に表示している。

アンテナ設備はビル屋上に設置されているため、シェルタ内は通常無人であり、電子機器は管制室からの遠隔監視制御によって運用できるようになっている。アンテナ監視制御部は、RS232Cインタフェースを持っており、モデムを介して管制室に接続されているので、管制室ではアンテナの状態表示や、モード選択、手動制御などの追尾駆動制御ができるようになっている。アンテナ制御装置の外観を図12に示す。

6. 融雪装置

アンテナは、主反射鏡裏面にヒータを装着し、ヒータ電源をサーミスタセンサによって温度制御する融雪機能を持っている。融雪装置は降雪を検知し、降雪時のみヒータ電源を供給することで省電力化を図っている。降雪検知は、屋外の受雪板と屋内の変換盤を使用し、降水と外気温度から降雪を判別する方式を採用している。

7. むすび

本稿のアンテナ設備を備えた東京地球局は、1986年12月に運用を

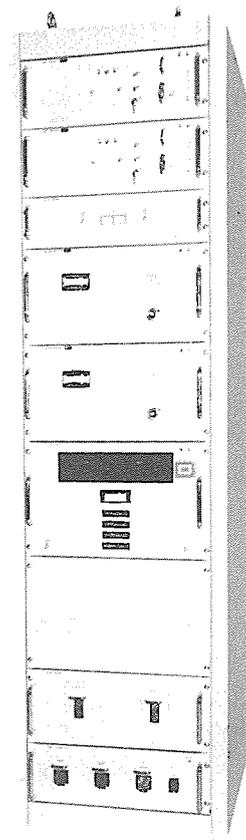


図12. アンテナ制御装置の外観

開始し、安定したIBS通信サービスを提供している。今後、更に需要の増大が予想されるユーザー間の直接国際デジタル通信の先駆として活躍し、情報化社会をプロモートしていくものと確信している。

この設備の建設に当たって終始御指導をいただいたKDD衛星伝送部巻田文男衛星技術課長をはじめとする衛星技術課及び大手町国際通信施設局の関係各位並びに設計・製作を担当した三菱電機(株)の関係各位に深謝の意を表す。

参考文献

- (1)高野ほか：大口径オフセットアンテナの高効率低サイドロープ化，信学技報，AP79-12，p. 31 (1979)
- (2)牧野ほか：主反射鏡をパラボラとする3枚反射鏡アンテナにおける低交差偏波鏡面系の設計，信学技報，AP87-7，p. 1 (1987)
- (3)浦崎ほか：交差偏波条件を満足する三枚反射鏡アンテナ，信学論(B)，67-B，10 (1984-10)

EEPROM内蔵 TV用マイコン

高橋直樹*・川内功一*・山田憲正*・中島盛義*・境田優二**

1. ま え が き

マイコンは、半導体技術の進歩とともに急速な発展を続け、高性能化、高集積化が進み、応用分野も民生・産業用途を問わず広範囲に拡大してきた。中でもCPU、ROM、RAM、周辺機能を内蔵した1チップマイコンは、応用システムの小型化、低価格化に大きく貢献し、家電・民生・OA分野を中心に急速に拡大している。この1チップマイコンの応用の拡大に伴って、電氣的に情報の書換えができる不揮発メモリEEPROM (Electrically Erasable and Programmable ROM) の内蔵化のニーズが高まっている。特に、TV、VTRの電子チューニングシステムでは、選局データやチャンネル情報などの不揮発性記憶が不可欠となっており、1チップマイコンへのEEPROM内蔵化が強く望まれていた。

このようなニーズにこたえるため、EEPROM内蔵マイコンの第一弾として、電子チューナー用4ビットマイコンM34300N4-XXX SPを開発した。本稿ではM34300N4-XXX SPの特長、EEPROM内蔵化技術について報告する。

2. M34300N4-XXX SPの特長

M34300N4-XXX SPはTV/VTR用の電子チューナー用マイコンであり、従来のチューナー用マイコン、EEPROM、画面表示用ICの3チップを1チップに集積したものである。図1にこのマイコンを用いたTV選局用システム構成を示す。

このマイコンの仕様を表1に示し、図2に機能ブロック図を示す。図に示すように、このマイコンには4ビットCPU、ROM 4K、RAM 128語16文字×8行の画面表示機能回路、EEPROM 1kビット、各種チューナー制御回路が内蔵されている。

CPU部は、ROM効率及びコストパフォーマンスに優れた当社4ビットマイコンM50720-XXX SPをベースにしている。周辺機能として、チューニング電圧を制御する14ビットD/Aコンバータ、音

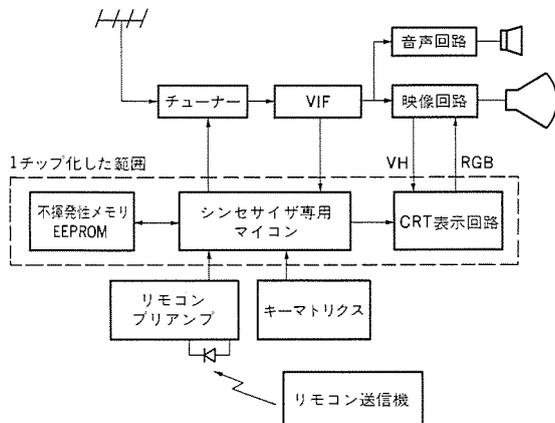


図1. TVシステム構成

量などのアナログ量制御用6ビットD/Aコンバータ、映像信号検出用カウンタ、AFC信号判定用A/Dコンバータなどを内蔵している。

チップ写真を図3に示す。CMOSシリコンゲート2μmルールを用い、総トランジスタ数は93,000個である。

以下に、このマイコンの大きな特長である画面表示機能、EEPROM内蔵化技術について説明する。

3. 画面表示機能

TVのチャンネル番号の表示方式は、当初の発光ダイオード(LED)表示方式から、チャンネル番号や音量のバー表示をTVのブラウン管上に表示する画面表示方式に変わってきた。この方式を選

表1 仕様

項目	特性	
基本命令	68	
命令実行時間	2μs	
クロック周波数	4MHz	
メモリ容量	ROM	4,096語×9ビット
	RAM	128語×4ビット
	EEPROM	128語×8ビット
D/Aコンバータ (PWM出力)		
		14ビット×1本, 6ビット×4本
入出力ポート	入力	3ビット×1
	出力	4ビット×2, 3ビット×2, 1ビット×1
	入出力	4ビット×1, 3ビット×1, 2ビット×1
イベントカウンタ		
		8ビットカウンタ
HSカウンタ		
		8ビットカウンタ
A/Dコンバータ		
		8種類の基準電圧
画面表示		
		16文字×8行
割り込み	外部	2要因又は1要因
	内部	1要因又は2要因
EEPROM	書換え回数	1万回以上
	保持時間	10年以上
電源電圧	+5V単一	
素子構造	CMOS	
パッケージ	42ピン・プラスチックパッケージ	

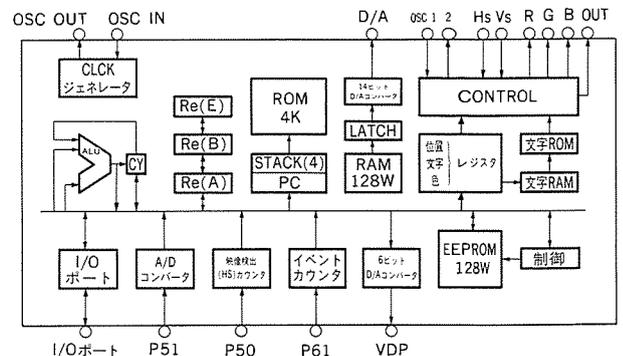


図2. M34300N4-XXX SPの機能ブロック図

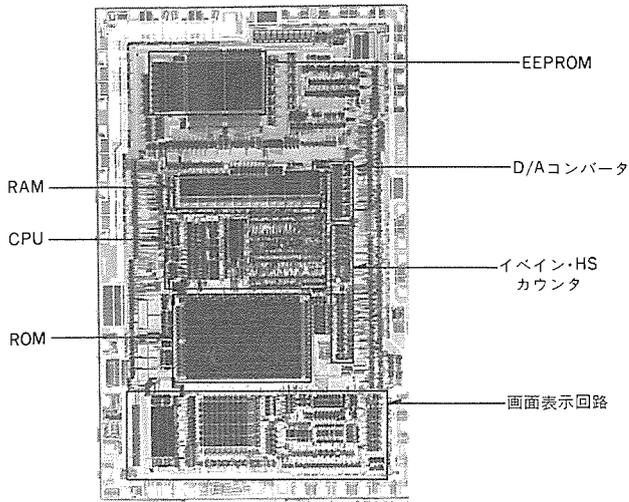


図3. M34300N4-xxxSPのチップ写真

局用マイコンに内蔵したものでは、従来2～3行表示のものが主で表示内容に制限があり、多機能表示は困難であった。これを解決するため、今回、表示回路の規模を増やすことなく、2行表示分の回路で最大8行表示を可能にする回路方式を開発した。これにより、図4に示すように、2行表示は当然ながら時刻、予約時間などの複数の情報を同時に表示することができた。

3.1 動作

画面表示は、TVの水平及び垂直同期信号に同期して表示文字番号をRGB信号にのせることにより行われる。今回開発した多行表示機能では、2行分の表示文字発生回路でソフトウェア対応により最大8行分の文字信号が発生可能である。

この原理を図5に示す。初めに、1行目と2行目との表示内容をCPUで設定して表示をはじめ。1行の表示が終了すると、行表示END信号により割り込みが発生する。このときCPUは、何行目の表示が完了したかを行カウンタで検出する。そして1行目の表示完了時には、2行目の表示を行っている間に、次の3行目の表示内容を設定する。また、次の2行目の完了の割り込み発生時には次の4行目の表示内容を設定する。このように、2行表示分の回路、行表示END信号による割り込み及び行カウンタで8行の多行表示を可能とした。

3.2 表示機能概要

以下に表示機能特長を示す。

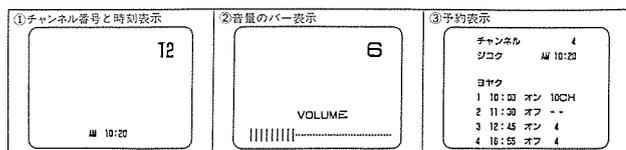


図4. 画面表示例

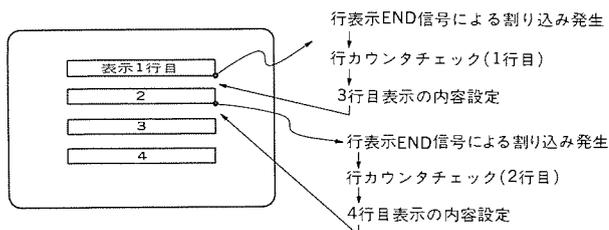


図5. 4行多行表示の原理図

- ・表示文字数……16文字×2行の表示回路でソフトウェア対応により16文字×8行まで多行表示可能
- ・文字種類……64種類
- ・文字構成……6×7ドット(4×6ドットのラウンディング有り)
- ・色字サイズ……4種類
- ・色……7色のうち4色選択
- ・表示位置……垂直・水平とも64段階プログラマブル
- ・文字単位の色指定可能

4. EEPROM内蔵化技術

EEPROMはチューニングデータの記憶機能、及び電源投入時に電源オフ前と同じチャンネルポジションを選択するラストチャンネルメモリ機能などを実現するために用いる。図6にEEPROM部のブロック図を示す。EEPROMのデータの消去・書込みに必要な高電圧は、レギュレータで制御される昇圧回路を用いて発生させる。発生した高電圧を、高電圧スイッチを介してEEPROMメモリセルに与えることによって、消去・書込みを行う。消去・書込みには、4.1ms必要とするが、この期間RDY/BUSY信号をチェックすることにより書込み状態か、読み出し状態かを検出することができる。

4.1 メモリ構造

電気的に消去・書込み可能な不揮発性メモリ構造には、フローティングゲート構造とMNOS構造との2通りがある。フローティングゲート構造は、MNOSと比較し、①マイコンプロセスとのコンパチビリティが良い、②EEPROM、EPROM混在マイコンを実現できる、③消去・書込み時間が短い、④記憶保持特性が非常に良い、などの長所があるためフローティングゲート構造を採用した。

EEPROMのメモリセル構造図を図7に示す。フローティングゲートとコントロールゲートのダブルポリシリコンとがあり、ドレインとフローティングゲート間に薄いトンネル酸化膜が形成されている。データの消去時には、メモリセルトランジスタのコントロールゲートに約20Vの高電圧をかけて、電子をフローティングゲートに注入し、メモリトランジスタのしきい値を高くして、エンハンスメントトランジスタにしている。これを論理レベル“1”書込みとよぶ。一方、データの書込み時には、ドレインに高電圧をかけて電子を放出し、しきい値を低くしてデプレッショントランジスタにしている。これを論理レベル“0”書込みとよぶ。

この消去・書込みは、内部で自動的に消去を行った後に、書込みを行っているため、1回の動作でデータが書き込まれる。

4.2 特性

EEPROMの主要な特性には、記憶保持特性(Retention)と書換え回数特性(Endurance)とがあり、その特性及び信頼性は薄いトンネル酸化膜の膜質によって左右される。

