

MITSUBISHI

三菱電機技報 Vol.70 No.6

特集 “変電所保護・制御・情報システム”

'96 **6**



特集 “変電所保護・制御・情報システム”

目 次

特集論文

変電所保護・制御・情報システム特集に寄せて	1
豊田淳一	
電力系統にかかわる最近の課題と今後の技術動向	2
鈴木敏夫・鈴木 浩	
電力系統保護・制御・情報システムの技術展開	5
中川秀人・辻倉洋右・東 信一	
第二世代保護・制御装置の開発	10
大垣健二・金子精二・宮本佳浩	
第二世代送電線保護装置の開発	14
前田隆文・山川 寛・松永完三・光岡正隆	
第二世代母線保護・変圧器保護装置	19
前田隆文・山川 寛・磯松信夫・飯塚光雄・尾野本 剛	
関西電力(株)向け第二世代デジタルリレー保護装置の開発	24
河田謙一・池戸泰隆・松永完三・栢森 渉	
第二世代リレー適用装置の実用化展開	28
松尾 豊・北村裕史・大石哲久・関口延夫	
変電所へのバーチャルリアリティ技術の適用	34
秋吉政徳・三輪祥太郎・西田正吾	
運転保守支援知識の整理・獲得手法	39
大橋敏明・高野富裕・辻野克彦	
東北電力(株)向け大規模有人変電所の監視制御・運転支援システム	45
前川 洋・篠原秀雄・尼子量之・上窪康博	
中部電力(株)向け無人変電所の監視制御・運転支援システム	52
小島正道・小澤浩一・柳瀬秀史・山地 勉・卜部敬二	

普通論文

火力プラント運転学習用パーソナルシミュレータ	60
伊藤彰敏・寺下尚孝・長沼一裕	
インテリジェントネットワークサービス開発支援装置	65
清水桂一・秋原正弥・伊藤修治	
環境評価プレゼンテーション設備 “体感ラボ”	70
菅原作雄・関 辰夫	
72/84kVキュービクル形ガス絶縁開閉装置(C-GIS)	76
佐藤俊文・沼田伸一・田中久雄・西崎雅芳・米澤正浩・有岡正博	
トータルビル管理サービス支援システム	83
荻澤和彦・鈴木美奈・阪上竜次・小林広美・道見忠範	
石油ガス化ファンヒータの臭気低減	88
佐藤 稔・梶本照男・田村真史・黒田太郎・丹沢 聡	

特許と新案

「カラー受像管」「物品の製造システム及び物品の製造方法」	93
「電磁接触器」	94

スポットライト

エレベーター専用エアコン	95
三菱モバイルコンピュータ “AMITY SP”	96
産業用計算機システム “MELCOM350-MU3000” シリーズ	(表3)

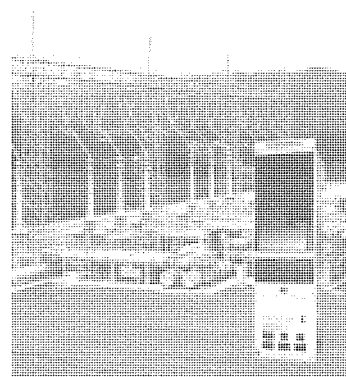
表紙

東北電力(株)南相馬変電所

写真は、東北電力(株)南相馬変電所に新設された500kV設備である。監視制御システムなど最新技術を適用した有人の大規模変電所として運用開始した。

第二世代デジタル保護装置

第二世代デジタル保護装置の外観を示す。情報の精細化、保護機能の高度化、自己診断機能とマンマシンの高度化を実現した。



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

アブストラクト

<p>電力系統にかかわる最近の課題と今後の技術動向 鈴木敏夫・鈴木 浩 三菱電機技報 Vol.70・No.6・p.2~4 (1996)</p> <p>電気事業は、昭和26年の再編成以後、時代の要請にこたえるために多くの難問を解決し続けてきた。しかし、最近の問題は従来の問題と本質的に異質であることに留意すべきである。本稿では、新たな工学的手法や新たな電力機器についての解説ではなく、地球規模のエネルギー問題や電気事業制度の改訂など、社会問題から派生する問題を解説する。また、多面的なこれらの問題を解決するためのアプローチについても論じる。</p>	<p>関西電力(株)向け 第二世代デジタルリレー保護装置の開発 河田謙一・池戸泰隆・松永完三・栢森 渉 三菱電機技報 Vol.70・No.6・p.24~27 (1996)</p> <p>負荷系(77kV以下)送電線用のアナログ形表示線継電装置の後継機種として、第二世代デジタルリレーを適用したデジタル形光パイロット保護装置を開発した。この装置は、保守運用性の向上等の一般的な特長のほかに、①保護性能の高いPCM電流差動方式の適用、②光ファイバによる光直接伝送を伝送部に適用したことによるシステム構成の簡素化、③伝送路2ルート化による信頼性向上、等の特長を持っている。</p>
<p>電力系統保護・制御・情報システムの技術展開 中川秀人・辻倉洋右・東 信一 三菱電機技報 Vol.70・No.6・p.5~9 (1996)</p> <p>電力を取り巻く経済技術環境の変化から、電力保護・制御・情報システムのあるべき技術の更なる発展と高度化が求められている。</p> <p>系統における諸課題と対応するハードウェアとソフトウェアの技術シーズの蓄積を進めてきた経緯と、今後求められる技術の構築に向けた取組を紹介する。</p>	<p>第二世代リレー適用装置の実用化展開 松尾 豊・北村祐史・大石哲久・関口延夫 三菱電機技報 Vol.70・No.6・p.28~33 (1996)</p> <p>高速サンプリング、16ビット高速A/D変換器によるアナログ入力部の高度化、及びフラットディスプレイタッチパネルによるユーザフレンドリなマンマシンインタフェース等の新技術を駆使し、第二世代デジタルリレーを適用した保護リレー装置の実用化開発を行った。</p> <p>これにより、保護性能の高度化と信頼性向上を両立させるとともに、装置の高信頼度化が期待できる。</p>
<p>第二世代保護・制御装置の開発 大垣健二・金子精二・宮本佳浩 三菱電機技報 Vol.70・No.6・p.10~13 (1996)</p> <p>電力系統保護・制御の高度化・複雑化に対応して、業界で初めて実用化した32ビットマルチCPU方式の保護・制御装置を高度化し、運用と保守の容易化、小型化、高性能化及び高信頼性の確保等を特長とする第二世代保護・制御装置を開発した。</p> <p>本稿では、第二世代保護・制御装置の特長とシステム構築技術の高度化について述べる。</p>	<p>変電所へのバーチャルリアリティ技術の適用 秋吉政徳・三輪祥太郎・西田正吾 三菱電機技報 Vol.70・No.6・p.34~38 (1996)</p> <p>バーチャルリアリティ(VR)技術が変電所における保護・制御、運転・保守システムの高度化に与えるインパクトを、技術動向及びヒューマンインタフェースの観点から整理し、具体例として変電所保守教育支援システムを構築した。</p> <p>変電所保守においては、具体的な作業訓練とともに全体の作業内容をいかに構造化して学習するかが重要であり、このような認知的要因を含むインタフェースにバーチャルリアリティ技術を展開する。</p>
<p>第二世代送電線保護装置の開発 前田隆文・山川 寛・松永完三・光岡正隆 三菱電機技報 Vol.70・No.6・p.14~18 (1996)</p> <p>第二世代デジタルリレーを適用した送電線保護装置を開発した。1,000kV系統向け実証試験装置では再閉路方式の高度化を図った。基幹系統向け装置では主・後備保護一体形構成とすることで、コスト低減と信頼度向上を実現した。また、高抵抗接地系統向け装置では、伝送系のシステム構成を見直し、通信設備を簡略化することでトータルコスト低減を実現するとともに、分岐負荷インラッシュ電流による不要応動対策の高度化を実現した。</p>	<p>運転保守支援知識の整理・獲得手法 大橋敏明・高野富裕・辻野克彦 三菱電機技報 Vol.70・No.6・p.39~44 (1996)</p> <p>電力運用者の負担軽減や人為的ミスの防止を目指し、AI(人工知能)の応用による知的支援が要求されつつある。知的支援システムを実用化するに当たって、システム開発時点での知識獲得と、稼働時での知識の保守性の問題が指摘されている。</p> <p>本稿では、機械学習を応用し、過去の運用事例を用いて、運用者の知識を効率的に獲得する知識獲得手法を紹介する。</p>
<p>第二世代母線保護・変圧器保護装置 前田隆文・山川 寛・磯松信夫・飯塚光雄・尾野本 剛 三菱電機技報 Vol.70・No.6・p.19~23 (1996)</p> <p>第二世代デジタルリレーは、これまでの豊富な使用実績をベースに、より高機能でヒューマンフレンドリなシステムを目指したものである。今、第二世代デジタルリレーの特長を生かした母線保護・変圧器保護の実用化が進んでいる。</p> <p>東京電力(株)新橋名変電所で実証試験中の1,000kV母線保護・変圧器保護を例に、第二世代デジタルリレーの適用状況及び1,000kV保護リレーシステムの保護方式を紹介する。</p>	<p>東北電力(株)向け 大規模有人変電所の監視制御・運転支援システム 前川 洋・篠原秀雄・尼子量之・上窪康博 三菱電機技報 Vol.70・No.6・p.45~51 (1996)</p> <p>大規模有人変電所の監視制御システム構築に当たり、新技術を採用入れて具体化した。第一点は、分散型計算機システムによる監視制御の実現であり、第二点は、光LANデジタル制御方式の採用によって情報の高密度化と機能分散化を図り、ケーブルの減少を行ったことである。</p> <p>また、機器の予測保全情報と事故時・平常時の運転員への情報提供支援機能を強化し、有人変電所システムの一つの方向性を示した。</p>

Abstracts

<p>Mitsubishi Denki Giho: Vol. 70, No. 6, pp. 24~27 (1996) Development of an Advanced Digital Relay for the Kansai Electric Power Company by Ken'ichi Kawada, Yasutaka Ikeda, Kanzo Matsunaga & Wataru Kayamori</p> <p>As a successor to analog pilot-wire relay systems, Mitsubishi Electric has developed a digital optical-linkpilot protection relay for loads of under 77kV based on advanced digital relay system. Delivered to the Kansai Electric Power Company, relay the features a PCM carrier-pilot protection scheme offering improved protection performance, direct signal transmission via optical fibers that simplifies the system, redundant transmission routes for enhanced reliability, as well as the easier operation and maintenance inherent in the advanced digital relay system.</p>	<p>Mitsubishi Denki Giho: Vol. 70, No. 6, pp. 2~4 (1996) Recent Topics and Future Trends in Power Systems by Toshio Susuki & Hiroshi Suzuki</p> <p>Although many difficult technical problems have been overcome since Japan's electrical power industry was restructured in 1951, the problems the industry faces today are of an entirely different order. The article describes the changing structure of the energy industry and social issues such as global energy problems that are at the root of these changes. It also introduces a multiobjective approach that addresses these problems.</p>
<p>Mitsubishi Denki Giho: Vol. 70, No. 6, pp. 28~33 (1996) Development and Practical Application of a Advanced Digital Relay System by Yutaka Matsuo, Yushi Kitamura, Tetsuhisa Dishi & Nobuo Sekiguchi</p> <p>Mitsubishi Electric has developed a protective relay apparatus based on the advanced digital relays. These relays feature an analog input that feeds a high-sampling-rate 16-bit-ADC, and a user-friendly flat-panel touch display. The apparatus achieves high performance and reliability, and further reliability enhancement is anticipated.</p>	<p>Mitsubishi Denki Giho: Vol. 70, No. 6, pp. 5~9 (1996) Future Technical Evolution of protection Relays, Control Equipment, and Information Systems for Electric Power Systems by Hideto Nakagawa, Yosuke Tsujikura & Shin'ichi Azuma</p> <p>Changes in economics, technology and the environment have affected the power industry. Modern power protection relays, control equipment and information systems must reflect these changes. The article introduces current problems, the development of equipment and software "seed technologies" as solution for these problems, and recent technical developments.</p>
<p>Mitsubishi Denki Giho: Vol. 70, No. 6, pp. 34~38 (1996) The Application of Virtual Reality Technology to Maintenance Task of Substations by Masanori Akiyoshi, Shotaro Miwa & Shogo Nishida</p> <p>Mitsubishi Electric has investigated the application of virtual reality technology on the user interface of substation protection, control, operation and maintenance systems and has developed a maintenance training support system as a pilot application. The teaching of substation maintenance requires operation training in a structured manner that supports operator's understanding. The corporation has developed virtual reality technology for this application that incorporates these elements.</p>	<p>Mitsubishi Denki Giho: Vol. 70, No. 6, pp. 10~13 (1996) Development of Advanced Digital Protection and Control Systems by Kenji Ogaki, Seiji Kaneko & Yoshihiro Miyamoto</p> <p>Mitsubishi Electric has developed advanced digital protection and control system that is suitable for power systems hereafter. The system is developed with advancement based on 32-bit multiprocessor technology. The system is more compact and easier to operate and maintain than its predecessors, while offering excellent reliability. The article introduces the system features and configuration methodology.</p>
<p>Mitsubishi Denki Giho: Vol. 70, No. 6, pp. 39~44 (1996) Knowledge Acquisition and Maintenance Methods for Intelligent Support Systems by Toshiaki Ohashi, Tomihiro Takano & Katsuhiko Tsujino</p> <p>Intelligent support systems based on AI technology are expected to reduce the workload and risks of human error of power system operators. The problem of efficiently acquiring knowledge and upgrading the knowledge base of a system in use present technical obstacles to developing such systems. The article introduces machine learning techniques that help to encode the operator's knowledge by inferring it from the past operation data.</p>	<p>Mitsubishi Denki Giho: Vol. 70, No. 6, pp. 14~18 (1996) Development of Transmission Line Protection Applying Advanced Digital Relay Technology by Takafumi Maeda, Hiroshi Yamakawa, Kanzo Matsunaga & Masataka Mitsuoka</p> <p>Mitsubishi Electric has developed a transmission line protection system based on advanced digital relays. The reclosing performance of the qualification apparatus for 1,000kV power lines has been improved. In the main grid protection apparatus, the primary and back-up protection systems have been combined, reducing the cost and boosting reliability. In the apparatus for high-resistance ground systems, the data transmission line configuration has been reviewed and the communication equipment simplified to lower the total cost. Steps have also been taken to reduce the mal-operation due to a current inrush occurring at a branch load.</p>
<p>Mitsubishi Denki Giho: Vol. 70, No. 6, pp. 45~51 (1996) A Control, Monitoring and Operation Support System for Large-Capacity Electrical Power Substations by Hiroshi Maekawa, Hideo Shinohara, Kazuyuki Amako & Yasuhiro Uekubo</p> <p>Mitsubishi Electric has made a number of technical innovations that improve the functionality of monitoring and control systems for large-capacity manned substations. By implementing the system using distributed computing model, fiber-optic LAN and digital control, the system can offer reliable control, high information density, functional separation, and reduced cabling. In the system, monitoring sub-system for electric power equipment and operation support sub-system have been manufactured, too. The system supports operators by providing enhanced preventive maintenance data, status displays, and judged information for power systems fault.</p>	<p>Mitsubishi Denki Giho: Vol. 70, No. 6, pp. 19~23 (1996) Application of Advanced Digital Relay Technology to Busbar and Transformer Protection Systems by Takafumi Maeda, Hiroshi Yamakawa, Nobuo Isomatsu, Mitsuo Iizuka & Takeshi Onomoto</p> <p>Advanced digital relays offer improved functionality and human-friendly design features based on experience with the previous generation of products. The advanced digital relays are currently being applied to busbar and transformer protection. The article introduces the protection system used for 1,000kV relays and describes the current state of 1,000kV busbar and transformer applications at The Tokyo Electric Power Company's Shin Haruna substation.</p>

アブストラクト

<p>中部電力(株)向け 無人変電所の監視制御・運転支援システム 小島正道・小澤浩一・柳瀬秀史・山地 勉・卜部敬二 三菱電機技報 Vol.70・No.6・p.52～59 (1996)</p> <p>無人変電所の監視制御システムとして、信頼性向上、運転保守性向上等の要求にこたえるため、光LANで結合されたシステムを構築した。このシステムは回線単位に設置されたDAC盤によって機器とインタフェースし、ITC、IDT、IMCS、FB-PAC等と情報を授受して、監視制御・母線故障標定・復旧準備操作の自動化を行うことを実現した。ここでは、中部電力(株)の無人変電所の監視制御システムの一例を紹介する。</p>	<p>72/84kVキュービクル形ガス絶縁開閉装置(C-GIS) 佐藤俊文・沼田伸一・田中久雄・西崎雅芳・米澤正浩・有岡正博 三菱電機技報 Vol.70・No.6・p.76～82 (1996)</p> <p>72/84kV受配電設備に対し、24時間連続運転、小型・軽量化への要望がますます高まっている。これらの要望に対応するため、キュービクル形ガス絶縁開閉装置の新シリーズを製品化した。この製品は、小型・軽量であると同時に、多様な受電形態・敷地条件にフレキシブルに対応できるという特長を持っている。構造としては、く(矩)形容器、新形避雷器、新形真空遮断器、シールド機能付きチューリップコンタクト、縮小形ケーブル終端箱等の新技術を採用している。</p>
<p>火力プラント運転学習用パーソナルシミュレータ 伊藤彰敏・寺下尚孝・長沼一裕 三菱電機技報 Vol.70・No.6・p.60～64 (1996)</p> <p>火力発電所内に設置し、その発電プラントの設備仕様・制御特性・運転操作を個人で学習できる個人学習用シミュレータ(パーソナルシミュレータ)を、東京電力(株)エネルギー・環境研究所との共同研究で開発した。これは、エンジニアリングワークステーションで構成したコンパクトなシステムである。また、効率的なマンマシン機能、学習記録機能とともに、対象プラントの特性模擬が効率的に構築できるモデルビルダの開発も併せて行った。</p>	<p>トータルビル管理サービス支援システム 葭澤和彦・鈴木美奈・阪上竜次・小林広美・道見忠範 三菱電機技報 Vol.70・No.6・p.83～87 (1996)</p> <p>エレベーターや冷凍・空調機器など、各種ビル設備に対する保守・故障の対応や相談を行うトータルビル管理サービスの窓口が情報センターである。この情報センター業務を支援するコンピュータシステムを、クライアント/サーバ方式による分散型ネットワークシステムで構築した。このシステムでは、顧客情報を管理するデータベース機能のほかに、電話制御、ペン入力、地図表示などのマルチメディア機能を具備し、迅速で確実な顧客対応を実現している。</p>
<p>インテリジェントネットワークサービス開発支援装置 清水桂一・秋原正弥・伊藤修治 三菱電機技報 Vol.70・No.6・p.65～69 (1996)</p> <p>高度なネットワークサービスの開発効率向上を目的とし、IN(Intelligent Network)の部品合成によるサービス開発手法を適用した開発支援装置を開発した。特にサービスの検証機構として、独立に定義したサービス間で生じる矛盾(サービス競合)を属性文法の規則として形式化して検出するアルゴリズムを開発し、この機構を導入することで、グラフィカルなサービス仕様の記述、検証、シミュレーションに至る開発支援を一台のワークステーション上で実現可能にした。</p>	<p>石油ガス化ファンヒータの臭気低減 佐藤 稔・榎本照男・田村真史・黒田太郎・丹沢 聡 三菱電機技報 Vol.70・No.6・p.88～92 (1996)</p> <p>家庭用暖房機の代表である石油ガス化ファンヒータからの臭気、中でも消火時に発生する不快感の強い臭気の高減技術を開発した。この技術開発では、当社独自の消火シーケンスの考案によって臭気の原因となる燃え残り分を極力少なくするとともに、わずかに残った臭気を室内に排出しないように活性炭で吸着処理する方法を確立した。その結果、消火時の臭気は炭化水素濃度で従来の約1/10と、臭気をほとんど感じないレベルまで低減できた。</p>
<p>環境評価プレゼンテーション設備“体感ラボ” 菅原作雄・関 辰夫 三菱電機技報 Vol.70・No.6・p.70～75 (1996)</p> <p>“体感ラボ”は、ルームエアコンが作る環境を評価・研究する設備である。この設備の特長は、2室の同時比較とリアルタイム計測であり、入室して体感することができる。環境評価点は486点であり、詳細な環境分布を計測ができる。また、換気量を制御することで、空調負荷を40%変化させることができる換気装置を備えている。さらに、サーマルマネキンを用いた評価を行うことができ、この設備の機能の一部をパソコンで再現することができる。</p>	

Abstracts

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 70, No. 6, pp. 76~82 (1996)

72/84kV Cubicle-Type Gas-Insulated Switchgear

by Toshifumi Sato, Shin'ichi Numata, Hisao Tanaka, Masayoshi Nishizaki, Masahiro Yonezawa & Masahiro Arioka

Mitsubishi Electric has developed a new series of 72/84kV cubicle-type gas-insulated switchgear that meets demand for compact, lightweight power-distribution facilities designed to provide continuous service. The equipment adapts to a large variety of power delivery and facility conditions. New technologies have been incorporated into the box-shaped enclosure, lightning arrester, vacuum circuit breaker, tulip contacts and the compact cable-termination box. The tulip contacts provide a shielding function.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 70, No. 6, pp. 52~59 (1996)

A Control, Monitoring and Operation Support System for Unmanned Transformer Substations of the Chubu Electric Power Company

Masamichi Kojima, Koichi Ozawa, Shuji Yanase, Tsutomu Yamaji & Keiji Urabe

Mitsubishi Electric has developed a fiber-optic-LAN-based control, monitoring and operation support system for unmanned substations that offers enhanced reliability as well as simplified operation and maintenance. The system is built up interfacing between DAC panel for each line, ITC, IDT, IMCS and FB-PAC equipment, communicating data each others. It automates monitoring and control, busbar fault tracing, and fault recovery preparations. The article introduces a system delivered to Chubu Electric Power Company.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 70, No. 6, pp. 83~87 (1996)

An Integrated Management Service Support System for Buildings

by Kazuhiko Ashizawa, Mina Suzuki, Ryuji Sakagami, Hiromi Kobayashi & Tadanori Oomi

Customer service desks of building management services are information centers, responding to customer queries and coordinating regular service and repairs of elevators, refrigeration and air-conditioning equipment, and other building facilities. Mitsubishi Electric has implemented an information system that supports these operations as a client-server network. In addition to standard database functions, the system offers multimedia support including telephone control, map displays and pen input that enables more rapid response to customer communications.

Mitsubishi Oenki Giho: Vol. 70, No. 6, pp. 60~64 (1996)

A Personal Training Simulator for Thermal Power Plants

by Akitoshi Ito, Naotaka Terashita & Kazuhiro Naganuma

Mitsubishi Electric and the Energy and Environment Research Laboratory of Tokyo Electric Power Company have jointly developed a personal training simulator for installation at thermal power plants that enables operating staff to study the plant facilities, control characteristics and operating procedures. The workstation-based system features an efficient user interface, an activity logging function, and a model builder that allows the system to easily emulate the operating characteristics of the intended power plant.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 70, No. 6, pp. 88~92 (1996)

Odor Reduction of Kerosene Fan Heater

by Minoru Sato, Teruo Sugimoto, Masashi Tamura, Taro Kuroda & Satoshi Tanzawa

Mitsubishi Electric has succeeded in reducing a strong bad odor produced when kerosene fan heater are turned off. A sophisticated shutdown sequence minimizes residual unburned gaseous kerosene which is responsible for the smell, and an activated carbon absorbs almost of it. These inventions block the odor released to room by a factor of more than ten as a measure of hydrocarbon emission, which is nearly undetectable level for users.

Mitsubishi Oenki Giho: Vol. 70, No. 6, pp. 65~69 (1996)

A Development Support System for Intelligent Network Services

by Keiichi Shimizu, Masaya Akihara & Shuji Ito

Mitsubishi Electric has developed a development support system for intelligent networks that improves the efficiency of designing and assembling high-added-value network services from off-the-shelf components. The system features a newly developed algorithm that checks attribute grammar of services for consistency, which prevents inconsistencies from arising between services with independently defined addressing rules. Implemented on a stand-alone workstation, the system provides service developers with a graphic interface for drafting service specifications, and for qualifying and simulating the planned service.

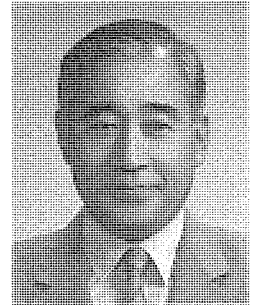
Mitsubishi Denki Giho: Vol. 70, No. 6, pp. 70~75 (1996)

An Environment Evaluation and Presentation System Developed by the Kirigamine Environment Laboratory Center

by Sakuo Sugawara & Tatsuo Seki

Mitsubishi Electric has developed a facility that can evaluate and graphically depict room environments created by air-conditioning equipment. The facility provides two identical rooms with realtime instrumentation that enables side-by-side comparisons by point sensors, thermal manikins, or human observers. Measurements are made at 486 locations in each room, giving a detailed picture of how environmental characteristics vary. Variable ventilation control makes it possible to increase the air-conditioning load by up to 40%. A subset of the facility's capabilities can be simulated on a personal computer.

変電所保護・制御・情報システム特集に寄せて



東北大学
工学部電気工学科
教授 豊田淳一

変電所は、電力システム全体からみれば一つのノードに過ぎないが、変圧器・開閉設備・計測設備・保護機器の集合体でもあるから、それ自体複雑なシステムを構成している。電力流通のかなめであるから、“高信頼性”と“コスト効率性”の相反する目標を同時にバランス良く達成しなければならない。電気事業を取り巻く環境は社会情勢とともに動いており、変電所も環境の変化に応じてそれに対応できる“柔軟性”が要求される。

UHV送電を実現するためには、送電線不平衡充電容量の増大、事故電流に含まれる直流分の影響、事故除去後の二次アーク消弧の問題などを解決しなければならない。これは“高信頼性”を目指す極限技術である。将来の国際的な未利用エネルギー資源開発を視野に入れた巨大電力輸送技術でもある。GPSを利用する遠隔多地点データをベースにした保護・監視システムや、電力情報ネットワークへのハッカー侵入を防止する暗号化技術なども、“高信頼性”に向けた先端技術の応用例になるであろう。

一方、EMSやSCADAのアプリケーションソフトの標準化、通信プロトコルの規格化、クライアント/サーバによる分散システムの汎用化、コントロールスキームの共通化など、変電所にかかる普遍的な技術は“コスト効率性”につながる。電気事業における競争環境は、このような普遍技術の導入を加速させることになると思う。

普遍技術の促進は電力システムをある面で均質化することにもなるが、システム論の立場からは、均質化したシステムは必ずしも強いシステムであるとは言えない。多様な

遺伝子を持つ野性の植物と均質な遺伝子を持つ人工的な植物を比較すれば、環境の変化に対して多様性に富む野性の植物は圧倒的に強い。このような視点からみると、変電所における“柔軟性”は、多様性の導入によって実現するのかもしれない。

既存の流通設備の有効利用や機能向上を目指したパワーエレクトロニクス応用機器の導入は、変電所に多様性をもたらす代表的な例である。将来、電源や消費者の経済活動に支配された複雑な電力潮流の処理に適当な設備になり得る。複雑化した電力システムにおいては、電力情報の透明性、すなわち分かりやすい情報が要求されるに違いない。数値データだけでなく、文字情報・音声情報・画像情報を、電力線搬送、電話線、マイクロ波、光ファイバー、ISDN、インターネットを経由して伝送することになるのであろう。“高信頼性”と“コスト効率性”の協調のためには、データの量、データ伝送の信頼性、要求される応答速度に応じて、通信メディアの組合せを最適化することも必要になる。異なる組織の間のデータベースの住み分け、ルーズなデータ交換、リアルタイム情報ネットワークの実現も必ず(須)である。

21世紀に向けて存続可能な電力システムを実現するためには、“高信頼性”“コスト効率性”“柔軟性”のバランスがとれた変電所技術の確立が根幹である。電力ソフト技術は、これを支援する重要なツールである。電力システムへの多様性の導入は、環境の変化や自然災害に対して耐力のあるシステムを構築するのに役に立つと考えている。

電力系統にかかわる最近の課題と 今後の技術動向

鈴木敏夫*
鈴木 浩**

1. ま え が き

我が国の電気事業は、昭和26年の再編成以後、大きな変革を遂げてきた。戦後の電力不足、高度経済成長に伴う需要増加、公害環境問題、電源の立地難、オイルショック等、その時代の要請にこたえるために難問を解決してきた。当社も、製造業の立場から、電気事業の発展に貢献してきたと自負している。

設備規模が巨大化し、海外に比べて供給信頼度が格段に向上した現在でも新たな問題が引き続き顕在化しており、我々の努力も休まる所を知らないが、その問題の本質や解決方法が従来とは大きく異なることに留意すべきである。これまで“今後の技術動向”を論じる場合は、新たな工学的手法や新たな電力機器について解説するのが常であったが、本稿では、地球規模のエネルギー問題や電気事業制度等の社会的問題について多くの誌面を費やすことにする。これらの課題は、従来の技術課題とは性格が異なり、問題を多面的にとらえて対処すべき難しい問題でもある。真の解決には、時代が要請している背景を正しく理解することが必要である。

2. 電気事業の推移

電気事業の四十数年にわたる歴史の中で最も重要な使命は、増加し続ける電力需要に見合った電源を確保し、安定に供給することであった。特に高度成長期においては、10%を超える電力需要増を経験し、電力機器の単機容量も増大を続けた。国民一人当たりの平均年間電力消費量も1,393 kWh (昭和39年) から5,535 kWh (平成5年) になり、気付かぬうちに生活の質は向上している。系統の信頼度も格段に向上している。かつて日常的であった停電は非常にまれになり、ロウソクとマッチを常備している家庭もわずかではないだろうか。最近では停電も数秒以内で復旧するため、白熱灯のゆっくりした点滅で脱調現象を体験することもなくなった。

しかし、技術力が増した現在では、従来とは異質な新しい問題が顕在化している。まず電力需要であるが、需要の伸びは鈍化し、高度経済成長期のような電源増設は不要になったと思われる。しかし、電力総需要の伸びは鈍化したとはいえ、総需要が巨大化した現在では、年々の発電設備増設はむしろ“大きいままである”と解釈すべきである。例えば、平成5年と6年の全国のピーク需要はそれぞれ145 GWと167 GWで、その伸びは22 GWである。この伸びは、昭和

55年(89 GW)から昭和60年(110 GW)までの5年間の伸びに匹敵する。

安定化技術に関しても同じことが言える。昔の安定化制御機器は現在から見ると単純なものであるが、その効果は絶大で、安定度改善量は最新の機器に比べてはるかに大きかった。ところが、最近の系統では安定化技術も日々成熟しつつあるので、更なる信頼度向上に必要な投資額は大きくならざるを得ない。一方、信頼性が向上し停電が希頻度になるほど1回の停電当たりの社会的損害(停電コスト)は高くなるため、信頼度向上への努力を怠ることはできない(図1)。

3. 電気事業法の改正

電源確保と信頼度向上に加えて、近年では、国内電力の電気料金に対して厳しい目が向けられるようになってきた。強い円高傾向により、単純換算では国内電気料金が他の先進国に比べて突出したように見える。しかし、物価や賃金の格差を考慮した購買力平価換算値で比較すると諸外国の電気料金の方が高く、年間事故停電時間でみた電力の品質は、日本が格段に優れているのも事実である(図2)。

このような社会的要請を受けて、電気事業法が自由化に向けて31年振りに改正され、次の点が変更になった。

- 卸託送の認可と競争入札制度の導入
- 保守業務の規制緩和
- 特定電気事業者の電気事業への参入
- 料金制度にヤードスティック制度導入

変更点の詳細はここでは触れないが、規制緩和によって健全な競争原理を導入し、社会全体の利益を図ることを目的としている。電気事業の内容が外から見ても透明度が高く、公平・公正な競争の下で運営されることが期待されているので、電力会社は開かれた市場経済の中で今以上の経営努力を求められる。我々メーカーにおいても更に原価低減努力を続けるほか、電力会社の業務に新たに必要となる機能を支援し、規制

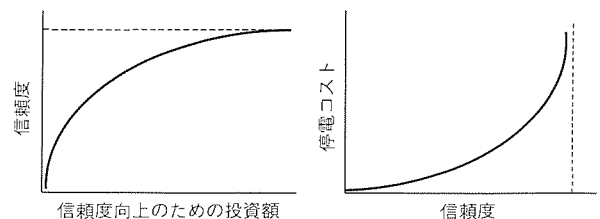
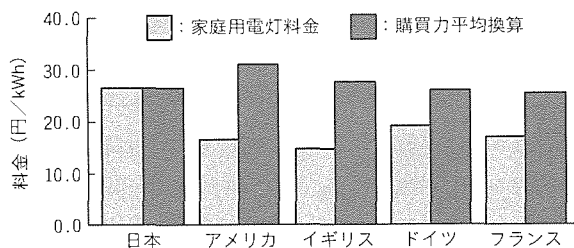
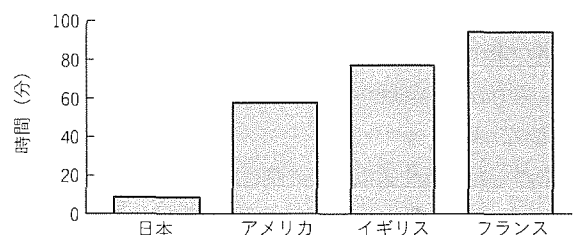


図1. 系統の信頼度と投資効果, 停電コスト



(a) 電気料金の国際比較



(b) 1需要家当たりの年間事故停電時間

図2. 電気料金・品質の国際比較

(電気事業審議会料金制度部会
中間とりまとめ資料(1995-1-26))

緩和によって生み出される新たなサービスやビジネスを創造しなければならない。

4. 地球規模問題

地球規模のエネルギー問題は近年の新しい課題である。かつて公害が社会問題になった時代では、主として排煙を対象として脱硫脱硝装置・集塵機・燃料の改良やLNGの導入等で対応できたが、最近のCO₂問題では燃焼そのものによる二酸化炭素の発生が問題視されている。これは、地球規模でCO₂の大気中濃度をあるレベルに維持しないと、地球の温暖化現象が深刻化するというものである。これは従来からの排ガス規制よりも更に大きな枠組みの中での規制で、電力会社の発電機運用にも大きな影響を与える。また、エネルギーの発生方法も、再生可能であったり高効率なものが求められており、経済的に採算がとればよいという考えは利己的であるとして世界的に受け入れられなくなっている。メーカーとしても機器開発(ハードウェア)と運用支援(ソフトウェア)の両面からこれらの要請にこたえていく必要がある。

5. デマンドサイドマネジメント

これまで論じてきた変化は主にエネルギーの発生側の問題であったが、エネルギーの消費側でも大きな変化が見られる。DSM (Demand Side Management) は、多様な電気利用形態を末端の需要者に提供することで供給側と需要側両者の総利益を最大にしようとするものである。従来のロードマネジメントが供給側の見地から負荷制御をしていたのに対し、DSMでは供給側と需要側が情報を交換して互いに経済性を追求する結果、総合的な効率化が図られる(図3)。

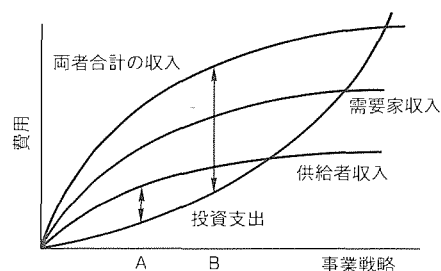


図3. DSMによる総合的な効率化

これまで電力会社は、需要家が必要なときに必要なだけ電力を供給することを義務とし、需要家の消費抑制につながる働きかけに積極的ではなかった。しかし、負荷率の悪化に伴う電源増設を電力会社だけが、不経済を覚悟で、負担することには問題がある。そこで、需要家側の努力と協力を得て負荷率を向上させ、電源増設を抑制して経済効率を高めることが、社会全体から見ても得策であることが認識されつつある。最近では、DSMも電源計画に大きな影響を与える一要素として研究が進められており、需要家と供給者間での情報交換をしながら負荷を柔軟に運用する民生機器として新たなビジネス市場を形成するものと期待されている。

6. 連携強化

電力会社間の電力融通はこれまで小さく抑えるように指導されてきたが、全国規模での電源活用を推進するため、連系線潮流を増大する必要が生じてきた。このため、連系線を強化するために、直流送電や電力用半導体機器を用いた新たな系統機器(FACTS)に注目が集まっている。当社においても大規模なシミュレータを導入するなど力を入れて開発に取り組んでいる。

7. 電力システムの将来へのキーワード

以上のような電気事業に対する社会的要請の変化を整理すると、電気事業を支えるメーカーとして次のようなキーワードを意識して社会貢献することが重要になる。

(1) 地球規模/社会的視野で問題をとらえる

最近のエネルギー・環境・経済問題を見ても分かるように、論じられる基盤が地球規模になっているため、国際的なコンセンサスを意識して問題解決に当たる必要がある。また国内の問題であっても、製品やサービスが社会に対してどのような貢献をするかを、前にも増して意識しながら供給する必要がある。例えば、特定部分の最適化だけに問題を限定すると社会や組織が望むシステム全体の最適化とは一致しない場合があることに留意すべきである。

(2) 単純な大規模問題ではなく複雑な小規模問題として問題をとらえる

従来までの問題解決のアプローチは、問題を分離分割して単純化した上、個々の問題を単独で解決しようとしてきた。

計算機技術の向上によって大規模問題も難なく解けるようになったが、多くの問題は線形化されて定式化しやすい問題へ置き換えていた。小規模であっても非線形を含む複雑な問題は未だに難しく、一般的な解法が確立しているとは言えない。問題をわい(矮)小化して解きやすい問題だけを解くのではなく、大きなシステム全体を見通す横断的な思考に基づいて問題解決に立ち向かうことが不可欠となる。

(3) 異分野にまたがる問題として課題を設定し、解決する

旧来の大学の理学・工学系の学科に見られるように、自然科学分野は縦割りに分類され、更に個々の専門分野に細分化されてきた。しかし、これまでに論じた最近の課題には分離分割の難しいものが大半である。理学・工学といった自然科学内の融合だけでなく、社会科学にまたがるものも多くなっている。従来は各分野の専門家が横通しの交流をすることが容易ではなかったが、最近のインターネットや情報メディアを通して比較的簡単に情報交換ができるようになったことは特筆すべきである。

(4) 既成制度・概念を見直して再構築する

今までの制度や業務の流れが大きく変わろうとしている現在、既存の枠組みを前提に仕事を推進する必要はない。電気事業法の改正により、電力会社の兼業規制が緩和され、DSM機器の製造・販売・リース事業や熱併給事業への直接参入が自由になったので、新たな事業展開の可能性がある。また、電気事業全体が外から見て透明度を増そうとしている現在、これまでの業務についても合理的で説得力のあるプロセスが望まれている。メーカーとしてはこのような要請にこたえるように業務支援を創造する必要がある。また、メーカー自社の業務についても大幅な原価低減を達成するよう望まれているから、開発設計から製造保守に至るまでのプロセスを再検討する必要がある。このような問題に対しても、最近の計算機ネットワーク技術を駆使し、CALs (Commerce At Light Speed) や CSCW (Computer Supported Cooperative Work) を活用することは重要である。

(5) 戦略的に集中と分散を図る

電力システムは、情報のネットワークとエネルギーのネットワークが混在する複合システムである。そこで、今でもスケールメリットが望める大型機器や、分散化に進む情報網、簡素化・再構成される制御所等が複雑に混在することになる。特に情報ネットワークや計算機システムは技術革新が速く、これまでの技術的制約が除かれようとしている。これらの制約は取り得る選択肢を限定していたのでシステムの設計者はむしろ悩むことがなかったが、制約がなくなること設計の自由度が高まると、そこには創意や独自性に富んだ設計思想やポリシーが必要とされることになる。

8. ソフト系サイエンスの重要性

古典的な科学技術は、自然や物理現象を扱い、唯一の真理

を追究してきた。この学問分野の重要性は現在でも衰えないが、これまでに論じた問題を解決するためには、新たなパラダイムが必要である。ソフト系サイエンスは人間社会を含めた系を扱う学問体系であり、広義には人間や社会の知的活動・思考そのものを対象とする。あいまい(曖昧)な要素を含む人間や社会の影響を強く受け、複雑で多様な目的を持つ電力システムの今後の研究開発にはこれらのソフト系サイエンスが重要になる。

この学問体系は成果の客観的評価が難しく、異分野間の相互連携が未だ不十分なことから発展が遅れているが、以下のような電力分野の課題へ適用されることが望まれている。

(1) 建設計画

従来から発電所や送電網の計画は計算機による支援が難しかったが、DSMの普及やIPP (Independent Power Producer) 参入により、更に検討が複雑になった。環境や美観に関する制約も、感情論ではなく、客観的なエビデンスの蓄積でコンセンサスを得る必要がある。

(2) 運用制御

システムの信頼性を99.999…と示すことや“決してあり得ない”という表現がむしろ不誠実であると受け取られるようになり、想定外の事象に対しても柔軟に対応できるシステムが望まれている。そこにはヒューマンエラーや天災のような事象も含むことが望ましい。また、運用における指針の根拠を明確にしたり、指針を見直すような根本的な作業も機を逸することなく行う必要があろう。

(3) 解析

解析ツール、モデル開発、計算機環境等は進んでいるが、データに関して課題が多い。例えば、負荷特性は安定度に大きな影響を与えるものの、実測データが必ずしも生かされず、その設定はユーザの判断に委ねられたりする。また、解析結果を見て現象を解釈する技術は計算機速度がはるかに遅かった時代の技術者の方が優れていると言われ、現象把握力のテクノロジトランスファは大きな課題となっている。

9. むすび

当社の標語は“ソシオテック (社会に貢献する技術)”である。この標語が作られた当時は個人主義の華やかな時代であったので、時代に合わないと感じる人もいた。しかし最近になって、この標語の意図するところを再認識する人が多い。

本稿では電力事業を取り巻く社会的背景から論を進めたが、“変電所保護・制御・情報システム”特集では、保護制御技術高度化を支える32ビットマルチCPU方式と1,000 kV系統向け次世代リレーを、また、情報システムの新たな取組としてバーチャルリアリティの適用と支援システムの知識獲得手法等を紹介していく。時代は様々に変化していきだろうが、今後も新たな電力システム技術を確立していくことが、我々総合電機メーカーの使命であることを肝に命じて努力を続けたい。

電力系統保護・制御・情報システムの技術展開

中川 秀人*
辻倉 洋右*
東 信一*

1. ま え が き

電力系統の大規模化・複雑化に対する高度化・高信頼度化への各時代の要求と半導体技術・情報処理伝送技術などの先端の供給技術の進歩とが融合し、電力系統の保護・制御・情報システムは飛躍的發展を遂げてきた。

現在、クリーンで利便性に優れた電力エネルギーへの依存度が増し、また情報化社会の発展に伴い、従来以上に良質の電力の安定供給が要求されている。また、電力会社の低廉で高品質な設備形成の方向の中で、次代の電力系統構築に向けて、技術の更なる更新が図られようとしている。

本稿では、上記の観点からこれまでの技術の進展を振り返るとともに、今後の電力系統保護システム及び変電所制御・情報システムの在り方について、所見を展開する。

2. 電力系統保護及び変電所制御・情報システムの歩み

1970年代半ばに、マイクロプロセッサと光ファイバ通信が時代の技術成果として登場した。このころまでは、機械式、トランジスタ式などアナログ技術による保護・制御システムの時代であり、当時の系統諸問題を克服しつつ、信頼性と機能の高度化に対応してきた。上記の新技术は、エレクトロニ

クス技術の偉大な産物であり、電力分野に限らず社会全般に新時代を告げるものであった。

“新しい技術素材をどのように電力系統に適用するか”の命題に対し、実用信頼性、課題解決手段としての作り込み、従来財産の継承性などの検討を含む具体化開発の期間を経て、1980年からデジタル保護装置の実用化が開始された。

一方、大規模情報処理を扱う計算機システムは、当時コア型メモリから半導体メモリへの転換時期に入っており、処理能力の大幅増大が報告されるようになってきた。電力系統に適用される情報制御用計算機は、ミニコンとして一つの技術ジャンルを形成しつつ発展しており、給電所制御システム、集中制御所システムとともに大規模変電所の監視・記録用計算機システムなどの時代の先端情報処理技術の向上と相乗して、大規模・高速・高機能システムを実現してきた。

以上のこれまで約20年間の保護・制御・情報システムの発展経緯をその時代のトピックスと重ねて表1に、本稿の変電所保護・制御・情報システムのカテゴリを図1に示す。

2.1 電力系統保護技術の進展

マイクロプロセッサの登場は、デジタルリレー装置においては、保護機能の高度化と自動監視機能の向上など、信頼性向上による保守の簡素化及び装置の小型化などの面で大いに貢献した。デジタルリレー適用からほぼ10年を経過し

表1. 電力系統の保護・制御・情報システムの技術の歩み

		1975年	1980年	1985年	1990年	1995年	2000年
電力を取り巻く環境	社会環境	第1次オイルショック	高度経済成長		規制緩和		
	電力のトピックス	第1期500kV幹線構築 新通信技術構築		UHV開発開始 設備総合自動化の推進	第2期500kV幹線強化構築 FACTS機器応用系統強化施策推進		
	新技術	光ファイバ通信 マイクロプロセッサ	電力VAN 大容量光サイリスタ	電力ISDN 超電導実用化	高性能EWS・PCの市場拡大 オープン分散型計算機実用拡大		
新技术の出現定着	保護システム	デジタル保護装置の開発 第1期系統安定化システム構築	デジタル保護装置実用化開始 光ファイバ応用保護実用化開始		第二世代デジタル保護装置の開発 光ファイバ応用多端子保護実用化		
	安定化システム			第2期系統安定化システム構築推進			
	変電所制御システム	デジタル制御装置の開発	変電所デジタル制御方式開発		変電所光LANデジタル制御実用化拡大		
	変電所情報システム			変電所運転支援システム実用化	変電所機器保守支援システム実用化 保護リレー整定支援システム 設備情報管理システム		
	関連する電力技術	大規模給電制御システムの構築		大規模オープン分散型制御用計算機システムの構築		大規模デジタル系統解析シミュレータ開発	
		給電所運転訓練シミュレータの構築					

て第二世代デジタルリレーの開発が進められ、実用展開が始まっている。第二世代デジタルリレーの開発・発展の背景は、近年の“電源の遠隔化”“大容量化”“地中ケーブル系統の拡大”などによる電力系統の特性の変化・複雑化に対応して更に高度な保護機能・性能の実現が必要となってきたこと、及び運用保守性の向上による業務の一層の合理化が求められたことにある。第一世代の技術財産をベースに、上記課題を解決する第二世代の保護装置として開発が進められたものであり、その主な開発項目は以下のとおりである。

- (1) 情報分解能の向上：12ビット→16ビット
- (2) 時間分解能の向上：電気角 30°ごと→3.75°ごと

- (3) 計算性能の向上：16ビット CPU→高性能 32ビットマルチ CPU
- (4) マンマシン機能の向上：LED表示式→フラットディスプレイ式
- (5) 主保護・後備保護のハードウェア共用化によるスペース性改善
- (6) CT飽和対策など高度な処理機能 など

デジタルリレーの基本性能を決めるのは、系統電圧・電流などのアナログ情報をデジタル値に変換する精度と、そのデータを処理するマイクロプロセッサの演算処理能力である。第二世代デジタルリレーでは、情報分解能・時間分解能の高いアナログ/デジタル変換とデジタルフィルタ処理の適用によって従来の10倍程度の精度を持つ高精度のアナログ入力部を実現している。また、第二世代デジタルリレーに使用する高性能マルチ CPUは、従来の10倍以上の演算処理性能を持ち、主保護・後備保護のハードウェア共用化、CT飽和対策などの高度な演算処理を可能にしている。

一方、運用・保守において保護装置を扱う場合、整定パネルと表示パネルを用いて対応している。従来、整定表示パネルはLED表示器と押しボタンスイッチで構成されていたが、表示項目数の制約があること、総合情報化に不向きであること、マンマシンと保護機能本体が密結合であり保守運用性が

悪いこと等が課題であった。情報機器として安定に供給されるようになったフラットディスプレイを用いて整定・表示パネルを構成し、諸課題の解決が図られた。

以上、電力系統の事故除去リレーシステムについて述べたが、一方で電力系統の重大事故時の最終バックアップとして

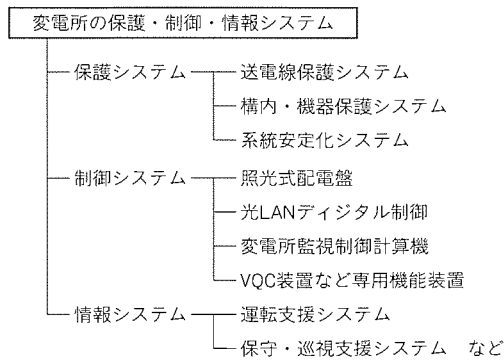


図1. 変電所保護・制御・情報システムのカテゴリ

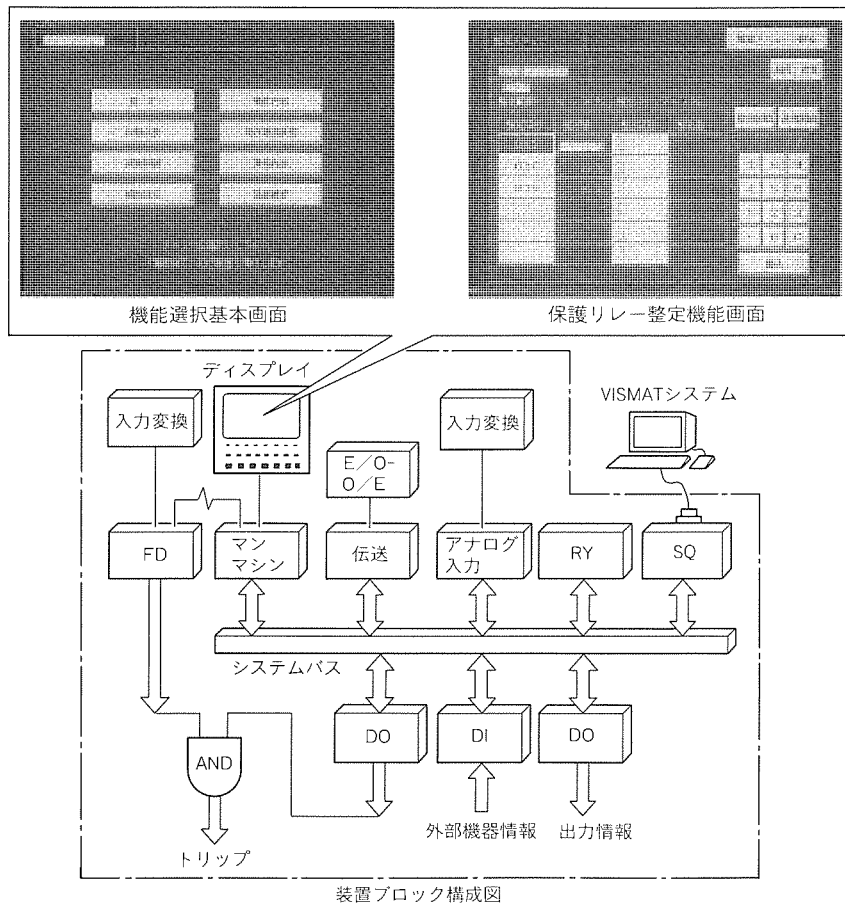


図2. 電力系統保護システムの概要

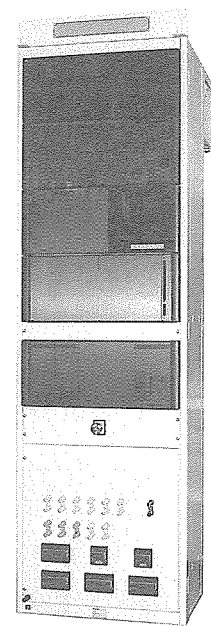


図3. 電力系統保護装置外観

系統安定化システム（事故波及防止リレーシステム）が設置され、大規模停電の防止が図られている。

1980年代半ばごろまでは、アナログ技術、ミニコン、8ビットマイクロプロセッサ等を使用したシステムであり、処理能力の制約によって規模が比較的小さく、事前演算タイプのものに限られていた。1980年代半ば以降、16ビット又は32ビットマイクロプロセッサを使用した高速なデジタルリレーの本格的な適用と高速大容量の伝送系の整備とともに、オンラインリアルタイム演算型又は全系を対象とするような広域安定化システムが次々と実用化され、電力系統の安定度を維持しつつ柔軟な系統運用を可能とすることに貢献している。図2に最新の電力系統保護システムの概要を、図3にその装置外観を示す。

2.2 変電所制御システム技術の進展

保護装置のデジタル化と並行して、変電所制御装置のデジタル化が進められた。

制御装置は、従来、操作ボタンと系統監視盤上の計測表示器及び機器状態表示を、リレーシーケンスで構成するものが一般的であった。従来の設備では、運転員による投入時の同期確認と操作条件の確認業務のほか、系統事故時の対応操作及び日常の電圧調整操作などの自動化に対して要改善事項が含まれていた。制御装置のデジタル化によって、これらの定型業務の自動化と系統監視機能の充実化を進めることができた。

しかしながら、重要系統の事故停電時など早期復旧を必要とする操作制御は最適な即時判断に熟練者のノウハウが必要であり、自動化の範囲については、運用信頼性と投資効果の両面を慎重に評価しながら実用化推進が図られた。ディジタ

ル制御装置の適用で重要なことは、変電所内に極めて多数の装置が存在しており、変電所の運転状態を監視・表示するためにこれら諸装置とデジタル制御装置を最も効率良く結合することである。既に技術構築された光ファイバ通信基本部と光ファイバの多分岐デバイスである光スターカップラを組み合わせ、効率的な装置群のデジタル情報結合を実現している。第2期500kV幹線建設時期と同期して、重要変電所から順次実用導入されて現在に至っている。

図4に現在の変電所制御・情報システムの概要を示す。

2.3 変電所情報システム技術の進展

現在、電力系統保護・変電所制御システム周辺にも計算機応用設備が導入され、機能の高度化追求面、運転員・計画者への情報支援面で活用されつつあり、今後、電力系統システムと人との調和を進めるツールとして活用されると考える。

近年、パソコン(PC)、エンジニアリングワークステーション(EWS)の高性能化・低価格化が進み、従来大規模計算機でのみ実現可能と考えられてきた情報処理が、比較的容易に形成できる状況になってきた。

計画・技術部門向け情報支援システムと系統の運用現場向け情報支援システムは、搭載ノウハウが異なるものの、技術シーズの活用の見地から今後運用の総合情報化指向が進み、個別に（主に変電所の実運用面で導入）設置されてきた計算機と上記計画・技術部門の計算機間の情報流用が進むと考えられる。

とりわけ、変電分野では、“運転支援システム”“保守支援システム”が重要箇所限定して設置されており、緊急時の即応支援と設備の保守情報提供など、人の出勤頻度の削減や、情報収集作業と膨大な図面の迅速整理・提供を行うとともに、

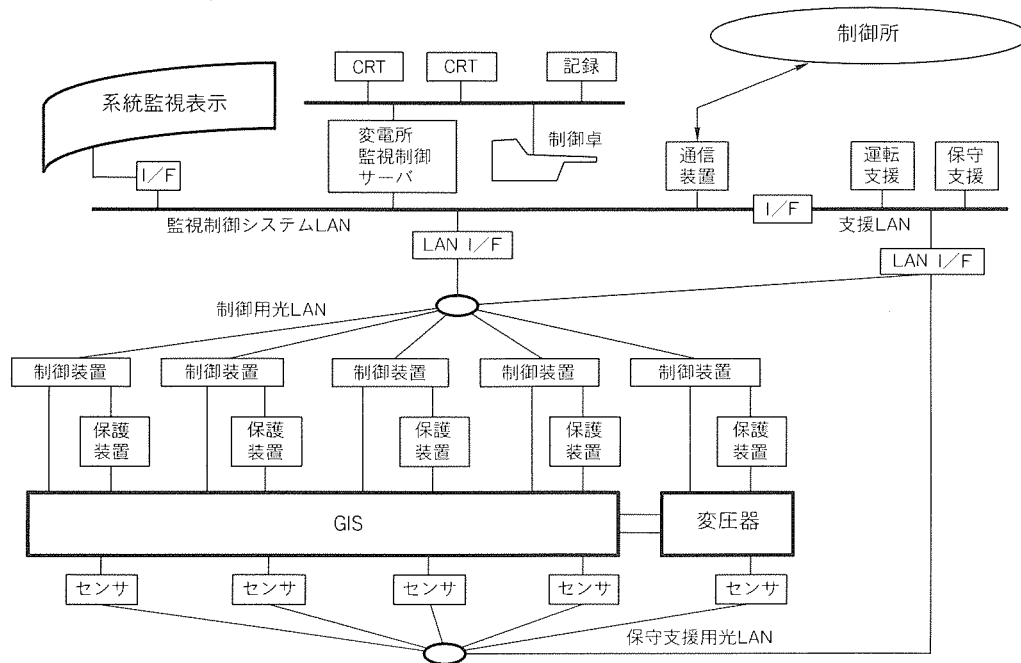


図4. 変電所制御・情報システムの概要

可能な範囲の判断を機械化するように進められている。

3. 技術の展開と今後の方向性

以上のとおり、約20年間の技術の進歩が、電力系統保護・制御・情報システムに新しい方法論を多数供給しつつ、電力供給品質の維持向上を図ってきたと言える。

これらの開発成果を適用拡大し、運用品質の向上と効率化を推進するとともに、成果の評価を実施し、現時点の課題から次代のシステムのあるべき形態を定めていく必要がある。

3.1 電力系統保護システムの今後の展望

第二世代デジタルリレーの構築によって、直面する技術課題に対応した処置を図ることが可能で、かつ運用面での良質化が確保できると考える。しかし、現在の電力系統は、年々、重潮流化・遠隔電源化・電力間連携強化・直流連携強化・ケーブル系統の増加などによる事故時の系統応動の多様化・複雑化などの系統保護面での新課題の出現が火急の検討事項とされ、また、技術革新に沿った現状設備方式の効率化・スリム化・多機能化を指向した保護システムの在り方が求められている。

これからの保護システムは、

- 系統特性の変化を予見した保護システムの一層の高度化
- 系統要求信頼度レベルにマッチした総合経済性の追求
- 情報システムインタフェース (I/F) 指向
- 機器との結合のスリム化

が進むと考えられる。

3.2 変電所制御システムの今後の展望

変電所制御システムの光 LAN デジタルシステム化が定

着してきており、直接運転から遠方制御に切り換える必要性が発生しても、従来に比べて極めてスムーズに移行できる状況ができつつある。

将来の制御システムを考慮すると、広域事故復旧に関する基盤の整備が整ってきており、現地に個別に設置された事故点標定装置と広域制御箇所との総合連動で停電時間の最短化が指向されると考える。

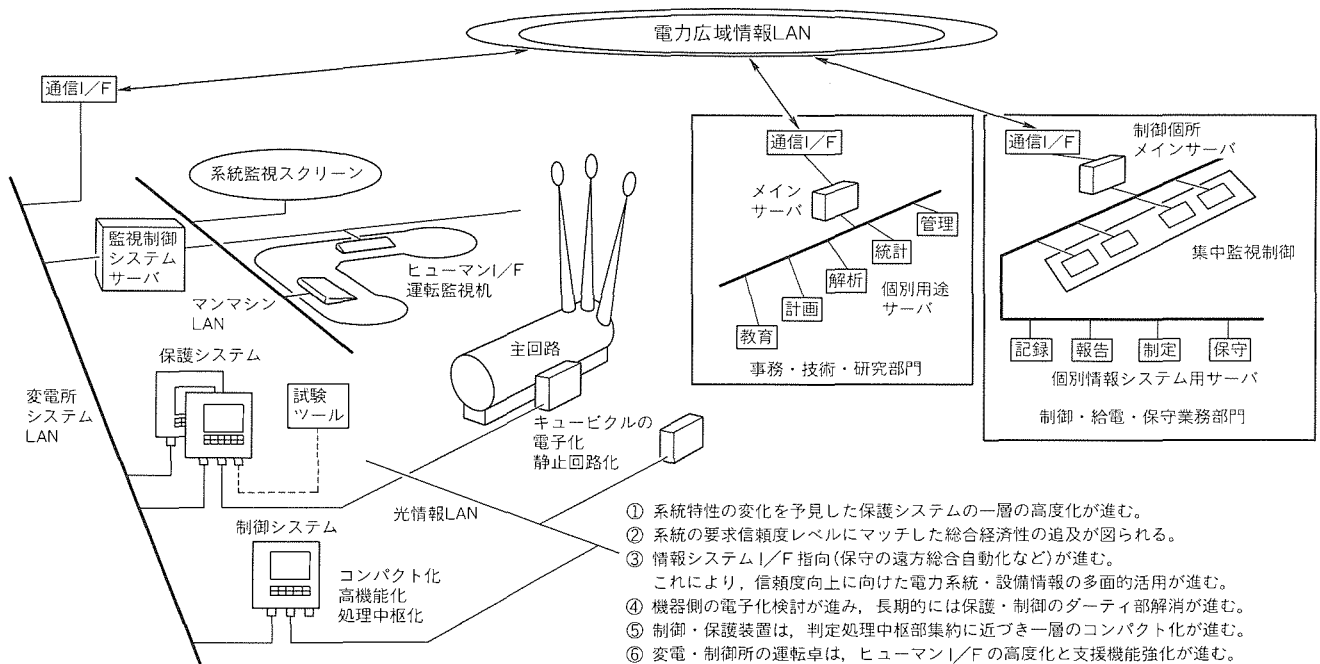
一方、制御システムが制御盤の属性を保持したままで一層情報機器化が進み、従来方式の制御盤に比べて付加価値が高くなるに連れて設備コストを押し上げている状況がある。今後、“機器との結合のスリム化”“ハードウェアとソフトウェアの標準メニュー化”を更に発展させることによってデジタル制御方式のコストパフォーマンスを高め、“広域制御箇所との高度な運用の実現”が進むと考えられる。

3.3 保護・制御と機器との結合のスリム化

保護・制御システム関連で共通の課題である“機器との結合のスリム化”は、変電分野に残されたこれからの命題の一つである。

機器の技術構築は、材料面・環境面・構造面で保護・制御システムに比べて技術変化への慣性が大きくなり得ない。しかし、近年、光 PT・光 CT や機器予測保全システムなど GIS と変圧器に関連する技術で機器側の情報化・電子化に関する実用化が進みつつある。“すべて光で”保護・制御システムと機器が結合されるとき、プラント工事、保護制御システム自体と配電盤室、ケーブル処理室の姿が一変し、極めて大きな改善がなされるのを想像することは容易である。

21世紀の初頭に、第二世代リレーと機器との結合のスリム化が実現する状況を想定するものである。



- ① 系統特性の変化を予見した保護システムの一層の高度化が進む。
- ② 系統の要求信頼度レベルにマッチした総合経済性の追及が図られる。
- ③ 情報システム I/F 指向 (保守の遠方総合自動化など) が進む。
- ④ 機器側の電子化検討が進み、長期的には保護・制御のパーティ部解消が進む。
- ⑤ 制御・保護装置は、判定処理中樞部集約に近づき一層のコンパクト化が進む。
- ⑥ 変電・制御所の運転卓は、ヒューマン I/F の高度化と支援機能強化が進む。

図 5. 将来の変電所の技術イメージ

3.4 変電所情報システムの今後の展望

変電所の監視制御に、光LANデジタル制御システムと合わせて計算機システムの導入が進められている。既に計算機システムが分散型サーバで構成されるようになった現在、次世代システムではマルチベンダ型のシステムによる構築が想定される。

現状では、監視・制御システム、情報システム、保守対象機器、教育設備などそれぞれの製作者が異なることが通例であるが、相互に情報の交換・活用が不十分であり、設備総合の利点を十分生かしきれていない。

情報活用を指向したマルチベンダシステムを構成すると、例えば構内事故時に対象機器の情報を監視制御装置において容易に参照し、情報整合を迅速に処理することが可能で、報告書作成時に関連付けた記載が可能となる。

また、機器の教育に際して、事務所の教育設備に現地の情報を読み込むことにより、現状の監視項目、機器の構造情報、保守の履歴などを教材として活用することが可能で、膨大な教育情報バンクを形成することなく情報獲得が可能となる。

以上例題を示したが、個々の情報を提供する装置の本来機能が処理負荷で影響を受けない仕掛けと信頼度分散が図られていることなどは構築の前提条件である。

図5に今後の変電所の保護・制御・情報システムの技術展望をイメージ図として示す。

将来の電力系統の各種設備で、今後、ますます一つの情報

を多用途に利用することが進み、計画・運用・保守などの各業務の効率化が一層図られると考えられる。

4. む す び

変電所の保護・制御・情報システム特集の発行に当たり、将来の現実的な技術を想定することによって現状の改善点が抽出できることを期待してまとめた。過去20年の飛躍的な当該技術分野の進展を振り返るとき、次の一時代で現時点の想定以上の変革がもたらされることを希望するものである。また製作者の立場からは、近年飛躍的に成長した情報化設備を効率的に生かし、高品質で経済的な次世代のシステム構築が行えるよう継続努力する次第である。

参 考 文 献

- (1) 森 健, 山田郁夫: これからの電力系統制御, 三菱電機技報, **53**, No.10, 705~708 (1979)
- (2) 高橋宏次: 電力機器の予知・予防保全の技術展望, 三菱電機技報, **60**, No.6, 371~372 (1986)
- (3) 鈴木健治, 畑田 稔: 電力系統保護・制御技術の歩みと最近の技術動向, 三菱電機技報, **63**, No.8, 604~606 (1989)
- (4) 山内 敦: 変電技術の現状と将来, 三菱電機技報, **63**, No.10, 790~792 (1989)

第二世代保護・制御装置の開発

大垣健二*
金子精二*
宮本佳浩*

1. ま え が き

複雑化・大規模化する電力系統において、電力の安定供給に対して非常に重要な責務を担っている電力系統保護・制御装置は、高性能と高信頼度の確保が必要である。このため当社では、32ビットマルチCPU方式の高性能・高信頼度の保護・制御システム“MULTIFLEX-32シリーズ”⁽¹⁾を業界で初めて開発し、実用化した。

その後、ますます高度化するニーズに対応するために、MULTIFLEX-32シリーズを一層充実して運用と保守の容易化・小型化・高性能化等を特長とする第二世代保護・制御装置“MULTIFLEX-EGシリーズ”を開発し、実用化した。

以下、第二世代保護・制御装置 MULTIFLEX-EG シリーズの開発の背景、システム構築の考え方、及び高度化技術について述べる。

2. 開発の背景

電力需要増大に対応するための大容量長距離送電系統⁽²⁾や地下ケーブル系統の増加及び負荷供給系統の多端子化⁽²⁾等による系統物理現象の複雑化、これら電力系統における高度かつ高信頼度な保護機能の実現を目的とするデジタル保護・制御装置の適用拡大、さらには都市部地下変電所等における装置設置スペースの固定化・極小化等の現状を踏まえると、保護・制御装置に対するニーズは以下のものとなる。

- (1) 系統事故や装置故障等の事象を的確に把握するための運用と保守の容易化
- (2) 高度な保護機能の実現
- (3) 限られた装置設置スペースに対応した装置の小型化
- (4) 装置の稼働信頼度を向上するための高信頼度システムの実現

3. システム構築の基本方針

開発の背景で示したニーズを実現するために、以下の内容を第二世代保護・制御システム構築の基本開発方針とした。

- (1) ヒューマンインタフェースの高度化
- (2) 故障部位の自動特定と監視の高度化
- (3) 装置の高性能化・小型化
- (4) 高信頼性の確保

(5) 柔軟なシステムアーキテクチャの継承

以下、各々の具体的構成、対応技術の方式、特長について述べる。

4. ヒューマンインタフェースの高度化

ヒューマンインタフェース部には、運用・保守業務の容易化、装置の膨大な情報の記録・編集・表示、装置の運用方法の設定などの多数のマンマシン機能に対して標準的なハードウェアで対応することを考慮し、豊富な表示能力と優れた操作性を持つフラットディスプレイ、タッチパネル⁽³⁾⁽⁴⁾を適用した。さらにヒューマンインタフェース部は、ハードウェア構成の簡素化を考慮し、メインリレーとフェールセーフリレーの両方の表示・操作を可能とする構成とした。図1にその構成の一例を示す。

表示・操作画面の構成としては、メインメニュー画面から作業内容等に対応したメニューを選択して表示・操作できる構成とした。図2に表示・操作画面構成の一例を示す。また、整定点数・表示点数が多い場合には、画面のページを複数設けることにより、容易に対応できる構成とした。

表示内容においては、日本語表示、ガイダンス機能の充実、表形式等を活用した分かりやすい表示などによってヒューマンフレンドリ性を向上させた。また、装置のデータセーブ機能を充実させることにより、複数の異なる時刻に発生した事象内容（動作、装置異常等）の表示、及び、より詳細なリレー応動解析や不良部位解析の結果の表示も可能とした。表

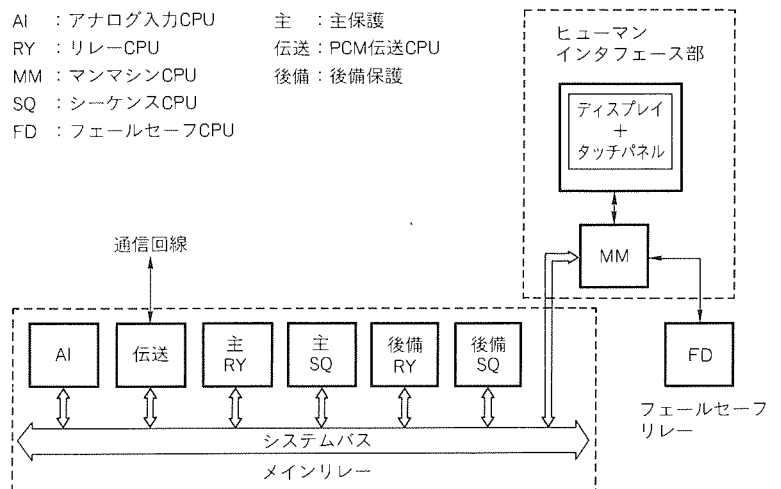


図1. 保護・制御装置の構成例

示・操作の例として、図3に整定値変更の例を示す。

ヒューマンインタフェースとしては、次の(1)～(3)に示す方式のいずれでも適用できる構成とした。

- (1) 盤組込み形のディスプレイとタッチパネル操作を使用する方式
- (2) 必要なときにパソコンを装置に接続してパソコン画面とマウス等で操作する方式
- (3) 装置と遠隔のパソコン等を伝送路等によって接続して操作する方式

これにより、現場における運用・保守の容易化はもちろん、今後適用が拡大していくと考えられる遠隔運用保守にも柔軟

に対応できるものとした。

5. 故障部位の自動特定⁽⁵⁾と監視の高度化

万一の装置故障におけるユーザの初期対応等を容易にするために、故障部位を例えばCPUカード単位で自動特定し、これをディスプレイ画面に日本語で分かりやすく表示する方式を適用した。

このために、不良検出機構の高度化を図り、故障部位特定には知識工学を活用したシステム監視機構を設け、高度な診断が実施できる構成とした。この方式における故障部位特定の基本手順は図4のとおりであり、いずれも専門の技術者が