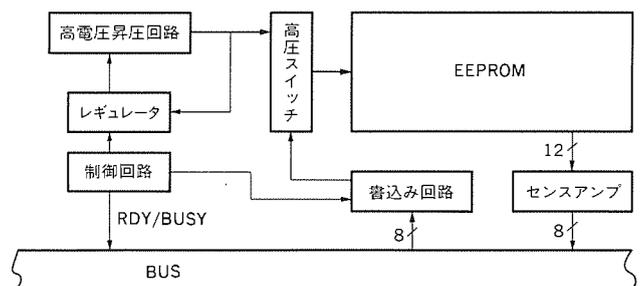


図6. EEPROM部システムのブロック図

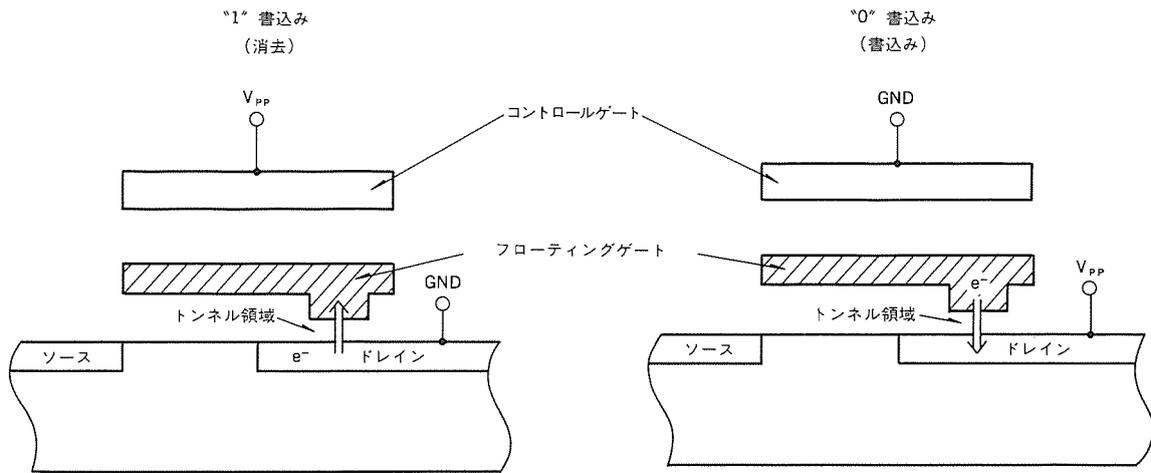


図7. EEPROM 消去・書き込み原理

(1)記憶保持特性

薄いトンネル酸化膜のリークによる劣化によって、この特性は決定される。このため、高温での放置時間によるメモリのしきい値電圧の変化を測定することにより特性を知ることができる。図8にこの結果を示すが、1万回書換え後の250°C高温保存でも、しきい値電圧は変化せず、10年以上の記憶保持特性を持っていることが確認できる。

(2)書換え回数特性

図9にこの特性を示す。書換え回数の増加につれて、酸化膜中の電子のトラップのため、しきい値電圧は減少しているが、 10^6 回書換ええた後でも、論理レベル“1”と“0”とのウインドウ幅が十分あることが確認できる。

4.3 信頼性

EEPROMは薄いトンネル酸化膜に高電界のストレスがかかるため、書換えと、保持特性に高い信頼性が要求される。我々は、プロセス改善と回路対策(ECC回路)とから信頼性向上にむけてアプローチした。

(1)プロセス改善

プロセス上に幾つかの工夫を行った。トンネル酸化膜の形成においては、膜厚の変動が直接“0”，“1”状態の深さを左右するため、厳しい制御性が求められるが、我々は精密希釈酸化法により

$100 \pm 5 \text{ \AA}$ の高精度制御を達成した。また、この酸化膜の品質をプロセス的に作り込むため、独自に開発したストレステスト法にてライ

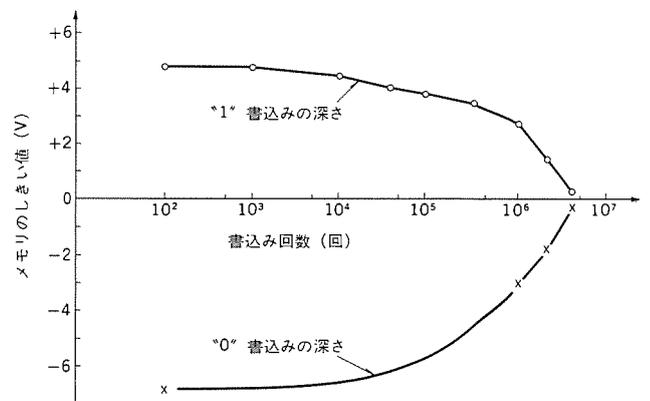


図9. 消去/書き込み回数特性

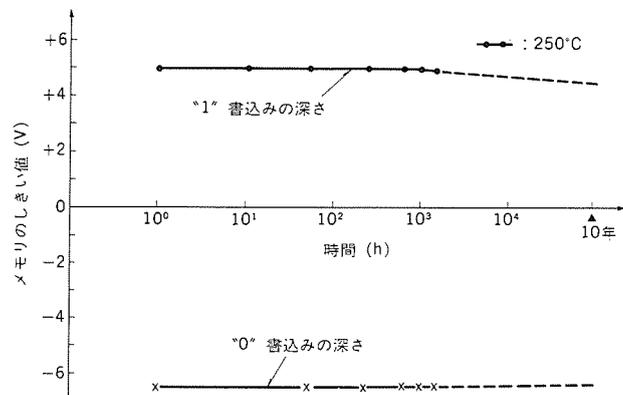


図8. 高温データ保持特性

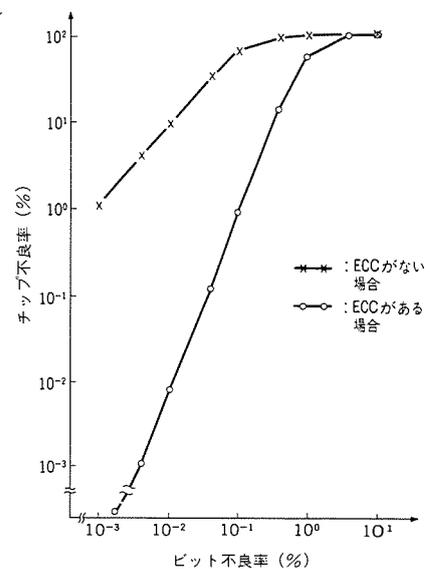


図10. ECCの効果

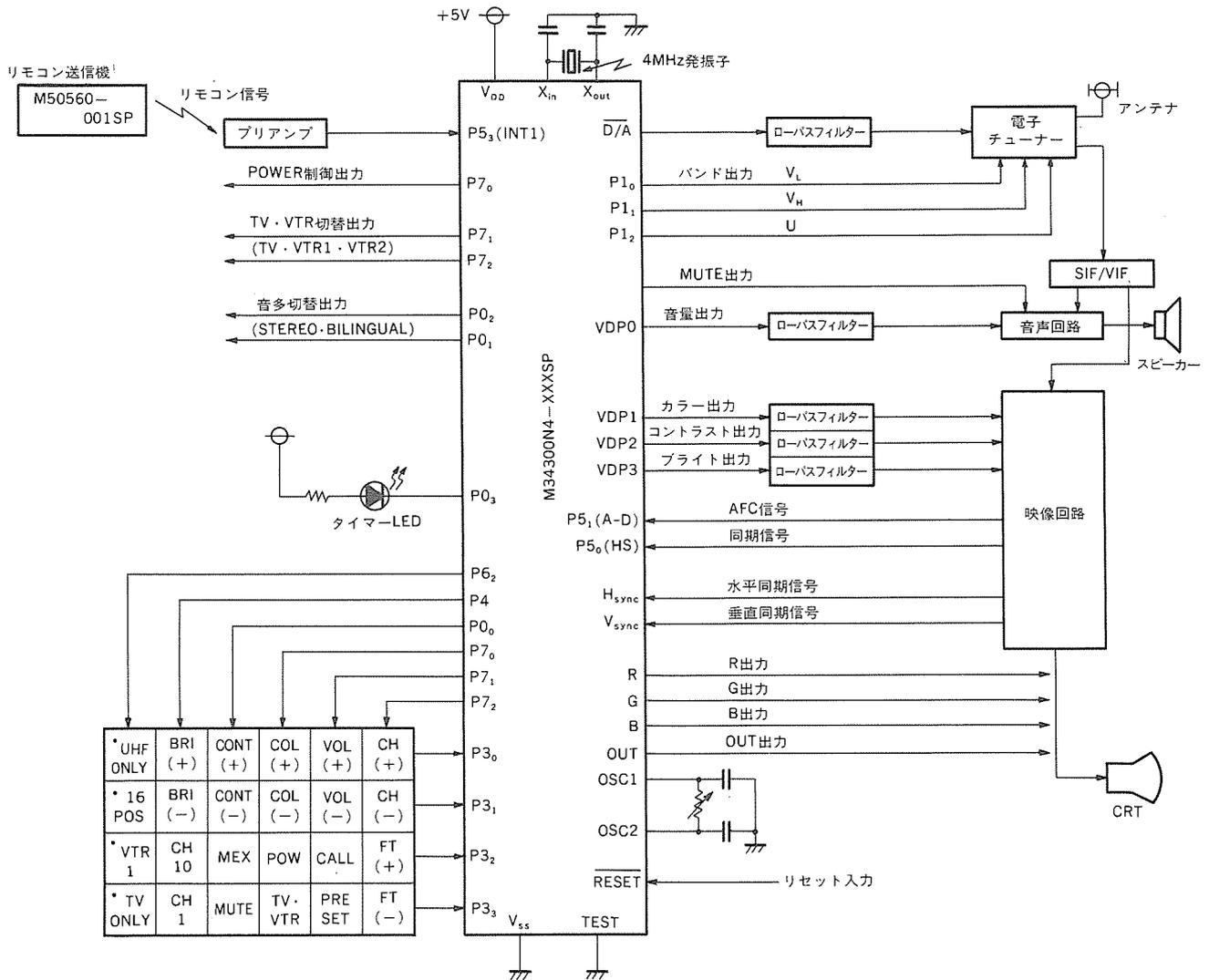


図11. M34300N-XXXXSP TV用選局システムの結線例

ンと製品の管理を実施し、高い書換え耐性を保証している。一方、フローティングゲートとその絶縁膜の形成条件はデータ保持特性に深くかかわるが、従来から実績のある EPROM のプロセス条件を更に改善し、20V 高電圧の連続した印加と10年以上のデータ保持に耐えうる膜の形成を実現している。

(2) ECC 回路

データの信頼性を向上させるために、ビットの誤りを検出し、これを正しく訂正する機能をも同時に持っている ECC 回路 (誤り訂正回路) を用いた。これは、情報ビット 8 ビット、検査ビット 4 ビットの合計 12 ビットから構成され、1 ビット訂正のハミング符号方式を使用している。この方式では、1 バイト中に誤りがあっても、これを救済訂正し、正しいデータにして高信頼性を図ることができる。図10に、1 ビットの不良率に対する製品の不良率を示したものである。ECC を内蔵したときと、しないときとの不良率に大きな差があり、効果が大きであることがわかる。

5. 応用

図11にM34300N 4-XXXX SP を用いた結線図例を示す。外付けの不揮発性メモリを必要としない、画面表示可能な TV 選局システムを構成することができる。主な機能を次に示す。

- (1) リモコン受信機能 (送信用 IC : M50560-001SP)
- (2) 4 × 6 のキーマトリクス機能
- (3) チャンネル直接選局機能
- (4) アナログ制御機能 (音量, カラー, コントラスト, ブライト)
- (5) 音声多重出力
- (6) TV/VTR 切替出力
- (7) オフタイマー機能 (30, 60, 90分)
- (8) オートサーチ機能 (Sカーブを描く AFC 信号を A/D コンバータで、同期信号を同期判定回路で判定して行う)
- (9) 画面表示機能 (チャンネル表示, 音量表示, オフタイマー表示ステレオ/モノラル表示, TV/ビデオ表示)
- (10) 停電時のラストデータメモリ機能

6. むすび

EEPROM 内蔵マイコンは、電池が不要なメモリバックアップシステムを実現できる特長のほかに、オンボード状態で情報の書換えができるという特長をもっており、新たな応用を産み出すことが期待される。今回開発した M34300N 4-XXXX SP で確立した EEPROM 内蔵化技術をベースに、今後チューナー用マイコンのみならず、各種制御、データ処理分野マイコンへの展開を進めて行く計画である。

産業用高性能塩化チオニルリチウム電池

須藤尚志*・平田郁之**

1. ま え が き

我が国でマンガン乾電池が生産されるようになって100余年、昭和61年度には33億個、1,400億円の一次電池が生産されるに至っている。この間、マンガン乾電池の性能向上には著しいものがあり、現在なお生産量の68%を占めているが、その伸びは鈍化傾向にある。

一方、10数年前、電子機器の小型軽量化の動きに対応して、小型で、エネルギー密度の大きい、信頼性に優れた高性能電池の要求が高まり、重負荷に耐えるアルカリマンガン電池及び電圧安定性に優れた酸化銀電池が開発された。これらの電池の需要は急激に伸び、昭和61年度には一次電池の生産量の27%を占めるまで成長している。

しかし、最近の最先端技術を用いた電子機器の急速な進展によって、電池の高性能化、小型軽量化、高信頼化の要求はますます強くなり、用途も軽負荷用から重負荷用まで多様化して、従来の電池では十分に対応できない状況が生まれつつあった。

このような状況に対応して、理想的な電池とも言えるリチウム電池の研究開発が活発となり、実用化の試みがなされてきた。リチウム電池は、金属中で最も軽く（比重0.5）、最も卑な電位を持つ、高活性なリチウムを負極に用い、非水系の電解液を使用することから、表1及び図3に示すように、起電力が高く、エネルギー密度の大きい、広い温度域で使用できる夢の電池として実用化が期待されていた。しかし、実用化には高度な技術を必要とすることから、当初は軍用及び宇宙開発用の電池として、米国で研究開発が行われていたにすぎない。近年、電卓、カメラ、時計などの電源として民生用のニーズが高まった結果、フッ化カーボンリチウム電池、二酸化マンガンリチウム電池そして塩化チオニルリチウム電池と次々に商品化されて、昭和61年度の生産は1億個に達し、毎年20%近い伸び率で急成長している。

リチウム電池の優れた特長が認められるにつれて、用途も多様化し、性能への要求も高度に、より厳しくなりつつあり、一層の性能改善が必要となってきた。

このような産業界の要求にこたえるため、東洋高砂乾電池(株)と三菱電機(株)では長年培ってきた電池技術と総合電機メーカーとしての幅広い新技術を結集して、飛躍的に性能を高めた軽負荷用の円筒形塩化チオニルリチウム電池と重負荷用の円筒形二酸化マンガ