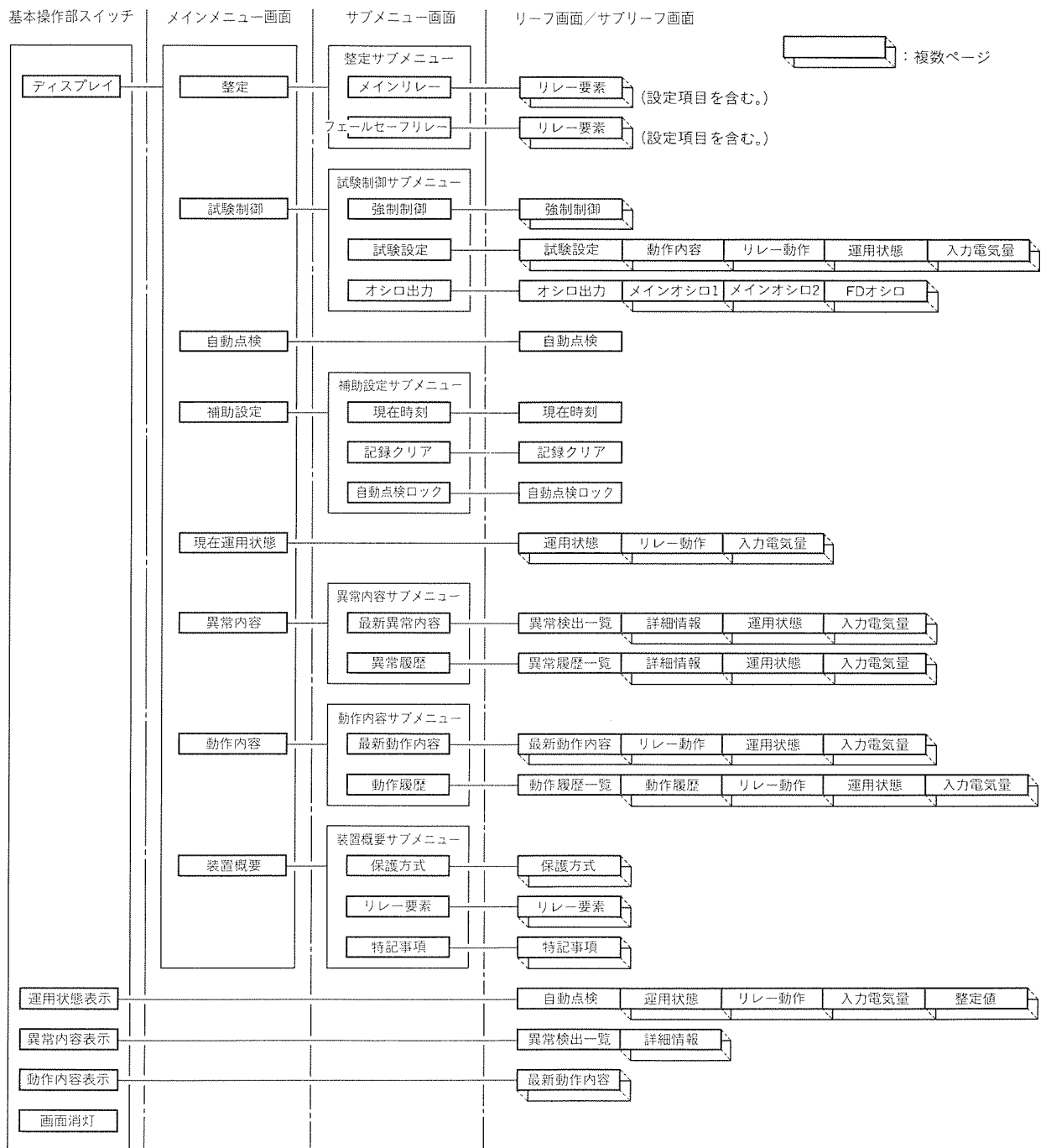


図2. ヒューマンインタフェース部の表示・操作画面構成例

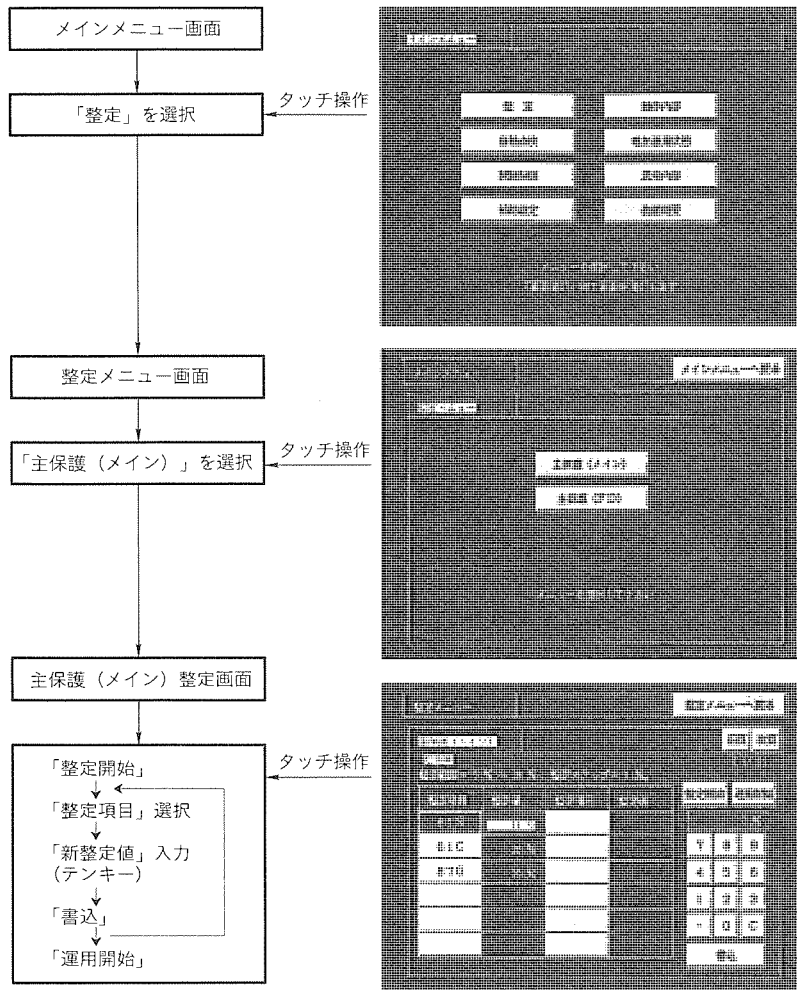


図3. ヒューマンインタフェース部の表示・操作例（整定値変更）

実施していた内容を自動的に行うものである。図5は故障部位特定後のマンマシン画面の一例である。

さらに、瞬発的な一過性の装置不良に対しては、不要な不良検出を防止するためのリスタート機能、不良検出能力の向上のための頻度監視等を適用した。

6. 装置の高性能化・小型化

電力系統の複雑化などに対応した保護性能向上のためには、より高度なアルゴリズムの演算が必要である。また、都市部変電所等における設置スペースの極小化、又は少ない盤面数での二系列化（例えば、主後一体化による二系列化）の実現等のニーズに対応するためには、装置の一層の小型化が必要である。これらのニーズに対して、演算処理能力の向上、アナログ入力部の高度化によって対応できる構成とした。

6.1 演算処理能力の向上

保護・制御装置の演算部には高性能マイクロプロセッサを適用し、さらに、処理性能を最大限に向上させるために高度なアーキテクチャ及びLSI技術などを適用して高性能化を図ることにより、従来は複数のCPUカードで実現していた機能を1枚のCPUカードに集約するなど、高度な演算アル

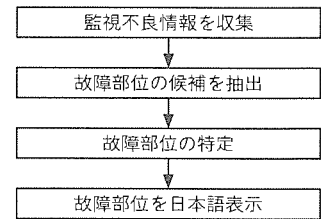


図4. 故障部位自動特定の基本手順例

ゴリズムの実現と装置の小型化を同時に実現した。

6.2 アナログ入力部の高度化⁽⁶⁾⁽⁷⁾

アナログ入力部においては、16ビットA/D変換器の適用、又は4,800 Hz（又は5,760 Hz）高速サンプリング技術を駆使して、ディジタルフィルタ処理による精度の向上、ダイナミックレンジの拡大による保護性能の向上、又は複数リレー要素のアナログ入力回路の共用化等が図れる方式とした。

7. 高信頼性の確保

ハードウェアの信頼性向上を図ることはもとより、ソフトウェア面においても信頼性の向上が必要である。高級言語の適用はもとより、ヒューマンエラー等の撲滅を目的に、従来のシステムにおいて開発し適用してきたソフトウェアのビジュアル化（ホワイトボックス化）技術であるVISMAT（Visual Software Make and Test System）⁽¹⁾をマンマシン画面ソフトウェアなどに適用することを図り、さらにはソフトウェアの信頼性が極めて有効であるオブジェクト指向技術⁽⁸⁾を適用した。

ハードウェアの信頼性向上を図ることはもとより、ソフトウェア面においても信頼性の向上が必要である。高級言語の適用はもとより、ヒューマンエラー等の撲滅を目的に、従来のシステムにおいて開発し適用してきたソフトウェアのビジュアル化（ホワイトボックス化）技術であるVISMAT（Visual Software Make and Test System）⁽¹⁾をマンマシン画面ソフトウェアなどに適用することを図り、さらにはソフトウェアの信頼性が極めて有効であるオブジェクト指向技術⁽⁸⁾を適用した。

7.1 ビジュアル化技術

マンマシン画面仕様は一般的に多様であり、これらの多様な画面ソフトウェアを極めて高信頼度に作成する必要がある。このため、従来のプログラミングやデバッグなどの方式を一切排除して、必要なマンマシン画面仕様をパソコン画面上に描画するのみで必要なソフトウェアが自動的に完成する画期的なソフトウェア生産システムを開発し、適用した。図6にマンマシンソフトウェア作成画面例を示す。

7.2 オブジェクト指向技術

保護・制御装置の機能構造は比較的定形化されていることに着目し、既に試験済みのソフトウェア部品を組み合わせ、必要に応じて部品パラメータを変更するだけで、プログラミングやデバッグなどの従来のソフトウェア生産過程を排除して所望の機能を実現する仕組みとした。

8. 柔軟なシステムアーキテクチャの継承



図 5. 故障部位の表示画面例

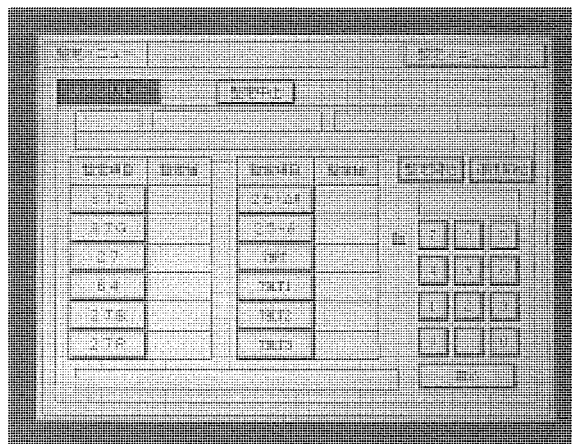


図 6. マンマシンソフトウェア作成画面例

保護・制御装置は低位系から基幹系の大規模なシステムまで各々のシステムの要求に柔軟に対応できる仕組みが必要であり、これに対応するため、従来から自律分散形のマルチCPUシステム⁽¹⁾を適用している。以上示した保護・制御装置を高度化する様々な機能が、上位互換の考え方で、この自律分散形マルチCPUシステム上で構築できる方式とした。これにより、種々のインタフェース機能も柔軟に構成可能で、例えば遠隔のパソコン等で盤組込み形のマンマシンと同様な運用と保守操作を可能とするインタフェース等を容易に拡充できる構成とした。

また、マルチタスク方式⁽⁹⁾の継承、多種多様なソフトウェア(例えばリレー演算、常時監視など)のタスク単位における標準化、タスク間の独立性確保により、ソフトウェアの信頼性が向上する構成とした。

9. む す び

電力系統保護・制御装置の責務は、高度情報化社会の急速な進展における電力エネルギーの安定供給と品質確保という社会的ニーズから、ますます重要なものとなっている。

これらの要求にこたえるものとして、運用・保守性、性能、信頼性等の様々な面で高度化した第二世代保護・制御装置を開発し、実用化した。今後、非常に大規模かつ高度な送電システムを始めとして、性能とともに経済性も求められる都市部変電設備等において、ヒューマンフレンドリーなこのシステムの有用性は極めて高いものといえる。

最後に、このシステムの開発に当たり多大な御指導、御協力をいただいた関係各位に深謝する次第である。

参 考 文 献

(1) 畑田 稔, 辻倉洋右, 東 信一, 鈴木 愿, 大垣健二, 細井真知夫, 大石哲久, 佐藤 廣: 保護・制御用32ビット

マルチCPU基本システム《MULTIFLEX-32シリーズ》, 三菱電機技報, 63, No.8, 611~614 (1989)

- (2) 電気協同研究会: 第二世代デジタルリレー, 電気協同研究, 50, No.1, 4~19 (1994)
- (3) 前田隆文, 大河原健治, 小松親司, 金子精二, 関口勝彦: 次世代デジタルリレーのマンマシンインターフェイス, 平成5年電気学会全国大会, No.1525, 120~121 (1993)
- (4) 前田隆文, 大垣健二, 安斉俊夫: デジタルリレー用タッチパネル形マンマシンI/Fの開発, 平成5年電気学会全国大会, No.1527, 123 (1993)
- (5) 柳橋 健, 前田隆文, 山川 寛, 大垣健二, 金子精二: 次世代デジタルリレーの不良部位特定化機能について, 平成7年電気学会全国大会, No.1560, 523~524 (1995)
- (6) 松田高幸, 白井正司, 諫早啓司, 栢森 渉: デジタルリレーの高精度化開発, 電気学会電力技術研究会, PE-92-210, 89~97 (1992)
- (7) 前田隆文, 東 信一, 大垣健二, 松永完三, 金子精二, 安斉俊夫: 次世代デジタルリレーの開発, 平成5年電気学会電力・エネルギー部門大会, No.361, 513~514 (1993)
- (8) 安斉俊夫, 中川欣之, 村田泰一, 金子精二: デジタルリレーへのオブジェクト指向の適用, 平成6年電気学会電力・エネルギー部門大会, No.388, 367~368 (1994)
- (9) 松田高幸, 柳橋 健, 前田隆文, 大垣健二, 松永完三, 金子精二: 次世代デジタルリレーにおけるシステム構築技術の高度化, 電気学会論文誌B, 114, No.7/8 708~714 (1994)

第二世代送電線保護装置の開発

前田隆文* 光岡正隆**
 山川 寛*
 松永完三**

1. ま え が き

デジタルリレー装置の第二世代化に対応し、基本ハードウェア、ソフトウェアの開発と検証を進めてきたが、1993年から東京電力(株)の指導の下で1,000 kV保護装置の検討をスタートし、0号器の製作と検証を経て、実証試験用保護・制御装置を製作し、'94年9月に新榛名変電所内の1,000 kV実証試験設備へ納入した。

また、同時に実用装置への適用開発を進め、基幹系統送電線保護装置、高抵抗接地系統送電線保護装置の開発と実用化を完了した。

本稿では、1,000 kV送電線保護装置実証器、基幹系統、及び高抵抗接地系統向けの送電線保護装置について、その開発内容を述べる。

2. 1,000kV送電線保護装置実証器

2.1 1,000 kV 系統送電線保護の課題

将来の電力輸送網の骨格となる1,000 kV系統においては、系統充電容量の増加に伴う線路充電電流の増加と事故時過渡高調波次数の低下、変電所容量増加による事故時過渡直流分の長時間継続、さらに、相間不平衡の増大による不平衡電圧・電流の増大、等によって系統保護上で多くの課題が発生する。

本稿では、系統充電容量の増加への対策を中心に述べる。

2.2 系統充電容量増加への対応

1,000 kV系統では、送電線の多導体化と系統電圧の上昇により、系統充電容量が増加する。このため、今回開発の装置では次の機能を適用している。

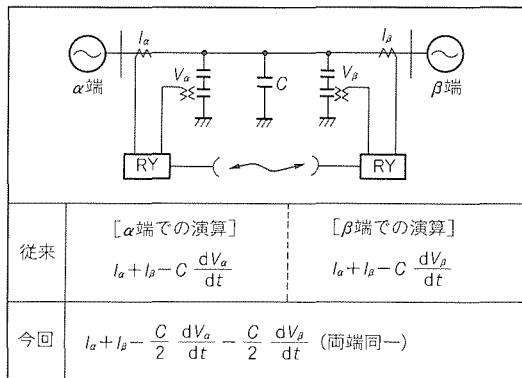


図1. 充電電流補償方式比較(差動電流導出式)

(1) 電流差動リレー要素の充電電流補償方式改善

従来の装置では、伝送データを充電電流補償前のデータとし、受信側で全区間の充電電流を補償する方式としていたが、この装置では各端で区間内充電電流の50%ずつを補償する方式とした。この方式は、高速サンプリングによって遅延を最小にして実施出来ることから実現したもので、PT不良時の充電電流補償誤差電流が小さくなるために、検出感度の向上が図れる。

図1に従来方式と今回の方式の比較を示す。

(2) 再閉路方式の高機能化

1,000 kV系統では、系統安定度上の要求から高速度再閉路の実施が不可欠である。しかしながら、系統電圧の倍増により、CB遮断後の事故相線路に対する静電誘導によって二次アークの消弧が遅れ、周囲条件によっては1秒以内には消弧しない場合があるため、高速度再閉路の実施が困難となる。

そこで、CB遮断後に事故相の両端を高速接地開閉器(HSGS)によって強制的に接地することにより、二次アークを消弧させる高速接地式再閉路を開発した。

再閉路動作の概要を図2に示す。

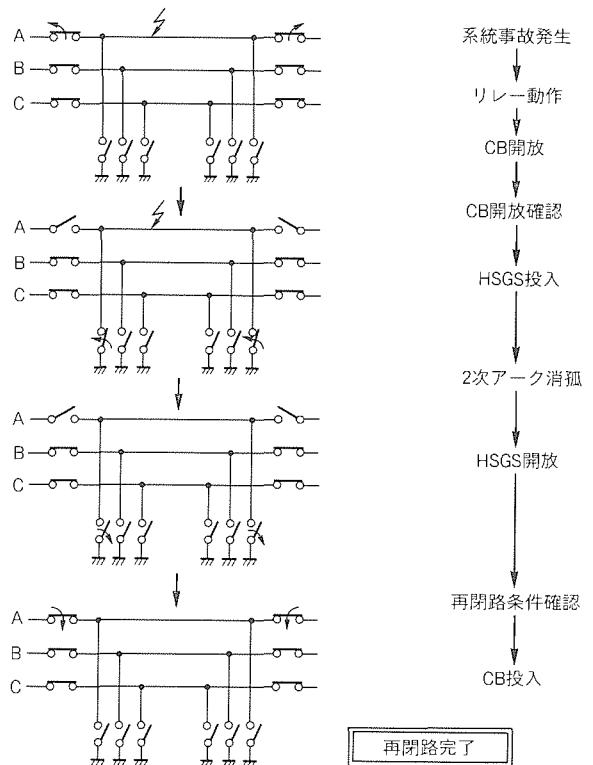


図2. 高速接地式再閉路方式

この方式では送電線を強制的に接地するため、HSGSとCBの制御に当たっては、複数のインタロックを設け、不要応動を防止している。HSGSとCBの制御条件とその確認方法を表1に示す。表に示すとおり、制御条件中、機器条件の確認については電気的条件と機械的条件を組み合わせ、機器不良発生時にも安定して動作する構成とすることで、信頼度の向上を図っている。

また、従来は多相再閉路におけるCB制御は各相遮断・三相一括投入としており、追い掛け事故時には無電圧時間を取り直すために欠相時間が長くなっていた。

今回の方式では、追い掛け事故に対しても極力再閉路可能となるよう、遮断・条件確認・投入ともに各相独立に制御する方式とし、系統欠相時間を短縮している。この装置の工場試験時のオシログラフを図3に示す。

なお、装置構成に関しては、後述する基幹系統送電線保護装置と同様に、主保護・後備保護一体形の構成としている。装置の外観を図4に示す。

3. 基幹系統送電線保護装置

表1. 機器制御時の確認条件

制 御	確 認 内 容	
HSGS投入	両端CB開放	} AND
	主検出リレー復帰	
	線路電流なし	
HSGS開放	HSGS投入後一定時限	
C B 投 入	両端HSGS開放	} AND
	多相・同期再閉路条件成立	

基幹系統向け送電線保護装置としては、従来からPCM電流差動リレー方式が広く適用されてきている。第二世代化に当たっては、伝送系など、周辺機器との取合いは従来のままとし、リレー装置側の機能向上を図る形で適用が進められている。

ここでは、第二世代化によって実現された、主保護・後備保護一体化、主保護地絡事故検出要素の改善、トリップ回路構成の高信頼度化について述べる。

なお、この装置は、平成7年6月から東京電力(株)275kV送電線において実運用を開始している。装置の主な仕様を表

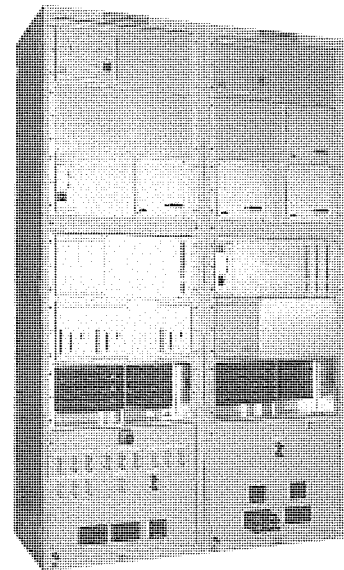


図4. 1,000kV 送電線保護装置実証器

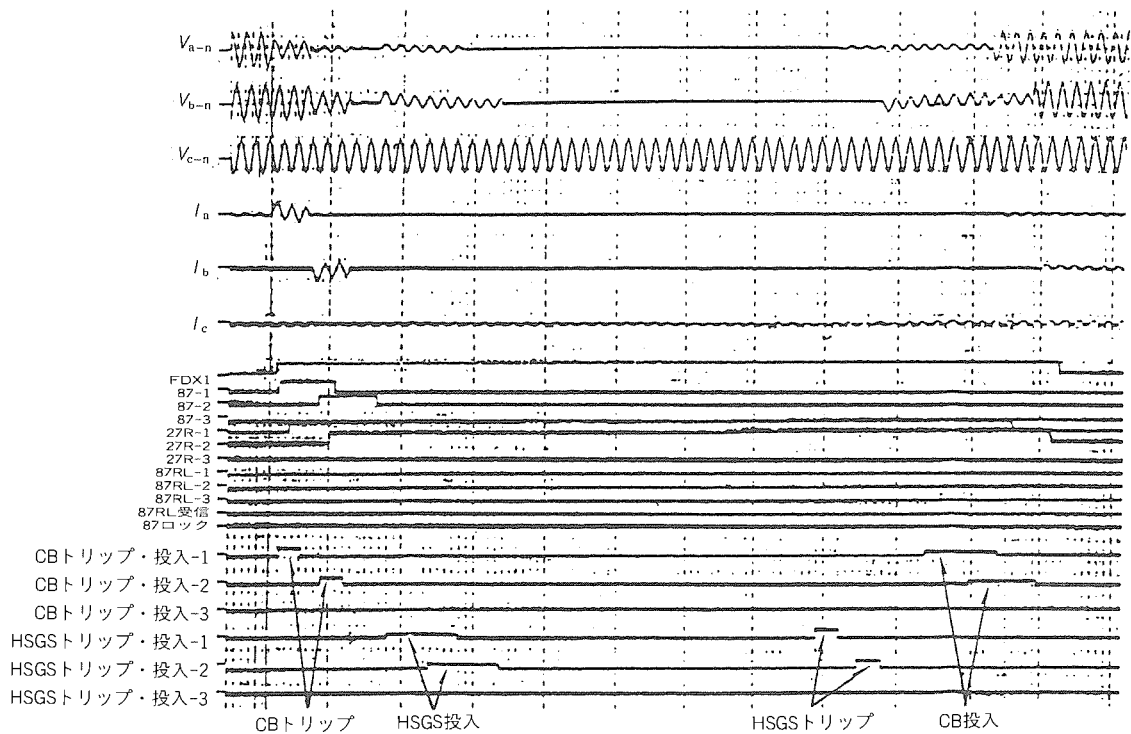


図3. 高速接地式再閉路方式試験データ (a相→b相追い掛け事故)

2に、装置外観を図5に示す。

3.1 主・後備一体形構成

従来形の装置では、主保護装置と後備保護装置をそれぞれ別盤とし、主保護1+主保護2+後備保護1+後備保護2+過負荷保護1の系列構成としていた。

今回の装置では、CPUの処理性能向上、アナログ入力部の高精度化による入力回路の共用化などにより、主保護機能・後備保護機能・過負荷保護機能・故障点標定機能を1面に実装することを可能とした。

従来装置との構成比較を表3に示す。

3.2 主保護・地絡事故検出要素の改善

従来、地絡主保護は、主検出リレーとして電流差動要素87を、事故検出リレーとして電流補償付きUV要素27G及び零相過電流要素51Gを適用していた。51Gは、樹木接触などの微地絡事故検出感度を高めるために付加したものである。しかし、87と51Gへの入力として同一CTの情報を使用するとCT1か所の不良によって装置不要動作に至る可能性があるため、別のCTを入力とする他系列の51G条件を使う必要があった。このため、片系列の装置停止でもう1系列の地絡事故検出感度が低下する、保守性が悪い等の問題があった。

今回の装置では、系列間の独立性を高め、CT1か所不良での装置不要応動を防止し、さらに事故検出リレーを簡素化する目的で、電圧情報のみによる高感度な零相電圧要素(64Z)と逆相電圧要素(64N)の“OR”で構成される要素(64ZN)に一歩化した。

この事故検出リレー要素の動作責務・不動作責務は次のとおりである。

(1) 動作責務

(a) 後備保護リレーよりも保護区間内における事故検出感度が高いこと

(2) 不動作責務

(a) 系統に常時発生している電圧不平衡分では動作しないこと

表2. 基幹系統送電線保護装置の主な仕様

項目	方式
系列構成	主・後備保護(第1系列)+主・後備保護(第2系列)
主保護	短絡・地絡：各相電流差動リレー方式 脱調検出：代表相電圧位相比较リレー方式
後備保護	距離リレー方式 (1~4段：低次高調波対策付き) (4段：逆相リレー方式併用)
過負荷保護方式	送電線温度上昇演算方式(オプション機能)
再開路方式	単相・多相再開路方式 同期再開路方式 6相1端再開路方式
伝送方式	自動同期PCM伝送方式
伝送速度	54kbps
故障点標定方式	インピーダンス演算方式(オプション機能)

(b) 系統操作時の位相急変や周波数変動等によって瞬時動作のないこと

上記責務を満足した上で、極力高速に動作させるため、この事故検出リレー要素の構成を図6のようにした。

64ZL, 64NLは微地絡事故検出用で、不要動作防止のため確認タイマを入れており、動作時間は40ms程度であるが高感度である。64ZHは通常地絡事故検出用で、やや

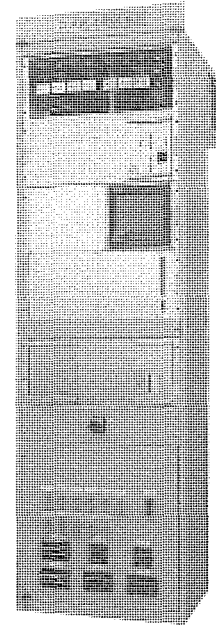
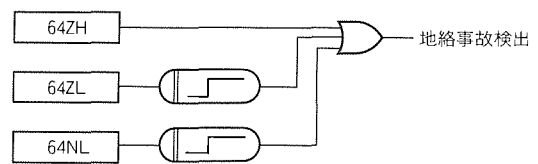


図5. 基幹系統送電線保護装置

表3. 従来装置との構成比較

主・後備一体形装置構成	従来装置構成(重要送電線向け)							
第1系列：主+後備(700mm) 第2系列：主+後備(700mm)	主保護(700mm)×2系列 後備保護(350mm)×2系列 送電線過負荷保護(350mm)×1系列							
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;">主+後備+送電線過負荷(1系)</td> <td style="width: 50%;">主+後備+送電線過負荷(2系)</td> </tr> </table>	主+後備+送電線過負荷(1系)	主+後備+送電線過負荷(2系)	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 16.6%;">主1</td> <td style="width: 16.6%;">主2</td> <td style="width: 16.6%;">後備1</td> <td style="width: 16.6%;">後備2</td> <td style="width: 16.6%;">送電線過負荷</td> </tr> </table>	主1	主2	後備1	後備2	送電線過負荷
主+後備+送電線過負荷(1系)	主+後備+送電線過負荷(2系)							
主1	主2	後備1	後備2	送電線過負荷				
故障点標定機能は片系列に実装	故障点標定機能は後備保護の片系列に実装							



各リレー要素動作式：64ZH, ZL : $3|V_0| > K1$
64NL : $3|V_2| > K2$

図6. 地絡事故検出リレー(64ZN)の構成

低感度であるが高速動作である。

64 ZH：高整定零相電圧要素（低感度）

系統操作時の位相急変で動作しない整定（瞬時動作）である。

64 ZL：低整定零相電圧要素（高感度）

系統操作時の位相急変による瞬時動作をタイマ（30 ms）で防止する。

64 NL：低整定逆相電圧要素（高感度）

事故検出感度向上を目的として64 ZLと併用する（系統によっては、零相と逆相のインピーダンス比の関係から、地絡事故時に発生する V_2 の方が V_0 よりも大きくなる場合がある。）。

3.3 トリップ回路構成の高信頼度化

従来の装置では、主保護装置内の主検出リレーとして電流要素の87（電流差動リレー）と電圧要素である56（電圧位相比較形脱調保護リレー）が存在し、PT/CT回路の1か所不良での不要応動を回避するため、リレー装置内部でストッパ要素を用いた複雑なトリップシーケンスを構成していた。

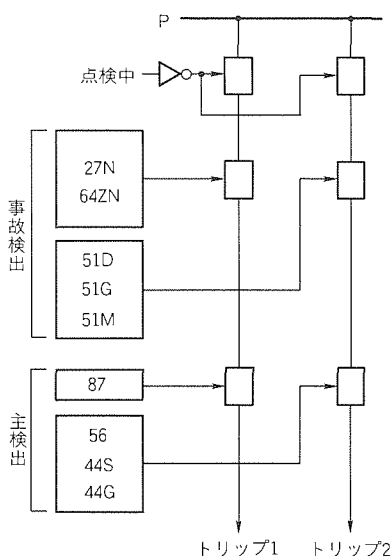


図7. トリップ回路構成

表4. 高抵抗接地系統送電線保護装置（主保護）の主な仕様

項目	方式
保護方式	短絡：各相電流差動リレー方式 （分岐負荷端子インラッシュ電流対策付き） 地絡：零相電流差動リレー方式 87要素は系統分断対策付き
再開路方式	多相再開路＋先行・後続3相再開路方式 優先遮断再開路＋先行・後続3相再開路方式 先行・後続3相再開路方式
伝送方式	ループ状伝送路による直列伝送方式
伝送速度	1.544Mbps
伝送路障害対応	ループバック制御による伝送路切換えによってリレー機能を維持
CB点検時対応	局除外機能によってリレー機能を維持

今回、主保護・後備保護を1装置に収納するに当たり、次の観点からトリップ回路の構成を検討した。

- PT/CTの1か所不良で不要動作しないこと
- 系列間の条件渡しをなくすこと（隣系列51G条件）
- トリップ回路の簡素化

以上により、トリップ回路を2ルート（トリップ1、トリップ2）とし、トリップ1は主検出を電流要素、事故検出を電圧要素で構成し、トリップ2はその逆とした。

図7にトリップ回路の構成を示す。

4. 高抵抗接地系統PCM電流差動保護継電装置

高抵抗接地系統の送電線保護装置としては、光ファイバ伝送網の拡大による伝送系コストの低下に応じ、PCM電流差動リレーの適用拡大が進められてきている。

東京電力(株)では、従来、154 kV系/66 kV系にも基幹系統向けと同一方式の信端側でサンプリング同期制御を実施するPCMキャリアリレーを適用してきたが、この機能をリレー側に実装し、トータルコストの低減を図ったシステムを開発した。

また、この装置では、分岐負荷端子のインラッシュによる電流差動リレーの不要応動対策についても改善を図っている。

装置の主な仕様を表4に、装置外観を図8に、各々示す。

4.1 伝送方式

伝送方式は、ループ状伝送路を使用した直列伝送方式とし、伝送系不良発生時にはループバック制御を実施することによってリレー機能を維持することで信頼度向上を図っている。さらに、遮断器点検時等に1端子のリレー装置を停止する場合を考慮し、伝送系から1端子を除外させて運用することを可能としている。



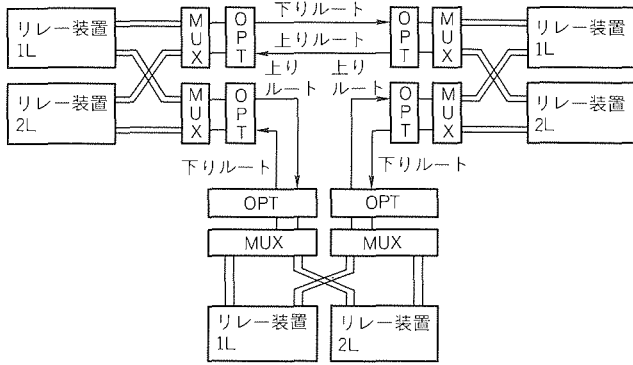
図8. 高抵抗接地系統送電線保護装置

また、伝送信号に関しては、伝送速度を従来の54 kbps（リレー専用）から通信標準の1.544 Mbpsとし、光信号のインタフェースを高レベルLDと高感度PDの組合せとすることにより、光直結/MUX結合の両方の通信系構成を可能とした。

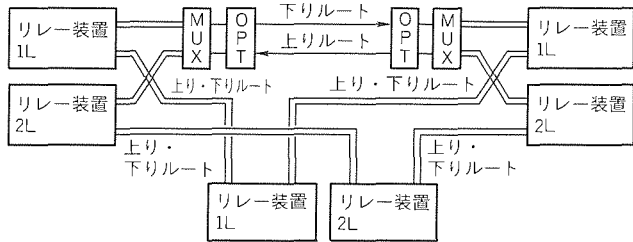
図9に今回の装置と伝送系との結合方式を示す。

4.2 分岐負荷端子インラッシュ電流対策

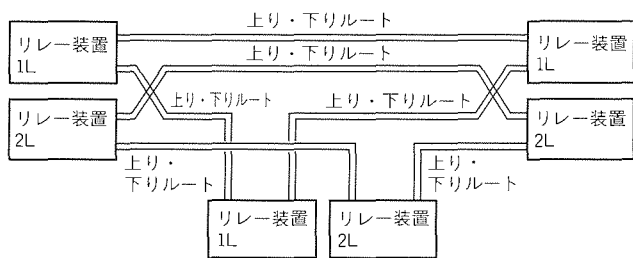
送電線途中に保護リレーを設置しない端子（分岐負荷端子）が存在する場合、分岐負荷端子へのインラッ



(a) MUX直結構成



(b) MUX直結・光ケーブル直結混在構成



(c) 光ケーブル直結構成

図9. 今回装置と伝送系との結合

シュが区間内最小故障電流よりも大きくなるケースがある。

こうした場合への対応策として、従来は、インラッシュ電流が発生すると想定されるケース(外部事故除去時、送電線電圧印加時)には、一定時限87Sの感度を低下させる方式としていた。この方式では、インラッシュの減衰速度を考慮して感度低下時限を設定するが、内部事故発生時にも事故除去がそれだけ遅れ、後備遮断となるケースが出てくるという問題点があった。

これに対して、今回方式では、自端電圧と差電流から算出したインピーダンス中のリアクタンス成分の大きさの変動から分岐負荷のインラッシュを検出し、87SL(高感度要素)の出力をロックする構成とした。これにより、インラッシュ発生中のみ87出力をロックすることが可能であり、内部事故時の装置動作が高速になった。

今回方式でのシーケンスを図10に、従来方式のシーケンスを図11に示す。

今回方式の場合でも、内部事故時のインピーダンス変動でいったんはインラッシュを検出するため、87SLだけでは内部事故除去時間が遅延する。これを避けるために、低感度要素(87SH)をORに構成している。

4.3 送電線分断対策

低位系の送電線では、ジャンパ開放などによって送電線の運用形態が変更となるケースがあるが、こうしたケースでも伝送路構成を変更せずに対応可能としている。

整定項目として“系統グループ設定”を設け、自系統/他系統の設定を行い、自端の87用の電流データや再閉路用のON/OFF信号は自系統設定端子分のみを入力する方式としている。

4.4 代表端判定+転送遮断方式

従来装置は全端子で87演算を行う各端判定方式であったが、今回のシステムでは代表端中央装置のみで87演算を行い、端末装置への転送遮断で事故除去を行う構成も可能としている。

5. むすび

以上、第二世代デジタルリレー技術を適用した送電線保護装置の開発内容を、1,000kV系統、基幹系統、高抵抗接地系統向けの各装置について述べた。今後、更に各機種へ適用を拡大していく予定である。

最後に、システムの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。

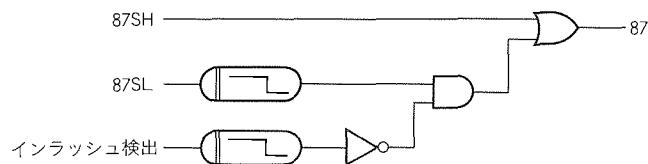


図10. 今回装置での分岐負荷インラッシュ対策シーケンス

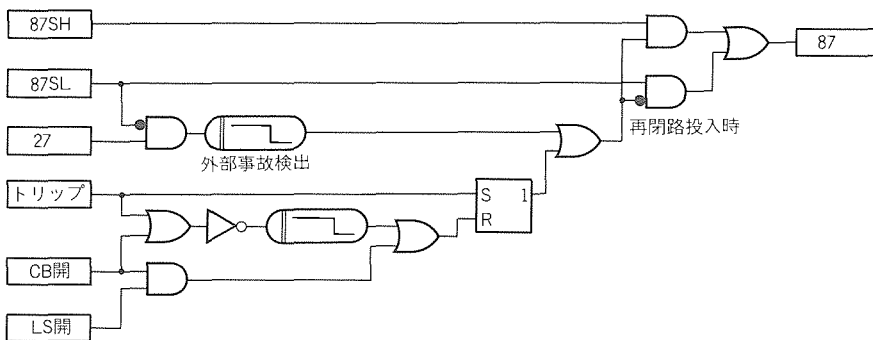


図11. 従来装置での分岐負荷インラッシュ対策シーケンス

第二世代母線保護・変圧器保護装置

前田隆文* 飯塚光雄**
 山川 寛* 尾野本 剛**
 磯松信夫**

1. ま え が き

母線保護・変圧器保護についても1984年以降第一世代デジタルリレーによるデジタル化が進められてきており、これまでの豊富な使用実績をベースに、より高機能でかつヒューマンフレンドリなシステムを目指し、今、これら装置の第二世代デジタル化が進んでいる⁽¹⁾。この技術の導入によって一層の機能向上とコストダウン等が期待されている。

以下、東京電力(株)新榛名変電所で実用性能を検証中の1,000 kV母線保護・変圧器保護を例に、技術検討の経緯及び検証結果について紹介する。

2. 第二世代デジタルリレーの特長

第二世代デジタルリレーは、従来の32ビットデジタルリレーに比較して3～4倍の高速処理能力と大容量メモリを備えている。これによって多量のデータを高速に処理することが可能であり、その特長を列記すれば以下のとおりである。

(1) 高度保護機能の実現と装置のダウンサイジング

CPUの高速処理及び高速・高精度A/Dによるダイナミックレンジの拡大により、高度な保護機能を実現するとともに主・後一体化による装置の縮小化が可能である。母線保護では母線分離リレーや高速後備リレーとの一体化、変圧器保護では後備保護用距離リレーとの一体化などが実用化例として挙げられる。

(2) ヒューマンインタフェースの高度化

ディスプレイ(フラットディスプレイ又はパソコンディスプレイ)を活用したヒューマンインタフェースの採用により、装置運用状態、動作結果、障害内容の的確な表示が可能であり、操作者と試験者の支援に大きな威力を発揮する。