表1. 主なりチウム電池と従来電池の起電力と理論エネルギー密度

電池	起電力(V)	理論エネルギー密度(Wh/kg)
(リチウム電池系)		
塩化チオニル系(Li/SOCl ₂)	3.66	1,877
フッ化カーボン系(Li/(CF) _n)	2.8~3.2	1,977
二酸化マンガン系(Li/MnO ₂)	3.0~3.3	856
(従来電池系)		
二酸化マンガン系(Zn/MnO ₂)	1.5	162
酸化銀系(Zn/Ag ₂ O)	1.85	385

ンリチウム電池を開発し、商品化した。

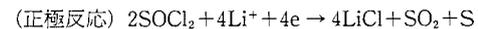
塩化チオニルリチウム電池は、他のリチウム電池に比べて低温及び高温での放電特性に優れ、高いエネルギー密度を持つことから、マイコン応用機器のメモリバックアップ電源にとどまらず、ファクシミリ、タイマ、通信機及び自動車、航空機に搭載する電子機器など新たな用途が開け、産業用として広く用いられている。

したがって、今回は塩化チオニルリチウム電池について、その詳細を報告する。

2. 塩化チオニルリチウム電池の原理

塩化チオニルリチウム電池は、金属リチウム(Li)を負極、非水系液体の塩化チオニル(SOCl₂)を正極兼電解液とする電池である。すなわち、正極活性物質の塩化チオニルを溶媒にして、電解質の四塩化アルミニウム酸リチウム(LiAlCl₄)を溶かし、電解液の役目も兼ねさせている。

この電池の反応式には種々の形が提案されているが、最も代表的な反応を次式に示す。



このときの回路電圧は3.66Vとなり、他のリチウム電池(3V)やマンガン乾電池(1.5V)など実用化されている電池の中では最も高い値を示す。放電によって生じる反応生成物のうち、二酸化硫黄(SO₂)は塩化チオニル中に溶解し、塩化リチウム(LiCl)と硫黄(S)は固相として電池内にたい(堆)積する。したがって、ガスの発生が少なく、電池の内圧が低く保たれるので、長期間安定な、安全性の高い電池が得られる。

この電池では、正極活性物質の塩化チオニルが液体であるため、正極活性物質は負極のリチウムに常に接しており、無負荷状態でも直ちに化学反応すなわち自己放電が生じる。しかし、反応生成物の塩化リチウムがリチウムの表面を厚く覆って、反応の進行を阻止する。一方、負荷放電時には、塩化リチウム膜は電極反応を阻害しない程度にまで薄くなるので、自己放電の少ない、保存性の良い、優れた電池が得られる。

3. 円筒形塩化チオニルリチウム電池の特長

3.1 電池の構造

今回開発した円筒形塩化チオニルリチウム電池の構造を図1に示す。ステンレス製の円筒容器内壁に負極のリチウムを配し、その内側にガラス繊維の不織布からなるセパレータを介してカーボン多孔体が挿入されている。カーボン多孔体及びセパレータの空けきは正極活性物質兼電解液の塩化チオニル溶液が満たしている。

リチウム及び塩化チオニルは水と非常に反応しやすく、前者は水酸化リチウムと水素を発生し、後者は塩化水素と二酸化硫黄を発生して電池の性能を劣化させ、ステンレス容器を腐食する。したがっ

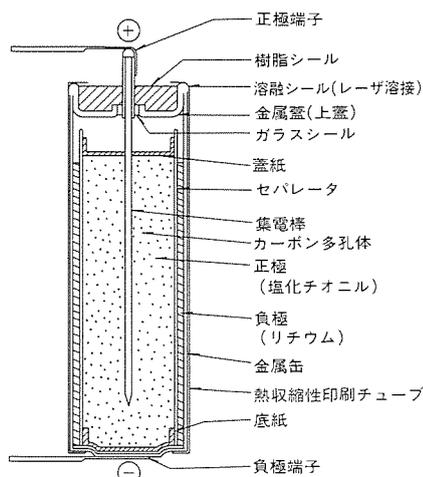


図1. 電池の構造

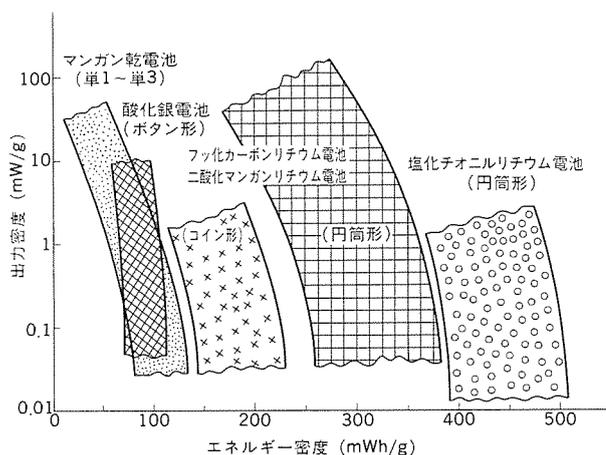


図2. リチウム電池と従来電池のエネルギー密度 (実用値)

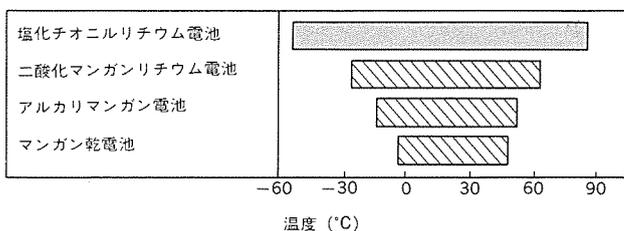


図3. 電池の使用温度範囲

で、電池内部の水分量を極力減らし、また電池外部からの水分の侵入を防ぐことが、保存性の良い、長寿命の電池を作るのに欠かすことのできない条件である。今回開発した電池では、金属製の上ぶた(蓋)と円筒容器との接着にはレーザ溶接構造を、また上蓋と正極集電棒との間の封着にはメタル-ガラス-メタルによる高信頼のハーメチックシール構造を採用して、優れた密封性を確保している。これによって、電池の性能劣化の最大原因となる水分の侵入を防ぎ、長期の保存が可能な、信頼性の高い電池を実現した。

電池のエネルギー密度を高めるために、最適設計を行う必要があるが、このために正極の特性と負極の特性を分離して測定できるハーフセル試験装置(半電池、通常の電池は単電池と呼ばれる)を新たに開発し、銀/塩化銀の参照電極を用いて、負極、正極、電解液それぞれの構造、材質、組成及び電池性能に影響する重要因子を個々

に評価して、電池の構造、材料仕様などを決定した。

3.2 電池の特長

今回開発した円筒形塩化チオニルリチウム電池は、他のリチウム電池や従来のマンガン乾電池にない多くの特長を持っている。

(1)高い放電電圧

公称電圧は3.6Vで、他のリチウム電池(フッ化カーボン系、二酸化マンガン系)の3.0Vを大きく上回り、実用化されている電池の中では最も高く、マンガン乾電池や酸化銀電池の2個分又は3個分の電圧を取り出すことが可能である。この優れた特性は、負極に標準電極電位が $-3.05V$ の最も卑な金属であるリチウムを用い、正極兼電解液に非水系の高活性な塩化チオニルを用いていることから生じ、電子機器の電源として、極めて魅力ある電池を形成している。

(2)高エネルギー密度

エネルギー密度の大きな電池を得るためには、電池内に収納する活物質の量を増やし、これをすべて効率良く反応させることが必要である。まず、電池構造の最適設計を行って、限られた電池容器内に収納できる負極活物質の量を大幅に増やした。更に、正極での集電に高性能のカーボン粉体を特殊成形した多孔体を採用し、微細気孔と粗大気孔からなる二重気孔構造にすることによって、放電反応で生じる塩化リチウムと硫黄を気孔内に効率良く収納することを可能にした。この結果、放電電流が $100\mu A$ のとき、これまでの電池では得ることのできなかった $480mWh/g$ ($1,000mWh/cm^3$)の高エネルギー密度を実現した。この値はマンガン乾電池の8~10倍、フッ化カーボンリチウム電池や二酸化マンガンリチウム電池の1.5~2.0倍となり、実用電池では最も大きい値である。

新たに開発した円筒形塩化チオニルリチウム電池のエネルギー密度と出力密度の関係を図2に示す。他の電池の実用データとの比較から、塩化チオニルリチウム電池のエネルギー密度は極めて大きく、特に低出力密度の使用において優れた性能を示すことがわかる。

(3)平坦な放電電圧特性

塩化チオニルリチウム電池は、電解液を兼ねた正極活物質が液体で、絶えず負極のリチウムに接しているため、放電中の内部抵抗の変化が小さく、放電初期から放電末期まで電圧が一定で、平坦な放電電圧特性が得られる。今回開発した電池では、電池材料の含有水分量と製造工程の雰囲気中の水分量の管理を厳重に実施することによって、非常に安定な放電電圧特性を得ることができた。これによって、定格放電条件下では、放電末期までの電圧低下は初期電圧の1%以下となり、酸化銀電池をりょうがする性能が得られた。この優れた放電電圧安定性は、最近の最先端技術を用いた精密電子機器の要求を満たす重要な特性で、新しい用途を開くものである。

(4)広い使用温度範囲

電池の使用可能温度は電解液の融点と沸点によって制約を受けるが、塩化チオニルリチウム電池は非水系の電解液を用いているので、低温での使用域が著しく広がり、従来の電池では対応できなかった $-55^{\circ}C$ から $85^{\circ}C$ までの広い範囲の温度域で使用可能である。これは融点 $-105^{\circ}C$ 、沸点 $75.6^{\circ}C$ の塩化チオニル非水溶液を正極兼電解液に用いているので、水の凝固点 $0^{\circ}C$ の制約を受けないことによる。更に、密封構造の採用によって、電解液の蒸発・散逸がなく、温度変化に伴う内圧の変化にも耐えることがこれを助けている。

図3に塩化チオニルリチウム電池の使用温度領域を他の電池と比較して示す。フッ化カーボン系及び二酸化マンガン系のリチウム電池と比較しても、低温域、高温域共に広い使用可能温度域を持つ。

表 2. 円筒形塩化チオニルリチウム電池の仕様

項目	品種	ER6	ER2/3A
公称電圧 (V)		3.6	3.6
公称容量 (mAh)		2,000	1,500
標準放電電流 (μA)		100	80
最大外形寸法	直径 (mm)	14.5	17.0
	総高 (mm)	54.0	35.5
重量 (約g)		15	13
使用温度範囲 ($^{\circ}\text{C}$)		-55 ~ +85	

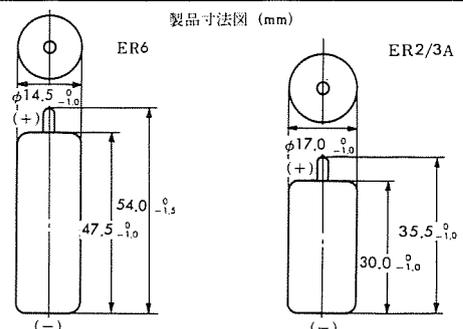


図 4. 電池の外観

この優れた特性によって、厳しい環境下で用いられる航空機・自動車搭載用精密電子機器などへの新たな用途が開けた。

(5)長期の保存寿命と高信頼性

新しく開発した電池は前述の完全密封方式を採用し、更に水分の少ない高純度の電池材料を使用することによって、自己放電の少ない、長期の保存・使用に耐える、信頼性の高い、優れた電池となっている。20 $^{\circ}\text{C}$ 付近の常温使用では、自己放電が極めて少ないために、保存中の電池容量の低下を測定することが非常に困難で、60 $^{\circ}\text{C}$ における加速試験によって推定している。すなわち60 $^{\circ}\text{C}$ で20日間の保存は、20 $^{\circ}\text{C}$ で1年間の保存に相当するとのデータを用いて保存寿命を推定している。この加速試験から、20 $^{\circ}\text{C}$ に保存中、自己放電によって失われる電池容量は1年間に1%以下となり、10年の長期保存にも十分耐え得ることがわかった。マンガン乾電池、酸化銀電池の自己放電による容量低下は年間約10%もあり、長期の保存に耐えないことを考えると、このリチウム電池の優れた保存特性がわかる。この優れた保存特性によって、常時高い信頼性を持って作動することの要求されるメモリバックアップ電源に最適な電池として新たな用途が開け、市場が拡大している。

4. 円筒形塩化チオニルリチウム電池の動特性データ

(1)仕様

表 2 に円筒形塩化チオニルリチウム電池の主な仕様を、図 4 に電池の外観写真を示す。塩化チオニルリチウム電池は ER の呼称で呼ばれるが、今回最も需要の多い公称容量2,000mAh の ER 6 型(単三相当のサイズ)と公称容量1,500mAh の ER 2 / 3 A 型の 2 種類を開発し、市販を開始した。これらの電池は、メモリバックアップ用電源として多様な用途に対応できるように、各種の接続端子がオプ

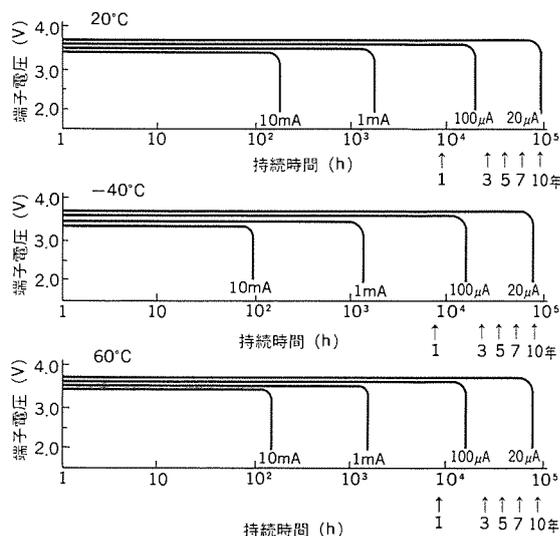


図 5. 電池の放電特性 (ER 6 型)

ションとして用意されている。

(2)放電特性

図 5 に20 $^{\circ}\text{C}$ 、-40 $^{\circ}\text{C}$ 、60 $^{\circ}\text{C}$ 各温度における ER 6 型電池の放電曲線を示す。20 μA の低負荷から10mA の高負荷までいずれの場合も、電圧一定の、平坦な、安定した放電曲線が得られ、塩化チオニルリチウム電池の特長が現れている。また、20 $^{\circ}\text{C}$ 及び60 $^{\circ}\text{C}$ での放電では、低負荷から高負荷まで、公称容量2,000mAh を維持しているが、-40 $^{\circ}\text{C}$ の低温になると、1 mA 以上の高負荷放電時に容量の低下が生じる。しかし、この場合も標準放電電流値100 μA 以下の放電では公称容量を維持している。

(3)作動電圧－負荷抵抗特性

ER 6 型電池の作動電圧と負荷抵抗の関係を図 6 に示す。作動電圧は負荷抵抗が小さいほど、また使用温度が低いほど低下する。しかし、正極の多孔質カーボン成形体の材質と微細構造をコントロールし、電解質組成を改良することによって、特性の低下を最小限にとどめることに成功している。

(4)過渡最低電圧

塩化チオニルリチウム電池は、図 7 に示すように、放電開始直後に端子電圧が一時的に低下する電圧遅延現象を起こす。このときの電圧を過渡最低電圧と呼ぶ。この現象は、電池保存中にリチウム表面に形成される、比抵抗の大きい塩化リチウム皮膜に起因しており、放電によって皮膜が破壊されるまでの間、電圧が一時的に低下する。皮膜は、保存期間が長く、温度が高いほど厚くなり、電圧低下は大きくなる。また、図 8 に示すように放電時の温度が低いほど皮膜の

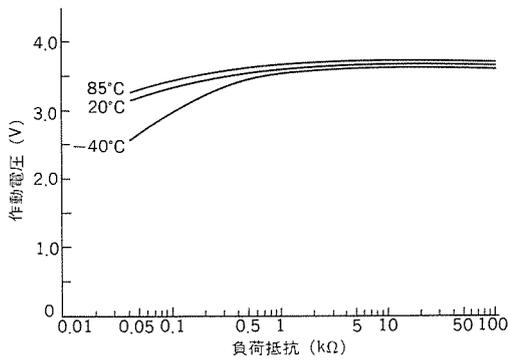


図6. 電池の作動電圧と負荷抵抗の関係 (ER6型)

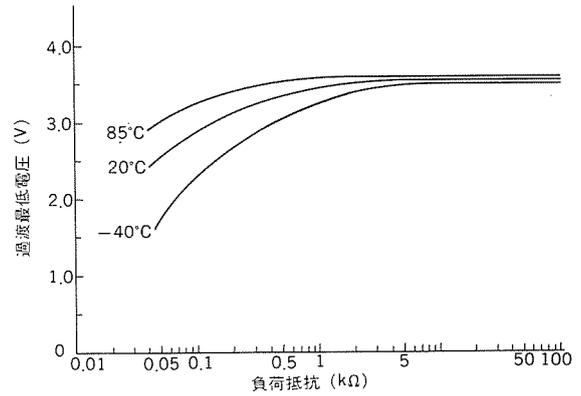


図8. 電池の過渡最低電圧と負荷抵抗の関係 (ER6型)

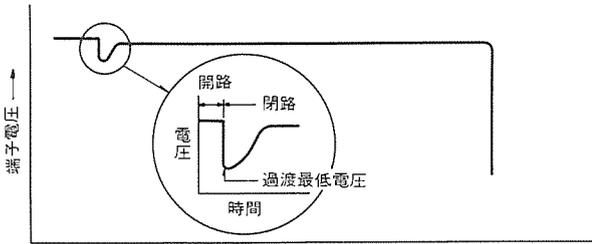


図7. 電池の電圧遅延現象

イオン導電率が低下するので、電池の内部抵抗が増大して電圧の低下が大きくなる。低電流放電では、塩化リチウム皮膜はリチウムイオンの生成・遊離を阻害しないが、高電流放電になると皮膜が障害となり、電圧の低下が生じる。

この現象のため、塩化チオニルリチウム電池の実用化が懸念されたが、今回、電解質組成に種々の改良を加えることによって、実用上問題のないレベルにまで電圧低下を小さくしている。

(5)保存特性

塩化チオニルリチウム電池を60°Cの高温に長時間保存した後の放電曲線を図9に示す。60°Cで100日間保存すると約4.5%、200日間保存すると約9%の容量低下が生じている。これを前述の関係から20°Cでの保存に換算するとそれぞれ5年及び10年間の保存に相当し、容量の低下は他の電池に比べて著しく小さい。この優れた特性は、負極のリチウム表面に生じた塩化リチウム皮膜によって自己放電が防止されていること及び完全密封構造によって水分の侵入がなく、副反応が生じないことによる。

(6)安全性・信頼性

塩化チオニルリチウム電池は活性な金属リチウムと塩化チオニルが用いられているので、一般産業用として安心して使用できるように安全性・信頼性の確保には十分な配慮がなされている。

電池使用後の廃棄時の安全性を考慮して、電池組立時に充てんされる負極活物質のリチウム量を正極活物質の塩化チオニル量から計算される化学当量より少なくして、電池寿命時に、電池内部に金属リチウムが残存しないように設計している。

産業用としての種々の使用環境下で密封性を確保するため、短絡試験、過放電試験、充電試験、高温試験、落下試験など種々の環境試験に耐えるレーザ溶接及びハーメチックによる封着構造を採用している。

更に、厳しい環境試験として、押しつぶ(潰)し試験、くぎ貫通試験などの破壊試験を実施して、厳しい条件での安全性を確認してい

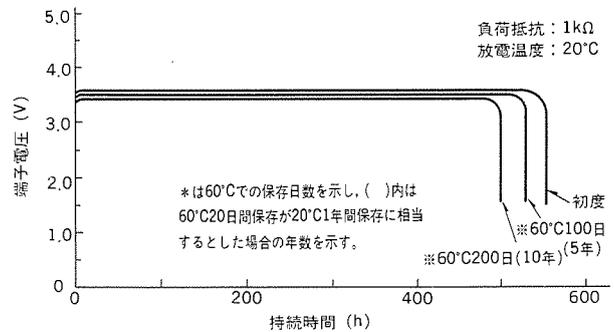


図9. 電池の保存特性 (ER6型)

表3. UL 部品認定試験結果(ER6型)

試験項目	試験条件	結果
1	高温試験 81°C, 45日	外観に異常なし
2	温度サイクル試験 -54°C 16h } 室温 8h } 10サイクル 71°C 16h }	外観に異常なし
3	部分放電 完全放電 60日率, 室温, 71°Cの条件で 公称容量の1/2及び完全放電	異常は認められない
4	短絡試験 室温, 60°C 電池両端子間を短絡	電池表面最高温度 室温…80°C (未放電電池) 60°C…131°C (部分放電電池) 異常は認められない
5	加熱試験 昇温速度 1~11°C/min 180°Cまで	異常は認められない
6	圧壊試験 平板と円筒板との間で電池厚 みの1/2以下になるまで圧壊	電池表面最高温度 57°C (未放電電池) リーク, 変形が観察された。
7	加湿試験 MIL-STD-810C, 507.1による, 65°C 90~100% 2h, 6h 30°C 85% < 16h 10サイクル	異常は認められない
8	振動試験 MIL-B-18DIによる 10~55Hz, 0.03インチ 90~100min XYZ方向	異常は認められない。
9	落下試験 6フィートの高さからコンクリート 床上にランダム9回落とす	異常は認められない、
10	強制放電 12V電源に抵抗を入れ, 50mA Max 2.5C放電	異常は認められない
11	充電試験 12V電源に抵抗を入れ, 75mA max 2.5C充電	異常は認められない

る。

これら一連の安全性・信頼性確保によって、米国の安全性に関する

る UL (Underwriters Laboratories) の部品認定試験に合格した。このときの試験結果を表 3 に示す。

5. 産業用電池としての使用例

5.1 用途

円筒形塩化チオニルリチウム電池はエネルギー密度が大きい、長期保存が可能、使用中の電圧低下が小さい、広い温度領域で使用可能などの優れた特長によって、産業用電池として広く使用されている。主な用途を表 4 に示す。

5.2 メモリバックアップ電源

この電池の主要用途はメモリバックアップ電源である。この場合の基本回路を図 10 に示す。リチウム電池は充電することができないので、充電の可能性がある場合には、逆電流防止用のダイオードを使用する必要がある。ダイオードは漏れ電流による充電量が公称容量の 1% 以下になるよう設定する。保護抵抗は、ダイオードが故障

したとき、大電流が電池に流れるのを防止するために入れる。種々の用途に対応して用いられるメモリバックアップ回路の実例を図 11 に示す。必要に応じて図 10 の保護抵抗を入れる。

各種電子機器のメモリバックアップ電源として多様な用途に対応できるように、種々のコネクタ類がオプションとして準備されている。代表的なコネクタ形式を図 12 に示す。

5.3 特殊用途向け過酷環境試験データ

塩化チオニルリチウム電池は優れた性能を持ち、高い信頼性を持つことから用途が急速に広がり、通常よりも厳しい環境下で使用したいとの新たな要求も強くなりつつある。例えば、航空機、自動車などに搭載される通信機、制御機器への使用がある。これらの用途では、使用温度条件が厳しく、激しい温度サイクルにも耐える必要があり、耐振性も要求される。図 13、図 14 これらの要求に対応して電池の仕様を超える極端条件、すなわち 95°C の高温と -62°C の低温

表 4. 塩化チオニルリチウム電池の用途

・産業機器
シーケンスコントローラ、タイマ、ロボット、自動機、その他
・事務機器
ファクシミリ、複写機、コンピュータ、レジスタ、その他
・通信機器
電子電話機、トランシーバー、その他
・その他
防犯機器、計測機器、その他

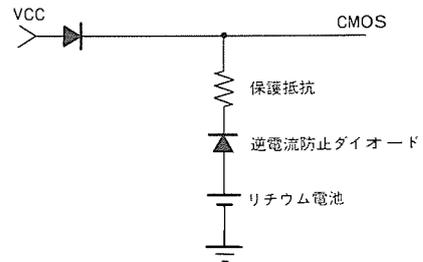


図 10. メモリバックアップ電源の基本回路

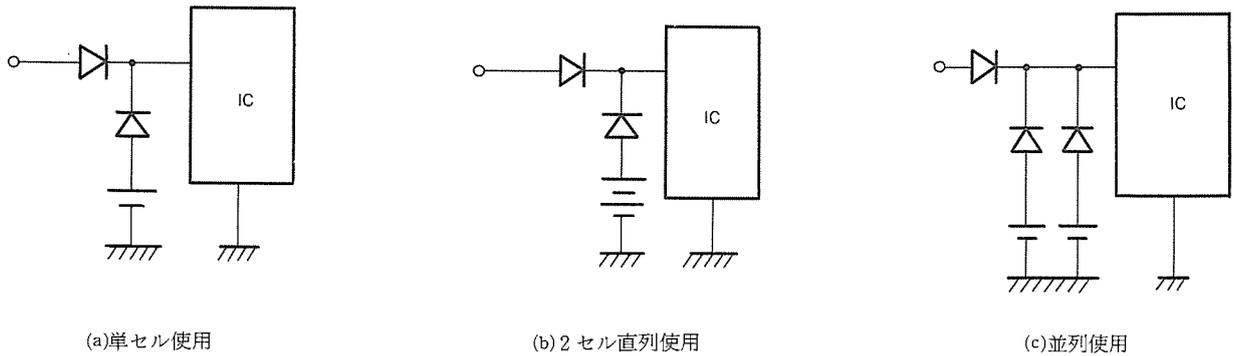


図 11. メモリバックアップ回路の構成例

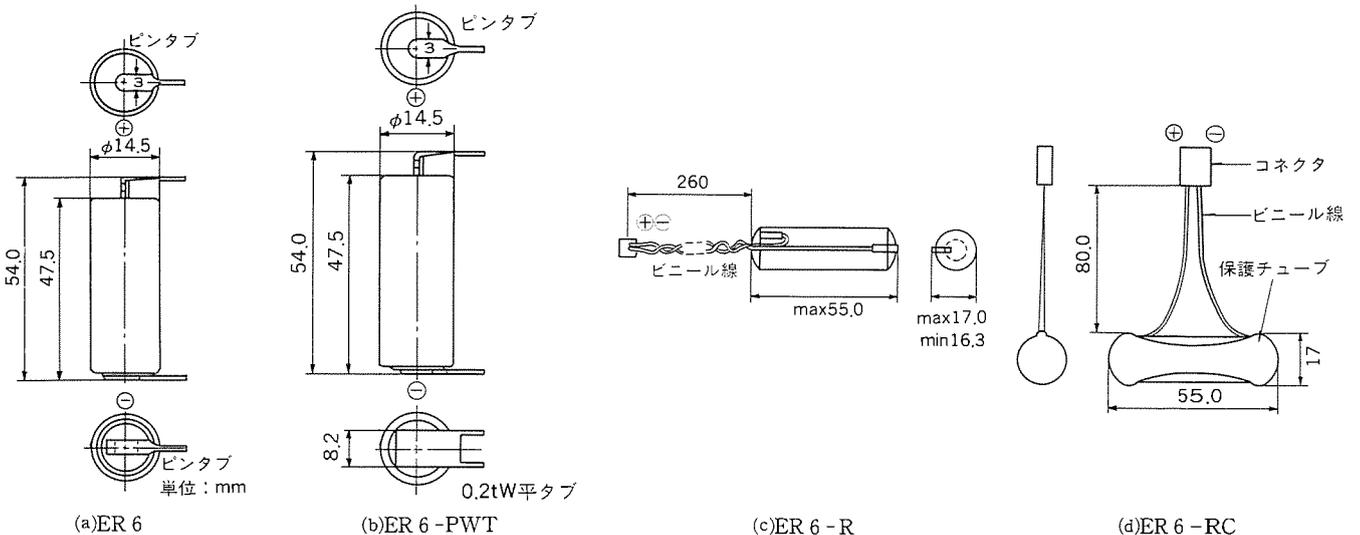


図 12. メモリバックアップ用コネクタの使用例

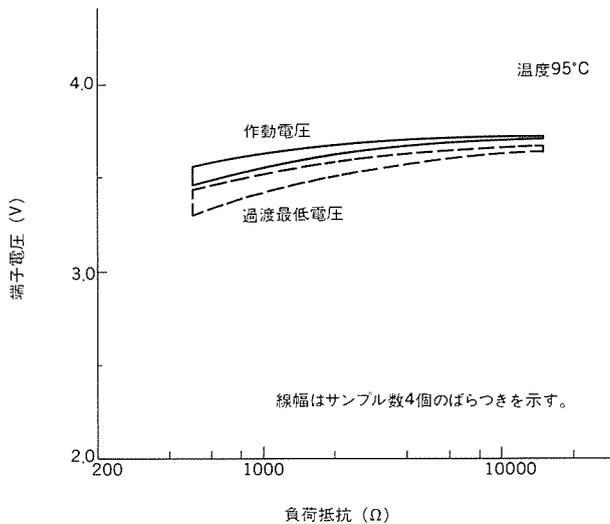


図13. 電池の高温動作特性 (ER 6 型)