(3) 知識工学を応用した故障診断システム

自己診断機能を更に発展させ、知識工学における推論手法をコンパクトに応用した故障部位特定機能を搭載した。自動監視結果を基に故障部位を部品交換単位で特定できる。

3. 母線保護装置

近年の系統規模拡大に伴う故障電流の増大と大容量電源の偏在・集中によって直流分減衰時定数が長時限化し、カレントトランス(CT)の磁気飽和はますます顕著なものとなりつつある。1,000 kV系統での直流分減衰時定数は、送電線

の太径化により、最大0.25秒程度になると見込まれている。母線保護ではCT飽和の影響が特に厳しく、原理上磁気飽和のない空心CTを適用した方式を採用している⁽²⁾。

3.1 1,000kV母線保護方式

(1) システム及び装置構成

図1に1,000 kV母線保護のシステム構成を示す。母線保護では各回線電流によって差動演算を行うため、端末装置を当該遮断器近傍に分散配置し、スターバス形光LAN(伝送速度10Mbps, プロトコルIEEE 802.4準拠)で保護リレー装置と結合する構成としている。また、保護リレー装置は一括リレー局と分割リレー局で構成している。各装置は第二世代デジタルリレーを適用しており、パソコンを用いた別置形ヒューマンインタフェースを採用し、多量のデータをディスプレイに表示することで運用・保守性を格段に向上させている。

(2) 保護方式

図2は、空心CTを適用した電流比率差動リレー(87)の特性図である。空心CTは原理上CT飽和を生じないため、比率特性は小電流域から大電流域まで同一の傾きとした。

(a) 空心CT二次回路構成

空心CT二次回路は、自己インダクタンス L とサージ吸収用コンデンサ C の並列回路となり、共振周波数近辺で大きな電圧が発生することが考えられる。このため、制動抵抗を空心CTとリレー装置間に直列に挿入し、異常電圧発生を防止している。制動抵抗の値は400Ω程度であるが、これは空心CTの高調波電流増幅特性を1～2kHz以上の領域で十分減衰させること、及び基本波検出誤差が小さくリレーの検出感度に影響を与えないことを条件にシミュレーションによって決定した。

(b) アナログ入力部構成

リレーに適用するアナログフィルタは、基本波以外での減衰を十分確保するため三次ローパスフィルタによって構成し、空心CT一次側から見て等価的にバンドパスフィルタ構成としている。A/D変換は16ビット、サンプリングは4,800 Hzで8点加算方式を採用しており、最大事故電流80 kAのとき、タップ値1.5 kAで動作値精度は1%以内である。

3.2 空心CTの構成と特長

(1) 構造と変換原理

空心CTは従来の鉄心CTと全く同一の外観をしており、

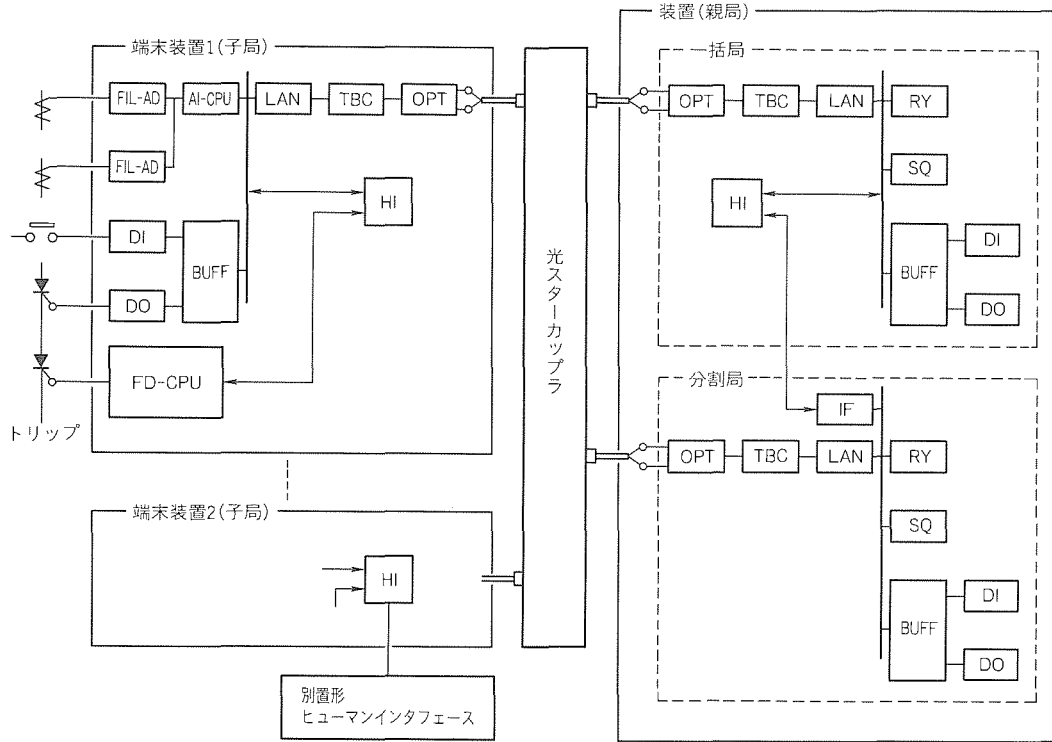


図1. 母線保護のシステム構成

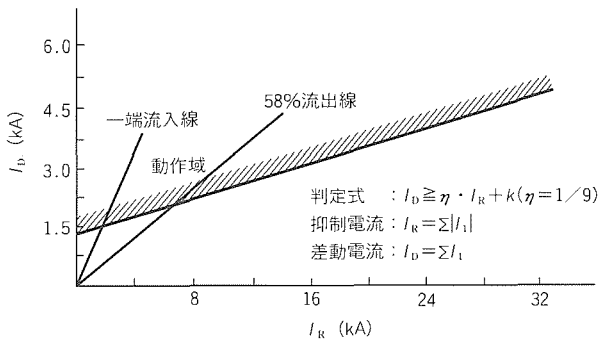


図2. リレーの特性

構造も巻き棒として絶縁物を用いている点のみ異なるのみである。鉄心CTは巻き棒として高透磁率の鉄心材料を用いるため、非飽和状態では相互インダクタンス M が非常に大きく、低インピーダンス負担を接続して一次電流に比例した二次電流を得る。一方、空心CTは透磁率がほぼ空気と同じで、相互インダクタンス M も0.02 H程度と小さく、高インピーダンス負担を接続して、一次電流と相互インダクタンス M によって確立される電圧を二次出力とする。

図3は空心CTの構造及び変換原理を示したものである。

(2) 空心CTの特長

空心CTは、その変換原理により、以下の特長がある。

- (a) 二次出力は一次電流を微分することによって電圧として得られる。このため、二次出力は一次電流の周波数に比例し、位相は一次電流に対して 90° 進む。
- (b) 鉄心を使用しないため飽和がなく、二次出力は一次電

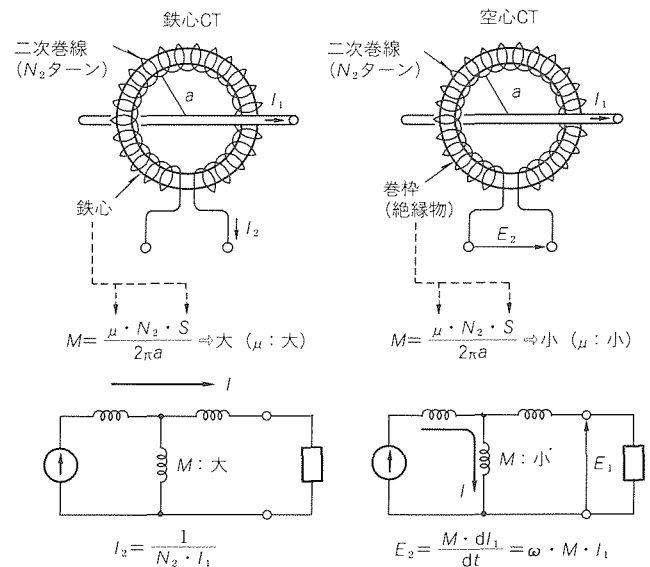


図3. 空心CTの構造及び変換原理

流に比例して変化する。このため、小電域から大電域まで広い範囲で直線性を得ることができる。

(c) 一次側から見る入力インピーダンスが小さく、二次回路開放でも異常電圧を発生することがない。

(3) 空心CTの誤差

空心CTは一次電流によって発生する磁束の周回積分によって二次出力を得ており、理論的には外部条件の影響を受けない。しかし実際には、以下の要因によって誤差を生じることが考えられる。

(a) 一次導体の偏心による誤差

空心CTの二次巻線は完全な均等巻きではないため、一次導体の位置が二次巻線中心からずれることで、二次巻線に鎖交する磁束の総和に差を生じて誤差となる。通常の組

表 1. モデル系統と高調波含有率

	高調波次数 (f_n/f_0)	高調波電流 (P_u)	ひずみ率 (%)
ケーブル系モデル系統	1.7~2.8	4.7~26.9	47~135
架空系モデル系統	2.6~21.4	0.3~9.3	32.7~46.7

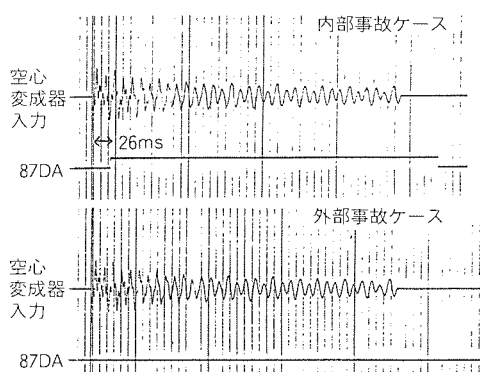


図 4. 高次高調波入力でのリレー応動検証結果



図 5. 大電流試験状況

立精度であればこの誤差は0.1%以下である。

(b) 鉄心CT隣接による誤差

鉄心CTが空心CTに隣接配置された場合、鉄心CTの二次巻線による漏れ磁束の影響を受ける。モデルによる試験の結果、誤差は0.01%程度であり、実用上問題となるレベルではなかった。

(c) 外部電流による誤差

空心CTにとって最も厳しい条件は、GIS外皮に故障電流が1点集中して流れる場合である。ただしこの場合でも、空心CTの出力誤差は1%を少し上回る程度である。

3.3 実証器の検証結果

(1) 検証試験の条件設定

空心CTの高調波領域での出力増幅の抑制効果を検証するため、ケーブル系及び架空系モデルで高調波発生状況をシミュレーションし、この結果をベースにリレー応動検証を行った。

また、大電流試験設備によって実仕様の空心CTと組み合わせ、実運用状態における問題の有無についての検証も行った。

(2) 高調波に対する性能検証

空心CT二次回路までを含めたモデル系統でのシミュレーション結果をCPU模擬送でリレーに印加し、応動を確認した。表1にモデル系統での高調波発生状況を、また、図4にリレー応動試験結果のオシログラフを示す。

上記以外に回転機を使用したケーブル系模擬系統においても、空心CT(変成比は実仕様と異なる。)を介して故障電流をリレーに印加する応動試験を施している。いずれの検証試験でもリレー応動に問題はなく、期待する性能を得ている。

(3) 大電流試験設備での性能検証

実仕様の空心CTと組み合わせ、短絡発電機によって大電流を通電し、リレー応動を確認した。この際、この大電流によって発生する強磁界環境下 ($1.8 \times 10^{-2} \text{ T}$ {180Gs}, 63kA 離間距離 1m での磁界の 1.5 倍) にリレー装置を設置し、磁界の影響も併せて確認した。図5に試験状況を示すが、リ

レー装置の応動に問題はなく、電磁誘導による誤差も数十A程度であった。

4. 変圧器保護装置

1,000kV変圧器保護では、大容量に伴う事故検出感度の低下、変圧器内部事故時の過渡高調波の増大、及び低次化に伴う事故除去時間の遅延の問題があり、これらを解消する方式を新たに開発した。

4.1 1,000kV保護方式

(1) システム構成

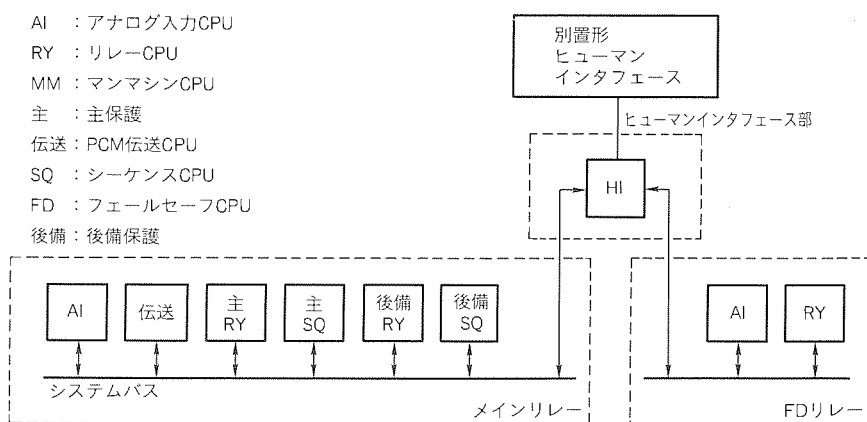


図 6. システム構成

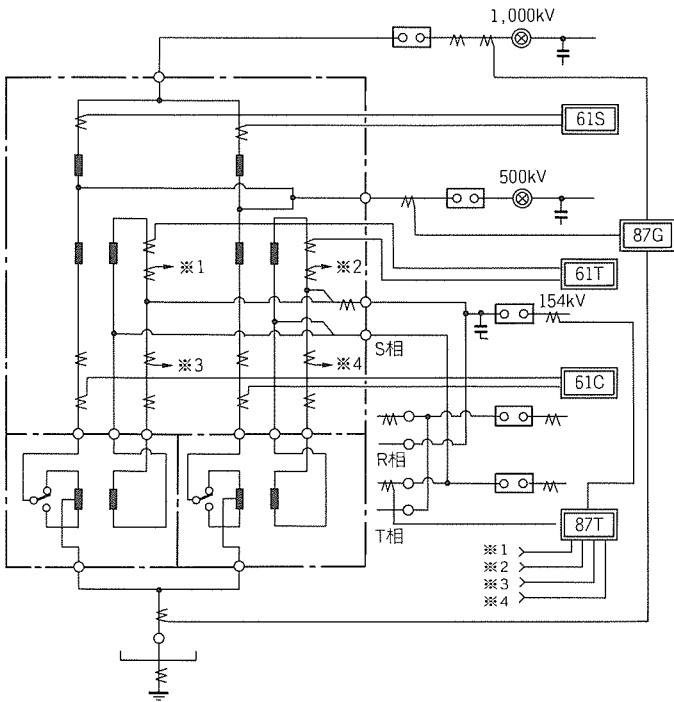


図7. 交流回路

リレー精度の向上、及び主保護・後備保護一体化によるリレー盤の縮小化に伴い、図6に示すシステムを構築した。

(2) 保護方式

交流回路を図7に示す。1,000 kV変圧器は、500 kV変圧器の最大定格のもの(1,500 MVA)に比べると、おおむね定格容量が2倍、定格電圧が2倍で、%インピーダンスはほぼ同じである。また構造面では、輸送限界から1相当たり2タンク構造で、タンク容積は2倍となっている。

また、保護面での検討課題としては以下が挙げられる。

- 事故時の過渡高調波が2倍調波近傍まで低下し、励磁突入電流波形と事故電流波形が類似している。
- 変圧器巻線数の倍増により、相間短絡時の事故電流が半減する。
- 高電圧化による絶縁距離確保から、タンク内部の1,000 kV端子側リードCTの設置が難しい。

上記の対策として、1,000 kV変圧器保護では以下の方式を開発した。

- (a) 巻線内部事故時はタンク間電流が不平衡となるのに対して、常時の負荷電流や励磁突入電流はほぼ平衡となることから、原理的に励磁突入電流の影響を受けないタンク間電流比較リレー方式を採用した(61S, 61C, 61T)。
- (b) 61S, 61Cで保護できない一次・二次端子近傍の事故は常に地絡を伴う事故であるため、一次・二次・中性点間の各相地絡差動電流リレー方式を採用し、併せて地絡保護の高感度化を図った(87G)。
- (c) 三次端子部の短絡事故を保護するため、励磁電流が三次Δ回路を環流すること、三次端子部の短絡事故は必ず相

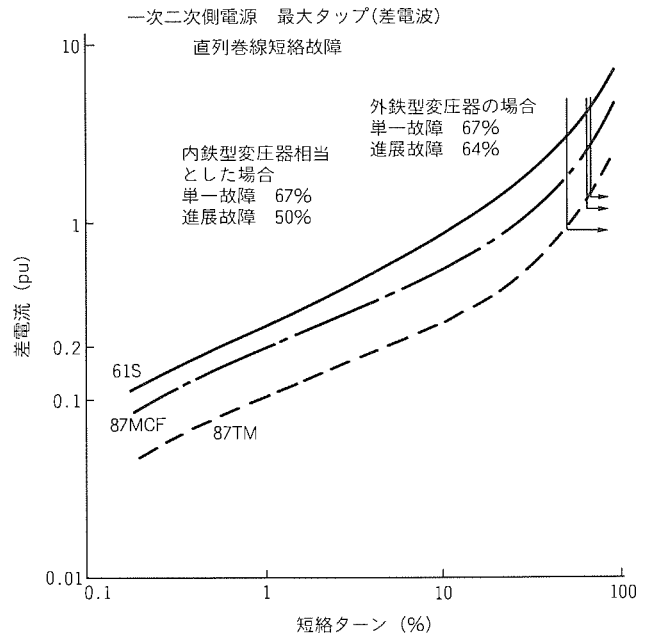


図8. タンク内圧協調とリレー検出感度

間の短絡事故であることに着目し、Δ回路を3分割して保護する三次回路電流差動リレー方式を採用した(87T)。

(d) 61リレーのフェールセーフリレーは、より高感度検出を目指し、一次・共通・三次(2タンク)間の3端子による差動リレーを採用した(87MCF)。

4.2 事故検出感度

(1) 故障解析の手法

変圧器故障点及び各巻線の故障電流分布を把握するため、一次・二次・三次の分離巻線と故障巻線の4巻線変圧器を考え、各種故障に対する伝達インピーダンス及び励磁インピーダンスを求めた。これとUHV系統インピーダンスから、故障電流分布を算出した。

(2) タンク内圧協調とリレー検出感度

タンク内で短絡・地絡故障が生じると、タンク内絶縁油がアークエネルギーによって分解してガスを発生し、タンク内圧が上昇する。

このため、保護リレーは、タンク許容限界圧力5 kgf/cm²に達するまでに事故を除去する動作責務を持っている。最も過酷な条件は、保護リレーで検出できない軽故障(巻線部)が発生してある程度タンク内圧が上昇している状態から、高圧側ライン端地絡事故に進展した場合である。この場合でも事故検出感度を定格電流の0.2 puとすることによって故障発生から80 ms(リレーとサーキットブレーカ(CB)動作時間)以内で事故除去が可能であり、タンク破壊を防止することができる。

タンク間電流比較は、原理上、励磁突入電流の影響を受けない。しかし実際には、鉄心材料特性及び変圧器鉄心の製作上の微妙なばらつきから、残留磁束に若干の差を生じ、2タンク間での不ぞろい励磁突入電流が生じる。検出感度はこの

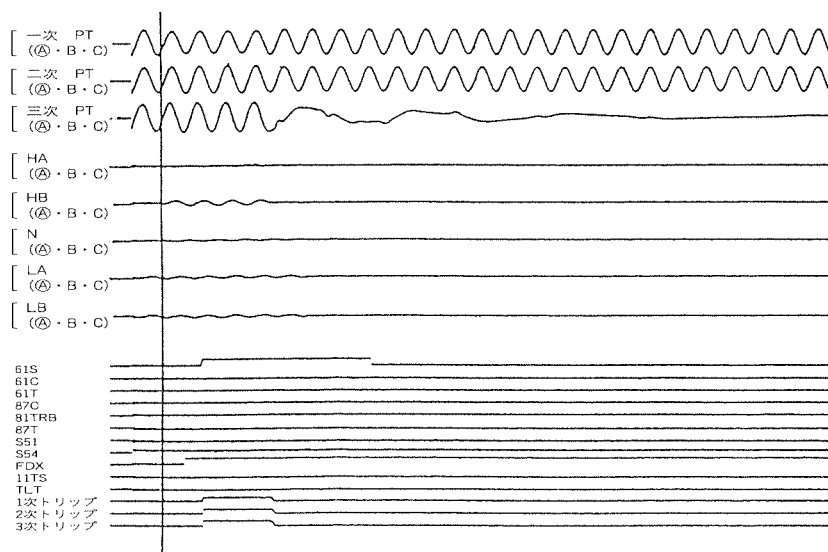


図9. 直列巻線部の10%故障(A相)

差電流によって誤動作に至らないレベル(0.2 pu)に設定している。図8にリレー協調特性の代表ケースを示す。

4.3 実証器の検証結果⁽³⁾

(1) 模擬変圧器

工場試験を実施するに当たり、定格容量は1/25,000、定格電圧は1/500、通過インピーダンスは1/1のUHV模擬変圧器を製作した。特長としてこの模擬系統は、変圧器内外部の短絡・地絡故障の模擬はもちろんのこと、抵抗付き遮断器の使用の有無の選択や光PD(電圧変成器)使用の有無の選択、さらに三次SC(分路コンデンサ)負荷の接続などが可能である。以下に、この模擬系統による検証結果をまとめた。

(2) タンク間電流比較リレー(61S, 61C, 61T)の応動直列巻線部・共通巻線部・三次巻線部の短絡(巻線故障)・地絡故障に対し、リレーは1.5サイクル以下の高速度で正しく動作した。なお、短絡故障では、巻線の故障の大きさによって61S, 61C, 61Tリレーが複数応動することが確認できた。

(3) 各相地絡電流差動リレーの応動

励磁突入電流・外部故障電流で不要動作せず、端子部及び巻線部の地絡に対し、リレーは1.5サイクル以下の高速度で正しく動作することを確認した。

(4) 三次回路電流差動リレー(87T)の応動

励磁突入時の三次Δ回路還流で不要応動しないこと、及び短絡故障でリレーが高速度に正しく動作することを確認した。

(5) 不ぞろい励磁突入時のリレー応動

2タンク間に生じる不ぞろい励磁突入電流をCPU模擬送で模擬し、リレーの正不動作を確認した。なお、図9に故障

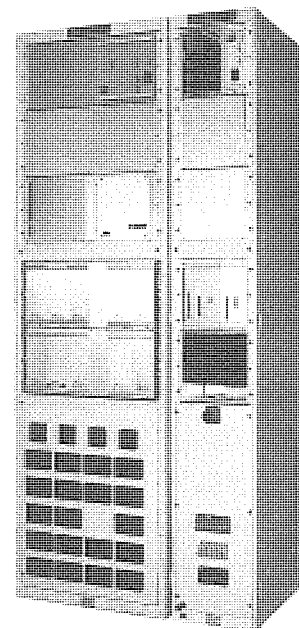


図10. 変圧器保護実証器の外観

の代表ケースを、図10に実証器の外観を示す。

5. むすび

以上、第二世代デジタルリレーの適用例として1,000kV母線保護・変圧器保護の概要及び技術検討の経緯等について紹介した。

第二世代デジタルリレーは今後その機能を活用し、保護機能、コストなど様々な要求にこたえて幅広く適用されていくものとする。また、遠隔監視等のネットワークと結合することにより、変電所無人化の拡大など運用・保守性の向上にもその威力を発揮していくものとする。

参考文献

- (1) 鈴木 守・松田高幸・稲垣恵造・佐々木 宏・白井正司・堀 政夫：1000kV系統保護方式の基本検討，平成6年電気学会論文誌B，114，No.7/8，723～731（1994）
- (2) 前田隆文・松田俊一・佐 力生・佐々木 宏・新谷幹雄：1000kV母線保護方式の検討，平成5年電気学会電力技術研究会，PE-93-179，79～84（1993）
- (3) 鈴木教仁・山川 寛・飯塚光雄・尾野本 剛：1000kV変圧器保護リレー工場試験結果について，平成7年電気学会全国大会，No.1540，6-490～491（1995）

関西電力(株)向け第二世代 デジタルリレー保護装置の開発

河田謙一* 栢森 渉**
池戸泰隆*
松永完三**

1. ま え が き

基幹系(154 kV以上)送電線の保護継電装置は、①保護性能及び機能の向上、②デジタル素子の高集積化などによる装置の小型化、③自動監視機能の向上による信頼性の向上と保守の簡素化、を目指してデジタルリレー化が進んできている。一方、負荷系(77 kV以下)送電線保護継電装置としては、従来からアナログ形表示線継電装置が広く適用されていた。

しかし、近年光ファイバケーブルを用いたデジタル伝送路網が構築されるなど周囲環境も整ってきたこともあり、アナログ形表示線継電装置の後継機種として、変電所間の信号の伝送に光ファイバケーブルを用いたデジタル形光パイロット保護継電装置を開発し、関西電力(株)に納入した。この装置は第二世代デジタルリレーを適用し、機能・信頼性・保守運用性能を大幅に向上させることができた。

本稿では、光パイロット保護装置の概要を、機能・信頼性・保守運用性の向上面を中心に述べる。

2. 光パイロット保護装置の概要

(1) 適用系統

次の送電系統に適用する。

- 電圧が22 kVから77 kVの負荷系送電線
 - 市内系統を中心とした架空送電線又は地中ケーブル送電線
 - 2か所又は3か所の電気所を接続する送電線
- システム構成の例として、2端子負荷系送電線と光パイロット保護継電装置のシステム構成を図1に示す。

(2) 保護方式

基幹系送電線保護に実績があるPCM電流差動保護方式(主保護装置)とデジタル形距離リレー方式(後備保護装置)を採用した。

主な仕様を表1に示す。

(3) 装置外形

図2にこの装置の外形(2回線分)を、また、装置の大きさを図3に示す。従来のアナログ形表示線継電装置と比較して半分に縮小した。

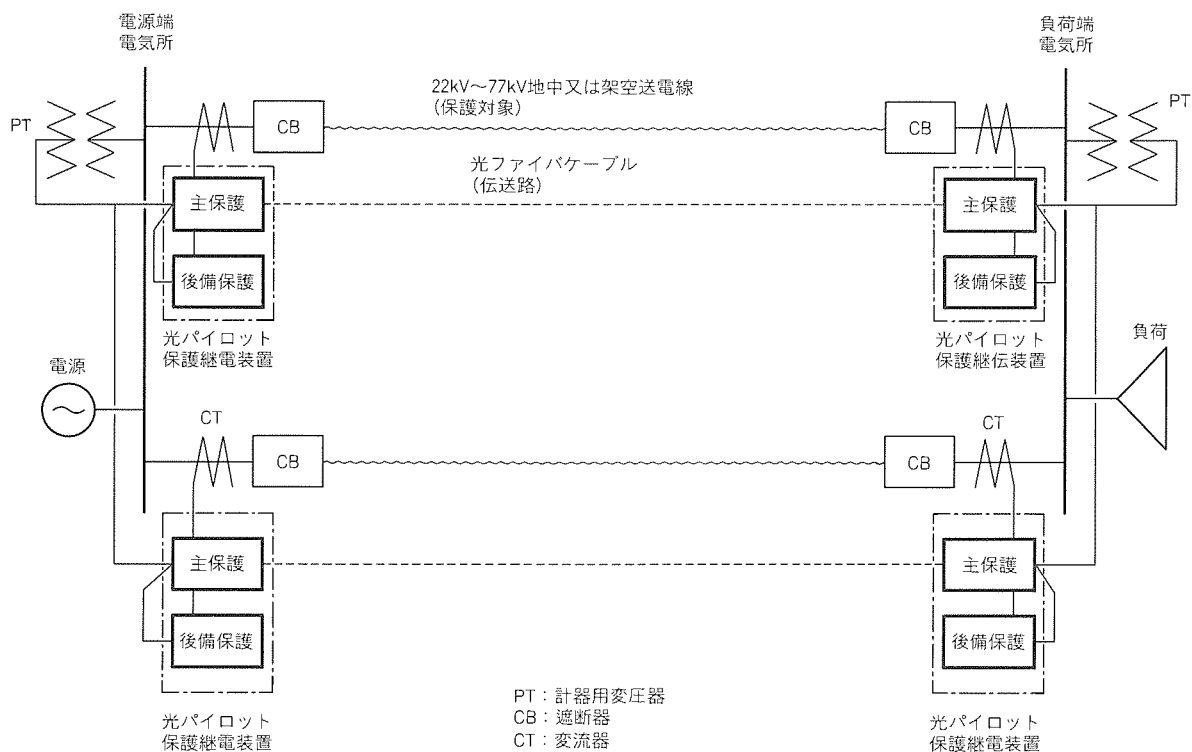


図1. 2端子負荷系送電線と光パイロット保護継電装置のシステム構成

3. 光パイロット保護継電装置の特長

光パイロット保護継電装置の保護性能・信頼性・保守運用性の面での主な特長を表2にまとめた。また、第二世代デジタルリレーの適用によって実現できた項目に○印を付けている。

以下に、各特長について詳細に述べる。

表1. 光パイロット保護継電装置の主な仕様

項目	方式	
主保護	保護方式	短絡：各相電流差動リレー方式 地絡：零相電流差動リレー方式
	再閉路方式	低速三相再閉路方式
	伝送方式	自動同期PCM伝送方式 (伝送ルート切換機能内蔵)
	伝送速度	54kbps(装置内), 1.5Mbps(伝送系)
後備保護	保護方式	短絡：段限時方向距離継電方式 (電圧喪失誤動作防止対策付き) 地絡：地絡方向継電方式(PD断線対策付き) 地絡過電圧継電方式(PD断線対策付き)

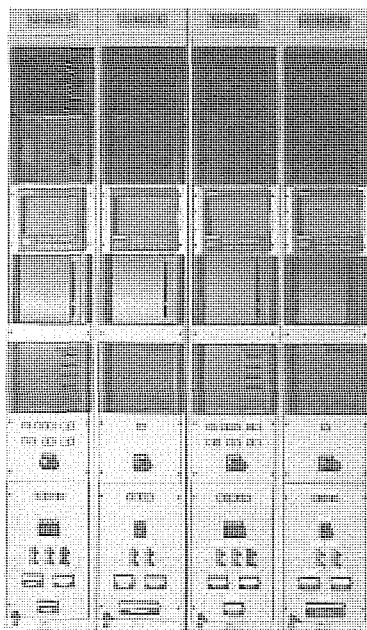


図2. 光パイロット保護継電装置の外観

3.1 アナログ入力部の高精度化⁽¹⁾

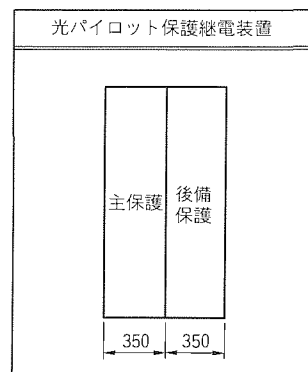
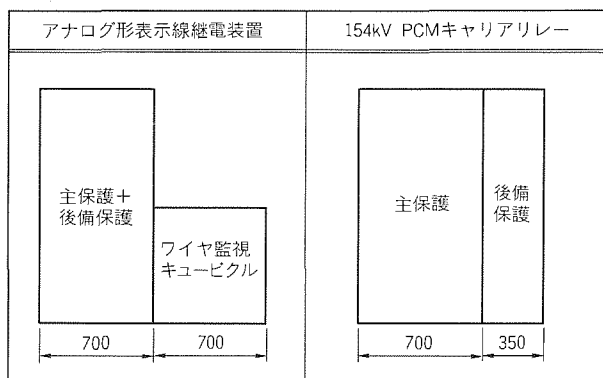
A/D変換器の多ビット化(12ビット→16ビット)、サンプリング周波数の高速化(720 Hz→5,760 Hz)を実施し、アナログ入力部の高精度化を図った。

また、サンプリング周波数を高速化したことにより、ナイキスト周波数が高くなり、折返し誤差防止用ローパスフィルタの高周波域での減衰を小さくすることができるため、回路が簡素化され、回路の信頼性も向上した。

3.2 伝送路における信頼性向上

(1) 伝送路光ファイバ化

伝送路として光ファイバケーブルを採用したことにより、従来のアナログ形表示線継電装置のメタリックワイヤを伝送路に用いた電気信号伝送方式と比べ、電磁誘導の影響がなく



単位：mm

図3. 従来装置との盤構成比較

表2. 光パイロット保護継電装置の特長

項目	内容	分類	第二世代関連
入力部高精度化	16ビットA/D変換器採用	機能向上	○
フィルタ回路簡素化	サンプリング周波数の高速化	信頼性向上	○
光直接伝送	光ファイバケーブル使用光直接伝送	信頼性向上	—
伝送路二重化	伝送路2ルート使用可	信頼性向上	—
伝送路高速切換え	伝送路不良発生時の切換え高速化	信頼性向上	—
自動監視機能充実	頻度監視, 故障部位特定機能 など	信頼性向上	○
MMI機能の向上	フラットディスプレイ, タッチパネルの採用	保守運用性向上	○
動作表示機能充実	動作表示, 入力電気量表示 など	保守運用性向上	○

注 MMI：マンマシンインタフェース

なった。

このため、高電圧に対する安全対策・誘導障害対策が不要となり、装置の簡素化ができるとともに、安全性と信頼性が向上した。

(2) 光直接伝送

光直接伝送対応としたため、基幹系送電線保護に採用されている多重化伝送対応方式と比べて多重化装置及び端局装置が不要となり、システム構成が簡素化した。これにより、周辺機器への設備投資が不要になり、また、システム全体の信頼性を向上させることができた。

(3) 伝送路二重化

従来のアナログ形表示線継電装置では、伝送路が1ルートであったため、伝送路不良時は主保護機能が停止していた。

光パイロット保護継電装置ではこの問題点を解決するため、2ルートの伝送路と接続可能とし、健全な伝送路を選択して使用するよう伝送ルートの自動切換機能を設けた。このため、伝送路の不良及び作業停止時にも、保護機能を維持することができ、システム全体の信頼性を飛躍的に向上させることができた。

(4) 伝送路高速切換

従来のPCMキャリアリレー^(註1)は、伝送路を持って高速動作を行う主保護装置と、伝送路は必要としないが限時動作をする後備保護装置で構成されている。これは、通常は主保護装置で保護を行い、送電線事故時に伝送路不良が重なったときには後備保護装置で保護するという考えに基づいたものである。

ケーブル系統の送電線では、光ファイバケーブルと送電線が同一管路に敷設されることがあるため、送電線事故と同時に伝送路の不良が発生することが考えられる。このような系統に従来の基幹系PCMキャリアリレーの方式を用いると、大半の送電線事故を後備保護装置で保護することとなる。このため、事故除去の範囲を最小限にとどめることができなくなり、安定した保護機能を維持できないことになる。

この対策として、同一管路以外の2ルート目の伝送路とそれらの伝送路の自動切換機能を設け、主保護装置の保護機能を瞬時に回復するように構成した。この機能により、伝送路と送電線の同時事故時にも主保護機能を維持でき、保護機能の信頼度を高めることができた。

具体的には、伝送路不良時の主保護装置動作時間を後備保護2段動作時間より短くするよう、伝送路の自動切換えに要する時間を150ms以下とした。

3.3 自動監視機能の充実⁽²⁾

第二世代デジタルリレー技術の大きな特長として、信頼

(注1) PCMキャリアリレー：符号変調(Pulse Code Modulation)のデジタル伝送方式を採用し、複数の電気所の電流データを基にした電流差動リレー方式を用いたデジタルリレー。

性・保守性の向上を目的に、自己診断機能の充実を図った。その結果として、以下のような新たな機能を実現した。

(1) 頻度監視の採用

装置故障のうち、故障の発生と自然復旧を交互に繰り返す間欠故障は、従来の故障継続監視では検出できなかった。そこで、故障発生の頻度を監視する頻度監視を導入し、間欠故障も発見できるように改善した。

(2) CPUリスタート処理の追加

演算処理部又はメモリ部で発生する故障には、CPUのリスタート処理(リセット信号によって再びプログラムを再起動させる処理)によって正常な機能への復帰が期待できる一過性故障の可能性がある。

このような部位で故障が検出された場合、自動的にCPUリスタート処理を行い、一過性故障の過剰検出を防止し、装置の稼働率向上を図った。

(3) 故障部位特定機能の充実

装置故障発生時に故障内容の詳細情報に基づいて故障発生部位を推定し、マンマシンパネルに表示する、故障部位自己診断機能を設けた。

これにより、故障発生時の交換部位の特定化機能を高め、復旧が迅速に行えるようになり、保守性能を改善した。

(4) 高調波監視

アナログ入力部の監視としては、各チャンネルに監視用の高調波を常時重畳させる高調波監視方式を採用しており、入力電気量の零相や不平衡を利用する監視方式等のように監視の感度が系統電気量の大きさに左右されることもなく、また、点検方式と違い常に監視できる特長を持っている。

また、この方式では不具合チャンネルを特定することが可能であり、前項の故障部位特定機能を実現する上での一手段となっている。

(5) 伝送路の監視

光ファイバケーブルを伝送路に用いたことにより、大容量の情報伝送が可能となり、伝送情報内にCRCビット(サイクリック冗長チェックビット)等の監視用のビットを付加できる。このビットを受信側で監視することにより、伝送路の常時監視と異常時不要応動対策など、より一層の信頼性向上と機能向上を図ることができた。