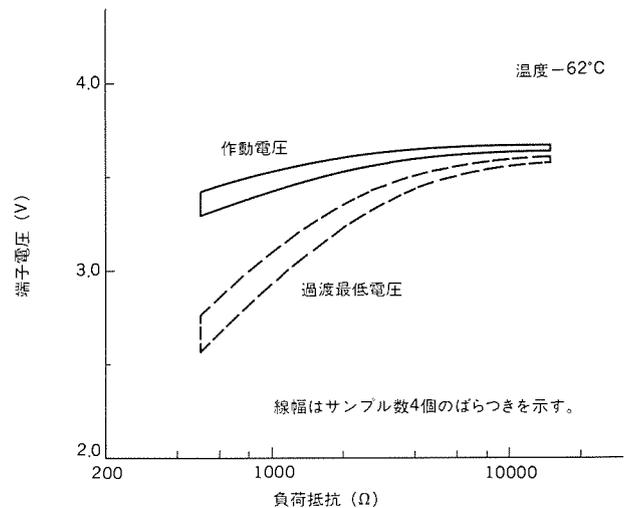


図14. 電池の低温動作特性 (ER 6 型)

において行った電池性能試験の結果を示す。図13は、電池を95°Cの高温で24時間加熱後、負荷抵抗を通じて放電を始めた直後の過渡最低電圧と5分後の作動電圧を示す。95°Cの高温においても高負荷から低負荷の全域にわたって十分な特性を確保できることがわかる。一方、図14は電池を-62°Cの低温に24時間冷却した後、同様の試験を行った結果である。-62°Cの低温においても高い出力電圧を維持しているが、高負荷時の過渡最低電圧はかなり低下する。しかし、2.5V以上の電圧を維持しており、一般の使用に対しては障害とならない。更に、95°Cの高温と-62°Cの低温の間でヒートサイクル試験を行ったが温度変化に追従した出力電圧が得られ、低温と高温に暴露した影響は見られない。

更に低温と高温に長時間保持したときの影響を見るため、85°Cで2,000時間の高温貯蔵試験、-40°Cで2,000時間の低温貯蔵試験、-40°Cと80°Cの間のヒートサイクル試験を行ったが、開路電圧、閉路電圧共に正常値を示し、漏液、変形など機械的異常も生じないことが確認された。

航空機や自動車などの輸送機関や工作機械に搭載装備する場合には、過酷な振動を受けるので耐振性を調べた。最大2,000Hz、最大振幅0.25mmの振動試験に対しても何ら異常は認められなかった。

このように、高温、低温、振動などの使用環境条件が過酷な場合にも、電池は十分に機能し、安全性・信頼性が確認されたことにより、更に新しい用途が開けるものと思われる。

6. むすび

先端技術を応用した電子機器の進展により、数100 μ A以下の軽負荷で使用する、小型軽量で、電圧変動の少ない、高エネルギー密度の電池の開発が待たれていたが、今回、低温特性と高温特性に優れ、-55°Cの低温から85°Cの高温まで使用でき、保存による容量低下が1%/年以下、使用中の電圧低下が1%以下と小さく、更にエネルギー密度が480mWh/g (1,000mWh/cm³)と従来のリチウム電池の1.5~2.0倍の高い性能を持つ円筒形塩化チオニルリチウム電池を商品化した。この電池は産業機器、事務機器、通信機器など多分野の電子機器に使用され、好評を得ている。

今回、同時に開発した重負荷用の円筒形二酸化マンガンリチウム電池も通信機用電源として使用されており、リチウム電池の需要は今後ますます伸び、単なる一次電池から充電の可能な二次電池へと要求が拡大して行くと予想されるので、これに対応した製品化を進めて行く予定である。

最後に、開発に当たり、御協力、御支援をいただいた関係各位に深く謝意を表す。

参考文献

- (1)電気化学協会編：電気化学便覧，丸善，p. 420 (昭60)
- (2)田村，松田：現代電気化学，培風館，p. 157 (昭58)
- (3)吉沢：電池，講談社，p. 123 (昭61)

マイクロ波放電ランプの発光現象

鈴木量*・斎藤正人*・渡辺勲二*

1. ま え が き

マイクロ波放電による発光を光源として利用したマイクロ波放電光源装置を、当社は昭和57年に実用化した⁽¹⁾。この装置は HID ランプ（高圧放電灯）と同様に、高輝度で高出力であることを必要とする用途に向くが、特に始動時の立ち上がりが速いことや点灯と消灯を繰り返しても劣化が少ないことなどの特長を生かし、現在写真製版などを中心に用いられている。

HID ランプは石英管の両端に電極を備え、内部に水銀及びその他の発光金属を封入しており、この電極間に電圧を印加することによって放電を起こし、封入物を発光させる。これに対し、マイクロ波放電ランプでは石英製の球の内部に水銀などを封入し、マイクロ波の電界により放電を起こし、封入物を発光させる。このように、両者は放電によって封入物を励起し、その発光を利用する点で同じであるが、エネルギーの注入方法が異なっている。これらのことから、マイクロ波放電ランプは HID ランプと比較して次のような特長を持っている。

(1) HID ランプでは、始動後、発光管の温度が上昇して封入物が蒸発するまでに時間がかかり、安定点灯時の発光が得られるまでに数分を要する。これに対してマイクロ波放電ランプは、電極を発光管に固定する部分がないのでランプの熱容量を小さくできること、及び発光管の表面全体からマイクロ波が入り、均一に加熱されることなどから温度上昇しやすく、光束の立ち上がりが速い。

(2) また、HID ランプでは、点灯中発光管内の蒸気圧が高くなっているために、放電開始電圧が高く、発光管の温度が低下して蒸気圧が低下するまで再始動できない。一方、マイクロ波放電ランプは上述のように熱容量が小さく、発光管の温度低下が速く、再始動も容易である。

(3) HID ランプの寿命を決める大きな要因は、電極材料の飛散で特に始動時に飛散しやすいことから、点滅の頻度が大きいと短寿命となる。これに対して、マイクロ波放電ランプは電極がないため、点滅の頻度が大きくても短寿命にならない。

(4) HID ランプでは、電極材料と封入物の反応のために使用できる封入物に制限があるのに対して、マイクロ波放電ランプはこの制限はなく、発光金属の選択の幅が広い。

このように、マイクロ波放電ランプには HID ランプにない発光を得られる可能性を持っているが、その基本となる発光のメカニズムが十分に解明されているとはいえない。HID ランプに関しては、1930年代から、放電及び発光について詳細に解析されてきている。その結果、プラズマの温度や封入物の密度分布の計算方法などの解析方法が確立され、温度分布から発光を計算する手法、さらに封入物の組成、ランプの寸法などの設計条件から直接発光特性を推定する手法まで研究されている^{(2)~(4)}。

筆者らは、マイクロ波放電ランプの発光現象の解析を行うに際して、HID ランプで確立されてきた手法を活用し、HID ランプと対比

して行うことにし、水銀とよう素を封入したマイクロ波放電ランプについて局所熱平衡を仮定してプラズマの温度分布を求め、水銀とよう素の封入量を変えた場合の温度変化、さらに、この温度分布から水銀の253.7nm共鳴線近傍の分光分布を推定し、実測値と比較した。

2. マイクロ波放電光源装置の構成と動作原理

図1に実験に用いたマイクロ波放電光源装置の基本構成を示す。この装置は次のように動作する。マグネトロンで発生したマイクロ波は導波管を通り、給電口からキャビティに放射する。このキャビティはマイクロ波共振空洞となっている。キャビティ内にはランプが固定されており、マイクロ波の電界によってランプ内の希ガスが放電を開始し、ランプ内全体で放電が維持される。この放電の熱によってランプが加熱され、温度が上昇し、内部に封入されたハロゲン、水銀及びその他の金属が蒸発して定常放電になる。この放電によって金属が励起され発光する。キャビティは金属メッシュで作っており、マイクロ波を反射するが、光を透過しランプの発光を外に

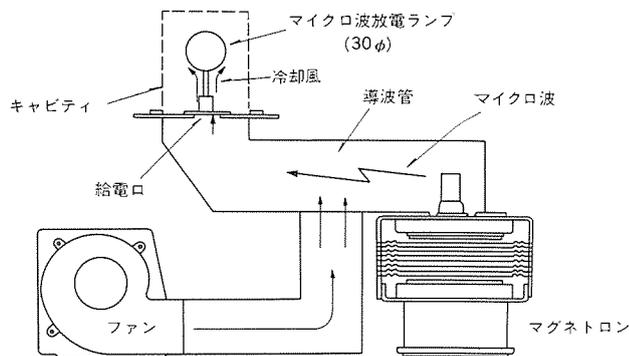


図1. マイクロ波放電光源装置

取り出すことができる。

3. 温度分布

3.1 測定及び計算方法

測定に用いたランプは内径3 cmであり、表1にその封入組成を示す。このランプを図1に示す装置に取り付け、図の上方が上向きになるように点灯し、下方からランプを空冷する。また、マイクロ波の電界方向は図1の左右方向である。この空冷の方向と電界の方向によってランプ内のプラズマが影響され、軸対称からのずれを生じている。なお、点灯中、封入物はすべて蒸発しており、ランプ電力は約750W、マイクロ波の周波数は2.45GHzである。

このランプの中心を通る水平面上の温度分布を、以下に示すようにして求めた。図2に示す測定装置で、Hg690.7nm線の放射輝度分布をマイクロ波電界に平行な方向と垂直な方向の2方向から測定した。Y軸方向が電界方向である。X、Yの2方向に受光系があり、それぞれ光軸に対して垂直に動くステージ上のレンズで、受光部に

*商品研究所

表 1. 実験用ランプの封入組成

ランプNo.	水銀量 (mg)	よう素量 (mg)
1	20	0.6
2	100	0.6
3	150	0.6
4	100	2.8

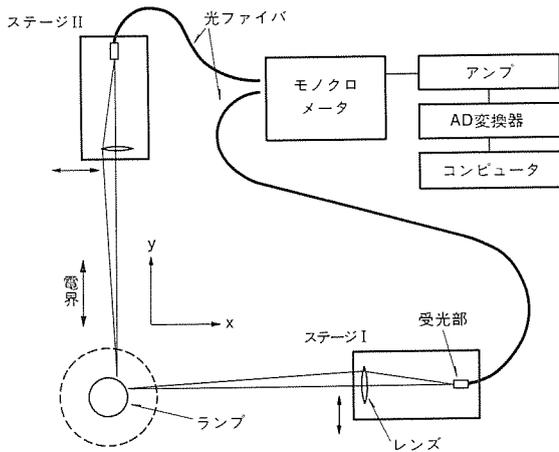


図 2. 放射輝度分布の測定系

ランプの像を結ぶように配置している。受光部に入った光を光ファイバを通してモノクロメータに入れ、Hg690.7nm線の強度を測定する。この測定した放射輝度分布は相対値であるので、これをNBS標準ランプで校正した。

HIDランプでは、プラズマを軸対称とみなしうるため、得られた放射輝度分布をアーベル変換して所定の発光ラインの空間強度分布を求める⁽⁵⁾。しかし、マイクロ波放電ランプのプラズマは上述したように、軸対称からずれているので以下に示す方法を用いた。

Hg690.7nm線の空間強度分布 $I(r, \vartheta)$ を次のような非対称な関数と仮定した。

$$I(r, \vartheta) = \left\{ \sum_{k=1}^n A_{kr} r^{2k-2} - (A_1 + \sum_{k=1}^n B_{kr} r^{2k-2}) \right\} \frac{1 - \cos 2\vartheta}{2} + \sum_{k=1}^n A_{kr} r^{2k-2} \quad (1)$$

ただし、 r と ϑ は図3に示す極座標成分であり、 A_k, B_k は任意の係数、 n は5から9の間の整数である。式(1)の $I(r, \vartheta)$ を図3に示す直線AB又はCDに沿って積分した結果は、それぞれy軸方向又はx軸方向から測定した放射輝度に相当するので、この放射輝度分布に一致するように係数 A_k, B_k を最小自乗法で決めた。

Hg690.7nm線の上の準位である 8^3P_2 状態の励起原子密度 n_{ex} は、この線の空間強度分布 $I(r, \vartheta)$ を遷移確率で割ることによって得られ、励起原子密度 n_{ex} と温度とは局所熱平衡が成り立っていると仮定すると、次の関係があるので温度を求めることができる。

$$\frac{n_{ex}}{n_0} = \frac{g_m}{g_0} e^{-eV_m/kT} \dots \dots \dots (2)$$

ただし、 n_0 は基底状態の水銀原子密度、 g_m と g_0 はそれぞれ励起状態と基底状態の縮退度、 eV_m 励起状態のエネルギー、 k はボルツマン

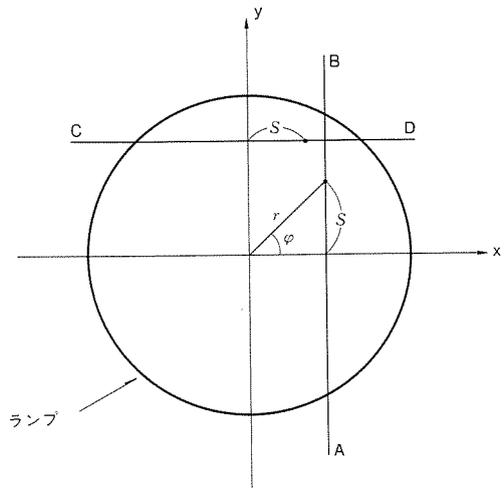


図 3. 座標系

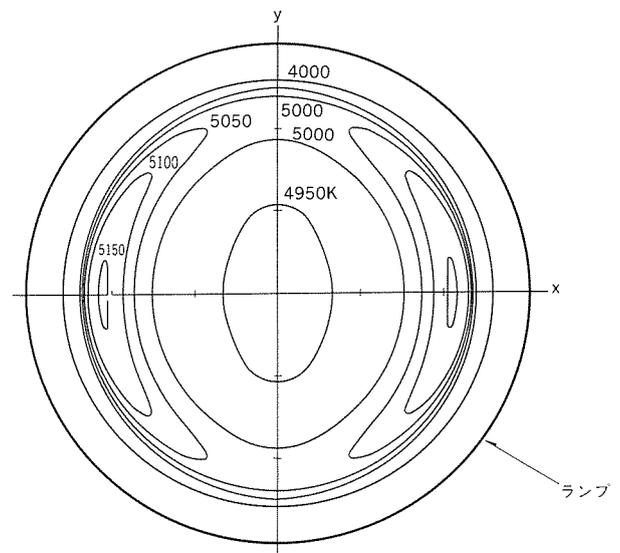


図 4. 温度分布 (水銀100mg, よう素0.6mg)

定数、 T は温度 (K) である。

3.2 計算結果

図4は水銀100mg, よう素0.6mgを封入したランプについて温度分布の計算結果を示す。ランプの中心を含む水平面 ($x-y$ 平面) 上の温度分布を等温線で示した。また、このランプと400W高圧水銀ランプのx軸上とy軸上の温度分布を図5に比較して示す。この図からマイクロ波放電ランプでは、中央部分の温度はほぼ平坦で、管壁付近で急激に低下しており、また高圧水銀ランプに比較して最高温度が低いことがわかる。水銀蒸気圧をこの温度分布から計算すると、マイクロ波放電ランプは10.9気圧で高圧水銀ランプの4.0気圧より高圧であった。温度分布は局所熱平衡を仮定して計算したが、少なくとも管壁付近の温度が急激に変化している部分以外は、高圧水銀ランプに比較して温度こう配が小さいこと、水銀蒸気圧が大きいこと、さらにマイクロ波による電子へのエネルギー供給が比較的小さいことからこの仮定が成り立つと推定できる。

図6は、よう素を0.6mg一定として、水銀量を変えた場合のプラズマの温度分布を示す。水銀量が減少すると管壁近傍の温度、特にx軸上の温度が高くなり、かつプラズマは管壁に近接していく。この理由は次のように考えられる。水銀密度が低いと発光の吸収が減

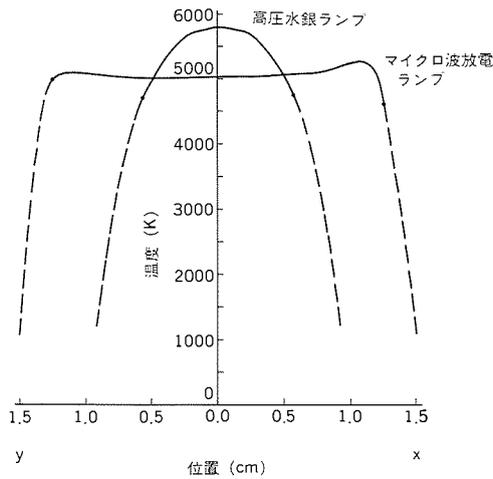


図5. マイクロ波放電ランプと高圧水銀ランプの温度分布の比較

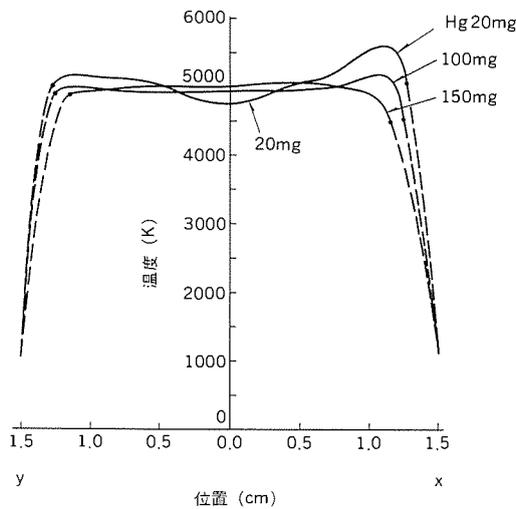


図6. 水銀量を変化させた場合の温度分布 (よう素0.6mg)

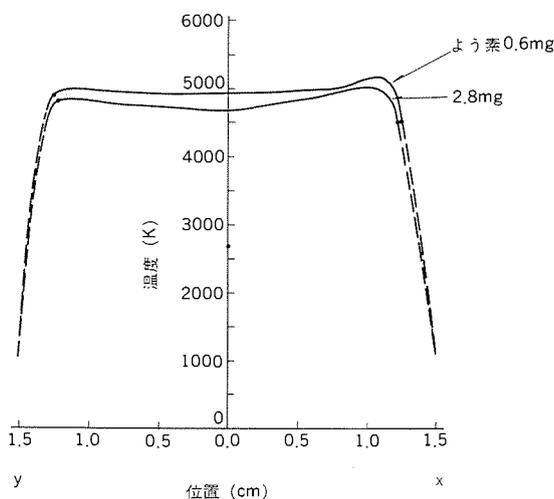


図7. よう素量を変化させた場合の温度分布 (水銀100mg)

少して放射による熱伝達が減少する。このため、温度のこう配が大きくなって、管壁近傍の温度が高く、またプラズマが管壁に近づく。

図7は水銀が100mgで、よう素が0.6mgと2.8mgの場合の温度分布を示す。よう素が増加すると温度が低くなるのがわかる。これは

Hg I 分子発光によるエネルギーのロスが増加するためと考えられる。

4. Hg253.7nm 共鳴線の分光分布の推定

4.1 計算方法

Hg253.7nm 共鳴線の分光分布を、前章で求めた温度分布を用いて計算し実測と比較した。この計算方法を以下に示す。

この共鳴線のように吸収が無視できない場合、発光は次の放射の伝達式に従う。

$$\frac{dI(\lambda)}{ds} = \epsilon(\lambda) - \frac{I(\lambda)\epsilon(\lambda)}{B(T, \lambda)} \dots \dots \dots (3)$$

ただし、 $I(\lambda)$ は図3に示す直線 AB に沿った波長 λ の放射強度、 s は直線 AB 上の位置、 $\epsilon(\lambda)$ は位置 s 、波長 λ での放射係数、 $B(T, \lambda)$ は黒体放射の強度である。 $\epsilon(\lambda)$ と $B(T, \lambda)$ がわかると、式(3)から $I(\lambda)$ が計算できる。さらに、 $I(\lambda)$ を直線 AB に平行な直線について求めてゆき加え合わせると、直線 AB 方向からランプ全体の発光を観測した場合の測定値に対応した放射強度になる。黒体放射の強度はプランクの式で計算でき、放射係数 $\epsilon(\lambda)$ は次式で計算できる。

$$\epsilon(\lambda) = \frac{A_{mn}}{4\pi} n_0 \frac{g_m}{g_o} e^{-eV_{mkT}} P(\lambda) \dots \dots \dots (4)$$

ただし、 A_{mn} は遷移確率、 $P(\lambda)$ は線のプロファイル (吸収がない場合の分光分布) である。温度分布が既知の場合、遷移確率 A_{mn} と線のプロファイル $P(\lambda)$ がわかれば式(4)で $\epsilon(\lambda)$ を計算でき、さらに式(3)を用いて分光分布が計算できることになる。遷移確率は $g_m A_{mn}$ として $2.3 \times 10^7 \text{sec}^{-1}$ を用いた⁽⁶⁾。線のプロファイルを決定する要因として、シュタルク効果による広がりファンデルワールスの双極子-双極子相互作用による広がり、及び共鳴広がり を考慮し、これらのコンボリューションが線のプロファイルになるとして計算した⁽⁴⁾。

4.2 計算結果と実測の比較

上述の方法による計算結果と測定結果とを図8から図11に示す。ランプの仕様、及び点灯条件は前章と同じであり、封入物組成は表1にまとめて示してある。これらの図において、放射強度は相対値で水銀100mg、よう素0.6mgのランプ(図8)のHg253.7nm共鳴線の放射強度の計算値と実測値の最大値が100になるようにした。

この水銀100mg、よう素0.6mgの場合、長波長側でわずかに低目であり、短波長側で大き目に計算されているが、ほぼ一致しているといえる。図9は水銀量を20mgにした場合を示し、計算値は長波長側及び短波長側とも広がりが若干小さい。図10は水銀量を150mgに増加させた場合を示し、計算値は長波長側の広がりが大きく、短波長側の広がりが小さくなっているが、最大値はほぼ一致している。図11は、よう素量を2.8mgに増加させた場合を示し、特に長波長側の最大値が25%大きくなった。

水銀量及びよう素が多い場合、長波長側の広がりが計算値では小さくなっているのは、実測の場合、HgIの分子発光を含めて測定しているのが一因である。また、よう素量が多い場合、長波長側の強度の一致が悪い理由は、温度としてランプ中心を含む水平面上の温度を用い、対流による上下方向の非対称性を無視して分光分布を推定しているが、よう素量の増加によって対流が活発になり、誤差が大きくなったことが考えられる。

このように、計算値と実測値で若干のずれはあるが、全体としてはよく一致しているといえる。このことは、プラズマの非対称性を

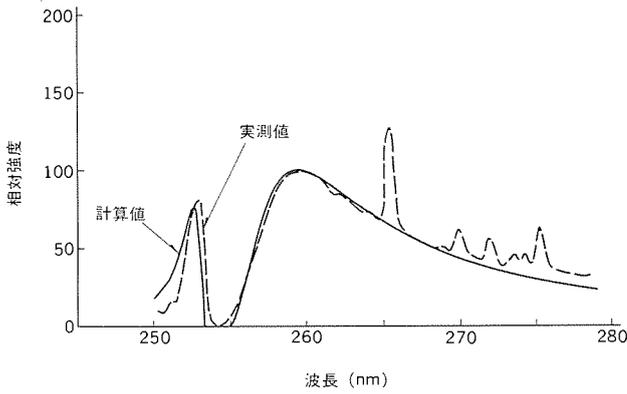


図8. Hg253.7nm 共鳴線の計算結果と実測の比較
(Hg100mg, よう素0.6mg)

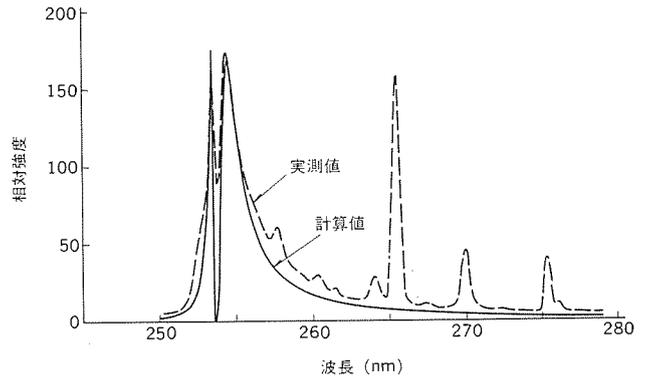


図9. Hg253.7nm 共鳴線の計算結果と実測の比較
(Hg20mg, よう素0.6mg)

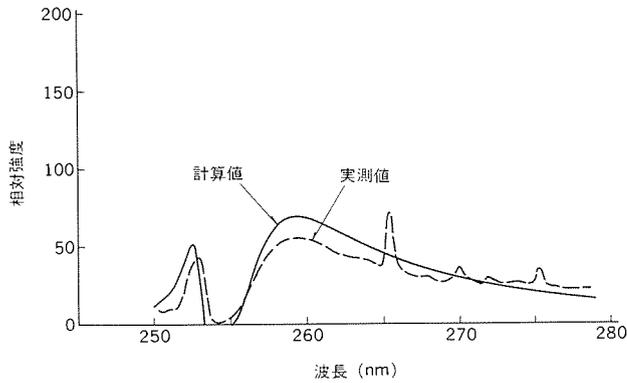


図10. Hg253.7nm 共鳴線の計算結果と実測の比較
(Hg150mg, よう素0.6mg)

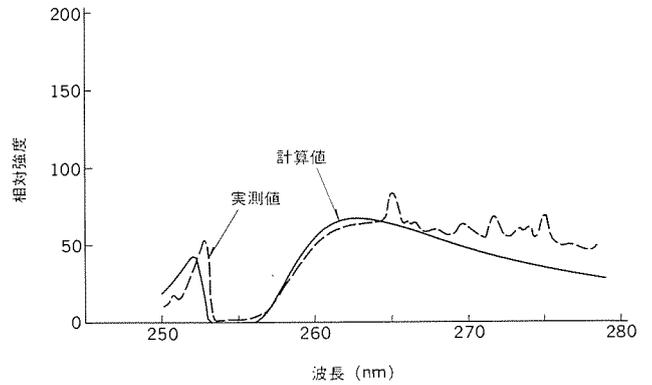


図11. Hg253.7nm 共鳴線の計算結果と実測の比較
(Hg100mg, よう素2.8mg)

考慮し、局所熱平衡などを仮定した温度分布の測定方法、及び Hg253.7nm 共鳴線の広がりへの扱い方などの発光推定方法が妥当であることを示している。

5. むすび

マイクロ波放電光源装置は電極がないことなどから、発光金属の選択の幅が広く、種々の発光が可能な光源である。ここでは、発光特性を決める要因であるプラズマの温度分布の測定方法、及び温度分布から分光分布を推定する方法を示し、さらにこれらの妥当性を示した。この推定方法は、今後マイクロ波放電ランプの新しい分野を開拓してゆくに当たって有効な手法となるものと期待している。
(原稿受付 昭62-9-24)