3.4 マンマシンインタフェース機能の充実⁽³⁾

マンマシンインタフェースの充実を図り、表示部にフラットディスプレイ、操作部にタッチパネルを設けることにより、複雑・高機能化したデジタルリレー装置の運用・保守を容易に行える操作支援機能を実現した。

従来のマンマシンインタフェースとの機能比較を表3に示す。

(1) 動作表示機能の向上

装置が動作したときの各リレー要素の応動状態、装置運用状態、入力電気量、動作時刻等が記録されており、記録を読

表 3. 従来のマンマシンインタフェースとの機能比較

項 目	従 来	第二世代デジタルリレー
動作表示	LEDランプで表示 複数回事故時は、 すべての事故のOR表示	ディスプレイによる動作表示 (リレー動作結果及び動作時入力電気量) 複数回事故時は、 1事故ごとに履歴データ表示
装置故障表示	LEDランプで表示	ディスプレイによる 検出異常内容及び不良部位の特定表示

み出すことによって事故解析を容易に進めることが可能となった。

(2) 装置故障表示機能の向上

自動監視によって不良を検出した際には、発生した不良を総合的に判断して不良部位の特定を交換可能部品単位で実施し、その結果をディスプレイに表示させる。この機能によって交換の必要な部位が直ちに判明するため、修復までの時間が大幅に短縮される。

また、これらの不良発生内容についても動作履歴と同様に記録される。

4. む す び

光パイロット保護継電装置は、'95年8月から関西電力㈱の77kVの2送電系統で運用を開始した。今後も、アナロ

グ形表示線継電装置の後継機種としての採用が予定されている。

参 考 文 献

- (1) 松田高幸, 臼井正司, 諫早啓司, 栢森 渉: デジタルリレーの高精度化開発, 平成4年電気学会電力技術研究会, PE-92-210, 3 (1992)
- (2) 電気協同研究会: 第二世代デジタルリレー, 電気協同研究, 50, No.1, 6 (1994)
- (3) 鈴木教仁, 山川 寛, 松永完三, 松本晴泰, 光岡正隆: 第二世代デジタルリレー技術の適用——基幹系統送電線保護リレー装置の開発, 平成7年電気学会電力技術研究会, PE-95-61, 8 (1995)



第二世代リレー適用装置の実用化展開

松尾 豊* 関口延夫***
北村祐史*
大石哲久**

1. ま え が き

電力システムの規模拡大や複雑化に伴う保護リレーに対する高度化・高機能化要求や、設備の増加による保守点検業務量の増大に対してマイクロプロセッサの演算機能を活用した保護機能の高度化や自己診断機能による自動監視機能の向上、及び装置の小型化などを目的としたデジタルリレーが開発され、適用拡大が図られてきた。

今後さらに、系統構成の複雑化・多様化傾向や業務の合理化要求による保護性能の一層の高度化・高信頼度化や、保守性の向上が求められるものと考えられる。

これらのニーズに的確にしかも長期安定的にこたえていくために、これまで培ったデジタルリレー技術の上に新しいハードウェアやソフトウェアの新技术を積極的に導入し活用した第二世代デジタルリレーが開発され、適用が開始されている。

本稿では、第二世代デジタルリレーの基幹系から低位系の各機種への展開について述べる。

2. 基幹系送電線保護装置

2.1 PCMキャリアリレーの原理と特長

送電線は電力系統設備の中でも事故発生件数が最も多く、また電力の安定供給にも重要な責務を負っている。このため、基幹系送電線保護装置では動作責務として高速・高信頼度が要求される。このニーズにこたえるものとして、電力におけるデジタル通信回線の整備拡充に伴い、パルス符号変調(PCM)伝送を適用したPCMキャリアリレーが開発され、実用化されている。

PCMキャリアリレーの事故検出原理はキルヒホッフの第一法則に基づき、送電線各端子の電流のベクトル和 ΣI によって送電線内部事故の有無を判別するもので、その基準は

- 内部事故ありの場合： $\Sigma I \neq 0$
- 内部事故なしの場合： $\Sigma I = 0$

である。すなわち、 ΣI がある値より大きい場合に内部事故と判定することを基本原理としており、各端子の電流は、その瞬時値を電気角 30° ごとにPCMして相手端へ伝送するとともに相手端からのPCM信号を復調して自端電流値と差動演算を行い、その差動電流値が一定値を超えた場合は送電線事故と判定するものである。以上の動作原理を図1に示す。

以上のとおりPCMキャリアリレーは、電流差動保護方式

の特長を生かし多端子送電線保護や重負荷送電線にも適用可能であるなど適用系統条件に制約がなく、しかも、高感度な検出性能を持っている。またPCM伝送を適用したことにより、従来のアナログ伝送方式に比べて長距離の伝送が可能となるとともに、伝送データ誤り検定機能等によって伝送路を含めた高信頼度化が図られており、基幹系送電線保護装置における主流となっている。

2.2 装置の特長

この装置は第二世代デジタルリレーを適用し、機能の高度化、保守性の向上などを実現するとともに、光伝送による制御端末とのインタフェースの採用や、データセーブ機能の高機能化を取り入れている。以下、この装置の特長について述べる。

2.2.1 第二世代デジタルリレーの適用

(1) アナログ入力部の高度化・高信頼度化

デジタルリレーの性能向上には、演算処理能力の向上とともにアナログ入力部の高度化が不可欠であり、次の技術の採用によってリレー性能向上及び信頼性の向上を実現した。アナログ入力部のブロック図を図2に示す。

(a) 高速サンプリング

サンプリング周波数5,760 Hz (60 Hzの正弦波で電気角 3.75° 相当)で電流・電圧をサンプリングし、不要周波数成分の除去を後段のデジタルフィルタ処理で分担させることにより、前段のアナログフィルタを簡素化して信頼

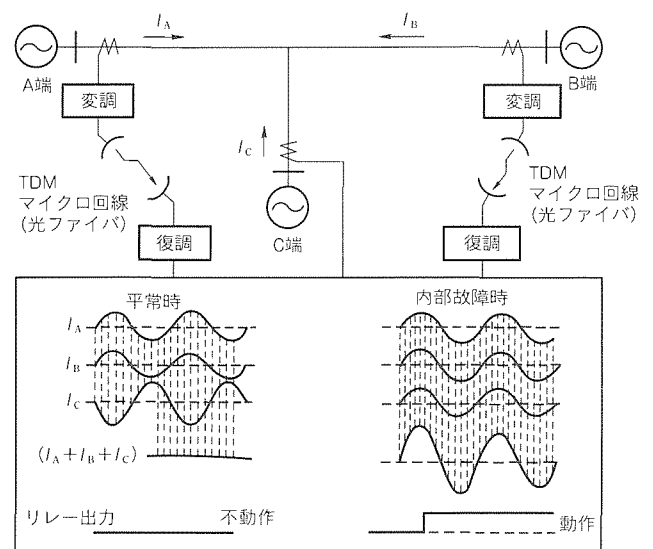


図1. PCMキャリアリレーの動作原理

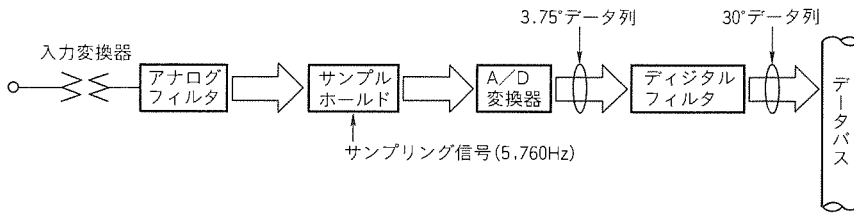


図 2. アナログ入力部ブロック図

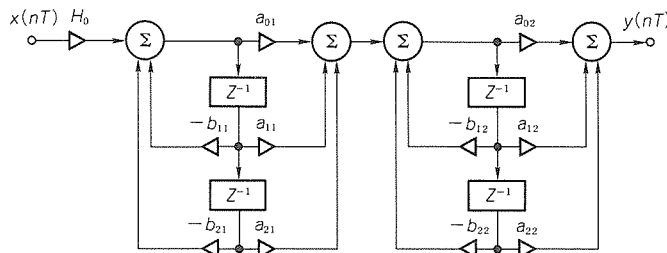


図 3. デジタルフィルタ構成例

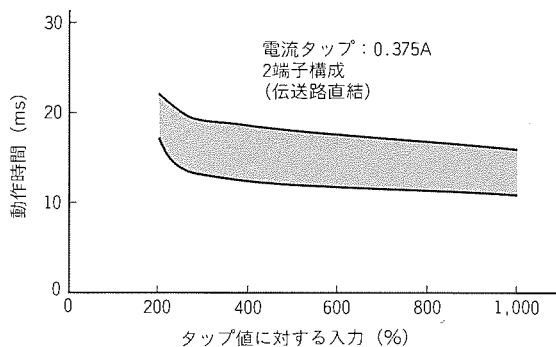


図 4. PCMリレーの動作時間

性向上を図った。なお、デジタルフィルタは図 3 に示すブロック図で構成される巡回形 (IIR) を採用し、電力系統で発生する高調波成分を除去するためのフィルタ特性を得ている。

(b) 高精度 A/D 変換器

デジタルリレーは、一定間隔でサンプリングした入力電氣量を A/D 変換器によってデジタル量に変換してリレー演算・判定を行うものである。このため、リレーの演算精度向上には A/D 変換器性能の向上が重要となるが、第二世代デジタルリレーにおいては三菱電機(株)開発の高速 16 ビット A/D 変換器を採用し、リレーの高精度化とダイナミックレンジの拡大を両立させている。

以上のアナログ入力部によって構成されたりレー性能例を図 4 に示す。従来のものと比較して同等以上の性能が確保されており、装置性能を十分満足するものが得られている。

(2) マンマシンインタフェース (MMI) 機能の向上

系統事故時には、事故点や事故様相を的確に把握して迅速な系統復旧操作を行うことが要求されるが、現行のディジタ

ルリレーにおいては、多重事故や追い掛け事故など事故様相が複雑な場合には的確な動作表示が難しい。また装置不良に対しても自動監視で検出した項目を単に表示するのみで、不良部位の特定は人間の判断によっており、表示方法も発光ダイオード (LED) 表示が主体であるために不良部位特定までに

時間を要しているのが実状である。

このような状況を改善するため、デジタルリレーの持つ豊富な情報を分かりやすい形に加工して表示するとともに、操作方式の標準化、ガイダンス機能の付加などによって容易に操作できる方式であることが必要となる。

そこで、運転・試験・保守などの目的に応じた詳細内容を分かりやすい形で表示できる新しい MMI を採用することとし、その基本構成は、電気協同研究の第二世代デジタルリレー MMI に準拠したフラットディスプレイとタッチパネルの組合せによるものとした。

フラットディスプレイとタッチパネルは目的別の表示画面上で操作する方式とし、従来の押しボタンスイッチは最小限にとどめ、ハードウェアの簡素化・縮小化と信頼性向上を図った。また表示及び操作の画面構成は、図 5 に示す階層化されたツリー構造とし、必要な操作をできるだけ簡単に操作できるように配慮した。また、耐環境性に優れたエレクトロルミネッセンス (EL) ディスプレイ方式と超音波検出方式タッチパネルを採用し、長寿命化を図った。MMI の仕様を表 1 に、フラットディスプレイタッチパネル例を図 6 に示す。

(3) 故障診断

これまでのデジタルリレー装置では検出した自動監視項目を表示するのみであったため、装置故障発生時の初期段階で不良部位を明確化することが困難であり、復旧処置段階でメーカーが現地にて調査を実施して不良部位を特定して修復処置を実施するため、復旧に時間を要する場合があった。

そこで、故障要因と監視結果をマトリックス構造のデータとして装置に組み込んでおき、故障発生時に全 CPU の監視結果を基にマトリックスを逆変換して不良部位を特定する機能を付加した。これによって、故障発生時の装置使用可否判断などの初期対応がユーザで容易にでき、不良部位やデータセーブの内容などの修復に必要な詳細情報を早期にメーカーに伝えることが可能となり、復旧の迅速化が期待できる。

2.2.2 データセーブ機能の向上

データセーブは、系統事故時のリレー応動を解析するための情報として入力電氣量やリレー演算結果を記憶するものと、装置故障発生時の不良部位や不良原因の調査・究明するために自動監視情報を記憶するものがあり、従来から活用されてきた。しかし、リレー応動解析の支援機能強化として次の改善要求も出されていた。

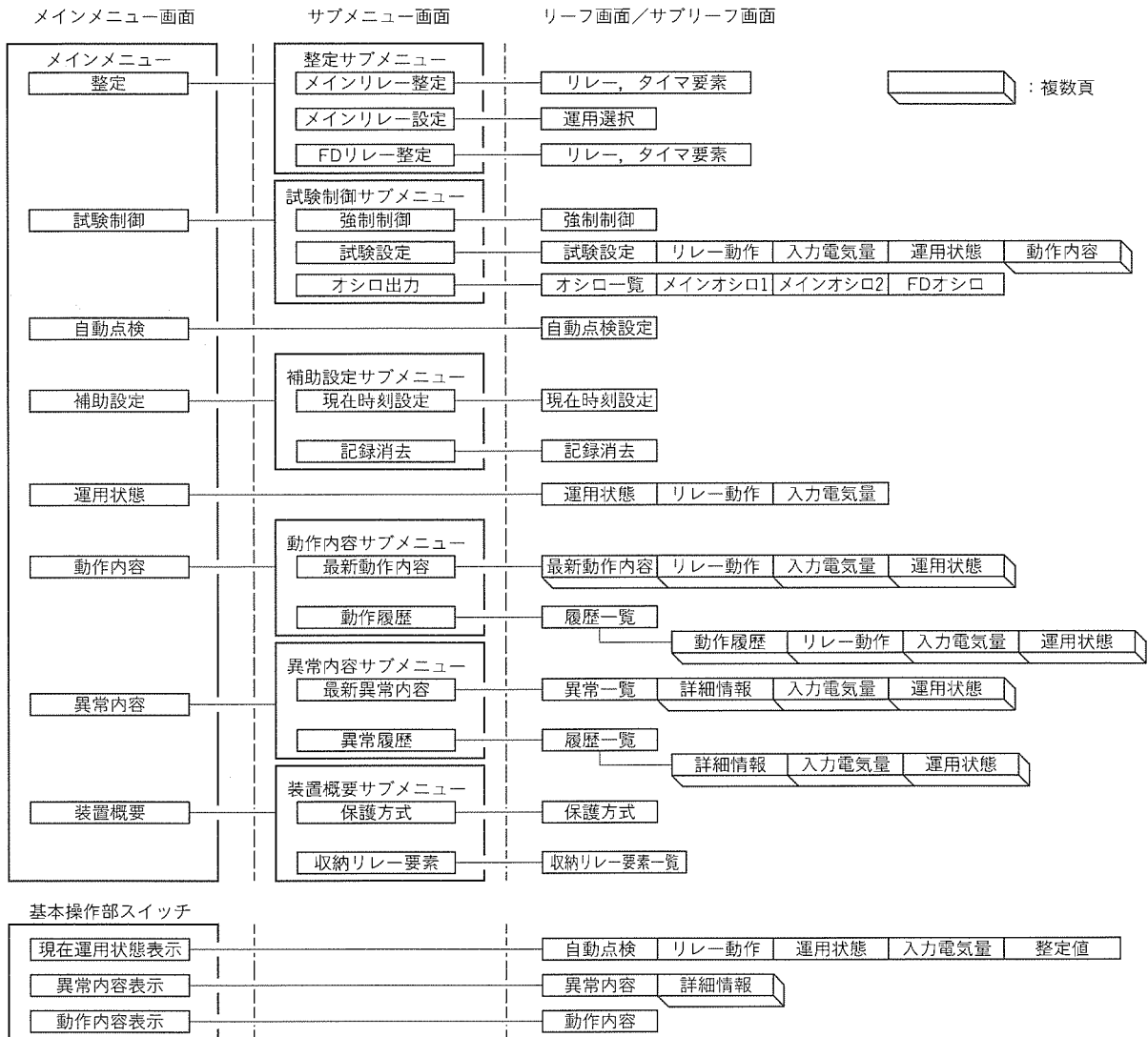


図 5. 画面のツリー構成

表 1. MMIの仕様

ハードウェア	項目	仕様
ディスプレイ 表示器	方式	ELフラットディスプレイ
	分解能	640×400ドット
	表示文字	JIS第2水準
	表示色	単色
タッチパネル	方式	超音波検出
	検出確認	検出音及び反転表示

- 記録データ間隔が1サイクルごとのため、リレーの応動解析用としては必ずしも十分とはいえない。
- 出力形態が数値情報のみのため、事故様相が把握しにくい。

そこで、この装置では、豊富な記憶容量を生かし、記録データ間隔をより細かくするとともに、ツールに図形表示機能や解析機能を持たせるなどの高機能化を図り、リレー応動の解析をより容易にできるようにした。

模擬送電線による工場検証時のセーブデータの波形表示とベクトル表示の例を図7及び図8に示す。

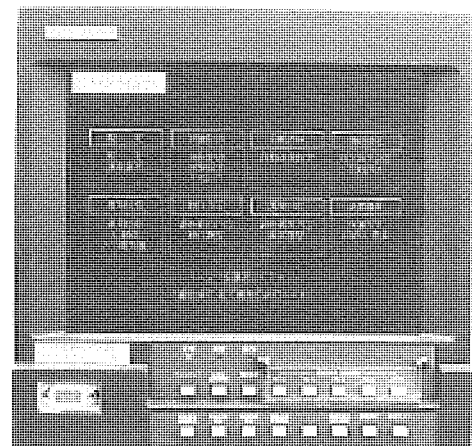


図 6. フラットディスプレイタッチパネル

2.2.3 制御端末インタフェース

リレー動作と装置故障警報出力は電圧信号の受け渡しによる方式が適用されているが、この場合、電気ケーブル接続端子のスペースによって、リレー装置が出力できる情報量が制限される。そこで九州電力(株)では次期500kV変電所に適用

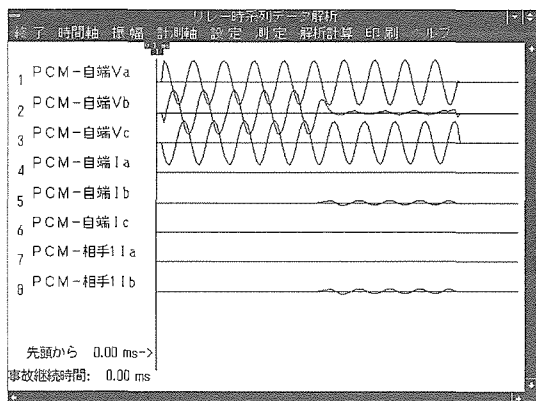


図7. セーブデータの波形表示

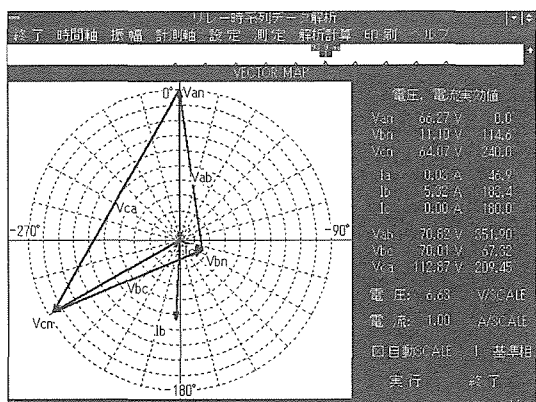


図8. セーブデータのベクトル表示

する装置から動作・故障情報のデータ伝送方式を採用し、保守の省力化・迅速化を図ることとした。この変電所システムの構成を図9に示す。

動作・故障情報をデータ伝送化し、先のとおり詳細な情報によって障害対応の迅速化を可能とするほかに、ケーブル使用量の削減及びリレー装置の端子部分スペース縮小化などの効果も期待できる。なお、データ伝送方式としては従来から実績のあるPCMによる光伝送方式を採用し、ハードウェアの標準化を図った。表2に伝送インタフェース仕様を、図10に伝送フォーマット例を示す。

以上、第二世代デジタルリレーを適用した基幹系送電線保護装置について述べた。なお、この装置の外観を図11に示す。

3. 脱調分離装置

3.1 装置構成

この装置は、電力システムで発生する脱調現象を検出し、脱調した発電機群をシステムから分離するように所定の送電線保護装置に対して遮断指令を出力する装置である。

脱調現象を検出する方式は、従来から実績のあるインピーダンス軌跡に着目した方式、及びフェールセーフとして電圧低下率検出リレーを採用している。

この装置は、幅700mmの盤に2ルート(4回線)分を収

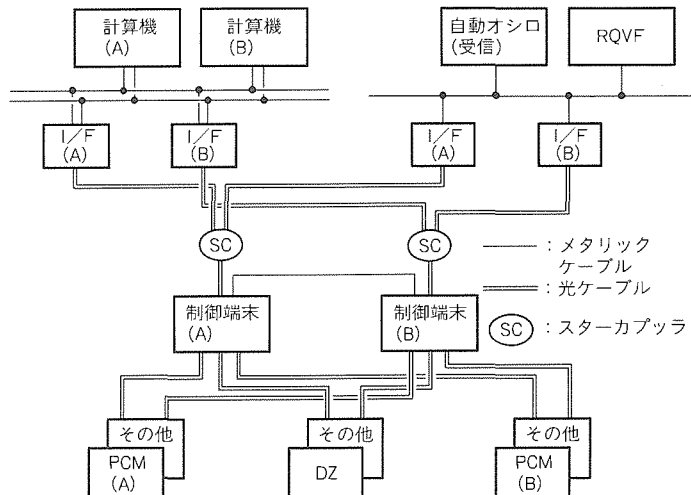


図9. 次期500kV変電所システムの構成

表2. 伝送インタフェース仕様

項目	仕様
変調方式	光強度変調
符号方式	CMI ^(注)
伝送速度	54kbps±8bps
発光素子	LED
発光波長	0.85μm帯
出力レベル	-18~-22dbm
入力レベル	-18~-32dbm
光ファイバケーブル	GI 50/125
コネクタ	FC-PCコネクタ

(注) CMI: Coded Mark Inversion

納可能である。

3.2 特長

この装置も第二世代デジタルリレーを適用した装置であり、その特長の詳細はPCMキャリアリレー装置と同様のため割愛するが、その他の特長は以下のとおりである。

3.2.1 インピーダンス軌跡による検出方式

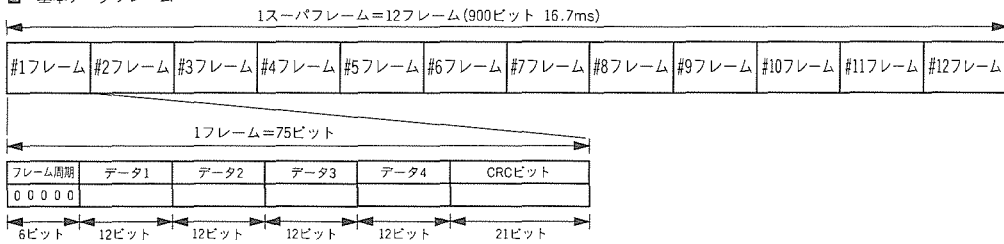
脱調検出方式としてはPCMキャリアリレーに適用している送電線端子の電圧位相を比較する方式もあるが、これには電圧位相情報を授受するための伝送手段が必要である。この装置は伝送手段を用いずに、自端の電圧・電流情報のみを使用したインピーダンス軌跡による方式で脱調検出を行っている。

3.2.2 データセーブ機能向上

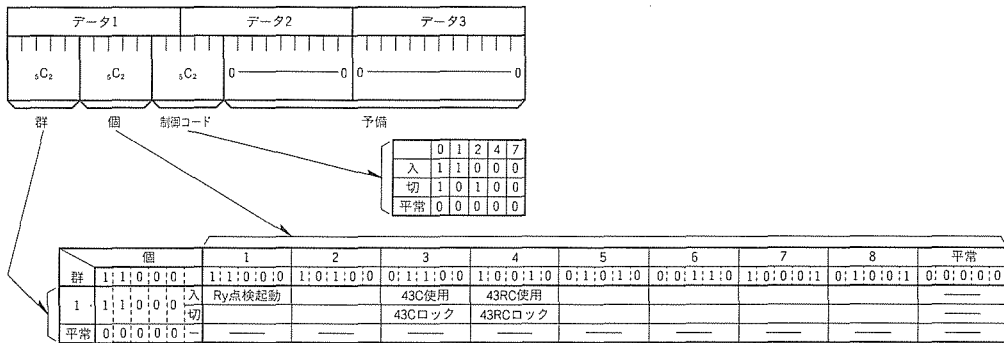
脱調時の応動解析を容易とするため、データセーブ機能の向上を図っている。

この装置の特長としては、セーブデータ量を他の保護装置のものよりも多くとっている点が挙げられる。送電線や母線、変圧器などの事故除去を目的とする保護装置の場合は、事故発生から事故除去まで一連の応動を記録するために10サイクル程度が必要である。しかし、この装置の応動解析に必要

図 基本データフレーム



□ 下り情報(制御端末→保護装置)



□ 上り情報(保護装置→制御端末)



図10. 伝送フォーマット例

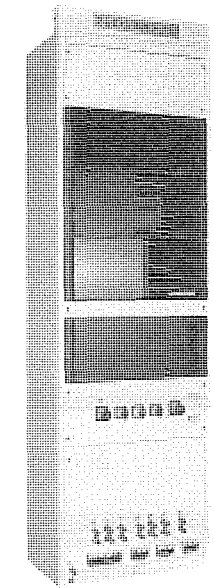


図11. 基幹系送電線保護装置の外観

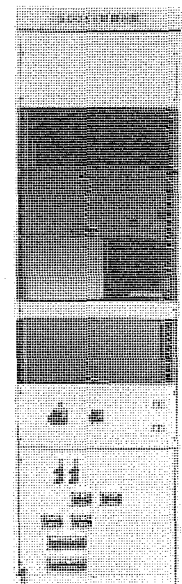


図13. 脱調分離装置の外観

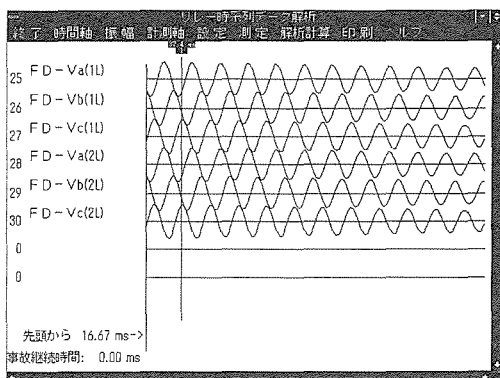


図12. 脱調時のセーブデータ波形表示

なデータ量は、脱調時のインピーダンス軌跡を考慮したものであることが必要である。このため、実システムでの脱調シミュ

レーションの結果からセーブデータは24サイクル分とした。このセーブデータの波形表示例を図12に示す。さらに、この豊富な情報量を見やすく、しかも効率的に処理できるように時系列データを任意のデータ間隔で選択加工が可能とするなど、解析ツールの高機能化も併せて実現している。

3.2.3 ユニット実装効率の向上

従来のシステム構成は2台のフェールセーフユニットを10回線まで共通に使用する構成であり、したがって、回線数が少ないほどフェールセーフユニットの占める割合が大きくなり、装置の実装効率は低下する傾向にあった。第二世代デジタルリレー適用によるCPU処理能力向上、及び回路の高集積化の効果と分散マルチCPU構成による機能分割の

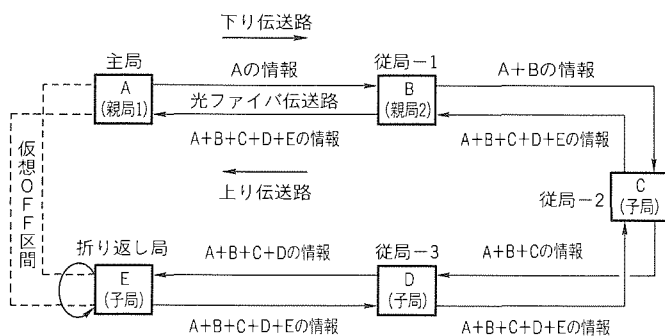


図14. 多端子送電線保護システム構成

最適化などを生かし、盤1面当たり4回線まで実装可能なシステム構成として実装効率を向上させるとともに高信頼度化を図った。2回線実装の装置構成例を図13に示す。

4. 高抵抗系送電線保護装置

高抵抗接地系送電線保護としては、110 kV 系統は方向比較キャリア継電装置、66 kV 系統は回線選択継電装置を主体に適用されているが、電力需要の増加に伴って送電線の多端子化が進む傾向にあり、多端子送電線の場合、これらの保護方式の適用が性能的に限界となる。

そこで、今後、光ファイバによる大容量伝送技術の普及に伴って保護性能に優れた電流差動方式を高抵抗接地系統送電線保護の標準として適用されていくものと考えられる。現在、5端子系統まで保護可能な装置を製作中であり、これについて紹介する。

4.1 システム構成例

このシステムは、電流差動演算を行う親端装置と、親端装置に対し電流情報を伝送するとともに親端装置からの転送遮断指令によって遮断器をトリップさせる子端装置、及び各装置間を接続する光ファイバ伝送路で構成される。この例を図14に示す。

4.2 システムの特長

4.2.1 ループバック方式伝送制御

伝送路は、一つの伝送路区間を通常は不使用とするオープンループ伝送路構成を適用し、通常はオープン両端の端子が同期制御のための主局とデータを折り返すための折り返し局として機能する。この伝送路では、一つの区間で伝送路障害が発生した場合や、伝送路の点検のために回線を停止するなどの伝送路機能が停止した場合に、その区間を不使用区間として新たな同期連系を構築して保護を継続するループバック伝送制御方式の採用により、高信頼度化を図っている。

4.2.2 代表端判定方式

光ファイバによる高速大容量伝送によって、2回線分のデータを同時に扱えるため、装置も2回線分を盤1面に収納可

能である。また事故判別機能を親端装置に集約した代表端判定方式とし、一つの親端の故障でも保護機能を維持させるために親端を二つ設け、高信頼度化を図りながら経済性を追求したシステムである。

4.2.3 分岐負荷対策付き電流差動保護方式

1回線分岐負荷がある多端子送電線に適用する場合、システムを簡素化するため、負荷端子の端末装置を省略する場合がある。この場合は、負荷端子の変圧器二次側事故に対して流出電流が取り込めないため、差動リレーが動作する問題がある。

この対策として、変圧器二次側事故時は一次側の残り電圧が大きいことに着目した電圧抑制付き電流差動リレーを適用し、不要動作の防止を図っている。

5. その他の保護装置への適用

その他の保護装置についても第二世代デジタルリレーの適用を展開していく予定である。

母線保護では、外部事故時に流出端子に事故電流が集中し、そのCTがCT飽和を生じる可能性があるため、差動リレーの不要動作を防止する対策が必要となる。この対策のポイントはCTが不飽和期間中の波形認識であり、高速リレー演算がベースとなるが、第二世代デジタルリレーの適用による高速サンプリングとCPU処理性能向上の効果によって高速・高精度な波形認識が可能となるため、より信頼性の高いCT飽和対策が期待できる。

また変圧器保護においても、変圧器のインラッシュ対策などにおいて同様の性能向上が見込める。

6. むすび

第二世代デジタルリレーは、今後の電力系統保護から要求される保護機能・性能・信頼性を持ったヒューマンフレンドリなシステムとして、非常に大きな効果が期待できるものである。また、本稿では特に述べなかったが、監視制御システムや給電システムなどの接続のための多様なインタフェース機能や、これによるネットワーク化への対応も可能としており、今後の第二世代デジタルリレーの飛躍的な発展が期待できる。

参考文献

- (1) 東 信一、大垣健二、服部俊樹、松永完三、木村良一：基幹系統用PCMデジタル電流差動リレー装置、三菱電機技報、63、No.8、629～633 (1989)
- (2) 守口正司・森田友次・大西公和・細井真知夫：220kVデジタル形脱調分離装置、電気学会全国大会、No.984 (1982)

変電所へのバーチャルリアリティ技術の適用

秋吉政徳*
三輪祥太郎**
西田正吾***

1. ま え が き

近年、変電所を構成する設備の大規模・複雑化に伴って、高度な運用システムが開発・導入され、電力の供給信頼度の維持・向上への努力が払われてきている⁽¹⁾。変電所における運用システムが対象とするタスクは、保護・制御と運転・保守に大別される。保護・制御については、業務上高速処理が必要とされることから、自動化システムとしての開発が進められている。

一方、運転・保守に関しては、自動化の側面とともに現場運用員の判断・作業を支援するシステムとしての開発が進められている。事故・障害発生時における現場運用員の負荷は、このような支援システムの導入によって大幅な軽減が図られ、ヒューマンエラーの防止へとつながっている。

本稿では、以上の背景の下に、現場運用員への支援システムの在り方をヒューマン コンピュータ インタラクションの観点から考察し、計算機技術の動向として注目を集めているバーチャルリアリティ (VR) 技術の適用について述べる。

2. 変電システムにおけるVR技術への期待

2.1 変電システムにおける人間の役割

変電システムにおける運用員の定型業務としては、状態監視と系統切換えなどの指令運用、及び運用ログ管理が主立ったものである。近年では、設備の高信頼度化ともあいまって、複数の無人変電所を遠隔監視制御するオペレーションセンターを設置し、事故・障害発生時のみ現場へ急行するという運用形態も採られている。一方、非定型業務としての事故・障害発生時には、状態監視とともに巡視点検ポイントを目視確認し、早急に必要作業を行わなければならない。これらのことは、図1に示すように、運用員と変電設備との接面における計算機システムの介入の有無という観点からとらえることができる。

図に示す間接関与においては、センサ値やアラーム情報などのデータを基に、運用員は系統状態や変電設備の状態を正確に把握しなければならない。その上で、状況に見合った操作を選択し、所望の運用状態へ導くという役割を担っている。このために、次のような情報表示技術が、ますます重要となってきている⁽²⁾。

- (1) 状況のトランスペアレント化 (何か起きているかを人間に分かりやすい形で提示する。)

- (2) 情報があふれる中での本質的な情報の表示 (主因を示すアラームだけを人間に提示し、混乱を回避する。)

一方、直接関与においては、作業マニュアルがベースになっているとはいえ、運用員の経験に負うところが多い。特に、マニュアルに書かれていない状況に対しても、適切な判断・処理を下すことは、運用員に求められる大きな役割である。設備の信頼性が向上したことにより、事故処理経験の少ない運用員が増加しつつあり、教育・訓練の重要性が指摘されている。教育・訓練については、OJT (On the Job Training) とともに、CAI (Computer Assisted Instruction) 技術が重要なかぎ (鍵) となっている。

以上、運用員と変電設備との接面に潜む課題とともに、自動化が進む変電システムにおける運用員の役割をとらえてみた。最近の事後保全から予防保全の考えに立った運用形態を可能とするのも、状況に対する運用員の高次な判断・処理能力にほかならない。

2.2 VR技術の動向

VR技術の研究開発は、1990年を境に国内外で急速に活性化した。この背景には、高機能な画像処理プロセッサ及びHMD (Head Mounted Display) などに代表される入出力装置がいろいろと開発され、ハードウェア (H/W) の側面からVRアプリケーションの研究開発が後押しされたからである。

VRの特長は、ユーザが三次元CG (Computer Graphics) を用いたリアリティのある空間を自由に移動し、さらにそのCGに触れる点である。特に、CGに触れる点は、従来の表示を目的としたCGとは一線を画している。例えば、精密機械を組み立て/分解したり、粘土状の自動車モデルを変形したりといった作業が、計算機の作り出すVR空間で可能となる。VRとは、このようなユーザとの高度なインタラクション技術を結集したものともいえる。三次元CGが中心となっていることから、視覚的効果が着目されがちであるが、リアリティさを高める聴覚・触覚に関する研究開発も取り組まれている。



図1. 運用員と変電設備の接面

表1にVR応用アプリケーションの開発事例を、タスクの観点(アミューズメントは除く。)から大別して示す。このようにいろいろな方面への展開が取り組まれている。

以下、要素技術を紹介し、その上でVR技術の今後の方向性を述べる。

2.2.1 要素技術

VRの要素技術としては、三次元CGシーンの構成技術と、そのシーン中でのCGへのインタラクション技術に大別される。前者については、まず中心となる視覚面、すなわちCGモデルの記述・表示にかかわる技術を述べる。その後、聴覚・触覚に関与する技術を述べる。後者については、H/Wの側面とユーザからみた自然さをいかにVR空間が備えるかというソフトウェア(S/W)の側面について述べる。

(1) 三次元CGシーンの構成技術

三次元CGシーンを記述する基本的なスタイルは、グラフィックスライブラリを基にしたプログラミングである。最近、計算機のオープン化に対応して、プラットフォーム非依存の三次元グラフィックスライブラリ及びそれをベースにした三次元CG向けツールキットが開発されつつある⁽³⁾。特に、三次元CG向けツールキットは、オブジェクト指向の考え方をベースに、視点移動や光源の設定などシーン記述に必要な要素や、シーンを構成する部品モデルを簡単に組み合わせることができる。グラフィックスライブラリがプログラミングという観点からかなり細かな記述を必要とする点に比べて、このツールキットによって簡単な記述で済ますことができる。このことは、アプリケーション開発の面から大きな長所ととらえられる。また、部品モデルに関しては、機械設計CADなどで利用される三次元モデラのような別環境をモデリングの際に利用し、そのようなモデルのデータをファイルを介して利用することができる。