参考文献

(1) 児玉ほか：マイクロ波放電光源装置とその応用，三菱電機技報，

57, No.2 (昭58)

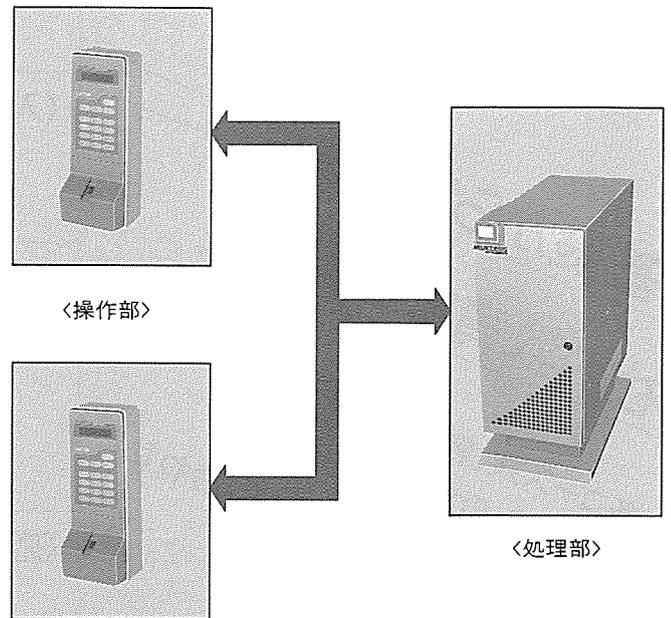
- (2) Lowk, J.J.: A Relaxation Method of Calculating Arc Temperature Profiles Applied to Discharges in Sodium Vapor, J. Quant. Spectrosc. Radiat. Transfer, 9, p839 (1969)
- (3) Eardly, G., Jones, B.F., Mottran, D.A.J and Wharmby, D.O.: A Simple Model of Metal Halide Arcs, J. Phys. D: Appl. Phys, 12, p,1101 (1979)
- (4) Stormberg, H.P and Schfer, R: Time Dependent Behavior of High-Pressure Mercury Discharges, J. Appl. Phys, 54-8, p. 4338 (1983)
- (5) Waymouth, J.F.: Electric Discharge Lamps, MIT Press Cambridge, Mass., (1971)
- (6) Mosburg, Jr., E. and Wilke, M. D: Some New Transition Probabilities for Mercury, J. Quant. Spectrosc. Radiat. Transfer, 19, p.69 (1978)

スポットライト 三菱指紋判別機

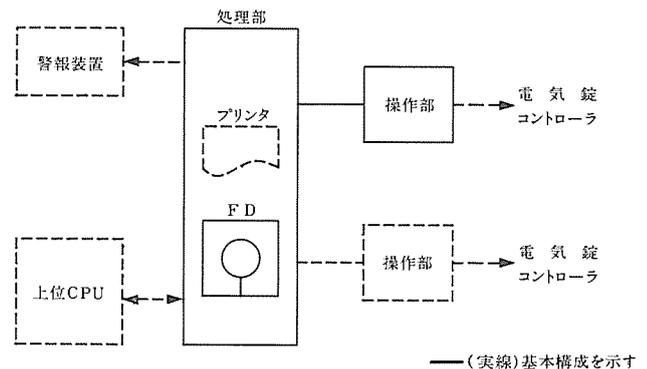
社会が複雑化、流動化、高度化するにつれ、より高度なセキュリティが必要となっています。安全対策の重要なポイントの一つが正確な本人確認 (ID-個人識別) であると言われております。このたび三菱電機では、その要請に応えるべく、個人に固有な指紋により確実に本人確認ができる三菱指紋判別機を製品化しました。三菱指紋判別機の精度は、指紋照合のみで99.9%という画期的なものであり、特に正確な本人確認が必要とされる場所に幅広く適用できます。

特長

- 指紋とID番号による確実な個人識別です。
永久不変性と万人不同の事実が確認されている指紋を個人識別に採用、さらにID番号との組合せにより確実な本人確認ができます。
- 画期的な高精度でしかも高速判定が可能。
ID番号と組合せない指紋のみでの判定精度で、本人照合率、他人拒否率共99.9%という高精度で、しかも独自の指紋処理専用プロセッサにより約5秒という高速判定を実現しています。
- 指置きズレを自動補正しています。
多少指がズレて置かれても自動的に補正しており、操作性が優れております。
- 人間のライブな指紋しか登録できません。
採取した指紋などは入力できませんから登録、判定はされず、システムの安全が保障されます。
- 充実した入退室管理機能を持っています。
1台の処理部に2台の操作部が接続でき、入室だけでなく退室も管理できます。さらに判定出力、アクセス記録、不正アクセス監視、時間帯規制、アクセスレベル規制など入退室管理に必要な多くの機能を持っています。
- フロッピーディスク装置を内蔵しています。
フロッピーディスク装置を内蔵しており、アクセス記録や登録データのフロッピーディスクによる外部保管が容易にできます。そのデータは、MSX-DOSフォーマットであり、他のコンピュータでも容易にその内容が処理できます。
- 上位CPUインタフェース機能を用意しています。
上位CPUとの組合せにより本人確認が必要とされるあらゆるシステムに柔軟に対応できます。



システム構成



仕様

登録人数	最大500人
ID番号	4桁～7桁の任意設定
判定出力	無電圧接点AC100V 0.1A、1秒
本人照合率	99.9%以上
他人拒否率	99.9%以上(指紋照合のみ)
判定時間	約5秒
外形(操作部)	160(W)×160(D)×410(H)(予定)
設置(操作部)	屋内壁掛形
電源	AC100V、50/60Hz

スポットライト 三菱マイクロコンピュータ講習会

基礎から応用まで
社内教育にも最適!!

▶各コース共、教材を使用した
実習中心のカリキュラム!!

▶初心者から上級者まで、ニーズに合わせた
豊富なカリキュラムを用意!!

▶マイクロコンピュータ応用システム
開発技術者試験に最適!!

▶社内研修向けの出張講習会も実施!!

▶東京・大阪・名古屋で定期的に開催中!!

講習会体系	使用教材
〈入門講座〉 マイコンコンピュータ入門コース	ビデオ教材 MTK8510
〈基礎講座〉 ハードウェア基礎コース ソフトウェア基礎コース システム開発基礎コース	BASE85 BASE85 BASE85 ターゲットボード
〈応用講座〉 インタフェース技術コース 制御用C言語コース メカトロ&リアルタイム制御コース 16ビットマイクロプロセッサコース ワンチップマイコンMELPS740コース	BASE85 エクスパンダボード BASE85 LABO MTK8801 MTK7402A

三菱マイクロコンピュータ講習会の使用教材は
すべて販売いたしております。

講習会スケジュール 昭和63年4月～昭和63年9月

注) 土日、祝祭日は休み

場所	コース名	期 間	日数	受講料	場所	コース名	期 間	日数	受講料
東 京	マイコン入門	4/20～4/22、5/25～5/27、 6/22～6/24、8/17～8/19	3日間 3日間	30,000円	東 京	ソフトウェア基礎	5/9～5/13、6/6～6/10、 7/4～7/8、8/29～9/2	5日間 5日間	50,000円
大 阪	マイコン入門	6/22～6/24	3日間		大 阪	ソフトウェア基礎	7/4～7/8	5日間	
名古屋	マイコン入門	7/6～7/8	3日間		名古屋	ソフトウェア基礎	7/18～7/22	5日間	
東 京	ハードウェア基礎	4/25～4/28、5/31～6/3、 6/28～7/1、8/23～8/26	4日間 4日間	45,000円	東 京	システム開発基礎	5/16～5/20、6/13～6/17、 7/11～7/15、9/5～9/9	5日間 5日間	70,000円
大 阪	ハードウェア基礎	6/28～7/1	4日間		大 阪	システム開発基礎	7/11～7/15	5日間	
名古屋	ハードウェア基礎	7/12～7/15	4日間		名古屋	システム開発基礎	7/25～7/29	5日間	
	16ビットCPU	7/19～7/22	4日間	70,000円	東 京	制御用C言語	5/18～5/20、9/12～9/14	3日間	50,000円
東 京	インタフェース技術	5/30～6/3、8/22～8/26	5日間	75,000円	大 阪	制御用C言語	8/24～8/26	3日間	
	メカトロ&リアルタイム	9/19～9/22	4日間	70,000円	東 京	ワンチップマイコン	4/26～4/28、8/3～8/5	3日間	50,000円
東 京	ワンチップマイコン	5/25～5/27	3日間	50,000円	大 阪	ワンチップマイコン	5/25～5/27	3日間	
名古屋	ワンチップマイコン	6/8～6/10	3日間	50,000円	名古屋	ワンチップマイコン	6/8～6/10	3日間	

〈教育用トレーニングボード〉

BASE85 ファミリー誕生

- BASE85+ターゲットボード⇒システム開発技術教材
- BASE85+エクスパンダボード⇒インタフェース技術教材

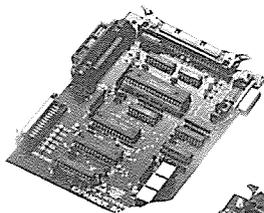
●エクスパンダボード●

BASE85と接続して、各種入出力機器とのインタフェースの学習ができます。

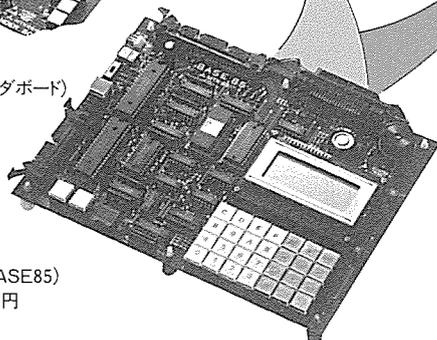
また、これらのインタフェースを利用して、プリンタバッファ等への応用も可能です。

〈仕様〉●82C51/82C55/82C59

- セントロニクス入力用、出力用コネクタ付
- RS-232-Cコネクタ付

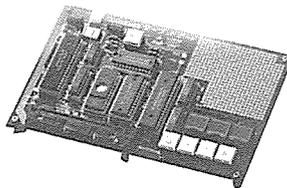


MTK8516(エクスパンダボード)
価格29,500円



MTK8514(BASE85)
価格49,800円

MTK8515(ターゲットボード)
価格22,000円



より高機能に……
より使いやすく……

●ターゲットボード●

BASE85をインサーキットエミュレータとして使用し、ソフトウェア開発の学習ができます。

また、汎用のワンボードマイコンとしても使用できます。

〈仕様〉

- 8085A/82C55/82C54
 - ROM…8Kバイト、RAM…8Kバイト
 - プリント基板
- ※プリント基板と部品のセットになっております。

●BASE85●

〈仕様〉

- 8085A/82C55/82C54
- LCD表示、16進キー入力
- 0000₍₁₆₎番地からがユーザ用メモリ領域
- セントロニクスインタフェース受信機能付
(パソコンからのプログラムダウンロード可)
- 16Kバイトのモニタプログラム搭載
(ダンプメモリ・逆アセンブリリスト表示・デバッグ用機能内蔵)
- I/O拡張コネクタ付

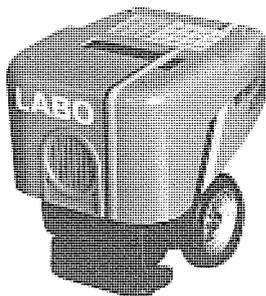
ビデオ教材 マイクロコンピュータ入門……………セット価格 265,000円

入門コースの内容をビデオの中に納めました。

〈セット内容〉

- VTR…全4巻●トレーニングボード(MTK8510)…1台●電源…1台
- インストラクタマニュアル…1冊●コースノート…1冊 他

知能ロボットLABO……………価格 420,000円



〈仕様〉

- 80C85A/82C55×2/82C54●ROM…16Kバイト、RAM…8Kバイト●センサ…超音波センサ/フォトセンサ/メカニカルセンサ●ステッピングモータ×2●LCD表示、音声合成、16進キー入力●セントロニクスインタフェース●バッテリー付

講習会・教材のお問い合わせはお電話で

☎03-764-0522 担当:松尾

新形プレアラーム遮断器

スポットライト NF225-SE・NF400-SE

電気管理者の知らない内に、コンセント回路の負荷機器が増え、負荷電流が遮断器の定格電流を越えてトリップし停電に至ると、最近のOA機器はデータの消失など多大な損害が生じます。そこでこの様な停電を防ぐため、遮断器の定格電流に負荷電流が近づくと警報を出す機能を持った、プレアラーム遮断器NF225-SE・NF400-SEを開発しました。この遮断器は電子式ノーヒューズ遮断器の機能以外に次の様な特長を持っています。

特長

- プレアラームピックアップ電流値が、設定定格電流の70%~100%まで任意に可調整できます。
 - 動作時間を40秒としてあり、モータの起動突入電流で不必要に働かないようしてあります。
 - 需要電力の最大で一度動作した場合の負荷電流がプレアラームピックアップ電流値より小さくなくても、出力は自己保持されているので、見逃しがなく、負荷電流の連続監視ができます。
- ※外形サイズは、標準のNF225-SE・NF400-SEと同じです。

仕様

ピックアップ (設定定格電流に対する%) (可調整)	70~100 (注1) (注3)	
動作時間 (固定) 秒	40 (注2) ピックアップの1.2倍にて	
リセット方式	制御電源OFFによりリセットする。 (またはリセットボタンを押す)	
出力接点 (リセットされる まで出力状態 を保持します)	有接点出力 1 a	
	連続通電電流 3 A	
	COS φ=1	COS φ=0.4 L/R=7msec
	AC250V 3A AC125V 3A DC 30V 2A	2A 2A 2A
	最小適用負荷 DC5V 10mA	
	チャタリング時間 10msec以下	
動作表示	LED表示(出力接点と連動)	
制御電源 (ご指定ください)	AC100V AC200V	
消費VA	2VA	

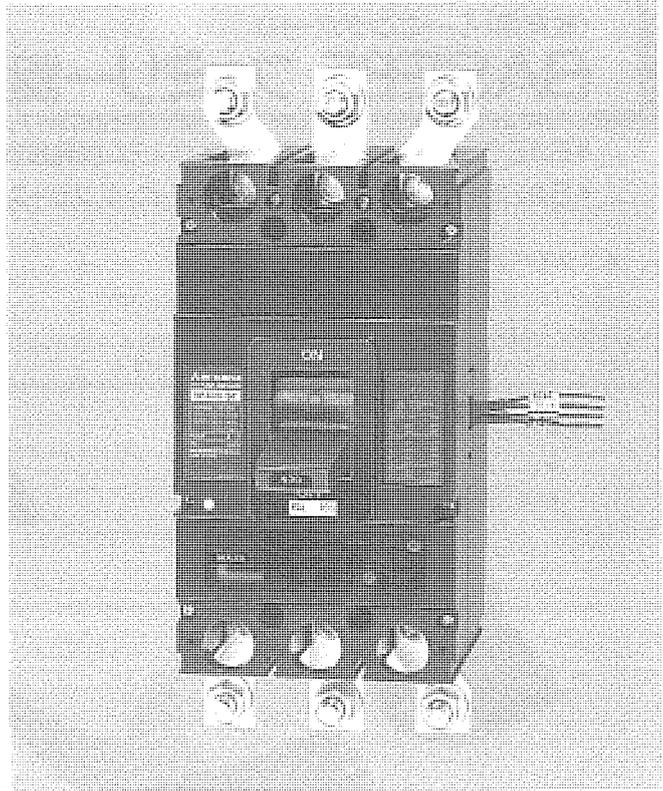
注(1)各設定値に対する許容差は±10%です。ただし100%設定にした時、過電流引外しが先に動作することはありません。

(2)動作時間の許容差は±10秒であり、連続でpick up値を越える必要があります。

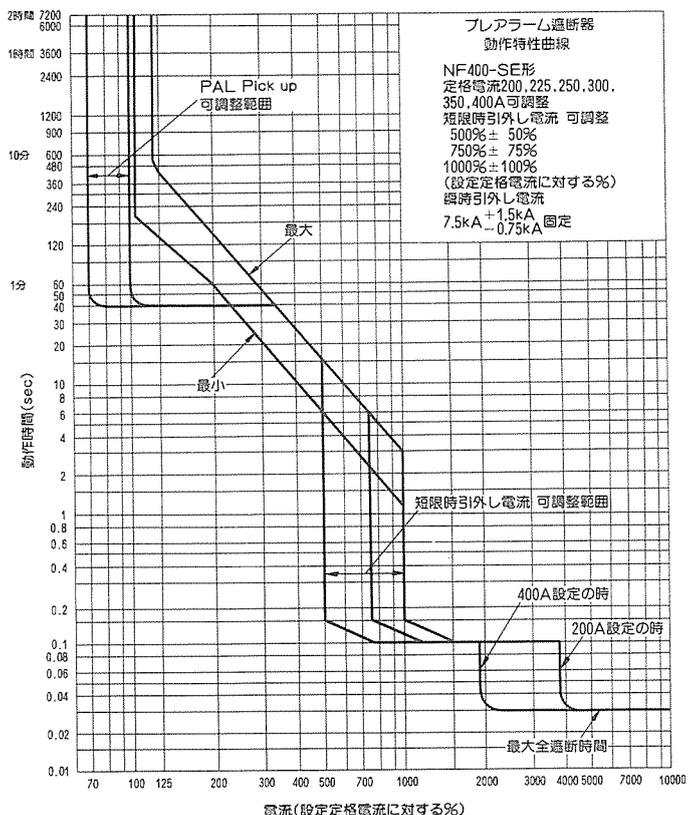
(3)NFBハンドル枠に貼るPAL設定ラベルを添付しています。

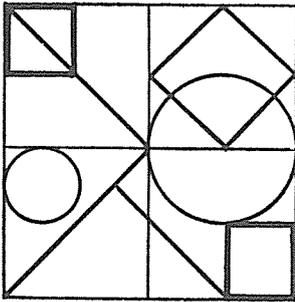
PAL 70%	PAL 80%	PAL 90%	PAL 100%	PAL	PAL
---------	---------	---------	----------	-----	-----

(4)リセットボタン付はオプションとなります。



動作特性曲線





特許と新案 有償開放

有償開放についてのお問合せ先 三菱電機株式会社 特許部 TEL (03) 218-2136

電気機器の貨車積卸し装置 (特許 第1173979号)

発明者 田村 実, 田中邦樹

この発明は、吊掛式貨車に吊持されて搬送される、例えば大型の変圧器のような電気機器を貨車に積み込み、又は据付現地で貨車積卸しを行うための積卸し装置に関するものである。

すなわち、この発明は、図に示すように、吊掛式貨車(2)により吊持される大型変圧器などの電気機器(1)の下面と相対向する線路道床(4)外所定位置に配設される受板(7)上にジャッキ装置(8a)を設け、このジャッキ装置(8a)により担持された固定受梁(8c)を線路軌条(3)と交わる方向に延在させ、この固定受梁(8c)上に例えばエンドレスコロ装置からなるしゅう動部材(8b)を介して担持され、上記固定受梁(8c)の延在方向に移動可能な移動受梁(9)を設けたもの

で、従来装置による作業に比べて、簡単な構造で、積み込み、積卸し作業が容易かつ能率的なものとなる。

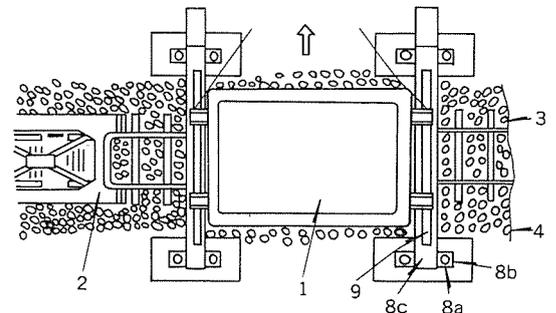


図1.

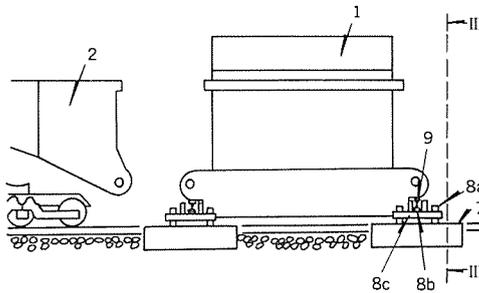


図2.

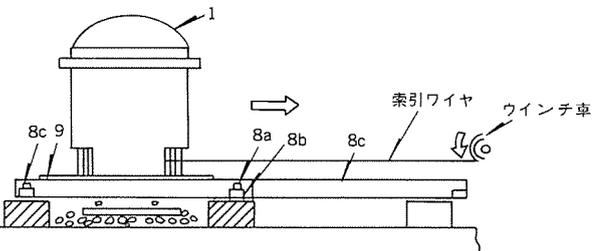


図3.

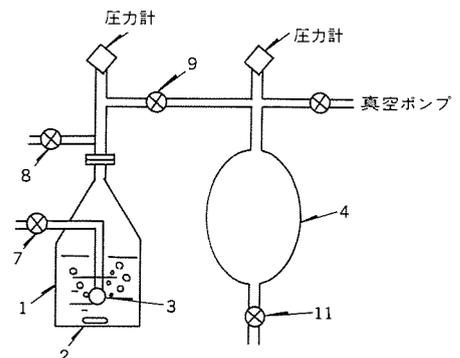
液中溶解ガス抽出装置 (特許 第1164564号)

発明者 石井敏次, 牧野芳弘, 内藤貞夫

この発明は、運転中の変圧器等の油入機器の油中に溶解しているガスを分析するための液中溶解ガス抽出装置に関するものである。

即ち、図示のガス抽出容器(1)にコック(8)より一定量の油を導入した後、コック(8)を閉じ、マグネチックスターにより攪拌用回転子(2)を回転し、油中溶解ガスの一部を油面上へ放出させる。このガスの一部はガスだめ容器(4)に移るが、ガス抽出容器(1)とガスだめ容器(4)の圧力が等しくなったとき、コック(9)を閉じ、コック(7)より微細気泡発生用ガラスフィルター(3)を介してヘリウム、アルゴン又は窒素のようなガスクロマトグラフィのキャリアーガスとして使用されるガスを、ガス抽出容器(1)内の油中に徐々に送り込み、油中に気泡を発生させる。ガス抽出容器(1)とガスだめ容器(4)の圧力差が所定値になったとき、コック(7)からのガスの送り込みをやめ、しばらく油を攪拌し続け、一定時間経過後コック(9)を開いてガス抽出容器(1)とガスだめ容器(4)を連通させれば、両者の圧力が等しくなるまで、ガスはガス抽出容器(1)からガスだめ容器(4)へ移行する。両者の圧力が等しくなったとき、再びコック(9)を閉じ、コック(7)よりヘリウムなどのガスを徐々に送り込み、上述の操作を繰り返すことにより、油

中溶解ガスを完全に抽出することができる。ガスだめ容器(4)に蓄積されたガスはコック(11)より取出してガスクロマトグラフィなどの分析器で分析する。従来は油中溶解ガスを精度よく分析するため、水銀を使用したテブラーポンプ式の油中ガス抽出装置を用いていたが、この発明によればこのような水銀を使用することなく簡単に、しかも完全に液中溶解ガスを抽出することができる。



締付結合体 (実用新案登録 第1630262号)

考案者 懸山 弘, 今滝満政, 太田照雄

この考案は、例えば開閉装置の外被タンク、絶縁スペーサ、ブッシングなどを一体に結合するための締付結合体の改良に関する。

従来、この種結合体は図1に示すように、締付ボルト(8)と被締付部材(1), (3)の間に間げき(10)が存在するため、雨水などがこの間げき(10)に侵入し、水を含んだ状態で外気の温度が下がり、水が氷結するようなことがあった。このため、氷結による体積膨張の逃げが間げき(10)内の内圧上昇となって、外被タンク(1)、締付ボルト(8)及び締付ナット(9)よりもヤング率の小さい絶縁スペーサ(3)に加わり、絶縁スペーサ(3)が損傷する危険性があった。

この考案は、以上のような欠点を解消するもので、図2に示すように、締付ボルト(8)と被締付部材(1), (3)の間(10)内に、シリコンゴムなどのような耐熱性、耐候性、耐水性、弾性性能などの優れた弾性物質(13)を充てんしたため、上記間げき(10)への水の侵入を防止することができる。また、たとえ間げき(10)内に水が侵入しても、その氷結による体積膨張を弾性物質(13)の弾性収縮により吸収できるため、締付結合部の強度を大幅に向上させることができる。さらに、平座金(14)にボルト貫通孔に連通する小穴(15)を設けたため、注入された弾性物質(13)が温度上昇によって膨張しても、その膨張によるひずみはこの小穴(15)で吸収されることになり、絶縁スペーサ(3)などへ内

圧が加えられることがない。

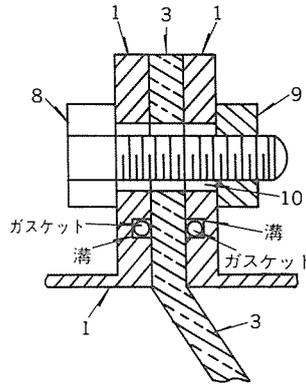


図1.

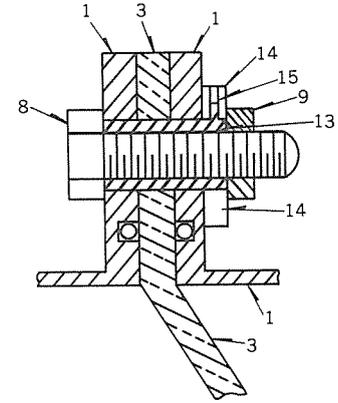


図2.

〈次号予定〉三菱電機技報 Vol. 62 No. 4 家電技術特集

特集論文

- 家電技術特集に寄せて
- 家電技術の展望
- 家電商品トータルデザイン戦略
- 衣類の洗浄・乾燥技術とその反応
- 食品の調理・保存技術とその応用
- 快適空調技術とその応用
- 照明技術とその応用—最近の照明技術例—
- 家電機器のシステム化技術
- 電子制御技術とその応用
- パワーエレクトロニクス技術とその応用
- 圧縮機技術とその応用

●振動・騒音低減化技術

- 燃焼技術とその応用
- 製品・部品評価技術
- サービス保全技術

普通論文

- 日本原子力研究所納め JT-60 “その場コーティング装置”
- 新世代32ビット CNC《MELDAS-300シリーズ》
- 自由曲面における非接触型三次元計測
- 大画面新型液晶フルカラーディスプレイ《スペクタスII》
- スイッチング電源用一次側制御型500kHz PWM コントロール IC M51977P/FP シリーズとその応用

三菱電機技報編集委員

委員長	鶴田敬二
委員	峯松雅登
〃	呂次善孝
〃	堀切賢治
〃	高橋宏次
〃	村田 豪
〃	藤井 学
〃	郷 鉄夫
〃	高橋誠一
〃	田中輝一郎
〃	柳下和夫
幹事	長崎忠一
3月号特集担当	前田耕司

三菱電機技報62巻3号

昭和63年3月22日 印刷

(無断転載を禁ず)

昭和63年3月25日 発行

編集兼発行人	長崎 忠一
印刷所	東京都新宿区榎町7 大日本印刷株式会社
発行所	東京都港区新橋六丁目4番9号(〒105) 三菱電機エンジニアリング株式会社内 「三菱電機技報社」Tel. (03) 437局2338
発売元	東京都千代田区神田錦町3丁目1番地(〒101) 株式会社 オーム社 Tel. (03) 233局0641(代), 振替口座東京 6-20018
定価	1部700円送料別(年間予約は送料共9,100)