表示については、H/WとしてHMDと大画面プロジェクタが用途に応じて使い分けられている。HMDは、頭部にかぶった装置内にCRT方式又はLCD方式による表示部が内蔵されており、頭頂部などには磁気センサが取り付けられている場合が多い。この磁気センサは、ユーザの頭の動きを計測し、その動きに対応して視野に入るCGを制御する目的で用いられる。大画面プロジェクタは、ユーザが装着するものを必要とせずに、迫力あるVR世界を提供できるという利点がある。HMDのような視野角の制限はないが、逆に周囲の実世界が視野に入り、別世界にいるという感覚は得

られにくい。

聴覚については、シーン中での音源から耳元までの音場を計算しユーザのヘッドフォンから出力するという技術が、リアリティを高めるために開発されている。また、触覚については、物を押したときの押し戻され感といった力覚フィードバックのH/Wが研究開発されている。

(2) インタラクション技術

三次元シーン中のCGに触るためのH/Wとしては、光ファイバなどをつけた手袋によってユーザの手の動きを計測して、計算機側に伝えるものがある。このようにして伝えられた手の動きをS/Wによって三次元シーン中の手のCGに反映し、ドアを開けるなどを行うことができる。このほかに、三次元の自由度を持たせたポインタ(マウスの機能)を持った入力装置もある。これらH/WとのインタフェースS/Wとは別に、アプリケーションS/Wの観点からは、ユーザが物体を動かしたときの干渉チェックやニュートン力学の世界を再現するためのアルゴリズムが必要であり、いろいろと研究開発されている。このようなS/Wは、モジュール化してある程度汎用的な形で提供されることによって個々のアプリケーションでの開発が不要となり、アプリケーション開発としてはよりユーザの問題解決に焦点を当てることができる。

以上述べたように、要素技術としては数多く取り組まれており、製品として提供されているものもある。このような技術を考える上で、図2に示すようなAIPキューブと呼ぶ分類法が利用される⁽⁴⁾。AIPキューブによると、Autonomy(自律性)、Interaction(インタラクション)、Presence(プレゼンス)の三つの軸で張られる空間にVR応用システムを位置付ける。三次元CGシーンの構成要素に関して、Autonomyとはどれほどユーザとのインタラクションがないときに自律性を持って変化するか、Interactionとはユーザがどれほどのパラメータを操作できるか、Presenceとはどれほどの迫真性を持つか、という尺度である。図における(1, 1, 1)の位置を目指して、VR技術の研究開発が行われている。

2.2.2 今後の方向性

要素技術としては、イメージ利用による三次元CGシーンの構成技術がある。三次元グラフィックスライブラリやツ

表1. VRアプリケーションの開発事例

分野	対象
設計	建築物, 加工機械, 化学分子, ソフトウェア
通信	遠隔会議, 遠隔操作
教育/訓練	設備保守, 飛行機操縦, 外科手術
可視化	景観データ, 設備データ, CT画像データ

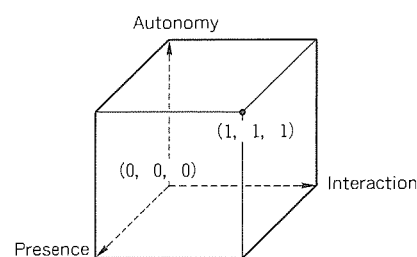


図2. AIPキューブ

ルキットを用いたプログラミングが簡単になりつつあるとはいえ、形状が複雑なものを多く含んだシーンの作成には、まだかなりの労力を要する。シーン中を見て回る（三次元ウォークスルー）だけで、基本的にCGに触れるということがないアプリケーションもありえる。例えば、発電所見学システムなどへのVR応用では、このような仕様になる。これに対し、複数の画像を準備し、視点の移動に対する画像を合成して三次元ウォークスルーを行おうとする研究開発が取り組まれている⁽⁵⁾。イメージの持つ入力容易さ及びリアリティの高さと、CGの持つインタラクションの自由度から、これら両者を融合した三次元CGシーンの構成技術の開発が期待される。

VR応用システムとしては、ネットワークをベースにしたCSCW (Computer Supported Cooperative Work) への展開がある。遠隔地にいるユーザ同士がVR空間を共有して作業を実施するというスタイルは、従来のTV会議による対面型とは大きく異なる。現在でも設計や診断においては複数の専門家の知識が大いに利用されるが、今後ネットワークに接続されたユーザの知識が、必要な際には、VR空間を通して活用できる利点は大きい。

以上述べたように、今後は、三次元CGを核にして、イメージ利用やネットワークインフラの活用などで、アプリケーションの開発が加速すると予想される。

2.3 変電システムとVR技術の接点

まず、2.1節、2.2節で述べたことに基づき、VR技術が変電システムの運用の高度化に与えるインパクトを考察する。

2.1節では、情報表示技術とCAI技術が今後重要であると述べた。

情報表示技術としては、現在の運転支援システムなどのスケルトン図は運用員にとってなじみのあるスタイルであり、停電範囲などを表示するのに有用である。しかし、情報が重なったりした場合には、二次元という制約に起因する限界がある。このような場合に、三次元表示で空間的制約を解消する方向がある。また、潮流の状態や絶縁範囲などを数値として把握するのではなく、変電所内の状態を三次元CGとして可視化する方向もある。これらは、ネットワークインフラを基にして、遠隔監視制御するオペレーションセンターでも有効に利用されると期待される。

CAI技術としては、運用員の実作業をVR空間で様々な想定シナリオの下に教育・訓練できるという点で、今後VR応用の教育・訓練システムが具体化すると予想される。この際に、計画段階又は建設段階でも、設備レイアウト図から構築した仮想変電所により、運用員は実際の業務を模擬できる。この段階で発生した業務遂行上の問題をメーカーとともに対策を行って解消できるという点は、ユーザメリットとしてとらえられる。

これらのほかにも、例えば保護リレーや監視システムの盤

面のレイアウトを仮想設計するというように、ユーザとメーカーとの仕様決めをVR技術によって高度化することも可能である。

以上のように、VR技術は現状システムの高度化と新たなユーザメリットをもたらす可能性があり、変電システムでの展開が期待される。

3. VR応用による変電所保守教育システム

2.3節で述べた中から、現在研究開発中である変電所の設備保守教育システム⁽⁶⁾⁽⁷⁾について述べる。保守作業は、設備の監視装置からの出力や巡視時の状況を基に、不具合箇所を発見し、その対策を施す。このような作業は、保守作業手順マニュアルとして整備されているが、たとえマニュアルに書かれていない状況に遭遇しても、適切な判断ができるかどうかを含めて、保守員の技能に負うところが多い。

変電所のVR環境は、保守作業手順マニュアルに示される内容の実作業を疑似体験できるという点から、訓練を支援できることは明らかである。しかし、VR環境を更に効果的にするには、本章で述べるように、CAIの観点からシステム設計を行うことが重要である。

以下、このシステムの設計フィロソフィ、システム構成、ガス絶縁変電所での適用例を説明する。

3.1 設計フィロソフィ

CAIシステムを設計する際には、教材として何を準備し、それをどのような教授戦略の下で、人間の学習過程のどのような側面に焦点を当てて支援するか、また、実際にどのような学習環境を提供するかを明確にすることが重要である。この立場から、保守作業そのものの分析を行い、また、熟練保守員のExpertiseの特長を整理して、何を教えるべきかを考察する。さらに、“理解”というプロセスに関する認知科学からの知見を基に考察を加える。

3.1.1 保守作業の分析及びそのExpertiseの特長

保守作業においては、観測された不具合事象（監視装置の出力や巡視時の状況）をトリガとして機器の状態の点検を行うことにより、次第にその原因を絞り込むようになっていく。例えば、“パイプAのガス圧上昇”という状況に対しては、“まずガス監視盤に行き、ガス圧計を確認する”“次にガス圧スイッチを調査し、その動作を確認する”などの一連の作業がこれに該当する。一つの点検項目の結果から、次の点検項目が決まるスタイルで作業が進められる。

このような保守作業に関してのExpertiseとしては、以下のように整理される。

- (1) 個々の検査項目の内容とやり方について正確に理解している。
- (2) マニュアルに記載されている機器やその構成要素の名前及びその検査手法が、現実に設置されている空間的ロケーションやその具体的操作と結び付いて理解されている。

- (3) 保守作業の一連の流れと各作業が全体の中で持つ意味についても分かっている。
- (4) 機器の仕組みやその構成要素間の因果的な関係についても本質的に理解しており、たとえマニュアルに書かれていない状況が起こっても適切な判断ができる。

3.1.2 認知科学からの知見に基づく考察

人間の理解に関する認知科学からの知見として、以下の点が保守作業教育に関連して重要であると考えられる。

(1) 理解の多面性⁽⁸⁾

理解には、ある特定の理解の仕方しかないということではなく、各個人が自分の直感が働きやすい、イメージがわ(湧)きやすい視点から物事を見詰めるように、状況と目的に応じた適切な視点が重要である。

(2) 理解のエンドレス性⁽⁹⁾

理解というものは、あることを知ればそれで終わりというのではなく、深く理解すればするほど、新たな疑問がわき、それを解消する過程を通して理解が深まっていくものである。

(3) 必然的文脈の重要性⁽¹⁰⁾

(2)で述べた理解の深まりが行われるためには、“深く問う”ことを迫り、問う必然性を感じる事が重要である。そのためには、“新たな疑問”が発生するような“必然的文脈”に身を置くことが必ず(須)であることも指摘されている。

(4) 理解における略図の重要性⁽¹¹⁾

“現実世界やモデルの世界の、ある<切り取り>であり、それに対して様々な空想を巡らしたり、可能性を吟味する”という略図により、多くの人が一目で納得し、取るべき対策のコンセンサスが得られることもよく観察される。

3.1.3 システムの機能

3.1.1項及び3.1.2項で述べたことを基に、次の機能を実現する。

(1) 学習内容の意味・重要性やその構造を可視化するインタフェースの提供

多面的な理解を支援するために、保守作業手順の一連の流れが自由な視点から直感的に把握できるように、さらに、その作業内容の意味と重要性を理解できる環境を提供する。

(2) リアリティのある学習の実現

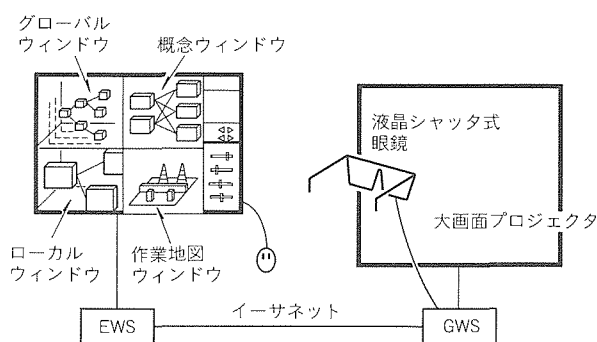


図3. 保守教育システムの構成

保守作業のような具体的対象を操作するには、

- (a) 知識が机上のものではなく、スキルとして実際に実行に移せること
- (b) システム側から一方的に知識を与えるのではなく、運用員自身が試行錯誤でできること
- (c) 自分の取った動作とそれによって生じたシステムの動作との結び付きが理解できること

といった点が重要であり、自由探索や対象の三次元世界へのリアリティで提供する。

(3) 学習内容と三次元世界との相互関係の理解支援環境の提供

先ほど述べたように、“マニュアルに書かれた抽象的な保守内容が、具体的な空間ロケーションや具体的操作と結び付いて理解されている”ことが重要である。そこで、学習内容を可視化した学習空間と具体的な対象の仮想世界との相互の関係を基に、関連する部分が容易に参照・検索できる機能を提供する。

(4) 自由探索をベースにした“深く問う”ことを迫る環境の実現

“自由探索”の中での、3.1.2項(3)で述べた“必然的文脈”の実現方法が最大の課題となる。そこで、上記(3)で述べた学習空間と仮想世界とをウォークスルーしている際の相互の関連付けの中に、例えば危険度や全体の位置付け、具体的に遭遇する可能性のある事故の提示などを示すことにより、より現実に近い問題意識を持たせるようにする。

3.2 システムの構成

図3に、このシステムの構成を示す。保守作業手順の内容を深く理解するための環境を提供するEWS (Engineering Workstation) と、三次元CGを用いて対象設備における実作業の訓練環境を提供するGWS (Graphic Workstation) から構成される。

3.2.1 EWS 側における機能

EWSは、学習空間を管理し、学習内容の深い理解を支援する役割を担っており、図4に示すような四つのウィンドウを提供する。保守作業は、基本的にネットワーク状に表現される。以下、具体的に各ウィンドウの機能を示す。

(1) グローバルウィンドウ (図の左上)

ネットワーク状の保守作業手順を、立体感・質感・量感のある三次元グラフィックスを用いて表示する。個々の保守ステップは直方体で表示され、色付けによる重要度、体積による作業量を表現する。保守ステップ間の関連付けのリンクとともに、保守手順の流れ、故障機器のタイプ、電源不良などの故障要因に対応する軸を用いて保守ステップを配置する。

(2) ローカルウィンドウ (図の左下)

グローバルウィンドウの中でユーザの着目する空間を切り出し、ノード上に具体的な保守作業の内容を表示する。

(3) 概念ウィンドウ (図の右上)

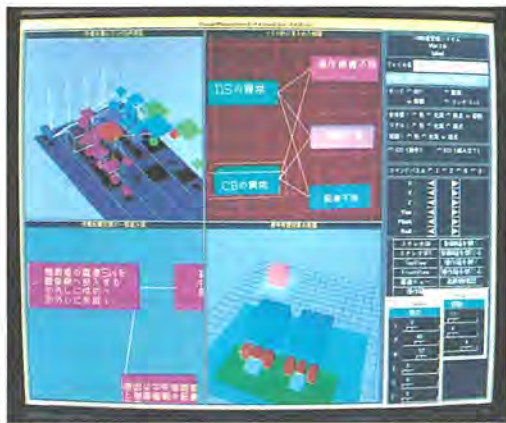


図4. 学習空間の可視化インタフェース

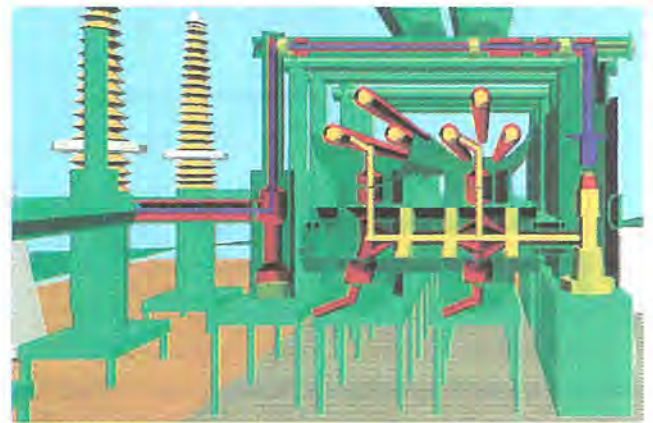


図5. 保守対象設備のVR空間

一連の保守作業をマクロにカテゴリ化した表示がなされる。このような表示を用いることにより、今行っている作業の保守作業全体の中でのマクロにとらえた意味を教示する。

(4) 作業地図ウィンドウ (図の右下)

実際の保守作業を行う場所の略図を三次元的に表示し、関連する機器や仮想世界の中の学習者の現在位置を空間的に示す機能を持つ。また、他の三つのウィンドウの各ノードとのリンクを張ることにより、相互に参照できる。

3.2.2 GWS 側における機能

保守作業の対象を三次元仮想世界として生成し、大型プロジェクタ (70 インチ) に立体表示する。学習者は液晶シヤッタ式眼鏡をかけることにより、図5に示すような三次元仮想世界の立体表示を体験できる。訓練環境という観点から、実世界ではできない、例えば遮断機構の部分のカバーを取り除いてその動作を見るなどを提供する。

これらEWSとGWSは、ネットワークで結ばれており、EWS側で選択されている保守ステップに対応するVR作業空間が、GWS上に表示される。

3.3 適用例

GIS (Gas Insulated Substation) を対象としたプロトタイプシステムで、“CB引き外し不能”などのアラームからの保守作業を取り上げる。“操作機構不良”などの故障原因を、例えば操作箱の設置場所に移動し、投入スイッチを操作するといったことを三次元世界で行い、調査することができる。EWS側に作成した作業ステップを示すノード数は約100、三次元世界の構成部品数は約500、学習内容と三次元世界を関連付けるリンク数は約60である。なお、EWS側のノード作成のための編集ツールを、このシステムは提供している。

4. むすび

変電システムにおける高電圧・大容量化に対して電力供給を高信頼度に維持するためには、自動化システムとともに運用員の高次な判断・処理能力による運用が必要である。この

ような運用形態にバーチャルリアリティ (VR) 技術が与えるインパクトを、ヒューマン コンピュータ インタラクションの観点及びアプリケーションシステムの具体例を基に述べた。今後、変電システムにおいてこのような技術の導入及び実運用化への期待が高まるものと考えられる。

参考文献

- (1) 田村康男：コンピュータ利用の動向，電気評論，734～738 (1990)
- (2) 西田正吾，佐伯 胖：ヒューマン・コンピュータ交流技術，11～32，オーム社 (1991)
- (3) 松本正幸：Open Inventorオブジェクト指向グラフィックス・ツールキット，PIXEL，No.147，136～143 (1995)
- (4) Zeltzer, D.: Autonomy, Interaction and Presence, Presence—Teleoperators and Virtual Environments—, 1, No.1, 127～132 (1992)
- (5) 亀井克之，丸山 稔：実写画像を用いる仮想空間の生成，情報処理学会平成7年度後期全国大会，2, 299～300 (1995)
- (6) 三輪祥太郎，植田孝夫，西田正吾：VRを用いた保守教育支援システム，電気学会C部門誌，115, No.2, 203～211 (1995)
- (7) Akiyoshi, M., Miwa, S., Ueda, T., Nishida, S.: A Learning Environment for Maintenance of Power Equipment using Virtual Reality, Proc. of Image Processing and Its Applications, 331～335 (1995)
- (8) 佐伯 胖：イメージ化による知識と学習，東洋館出版社 (1987)
- (9) 佐伯 胖(編)：理解とは何か，東大出版会 (1985)
- (10) 佐伯 胖：コンピュータと教育，岩波書店 (1986)
- (11) 佐伯 胖：インタフェースと認知工学，情報処理学会誌，30, No.1, 2～14 (1989)

運転保守支援知識の整理・獲得手法

大橋敏明*
高野富裕**
辻野克彦***

1. ま え が き

電力分野でも、近年の著しいシステム技術の進歩によって、機械化と省力化が推進されてきた。更なるステップとして、設備停止計画やその手順表作成、設備故障診断やその復旧など、より複雑な判断を要する業務において、AI（人工知能）を応用した各種運転保守支援システムの充実が期待されている⁽¹⁾。

そのような支援システムを実現するためには、運用者の持つ知識を効率的にシステムへ取り込むこと（知識獲得）が重要な課題となっている。システムは諸々の設備のリプレースや増設によって時代とともに変化を続ける。そのため、支援システムにも、その時々システムの状態に応じて知識ベースを更新することが求められる。このようなシステムを実現するためには、システム開発者が机上で知識を手作業で整理するという従来の方法では、システム構築・保守に必要な時間、労力、コストが著しく増大していくことが予想される。このため、システムの知識ベースを容易に構築・保守できる新たな枠組みが望まれている。

本稿では、このような運用上の知識を整理・獲得することを支援する手法とその適用例について、二つのシステム事例を紹介する。一つは、三菱電機(株)産業システム研究所が東京電力(株)システム研究所と共同開発してきた事例学習アルゴリズム“HCL”（Hierarchical Concept based Learning）であり、3章でその概要を紹介する。もう一つは、三菱電機(株)先端技術総合研究所が開発してきた帰納的知識獲得システム“MELKAISER”であり、4章でその概要について紹介する。

2. 支援システムにおける知識獲得

図1は、AI応用の支援システムの枠組みを簡単に表したものである。システムは、与えられた運用上の問題を知識ベース内の知識を活用して解き、マンマシンインタフェースを介して回答を運用者に与える。従来、このような支援システムを開発するには、開発者が熟練運用者のノウハウや運用マニュアルを整理し、ルールとして知識ベースに直接入力していた。システムが大規模化し、更に問題が複雑化するほどルール数も膨大となる。そこで、知識を効率的に獲得又は整理し、システムの知識ベースを容易に構築・保守できる知識獲得ツールが求められている。

例えば給電所向け支援システムを開発する上で、次のような点を考慮する必要がある。

(1) 規模の大きさと個別性

所管内の変電所数、送電線数はともに数百に上り、取り扱う系統範囲が著しく大きい。しかも遮断器、保護リレーなどの設備機器の仕様や接続方法、又はそれらの入り切り状態など、常時の運用形態がそれぞれ微妙に異なる。そのため、開閉器などの操作手順作成を考えると、システムを目標系統へ切り換える手順は幾通りも考えられ、問題としては組合せの爆発が生じる。これを避けるため、運用者は系統ごとに特殊なノウハウを大量に持っていると考えられる。そのようなノウハウをいかにして効率的に計算機に実装するかがシステム開発時のかぎ（鍵）となる。

(2) 設備・運用形態の変更

電力需要は増加の一途をたどっている。そのため、電力システムも設備の増設やリプレースが行われ、運用上の規則が変わることもある。例えば、ある設備の停止に伴う負荷の切換え方法などは、関連設備の増設やリプレースによって変わることがある。このような変化に追従できるシステムこそが、真に知的と呼ばれるシステムである。

3. 事例学習型システム操作支援システム⁽²⁾⁽³⁾

産業システム研究所では、東京電力(株)システム研究所と共同で、過去の操作事例から知識を自動的に獲得するHCLを開発してきた。ここでは、このアルゴリズムを適用したシステム向け平常時操作手順表作成支援システムについて紹介する。

3.1 システム構成

HCLを内蔵した手順表作成支援システムの構成を図2に示す。システムは次の3モジュールから構成される。

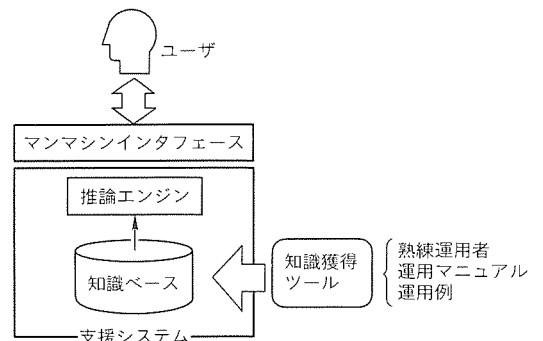


図1. 知的支援システムの枠組み

(1) 系統編集モジュール

系統設備データを、画面上でマウスを使って容易に入力できる環境を提供する。個々の設備データは、システム内にあらかじめ用意された設備テンプレートに、個別情報を属性として記述していくことによって定義される。

(2) 事例学習モジュール

与えられた操作事例を再利用可能なルールとして整理し、知識ベースを構築・更新する。事例は、過去に運用者が作成した手順表、及びシステム自体が作成し運用者によって修正

された手順表の両方を用いる。将来的には、LANを介して現稼働システムから直接入力することも考えられる。入力された手順表は、各操作の目的を認識するために、内蔵シミュレータで模擬実行され、その結果がルールとして整理される。獲得されるルールは、個別ルールとはん(汎)化ルールに分けられる。個別ルールは個々の設備に固有のルールであり、汎化ルールは複数の個別ルールから類似性に基づいて設備名を変数化したもので、他の類似設備の操作にも適用できるようになっている。

(3) 手順表作成モジュール

事例学習モジュールで獲得したルールを適用し、ユーザが設定した操作目標に対し、操作手順表を作成する。

3.2 実行例

図3は、事例学習によって獲得された個別ルールの例である。同ルールは、図4に示すモデル変電所の“神奈川線1L”の作業停止のためのルールであり、順に[1]~[4]の内容を実施すればよいことを意味している。汎化ルールでは、“神奈川線1L”などが変数化される。

図5は、図4の設備データと幾らかの操作事例データを入力し、埼玉線1L作業停止の手順表を作成させた結果である。同図は、

変電所の機器操作手順表の作成の例であり、埼玉線1Lの開閉器の入り切りのほか、43-LSスイッチなどの制御回路切換操作、各種確認事項の手順も作成され、実操作に則したものとなっている。

3.3 HCLの特長

HCLを内蔵した支援システムは、次のような長所がある。

- (1) 対象となる系統をモデル化するだけでその操作規則を事

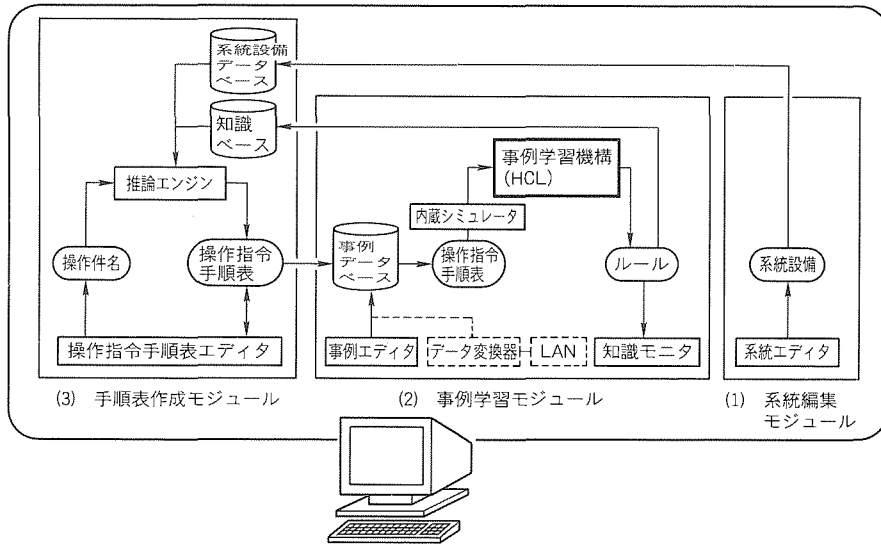


図2. HCLを内蔵した平常時操作手順表作成支援システム

操作目的	ルールID: [19 2] 送電線群クラス(神奈川線群): [神奈川線, 500kV, 1L] 作業停止 変電所名: 関東 線路名: 神奈川線 電圧階級: 500kV 上位構造: 関東SS
目的達成のための手順	[1] 送電線クラス(神奈川線1L): 負荷確認 変電所名: 関東 設備番号: 1L 線路名: 神奈川線 電圧階級: 500kV 上位構造: 神奈川線群
	[2] 送電線クラス(神奈川線1L): [関東, 500kV, 甲1] で作業停止 変電所名: 関東 設備番号: 1L 線路名: 神奈川線 電圧階級: 500kV 上位構造: 神奈川線群
	[3] 送電線クラス(神奈川線1L): 負荷移行確認 変電所名: 関東 設備番号: 1L 線路名: 神奈川線 電圧階級: 500kV 上位構造: 神奈川線群
	[4] 送電線クラス(神奈川線1L): [関東, 500kV, 乙1] と分離確認 変電所名: 関東 設備番号: 1L 線路名: 神奈川線 電圧階級: 500kV 上位構造: 神奈川線群

図3. HCLによって獲得されたルールの例

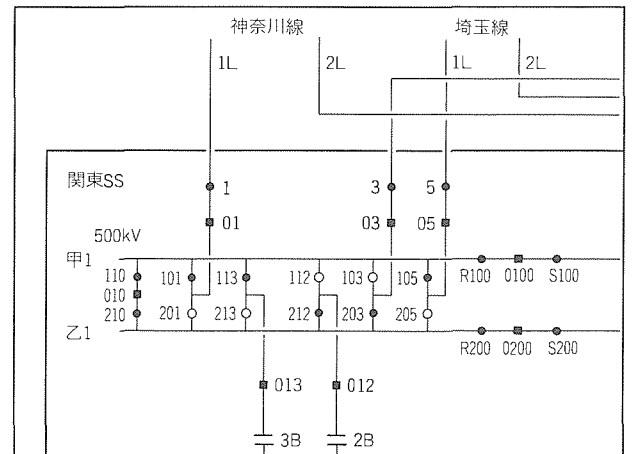


図4. モデル変電所の一部

例から自動的に学習するため、知識ベースの構築性・保守性に優れている。

(2) 系統モデルの拡張だけで、取り扱う操作の内容を広げていくことが可能である。

また、事例をそのまま保存・再利用する事例ベース推論に比べ、以下のような長所がある。

(3) 体系化によって事例内の手順を操作目的ごとに木構造にまとめ、ルールとして部品化している。そのため、開閉器の入り切り状態など操作前系統が若干異なる場合にも、別の事例から得た部品を相違箇所当てはめれば、適切な手順を作成できる。

(4) 汎化によって事例を一般的規則に置き換えている。そのため、事例を類似の系統・操作にも適用して手順を作成できる。

4. 帰納学習を用いた知識獲得支援システム “MELKAISER”

4.1 帰納学習と知識獲得^{(4)~(6)}

運用者から知識を聞き出すことの難しさについては2章で述べたが、整理された知識を記述することは困難でも、自らの判断の事例(すなわち、与えられた課題とそれに対する自分の判断結果)を示すことは、多くの場合比較的容易である。一方で、帰納学習の手法を使うことにより、そのような課題の状況と判断結果の対応から、その判断を下すに至った過程(すなわち、隠されたアルゴリズム)を帰納的に推定することが可能である。

そのようにして生成されたアルゴリズムには多くの不備な点が含まれるが、それを見ることにより、専門家は不足する条件や不適切な表現など、多くの欠点を指摘することができる。その欠点を補う新しい知識を獲得し、帰納学習にフィードバックすることにより、対話的に知識を洗練していくこと

ができる。

MELKAISER⁽⁷⁾はこのような考えに基づく知識獲得支援システムである。図6にMELKAISERの構造を示す。専門家は、判断事例、原因と結果の確率的相関表、兆候間の制約条件などの知識を思い付く範囲でMELKAISERに入力することにより、それらを可能な限り満たすような統計的に最も簡易なロジックを生成させることができる。生成されたロジックは木構造に整理され、専門家に示される。この結果を分析検討し、不足すると考えられる事例や制約を加えたり相関表を修正したりすることにより、ロジックを改善することができる。完成したロジックは確率推論を行う図6のCのプログラムソースや主要なプロダクションルールなどの形式で出力させることが可能である。

4.2 適用例1：送電線の事故点判定⁽⁸⁾

帰納学習を用いる知識獲得手法の特徴として、想定できる限りの判断事例(判断すべき課題の状態とその判断結果)をコード化の方法を気にせず網羅的・宣言的に記述するだけで、事例内の矛盾や冗長性を解消した最適な(すなわち高速

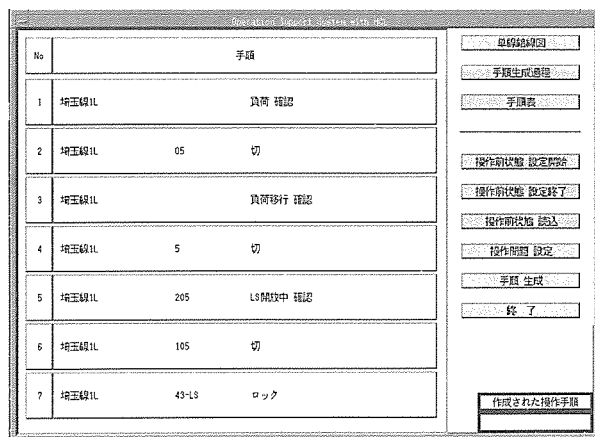


図5. HCLを内蔵したシステムによる手順表作成例

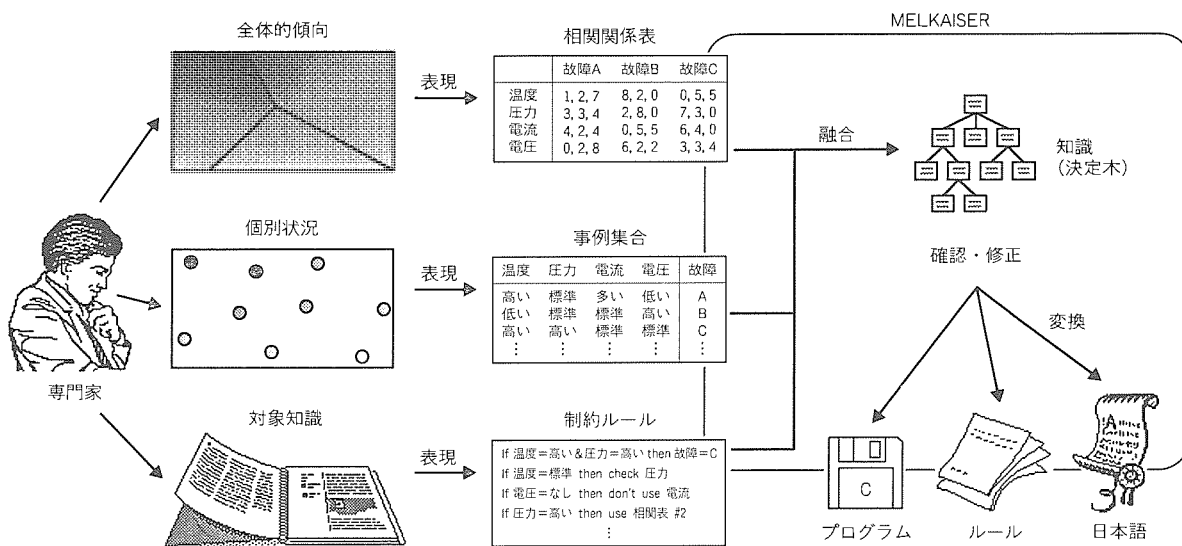


図6. MELKAISERの構造

な) ロジックを自動生成できることが挙げられる。

送電線の事故点又は異常動作点の判定においては、系統図を基に、表1に示したような決定表を作成し、診断を行ってきた。しかし、このような表の作成に際しては、漏れなく記載することのみならず、診断の高速化のためには可能な限り単純化された表を作ることが求められる。

MELKAISERを用いてこの表からロジックを生成することにより、表の中の矛盾や漏れの可能性が発見できるとともに、冗長な部分を簡略化しコードレベルに最適化したロジックを簡単に生成することができる。図7に、表1から生成されたロジックの本表現を示す。図中(a)に示したように、幾つかの判定結果が列挙されている部分は、表の矛盾又は観測項目の不足の可能性を示している。実際の診断は、この本構造に対応するようなプログラムコードによって行われるため、表を順次評価するものに比べて極めて高速に診断が行われる。この傾向は系統が大きくなるほど顕著である。

4.3 適用例2：変圧器タップチェンジャ異常診断

帰納学習を用いることにより、課題そのものの検証と洗練化を行うことも可能である。

変圧器のタップチェンジャに異常が発生すると、タップ切換え時に駆動軸に加わるトルクが変化することが現象論的に

予測されるが、具体的な変化傾向と異常との関係は明らかでない。そこで、想定されるトルクの変化パターンと異常状況の事例から帰納することにより、必要とされる診断を行う際にチェックしなければならない項目を整理することができる。

図8に、タップチェンジャのモデル図を示す。駆動トルクやモータ電流などの時間変化の様々な部分と分離したい異常状況をMELKAISERに与えることにより、図9に示したような診断ロジックが得られる。これを見ることにより、選択器、開閉器、電動機、駆動軸、操作系の異常を診断するためには、駆動電流の持続時間(図9では“特徴9”図8では⑨で示されている)、トルクセンサのピーク値(同じく“特徴1”), 電流センサのピーク値(“特徴6”), トルクのピーク時から駆動電力が切れるまでの時間(“特徴2”), 選択器動作中のトルク値(“特徴3”), 積算トルク値(“特徴5”)などの特徴を考慮し、例えば、特徴9(駆動電流の持続時間)が小さく、特徴6(電流センサのピーク値)が大きい(正常でない)ときには操作系の異常であると判断すれば良いことが明らかになっている。MELKAISERはこのような知識の基本構造を獲得するためのツールと位置付けられる。この中での“大きい”とか“小さい”とかいう値の判断に関しては、別途、ニュートラルネットなどの技術を使って修正・

表1. 送電線事故点判定のための決定表

条 件 事故内容	保護リレー動作情報						遮断器動作情報						電 圧 情 報								
	LP 主保護	LP 後備	RL 区 間保護	BP 甲 1	TP 二 次後 備	高 速 後 備 甲 1	母 線 分 離 甲 1	送 電 線	送 電 線 他	1u 母 連	2u 母 連	甲 区 分	乙 区 分	変 圧 器 一 次	変 圧 器 一 次	送 電 線	送 電 線 他	甲 1 母 線	甲 2 母 線	乙 1 母 線	乙 2 母 線
正常(1)	○	×	×	×	×	×	×	○							×						
正常(2)	○	×	○	×	×	×	×	○							×						
正常(3)	○	×	○	○	×	×	×	○	○	○		○		○	×		×				
正常(4)	○	×	○	○	×	×	×	○	○	○		○		○	×		×				
LP主誤不動作(1)	×	○	×	×		×	×	○							×						
LP主誤不動作(2)	×	○	○	×		×	×	○							×						
LP主誤不動作(3)	×	×	○	○	×	×	×	○	○	○		○		○	×		×				
LP主誤不動作(4)	×	×	○	○	×	×	×	○	○	○		○		○				×			
送電線CB誤不動作(1)	○	×	×	×	×	○	×	×	○	○		○		○	×		×				
送電線CB誤不動作(2)	○	×	○	×	×	○	×	×	○	○		○		○	×		×				
送電線CB誤不動作(3)	○	×	○	○	×	×	×	×	○	○		○		○	×		×				
送電線CB誤不動作(4)	○	×	○	○	×	×	×	×	○	○		○		○	×		×				
BP誤不動作(3)	○	×	○	×	×	×	×	○							×						
BP誤不動作(4)	○	×	○	×	×	○	×	○	○	○		○		○	×		×				
1uタイCB誤不動作(3)	○	×	○	○	×	×	×	○	○	×		○		○	×						
1uタイCB誤不動作(4)	○		○	○	×			○	○	×		○		○	×		×			×	
甲セクションCB誤不動作(3)	○	×	○	○	×	×	×	○	○	○		×		○	×						
甲セクションCB誤不動作(4)	○		○	○	×			○	○	○		×		○	×		×		×		
他送電線CB誤不動作(3)	○	×	○	○	×	×	×	○		○		○		○	×						
他送電線CB誤不動作(4)	○	×	○	○	×		×	○	×	○		○		○	×		×				
変圧器CB誤不動作(3)	○	×	○	○	×	×	×	○	○	○		○		×	×						
変圧器CB誤不動作(4)	○		○	○			×	○	○	○		○		×	×		×				

注：(1), (2), (3), (4)は想定した事故区間の相違による分類

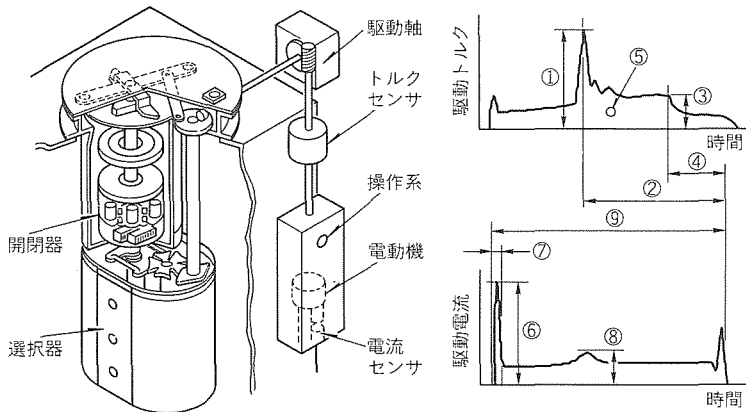


図 8. タップチェンジャのモデル図

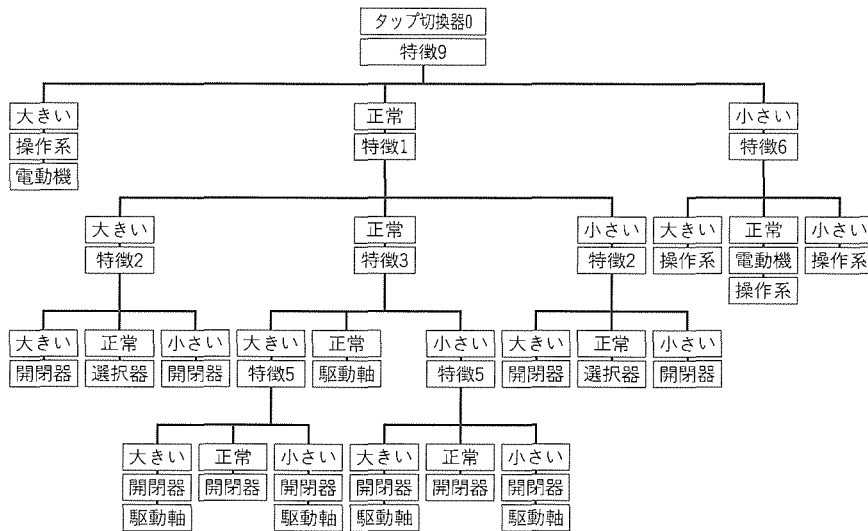


図 9. タップチェンジャ診断用の決定木

学習させる⁽⁹⁾ことが可能である。

この事例で得られたロジックは試験的なものであり、診断精度の点では不十分であるが、このような手法を採用することにより、センサのスペックや追試の計画などを効率的に決定し、新しいアイデアのシステムのプロトタイピングを加速することができるかと期待される。

5. むすび

電力分野に限らず、その他の産業分野でも AI を応用した知的な支援システムのニーズが高まりつつある昨今、システム開発に必ず(須)の知識獲得・保守の効率化は、現在大きな課題となっている。今後、知識ベースの品質の検証技術を含め、体系的な知的支援システム開発手法の確立が望まれるであろう。

本稿では、その一つのアプローチとして、機械学習の考え方を導入した知識獲得手法 HCL 及び MELKAISER について述べるとともに、それらの適用事例を紹介した。

参考文献

- (1) 電力技術 AI 応用専門委員会：電力技術への AI 応用，電気協同研究，48，No.1 (1992)
- (2) 吉澤純一，荻 宏美，高野富裕，松本啓之亮：階層的概念関係に基づく学習方式 HCL と操作手順作成知識の獲得，電学論 B，113，No.2，123～130 (1993)
- (3) 高野富裕，松本啓之亮，大木 功，大橋敏明：事例学習による給電所向け操作指令手順表作成支援システム，電学論 B，115，No.7，795～802 (1995)
- (4) 辻野克彦，西田正吾：帰納的学習と演繹的説明づけに駆動された知識獲得システム：KAISER，人工知能学会誌，7，No.1，149～159 (1992)
- (5) 辻野克彦，西田正吾：知識獲得技術の最近の動向，計測と制御，33，No.9，776～785 (1994)
- (6) 辻野克彦，西田正吾：知識獲得と機械学習の統合，システム/制御/情報，4，No.39，159～166 (1995)
- (7) 辻野克彦，西田正吾：事例と相関表からの分類知識の帰納的生成，人工知能学会第 8 回全国大会，5-2，115～118 (1994)
- (8) 合田忠弘，飯島健滋，酒井恵里，辻野克彦：事例に基づく変電所事故診断における判定知識の獲得と木構造表現，平成 7 年電気学会全国大会，1561，6，525～526 (1995)
- (9) 辻野克彦，西田正吾：決定木に基づくニューラルネットの構成と洗練，1992 年度人工知能学会全国大会，369～372 (1992)

東北電力(株)向け大規模有人変電所の 監視制御・運転支援システム

前川 洋* 上窪康博***
篠原秀雄**
尼子量之***

1. ま え が き

電力需要の増大に対応し、送電網の強化の一環として、東北電力(株)では500kV系統設備の構築が行われた。南相馬変電所は、500kVと超高压で東京電力(株)と連系する位置にある大容量有人変電所である。ここでは、近年の計算機システム技術、光LANデジタル制御方式、構内光応用のインテリジェントテレコントロール(ITC)と運転支援システムを採用し、運転員の平常時・緊急時の対応に配慮した新技術適用の監視制御・情報システムを形成している。

本稿では、変電所システムの基本的な考え方とシステムの構成及び機能について述べる。

2. 変電所の概要とシステムの基本的な考え方

2.1 変電所の概要

南相馬変電所では、当初から500kV設計で275kVでの運転であった常磐幹線を500kVに昇圧するとともに、東京電力との連系強化として500kV相馬双葉幹線を新たに建設し、工事としてこのほど完成を見たものである。図1の南相馬変電所の敷地構成に示すとおり、既設超高压の南相馬変電

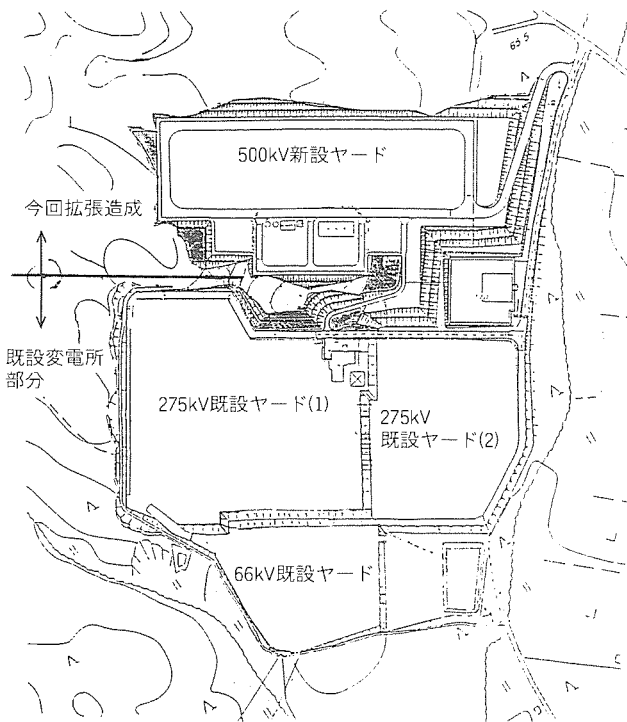


図1. 南相馬変電所敷地構成

所に500kV設備拡張を実施した大規模基幹変電所として運用を開始した。

500kV主回路機器の電気仕様は表1のとおりである。また、500kV設備拡張部分の機器配置を図2に示す。

2.2 変電所システム構築の考え方

東北電力初の500kV変電所における監視制御システムの構築に当たり、以下の基本的考え方で推進することとした。

- (1) 監視制御システムは、変電所の中核をつかさどるもので、判然としたシステム構成とする。特に、500kV変電所の大規模化・大容量化に伴う特質にこたえた“高度情報化と運転情報の高精細化対応の監視制御システム”とする。
- (2) 制御方式は、主回路設備のユニット化の考え方に基づき、既設275kVの改良を含めて新設500kVの“各ユニット分離独立”した構成とし、万一の事故時にも相互間の事故波及を防止する高品質化を図る。
- (3) 500kV変電設備は、系統における立地状況や設備容量から事故波及時の影響が大きく、運転・保守員に質的に高度かつ迅速な対応が要求される。したがって、従来の巡視・保守を主体とした運転保守形態から、運転中の機器の異常兆候を早期発見する予測保全支援や、事故・異常時の適切な把握と復旧の迅速化を支援する“運転支援システム”の導入によって運転保守形態の向上を図る。

3. 適用技術とシステム構成

変電所の位置付けと今後の技術指向の両面に関する構築の基本思想に基づいて適用技術の選定を行うとともに、システム構成の決定を行った。

図3に監視制御・運転支援システムの総合構成を示す。

表1. 主回路機器の電気仕様

主要変圧器	電圧	525/275/63kV	
	容量	1,000MVA	
550kV GIS	バンク数	2バンク	
	送電線ユニット	相馬双葉幹	8,000A×2
		常磐幹	6,000A×2
	変圧器ユニット	2,000A×2	
分岐リアクトル	母線連絡ユニット	8,000A×2	
	母線区分ユニット	8,000A×2	
分岐リアクトル	電圧	63kV	
	容量	60MVA	
	台数	3台	

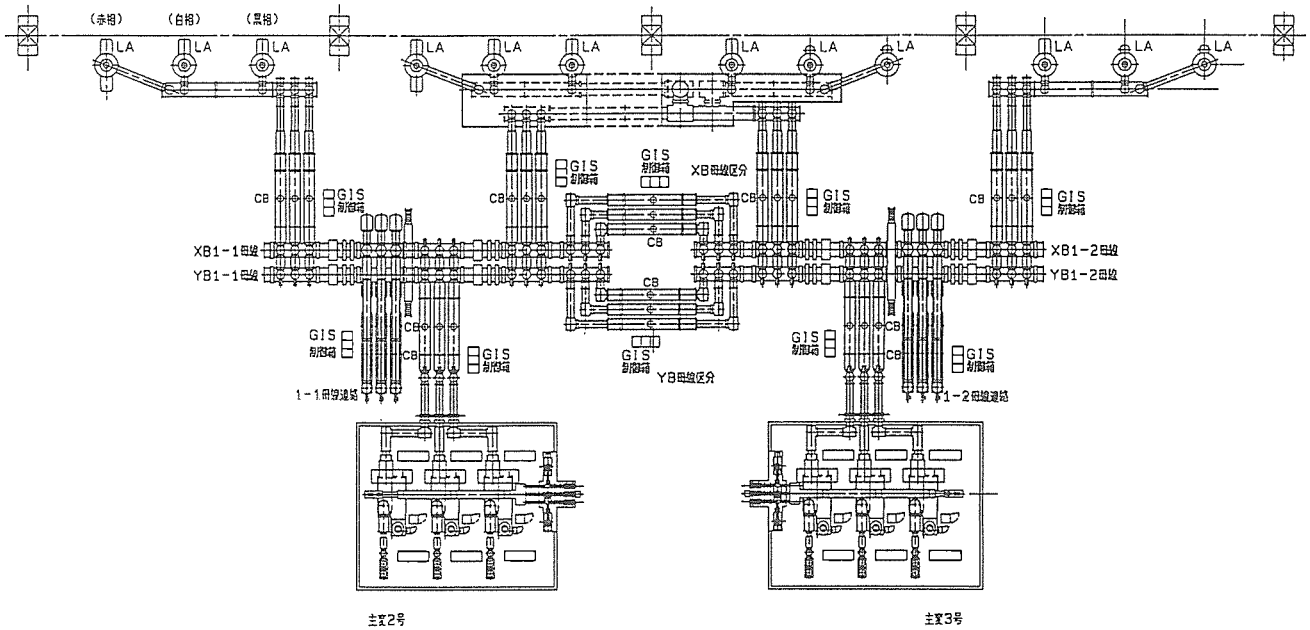


図 2. 500kV機器配置

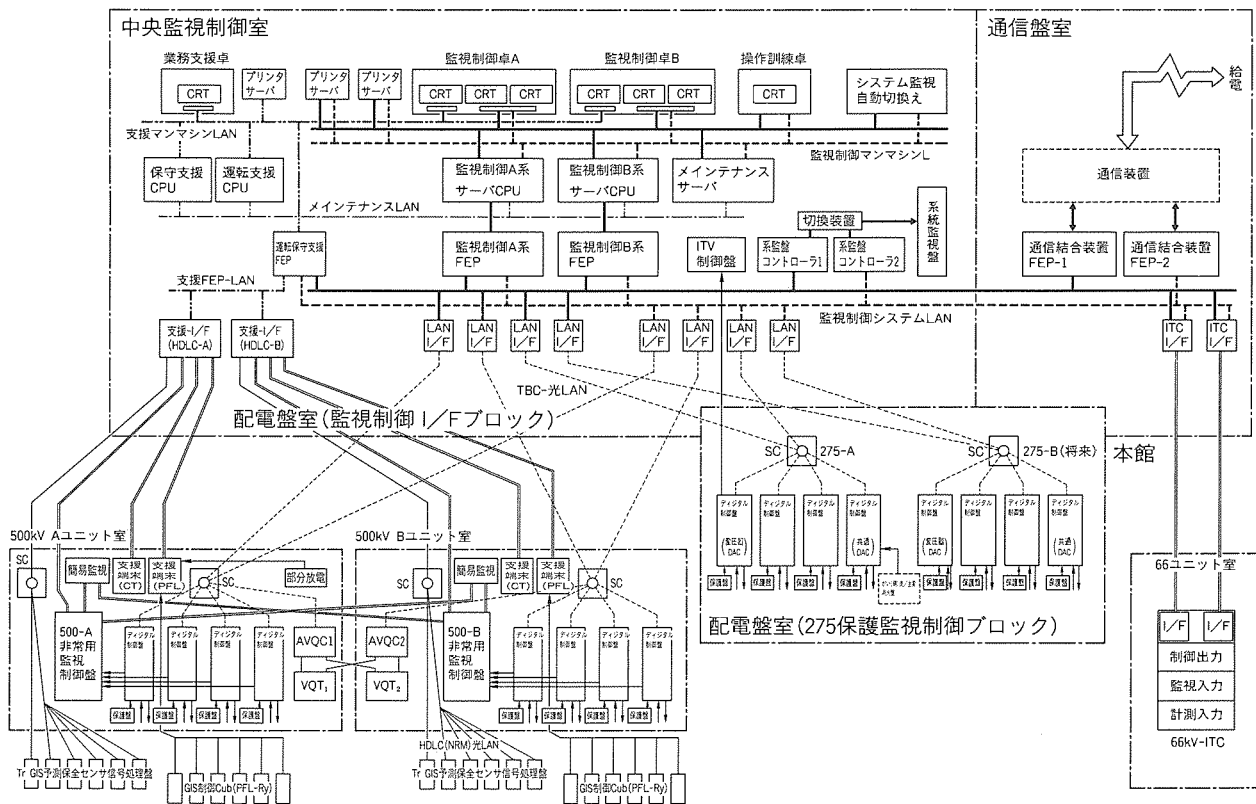


図 3. 南相馬変電所の監視制御・運転支援システム構成

3.1 適用技術の選定

(1) 監視制御用計算機システム方式

今後の情報化対応と、システム処理応答性及び設備スペース性の点で良好な性能が期待できる分散型計算機方式を採用した。中央処理装置はUNIX^(注1)サーバで構成し、マンマシン装置にEWSを配備してシステム総合の応答性を向上した。

(2) 光LANデジタル監視制御方式

既設変電所本館(中央監視制御室)と500kV GIS (Gas Insulated Substation) 間は平面直線距離で約220mの離隔があり、新設ヤードは既設ヤードより約15~20m海拔の高い部分に山を切り開いて造成されている。このため、個別制御盤を本館に配備した場合にはケーブルの長さ、ケーブル負担、ケーブルダクト工事などの諸点でロスが大きく、情報化指向に適合しないので、光LANデジタル制御方式を

採用した。同時に、GISユニット分離独立の考え方でデジタル制御盤を配備した。さらに、275 kVの既設制御盤を上記の光LANデジタル制御方式に改良し、運用の一元化などシステム総合構成に配慮した。

(3) 運転支援システムの適用

日常の変電所報告業務、運転保守情報監視業務、機器障害予測管理業務、事故時の処置業務などの各種状況下の運転員の支援機能を形成した。

この分野は技術発展途上にあり、実績と効果の両面を配慮して機能選定をした。また、日常運転員が接するマンマシン画面は、常時の監視画面に随時ポップアップで詳細データ・参照メッセージ・特性グラフ表示など運転者用と保守員用の両面の情報提供ができるように技術選定をした。

3.2 システム構成の決定

(1) 計算機システム構成

UNIXサーバとマンマシン用EWS及び監視制御端末装置インタフェース間は高速同軸LAN (Ethernet LAN) を用いて結合し、UNIXサーバの大容量総合情報処理と各種計測制御にかかわるユニットごとのPIO (Process Input / Output) 個別制御情報処理を分離した。

注1 “UNIX”は、X/Open Co.Ltd.がライセンスしている米国及び他の国における登録商標である。

上記の計算機は二重系デュープレックス方式で、マンマシンはA、B系各2台のEWSで構成した。監視卓装置は、運転支援用CRT1台を含めて1卓3CRTの装置として構成し、日常の監視制御業務用画面と事故障害対応業務・保守業務画面との総合確認性を配慮した方式とした。

また、運転員の日常の操作と緊急時に対応する訓練のため、メンテナンス用サーバに実装した操作訓練機能を用いて模擬操作卓から実運用系に支障を与えることなく訓練実行が可能である。なお、メンテナンス用サーバは設備定義・定数・画面等データベースの変更対応で準備したもので、専用のメンテナンスLANで監視制御用サーバ及び運転支援サーバと結合し、共通情報の一元メンテナンスが可能となっている。訓練用卓は2台のCRTで構成し、監視制御のA、B卓に併設し、訓練時の臨場感に配慮した。

中央監視室の系統監視盤を図4に示す。また、監視制御・運転支計算機装置(メインサーバ)部分の設置状態を図5に示す。

(2) 光LANデジタル監視制御装置構成

光LANデジタル制御方式は、近年新設設備向けに全国規模で適用されつつある。共通仕様であるIEEE 802.4準拠のTBC (Token Bus Control) 式のプロトコルを用い、光スターカップラを適用した放射状の光ファイバ伝送路で制



図4. 中央監視室レイアウト(系統監視盤/監視卓部分)



図5. 監視制御・運転支援計算機装置(メインサーバ)

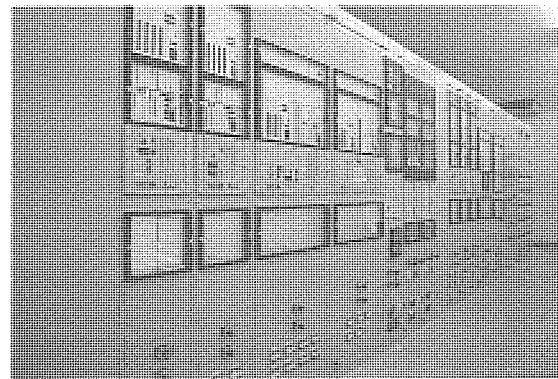


図6. 500kVユニット室設置デジタル制御装置部分

御盤と監視制御計算機用インタフェース間を双方向に接続する。

従来の制御盤方式では、機器の状態接点、保護装置動作接点、計測情報などの多数の信号を電線を用いて個別に中央の監視盤に中継収集していたが、光LANデジタル制御方式の全面的採用によって一回線分の詳細情報を1対の光ファイバで双方向デジタル伝送で結合し、大幅なケーブル減少が実現した。

南相馬変電所では、計算機2系列に対応する二つの親局を光スターカップラに結合し、制御盤は設備単位で1系列の配備とした。光スターカップラは、500kVのGISブロック単位で計2台、275kVは二重母線一括の母分単位で計2台の総計四つの光LANを形成した。

図6に500kVユニット室設置のデジタル制御装置の部分写真を示す。手前から、線路制御装置、母連制御装置、変圧器一次制御装置、及び変圧器二次・三次制御装置である。

(3) 66kV構内光伝送応用ITC装置構成

既設の66kVヤードの監視制御は、従来の配電盤に替わり、計算機と結合して制御情報を授受する構内ITC方式とした。

66kVヤードにITC子局装置を設置し、計算機システムとEthernet LANで結合可能なITC結合装置を計算機室に設置して、両者間を構内光HDLC (High-level Data Link Control) 方式で結合した。

(4) 給電情報通信インタフェース装置構成

監視制御システムが収集する変電所の計測・状態情報は、光LANデジタル制御装置及び66kVのITCともに監視制御システムLANを通して、給電情報通信インタフェース装置に集められる。“いったん、計算機システムで収集する方式”としなかったのは、変電所の監視制御と給電情報送信の機能で“極力独立性を確保すること”が目的であったためである。計測・状態情報は、給電情報通信インタフェース装置から通信装置を介して広域網に供給される。

一方、給電所からの電圧制御指令を受けて光LANに接続されるAVQC (自動電圧無効電力制御) 装置に目的制御指令を与え、広域系統制御対応の自動化が可能な構成を採用した。

また、給電情報網で供給される地域気象情報を計算機に取り込み、特に雷雨期や台風接近時期の運転に必要な状況をCRTで提供できる方式のシステム構成とした。

(5) 運転支援システム構成

運転支援システムは、監視制御情報と機器の予測保全センサ情報を用いて事故時対応・機器障害予測保全業務対応の情報提供支援を実施するとともに、万一計

算機監視制御機能が使用不可になった状況下でも変電所設備全般のオンライン監視がバックアップとして機能する設備となっている。このため、監視制御系とは独立に系統の情報を収集するとともに、支援用の計算機はハードウェアを監視制御と独立して構築する形態を採用した。

また、500kV機器の予測保全情報の収集のため本館に運転支援用インタフェース装置を設置し、これに予測保全用光LANの情報収集親局機能を設けるとともに、光スターカップラを介して機器近傍に設置した予測保全センサ信号処理群と放射状に接続して、HDLC (NRM (Normal Response Mode)) 手順で機器固有の予測保全監視周期で収集する方式とした。

さらに、現地ユニット室に事故情報収集のためのPFL (Pressure Fault Locator) 情報収集盤と、遮断器・断路器の開極部摩耗度計測用のCT (Current Transformer) 情

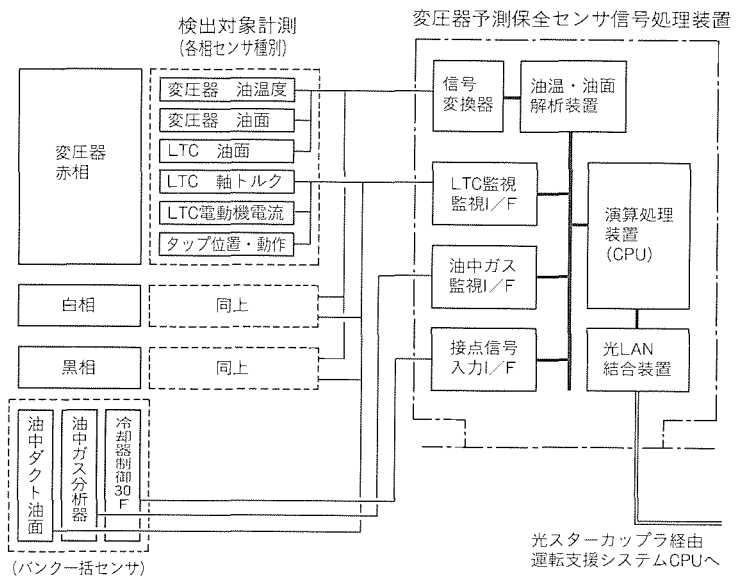


図7. 変圧器予測保全センサ信号処理装置の基本構成

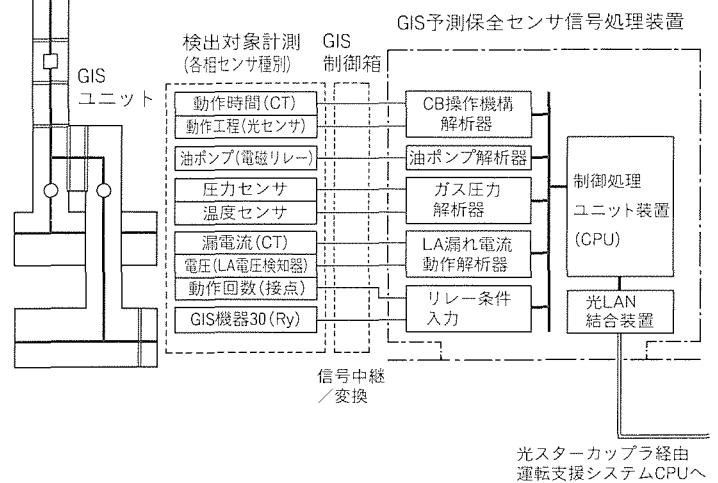


図8. GIS予測保全センサ信号処理装置の基本構成

報収集盤を設け、HDLC (ABM (Asynchronous Balance Mode)) 手順で支援用インタフェース装置を経由して運転支援サーバに供給し、判定結果の情報提供を行う。

(6) 予測保全センサ機器監視システム構成

各変圧器とGISの各ユニットに、予測保全センサ信号処理装置を設置した。図7に変圧器予測保全センサ信号処理装置の基本構成を、図8にGIS予測保全センサ信号処理装置の基本構成を示す。

当初実装として変圧器2バンクに図7の装置各1台を、またGISは、ユニット単位で図8の装置を合計10台設置した。また、GIS母線の部分放電検出用と位置標定用に、GISユニット単位で標定可能な専用設備1組を設置した。

4. 監視制御・運転支援システムの機能

変電所運転保守員の日常業務に近年の高度情報化の対応環境を提供すること、及び緊急時の迅速対応支援機能の構築と系統・設備の精細情報を提供することを考慮し、設定した。

4.1 監視制御システムの機能

(1) 監視機能

変電所監視に必要な情報をオンラインで取り込み、全系の監視は系統監視盤で行うとともに、詳細監視はCRT及びプリンタ出力で迅速かつ正確な把握を可能とした。

(2) 制御機能

被制御機器の操作はCRTと計算機を介して行い、常時の操作頻度の高いものについては自動制御処理をして操作の迅速化と確実化を図っている。

(3) 記録統計処理

変電所機器の運転状態・実績を自動収集し、事故操作記録、日報、月報、年報など編集印字する。また、データ設定表示機能を持ち、日報、月報、年報等の記録データをCRTに表示し、データ修正を可能としている。

また、帳票類の印字要求設定、各監視設定、日付時刻設定、自動監視運用制限設定、各種スケジュール設定を可能としている。

(5) システム運用

システム運転モードの変更、マンマシン装置の切換え、及び装置の故障監視を行う。

(6) メンテナンス

設備増強に伴うポジション、帳票類の変更と追加・削除がCRTを介して対話形式で容易に可能な機能とした。

(7) シミュレーション

メンテナンス後の確認や運転員の操作訓練を行うため、子局(制御盤又はテレコン子局)の応動や系統事故を模擬できるシミュレーション機能を設けた。

(8) データ連系

給電指令所や中央給電指令所へのデータ転送や、事故情報等のデータの連系を行う。また、給電情報連系を用いて、

CRT上に図9のような南相馬周辺地域の気象情報を提供し、雷雨時期などの対応に供している。

4.2 運転支援システムの機能

(1) 系統状態監視

運転支援の故障標定機能実現のほか、監視制御計算機システムの監視機能バックアップの目的をも併せ持つように考慮した。機器閉閉状態、充停電状態、状態変化処理を実施する。対象情報としてCB (Circuit Breaker)、LS (Line Switch)、計測情報、各種30F (故障表示)及びPFLリレー動作等を検出処理する。

故障標定は、保護動作と主回路の停止状態及びPFLリレー動作から即時に故障位置を詳細に表示する。図10に、故障模擬試験時に表示されたGISガス区分図での標定画面例を示す。また図11に示すように、故障発生時の現場確認のために機器閉閉状態と加圧状態を反映したGIS構造図の展開で、一次確認作業のための情報提供を行っている。

(2) GIS機器状態監視

(a) コンタクト摩耗監視

CB、LSの開極時コンタクト摩耗度監視、遮断器・断路器の開極に伴うコンタクト摩耗度管理は設備保守面で重要である。各遮断器の通過電流と事故遮断・操作に同期した開極時電流を計測し、遮断器のコンタクト摩耗特性と照合してトレンド管理を行う。LSの母線切換え時のループ電流は計測電流とGIS導体から該当開極電流を求め、摩耗度管理を行っている。

(b) CB操作機構センサ監視

遮断器閉閉時の動作特性を制御電流通電時間と操作機構の動き(動作行程センサ)で計測することにより、遮断器の動作異常の早期発見を行う。図12に、CRTに表示された動作行程時間リストとコンタクト摩耗度管理の試験時の画面例を示す。

(c) GISガス圧力監視

GIS予測保全センサ信号処理装置で検出されたガス密度情報から、機器各部のガス圧の自動トレンド監視を行う。

(d) LA漏れ電流・LA動作監視

稼働中のGISにとってLA (Line Arrester)は重要な機器の保護役を担う。このLA自体の劣化はLA漏れ電流監視装置を用いて予兆段階で検出することができる。GIS予測保全センサ信号処理装置情報を運転支援CRT上に逐次表示してトレンド管理し、管理値超過でLAの劣化と動作状況管理が実施可能である。

(e) 油圧ポンプ情報監視

遮断器など操作機器のための油圧の状態把握のため、ポンプ動作回数から判定して各機器ごとの情報として管理する。

(3) 変圧器機器状態監視

(a) 油中ガス分析監視

変圧器本体の絶縁油に溶解しているガスを抽出し、6種類の成分ガスの微量発生段階で測定検知することにより、機器内部で発生している局部加熱や放電を早期に発見するとともに異常の種類を推定し、事故の未然防止と効果的な対応を図ることができる。同時に、絶縁油に溶解しているCO₂ガスを測定し、機器の劣化診断のための長期データを蓄積する。図13に油中ガス分析監視の試験時画面例を示す。

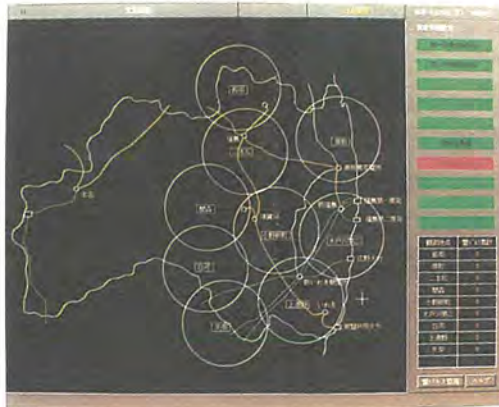


図9. 気象情報提供画面例

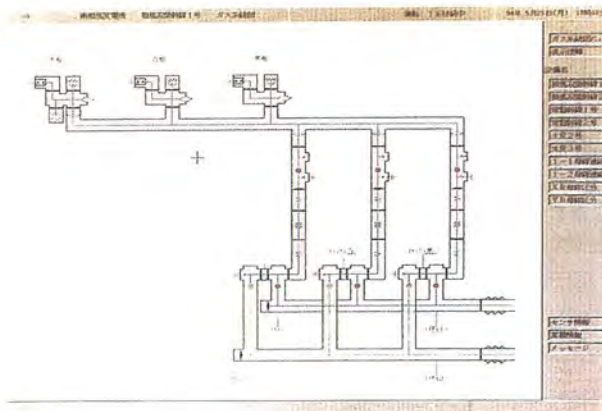


図10. GIS故障標定試験時の画面例(ガス区分図)

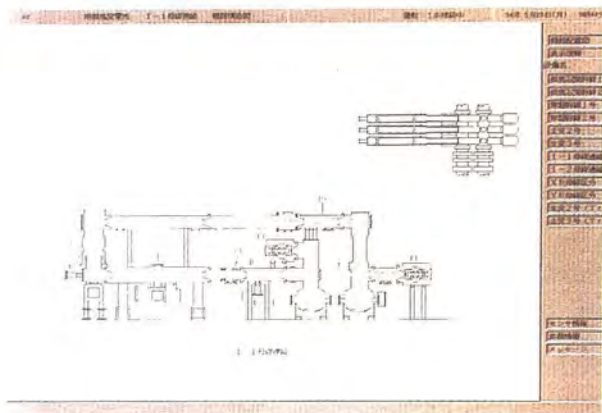


図11. GIS機器構造図の画面例

(b) LTC駆動軸トルク監視

負荷時タップ切換器の各部位における異常の予兆現象を駆動軸トルクと電動機電流波形から検出するとともに、異常部位を特定する。このことにより変圧器内部事故の未然防止と効果的な対応が図れる。図14に試験時のLTC (Load Tap Changer) 駆動軸トルク監視画面例を示す。

(c) 油温・油面監視

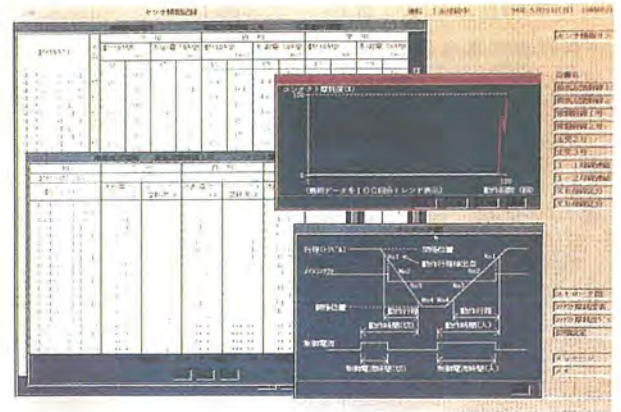


図12. GIS遮断器の動作工程監視と
コンタクト摩耗監視の試験時画面例



図13. 変圧器油中ガス分析監視の試験時画面例

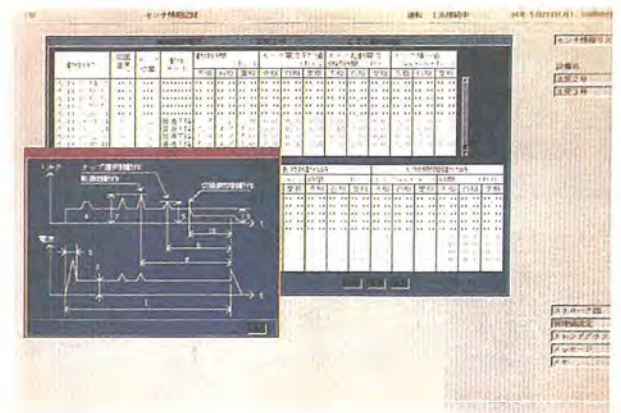


図14. LTC駆動軸トルク監視の試験時画面例

人による巡視点検が長時間周期の監視であることに対し、油温の常時監視で変圧器内部異常や冷却装置の異常を検出したり、油面の常時監視で変圧器本体、LTC及び油中ダクトの漏油を自動で検出することができる。

5. 総合システム試験の概要

既設超高压連系変電所としての設備を運用しつつ、順次照光式配電盤から分散型計算機監視制御装置への切換えを実施した。これと並行して、新設500kV設備の監視制御装置の立上げと運転支援システムの立上げを同時期に実施した。

主回路機器の基本確認試験に続き、保護装置、AVQC制御装置、66kV構内ITCの対向試験と給電情報インタフェースを順次確認した。

また、275kVについては、500kVと合わせて光LANデジタル制御方式としたので切換えと新規取込みを共に慎重に進め、'95年6月をもって無事完了した。

6. むすび

東北電力(株)初の500kV変電所としての南相馬変電所の監視制御支援システム全般にわたる技術の紹介を行った。

このシステムの大きな特長は、UNIX分散型制御用サーバを主計算機として構成した国内初の変電所を形成したことである。

これに加えて、最新技術の粋を集めた制御・情報システムとして形成し、変電所運転業務への積極的情報提供と緊急時を考慮した支援機能の充実を促進したことが挙げられる。

最後に、“南相馬変電所監視制御・運転支援システム”の製作に関し多大のご指導をいただくとともに、本稿の作成に当たり御助言いただいた東北電力本店工務部、原町工事所及び南相馬変電所の関係各位に深謝する次第である。

参考文献

- (1) 電気協同研究会：変電技術の動向と将来展望，電気協同研究，41，No.4，214（1985）
- (2) 大橋信富美，鈴木 守，前田隆文，吉田敬史，柳瀬秀史，安斉敏夫：光LANを用いた変電所全デジタル保護制御システム，三菱電機技報，62，No.10，885～890（1988）
- (3) 熊野彰司，坪内元孝，合田忠弘，竹垣盛一，京本寿美恵：変電所運転支援エキスパートシステムの開発，人口知能学会研究会，SIG-KBS-9003-9，81～90（1990）
- (4) 野口秀夫，上窪康博，上田 広：電力系統制御・保護システム，三菱電機技報，66，No.7，706～711（1992）
- (5) 前川 洋，平河宏之，篠原秀雄，上窪康博：次期変電所における予測保全と監視制御システム，三菱電機技報，66，No.12，1196～1200（1992）
- (6) 香田 勲，松田明彦，前川和夫，上窪康博，京本寿美恵，山地 勉：基幹系電気所運転支援システム開発，電気学会電力技術研究会，PE-93-18（1993）

中部電力(株)向け無人変電所の 監視制御・運転支援システム

小島正道* 山地 勉**
小澤浩一* 卜部敬二**
柳瀬秀史**

1. ま え が き

近年、電気事業を取り巻く環境や、社会的要求が厳しくなっており、変電所においてもそのシステム信頼性の一層の向上及び運転保守面での高度な対応が要求されている。

このような要求に対して、基幹系変電所を中心とする制御システムにおいても、性能・信頼性・運転効率・保守性の一層の向上が必要になってきた。また、運転支援・保守支援システム及び変電所自動復旧システム構築のニーズにこたえるためには、制御監視情報量が大幅に増加し、これへの対応も必要とされてくる。

これらの背景から、中部電力(株)では、最新の光伝送技術を始めエレクトロニクス技術とデジタル技術を駆使し、機能ごとに分散されていた各監視制御装置を回線ごとに機能統合した回線単位制御盤(Data Acquisition & Control Unit : DAC)に集約し、DACからの情報を構内光LAN(Local Area Network)を通して遠方監視制御装置(Intelligent Tele - Control : ITC), 給電情報伝送装置

(Intelligent Data Transmitter : IDT), 集中監視制御盤(Integrated Monitoring & Control System : IMCS)及び母線故障自動復旧制御装置(Faulted Bus Release Power Equipment Automatic Controller : FB - PAC)と結合した監視制御システムを構築し、1993年から基幹系超高压変電所に適用した。

以下に、このシステムの構成、各装置の概要と適用技術について、ITCは西濃変電所を、その他については南信変電所を例に述べ、無人変電所の監視制御システムの一例を示す。

2. システムの概要

2.1 システムの構成

システムの構成を図1に示す。

遮断器・断路器・変圧器の情報は、従来と同様に電気的情報として送電線・母線・変圧器単位に制御室内に設置されたDAC盤で結合される。ここで、デジタル光信号に変換された後、電圧階級及びブロックごとに独立したスター形の構内光LAN経由で上位装置であるITC, IDT, IMCS,

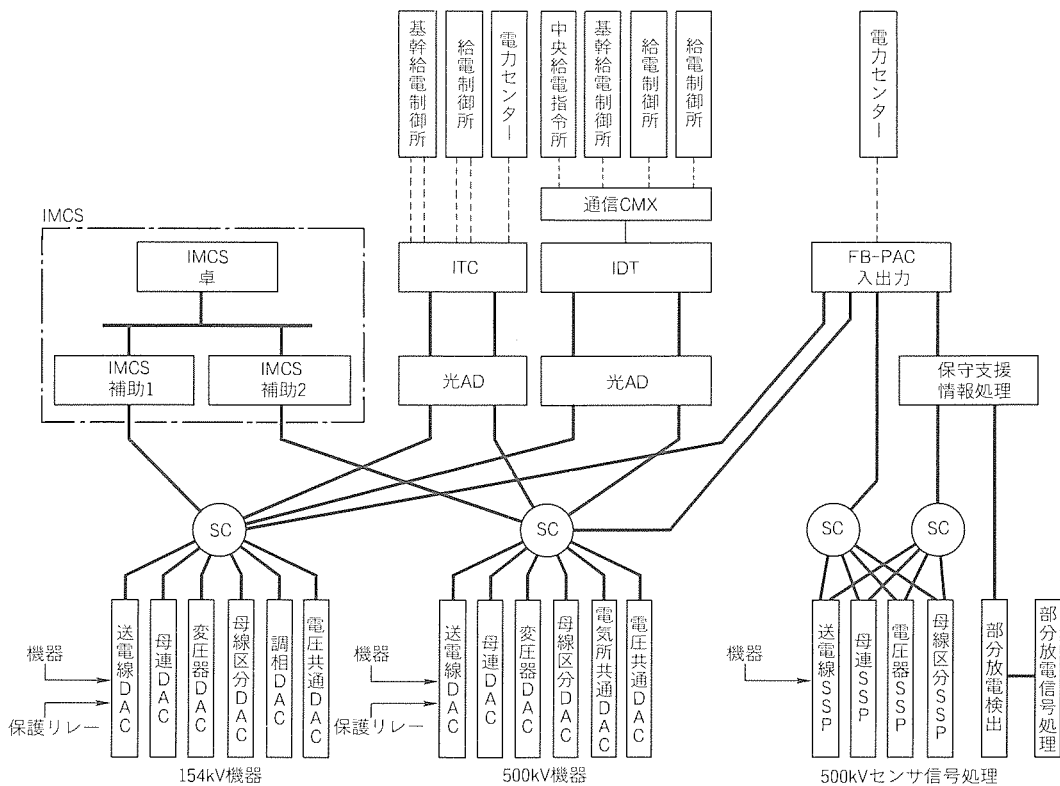


図1. システムの構成

FB-PACに伝送される。なお、各回線の機器状態、計測及び故障表示は、DAC盤にも表示している。

運転に必要な情報は、ITCによってHDLC伝送方式で給電制御所と電力センターに伝送され、運転員による遠方監視制御を可能としている。また、給電指令運用に必要な系統状態及び潮流情報等は、IDTによってサイクリック方式でCDT用パケット多重化装置(CDT Packet Multiplexer: CMX)経由で中央給電指令所、給電制御所等に伝送される。また、直接運転時に変電所全体の監視・制御が可能となるように、IMCSを設置している。運転保守を支援するFB-PACは、DAC盤からの機器状態・故障情報と現地センサ信号処理盤からのセンサ情報を収集し、機器故障時に故障箇所の特定及び故障箇所の切離しを行う。なお、センサ情報、故障箇所の詳細は電力センターに保守支援情報として伝送している。

変電所の運転は、常時、給電制御所からの遠方運転となるが、バックアップとして、電力センターの指令情報システムからの遠方運転も可能としている。

なお、上位装置の中で、ITCとIDTについては特定プロトコルを持った光LANに直接加入ができないため、光AD(変電所構内光LAN Adapter)を経由して光LANと結合している。

2.2 システム構築の基本的考え

このシステムは、信頼性・運転保守性の向上を主目的とし、以下の事項を基本としている。

- (1) 装置故障などの危険分散を図るため、回線単位に機能集約をしたDAC盤を採用した(従来、1装置の機能喪失により、全回線の一部機能が喪失されるおそれがあった。)
- (2) ケーブルの削減を行い、信頼性・保守性の向上を図るとともに、機能拡張の容易性を増すために光LANを採用した。

(3) 大規模変電所での運転性向上と運転信頼性確保のため、コンパクトで、コストパフォーマンスの高いIMCSを設置した。

(4) 詳細な運転・保守情報に対応するため、拡張性と信頼性の面から、インテリジェントな情報伝送装置(ITC及びIDT)を採用した。

(5) 供給信頼度向上のために故障波及防止や復旧の迅速化を図り、運転員の負担軽減を図るために運転保守支援システムを導入した。

3. 監視制御システム

3.1 ITC/IDT

(1) 構成

ITCは電協研第47巻第2号に準拠したHDLC形テレコンで、従来のサイクリックテレコンに対し、大容量化・高機能化が図られている。給電制御所、電力センターとの結合は、HDLC(LAP-B方式)を採用することで、高効率伝送を実現している。また、光PI/O部は、光ADとのシリアル入出力を介して構内光LAN経由でDACと結合することとし、ハードウェアを従来の1/5の容積に縮小した。制御情報は、基準時刻とともに約100ms周期でDACに出力し、各DACからは約2.78ms周期でSV、TM等の情報を入力している。

IDTは、中央給電指令所や給電制御所等との間をサイクリック方式により、CMXを介して広域通信網で結合している。これもITCと同様、光ADとのシリアル入出力を介して構内光LAN経由DACと結合している。

IDT、ITCとも、図2に示すように、伝送部、共通部、光PI/O部から構成されており、各々独立したCPUによって分散処理を行っている。ITCは、信頼性向上のために

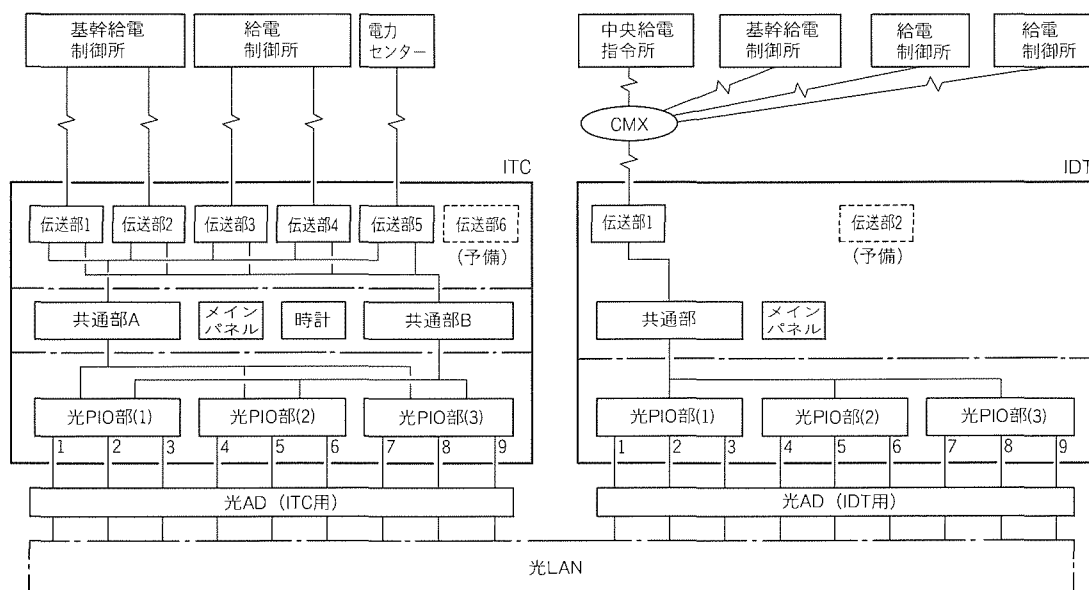


図2. ITC/IDTの構成

給電制御所向け伝送部を2ルート化するとともに共通部を二重系とし、系切換えを行う構成としている。

(2) 機能

機器・切換スイッチ制御は、選択+制御の2挙動制御方式を基本としており、最大4ブロックに対して同時出力のできる複数同時制御機能(一括制御)を併せ持っている。

監視は、通常の応動監視に加え、状態変化(以下“状変”という。)検出と基準時刻からの状変発生タイミングによる

表1. ITC/IDTの実装数とポジション容量

項目		ITC	IDT
実装数	伝送部	6ユニット	2ユニット
	回線数 (HDLC)	5回線*	—
	回線数 (サイクリック)	12回線*	8回線
	共通部	2ユニット	1ユニット
	光PI/O部	3ユニット	3ユニット
容量	制御	600POS	8ワード
	表示	2,000POS	225ワード
	計測	300量	(表示ワードに含む。)
	バッファ数	—	—
バッファ数	状変組合せ	100件/親局	—
	SOE	100件	—
	リレー監視	64点	—
	応動監視	6件/電圧	—
	集約 (一括)	256組	—
	集約 (SV)	30POS	20POS
	最大状変数	2POS×60ワード/秒	2POS×60ワード/秒

注 * 各伝送方式のみとしたときの最大回線数

表2. 伝送方式

項目	HDLC	サイクリック	光AD-I/F
通信形態	1:1	1:1	1:1
通信方式	全二重	全二重	全二重
通信媒体	ペアケーブル	ペアケーブル	光ファイバ
伝送方式	電協研 HDLC-ABM	電協研 40ビット方式	HDLC 無手順
伝送速度	9,600bps	600/1,200bps	2Mbps
符号方式	NRZ	NRZ	CMI
信号伝送	振幅位相変調 (QAM)	周波数偏移変調 (FSK)	パルスコード変調 (PCM)

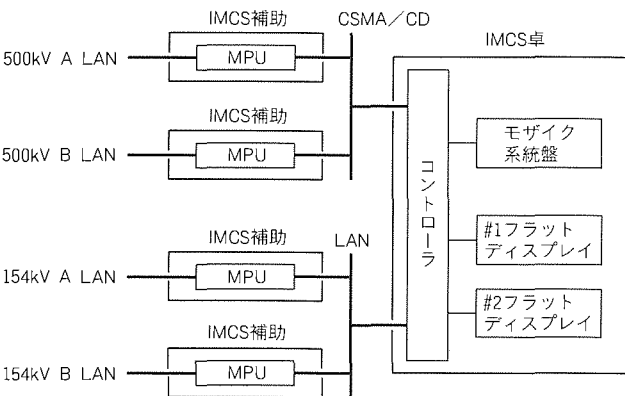


図3. IMCSシステムの構成

状変時刻付けを行う SOE (Sequence of Events) 機能を持っていて、表示の組合せと集約を併せて行う。また、計測として、高速 (1秒周期)・低速 (3秒周期)の2種類のテレメータ伝送機能を持っており、バンク総合や送電線2回線総合の合成処理も行う。また、回線チェックや増設対応などを考慮して、試験機能を持っている。

(3) 装置容量と伝送方式

ITC, IDTの実装数及びポジション容量は表1に示すとおりである。伝送方式は、表2に示すとおり、HDLC (ABM), サイクリック, 光AD-I/F (HDLC無手順)の3種を装備している。

3.2 IMCS

(1) 構成

IMCSは、ITCの点検・故障時や、増設時の確認試験時に変電所構内全体の集中監視制御を行うもので、モザイク系統盤一体縮小デスク形のデジタル形監視制御盤である。IMCSは、図3に示すように、各光LANごとに結合されるIMCS補助盤とマンマシン部であるIMCS卓、これら相互を結ぶシステムLANで構成されている。卓には、図4に例示したとおり、縮小モザイクの系統表示盤があり、機器状態・DAC状態・計測値表示などを行う。卓上には2台のタッチパネル付きディスプレイがあり、選択制御操作、選択計測、故障表示を行っている。システムLANはIEEE 802.3準拠のCSMA/CD (信号検知/衝突検出: Carrier Sense Multiple Access/Collision Detection)方式で電圧階級ごとに分割している。

マンマシンを含め、信頼性向上策として全静止形のハードウェアとしており、ハードディスクなどの可動部がない構造としている。

(2) 機能

ITCと同様に、機器・切換スイッチ制御は先着優先での給電番号による選択+制御の2挙動制御方式を基本としており、複数同時制御機能

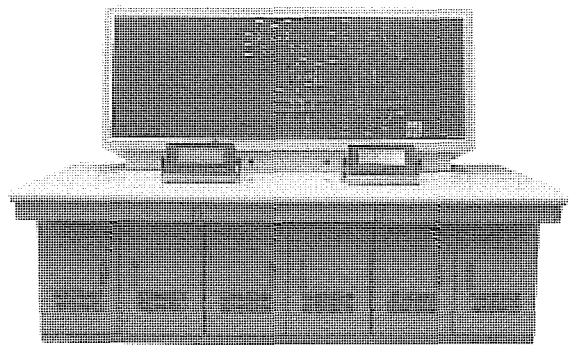


図4. IMCSの外形例

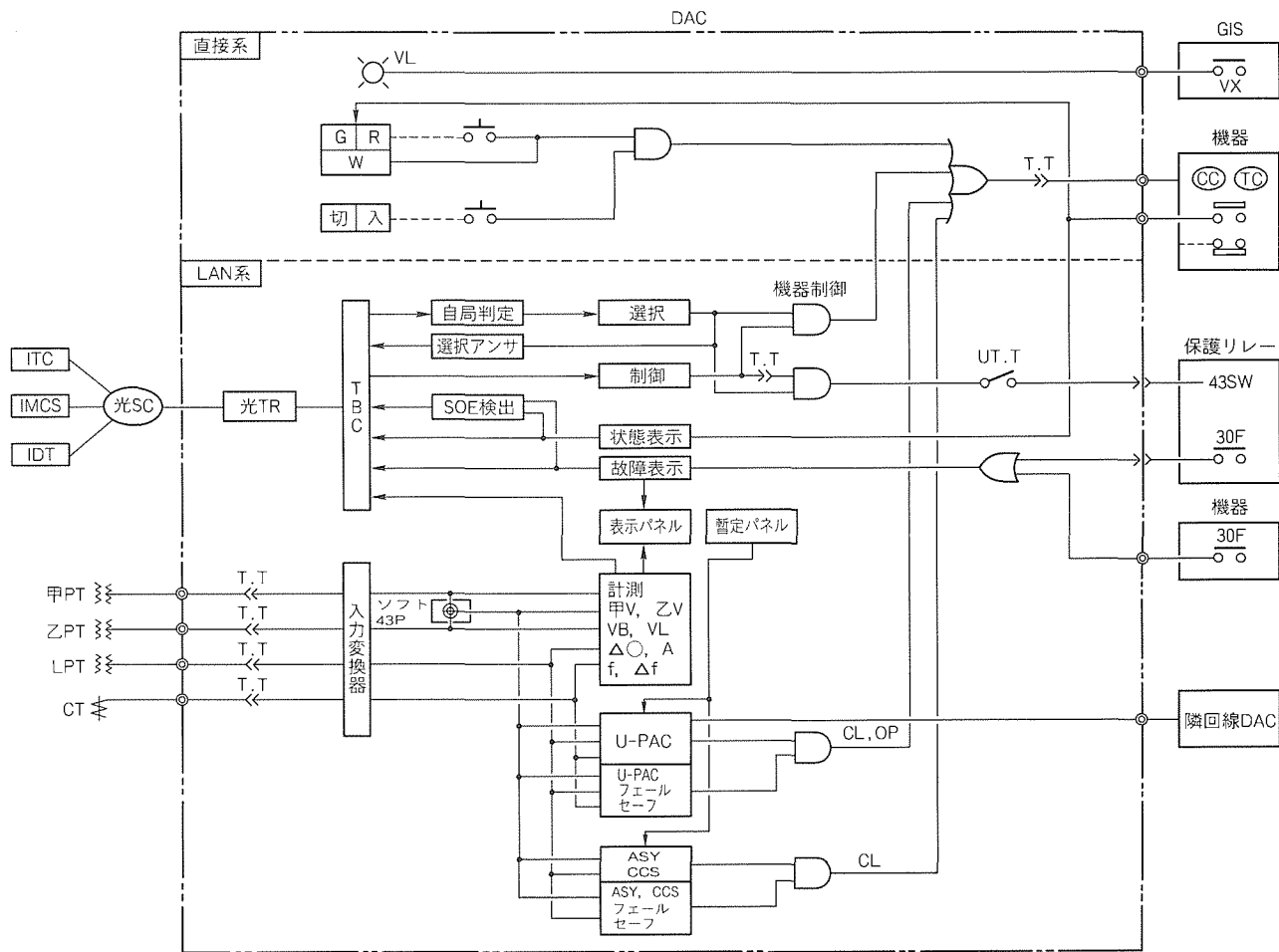


図 5 . DACの構成

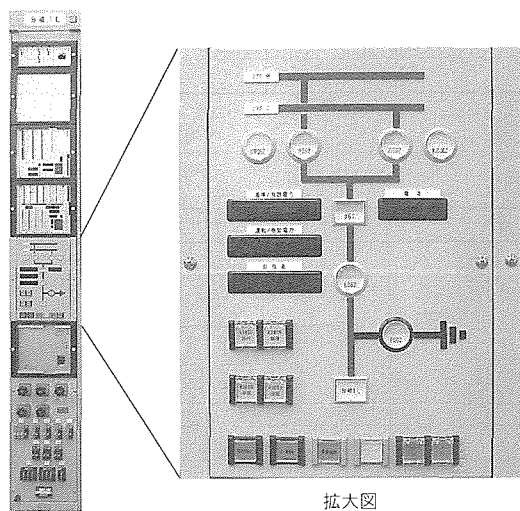


図 6 . DACの外形例

(一括制御)を併せ持っている。

監視は、通常の応動監視に加え、状態検出と基準時刻からの状態発生タイミングによる状態時刻付けを行い、フラットディスプレイに画面選択に応じて表示する。また、電気所での直接運転に用いるため、自動状態発生時のシンボルフリッカ、故障発生時の警報鳴動を行う。

計測情報は、電圧・電流をモザイクに常時表示し、機器選択時は同期情報・電流、選択計測時は電圧・電流・位相差・有効電力・無効電力をフラットディスプレイに表示する。

ITCとの制御権切換えは、制御ブロックごとにIMCSで43R(遠方、直接)の設定を行えるようにしてあり、増設時などの試験を考慮して、試験モード設定も行えるようにしている。

3.3 D A C

(1) 構成

DACは、従来、変電所一括で機能ごとに分散していた監視制御・制御補助・43P・表示処理・K接点増幅・選択計測・同期検定・U-PAC・CCS・WH等の各装置機能を集約して回線単位に1装置にまとめたもので、監視制御システムでは、機器とのインタフェースを行う端末装置としての役割を担っている。DACは、図5に示すとおり、機器接点、CT・PT二次値、リレー動作接点の情報を取り込み、計測演算などの一次データ処理をした後、結果を光LANに送出する。また、図6の装置外形にも示すとおり、純ハードウェアの縮小形(カードタイプ)のリレーシーケンス回路を持つ直接操作部(直接制御ユニット)を備え、正面の操作表示パネルで計測表示・状態表示を行う。制御出力は、DACにある43RTが

並列のとき、光LANから選択信号を受信し、選択アンサを返信し、その後制御信号を受け、CBの場合のみ同期投入機能を介して機器に対し操作出力される。43RTが単独のときは、直接、操作パネルの選択スイッチと操作スイッチによって機器に対し操作出力される。同期投入と自動復旧機能には、誤動作防止のためのフェールセーフ機能を備えている。

(2) 機能

DACは各設備ごとに設置されており、設備によって機能や項目が異なり、表3に示すとおりとなっている。

運転は、常時光LANを通して、ITC, IDT, IMCS, FB-PACと情報を送受信することで行われ、基本的には、機器とのインタフェース(入出力と信号変換)を行っている。

ただし、機能分散を図る点から、先に述べたように、一次処理を自装置で行っている。計測に関しては、実効値演算やWH, VarH積算, 中性点電流デマンドも行う。また、送電線のリレートリップによって起動し、再閉路を行うU-PAC (Unit type - Power Equipment Automatic Controller) 機能, 同期投入処理を行う異系統並列用のASY (Automatic Synchronism Check Equipment) 機能, ループ並列用のCCS (Circuit Breaker Closing Condition Sensor) 機能, 5msの分解能で状態を検出するSOE機能, ソフトウェアによる43P (PT入力自動切換え) 機能がある。また、万一のLAN異常時や当該機器の試験実施時を考慮して、制御表示パネルを搭載し、43RTを単独としたときに

表3. DACの機能一覧

DAC名	500 送電線	500 母連	500 セク ション	バンク 一次	154 送電線	154 母連	バンク 二次 三次	バンク 調相	LR	500 電圧 共通	154 電圧 共通	電気所 共通
直接制御	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
遠方制御	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
CCS機能	○	○	○		○	○	○					
ASY機能	○	○	○									
U-PAC機能	○				○							
計測機能	○ VB VL I P Q θ	○ VB VL I θ	○ VB VL I θ		○ VB VL I P Q θ	○ VB VL I θ	○ VB, VL I, P, Q, θ, +WH ±VarH	○ V 70 V 0 70 I 0 70	○ V 甲 V 乙 LRタップ	○ V 甲・乙 F 甲・乙 I 0	○ V 甲・乙 F 甲・乙 V 0甲・乙 I 0	
故障表示	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
状態表示	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
43P機能	○				○		○		○			
自動監視	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
SOE	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

表4. LAN形状の比較

	スター形	ループ形	バス形 (マルチドロップ)
1 構成			
2 伝送対向	N:N	N:N	N:N
3 信頼性	◎ 光スターカップラに依存するが、パッシブ回路 ◎	◎ 各ステーションはすべてアクティブ回路 ○	
4 運用性	◎ 1か所の端末不良でも全系は停止しない ◎	◎ 1か所の端末不良で全系が停止する (ループバック等二重化対策が必要) △	
5 保守性	◎ 増設対応が容易 ◎ ◎ 伝送路試験が容易 ◎	◎ 増設分は事前に配慮要 ◎ ◎ 単独の伝送路試験が困難 △	データ伝送構成はスター形に近いが、光伝送によるバス形のLANは減衰損から実現が困難
6 経済性	◎ 光ファイバケーブルはループ形に比べて多少長い ○ ◎ 伝送損失が多い ○	◎ 光ファイバケーブルはスター形に比べて多少短い ◎ ◎ 伝送損失は少ない ◎	
7 伝送制御方式	◎ バス形と同じ ◎	◎ 時分割固定タイムスロット方式 ◎	CSMA/CD方式 トークンバス方式ほか
8 総合評価	◎	○	—

DACからの直接制御が行えるようになっている。

3.4 構内情報伝送

ITC/IDT, IMCS, FB-PACとDAC間は光LANで結合されている。この光LANは次のような仕様となっている。

(1) 伝送路の形状

LANの形状は、一般的にスター、ループ、バスが挙げられる。各方式の比較を表4に示すが、信頼性・運用保守性の面から、スターカップラを用いたスター形を採用した。このLANは、①特定局の障害が全系に波及することがない、②伝送遅延がほぼ一定でシステム性能の確保が容易である、③増設はスターカップラのポート数の範囲で光ケーブルを接続

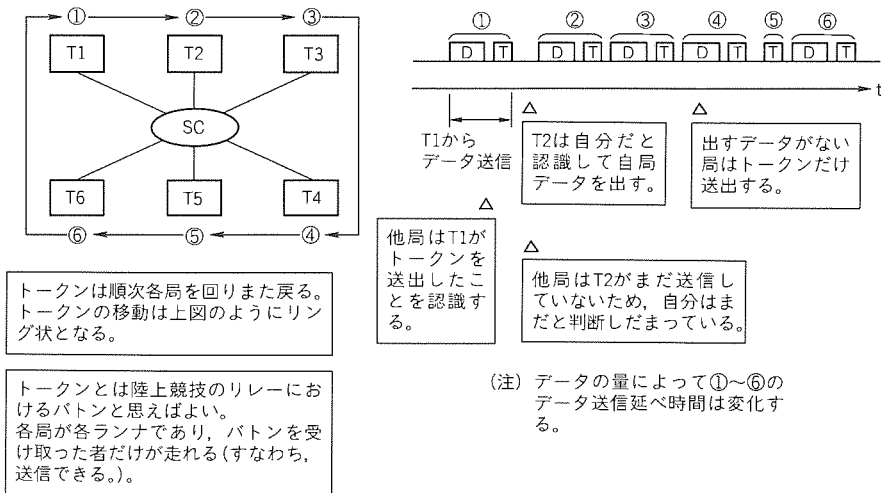
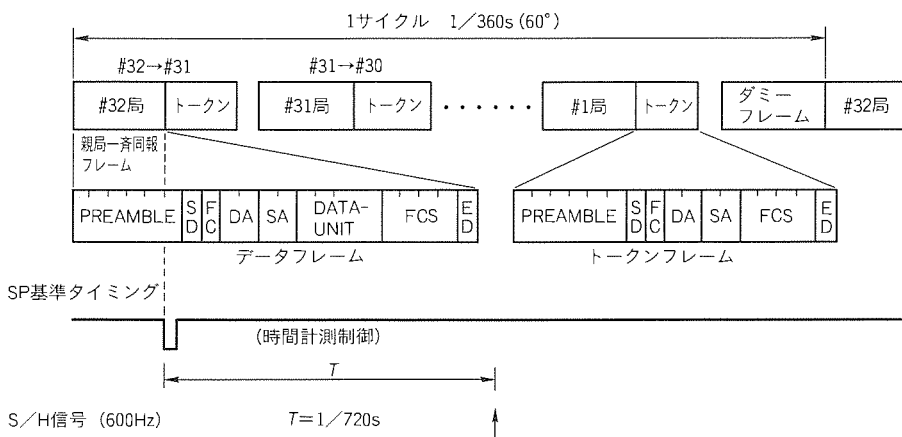


図7. トークンバスアクセスのデータ送信



- PREAMBLEフレーム同期 (固定パターン6 oct以上)
- SD (START DELEMETER)フレームの開始 (固定パターン1 oct)
- FC (FRAME CONTROL)フレーム制御 (1 oct)
- DA (DESTINATION ADDRESS)あて先番地 (局) (2 oct)
- SA (SOURCE ADDRESS)発信元番地 (局) (2 oct)
- FCS (FRAME CHECK SEQUENCE) ...フレーム検査シーケンス (4 oct)
- ED (END DELIMITER)フレームの終了 (固定パターン1 oct)
- DATA-UNIT電流・電圧データ、機器・リレーON/OFF情報及びLANステータスで構成

図8. LANサンプリング同期

するだけで容易に行える、などの特長を持っている。

(2) 伝送方式

伝送方式は、信頼性・保守性の向上の面から標準化を考慮し、IEEE 802.4で規定されているトークンバスアクセス方式を採用している。これは、図7に示すように、アドレスの大きい局から小さい局にトークン(送信権)を順次受け渡していく決定論的アルゴリズムによるもので、論理的にリングとなっている。信号の衝突がない、同報機能がある、局加入/離脱が容易であるなどの特長を持っている。

伝送速度は10Mbpsであり、図8に示すサンプリング同期によって各局の伝送周期を一定にできることから、周期を電気角60° ($2/720 = 2.78ms$)、加入局数はスターカップラの

ポート数から32局としている。

また、伝送情報の大容量化を考慮

し、監視制御情報のうち制御出力以外は低速の情報更新周期で対応

できるので、ITC, IDT, IMCS, FB-PACの各局は制御

出力を送出するため高速アクセスできるようにサイクル局として、

2.78msごとに送信権を持たせることとした。DACはデータ局として、LANの30周期に1回

送信できるようにした。これをデータ送出権割当て方式といい、図9

に概念を示す。

(3) 伝送フォーマット

伝送フォーマットは、図8の中に示す構成のトークンバスアクセス方式で規定された標準構成であり、

トークンバスコントローラによって生成される。データユニットには計測値や機器状態を載せ込み、

各データはテレコンのポジションに対応したビット配列となるように

している。

4. 運転保守支援システム

4.1 構成

変電所運転保守支援システムは、GIS異常時の早期復旧を目的として、

運転支援機能・保守支援機能で構成されている。これらを実現するため、図10に示すように、

機器状態の情報をセンサ出力で、各回線単位に設置されたセンサ信号

処理盤(SSP)から光HDLC

(Normal Response Mode方式：NRM)で低周期でFB-PACと保守支援情報処理盤に伝送される。また、部分放電

検出盤と部分放電信号処理盤でセンサ信号を処理して位置を特定し、RS-232Cで保守支援情報処理盤に伝送する。また、

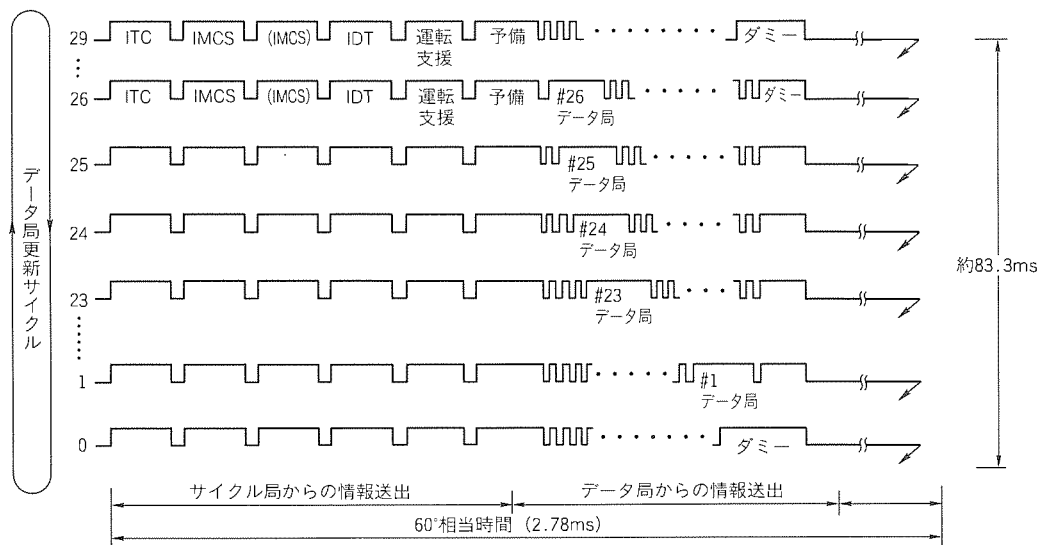


図9. データ送出権割当方式

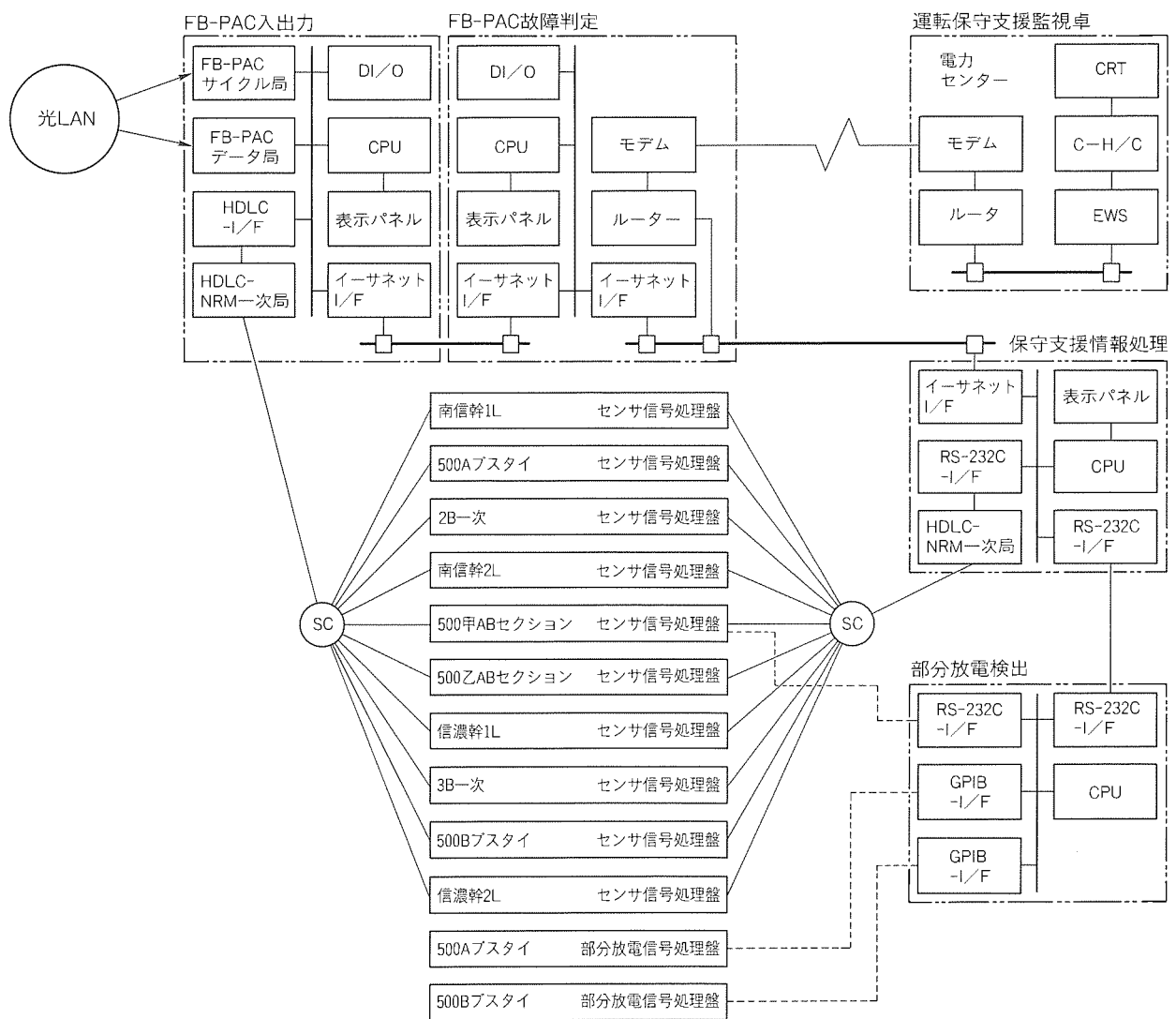


図10. 運転保守支援システムの構成

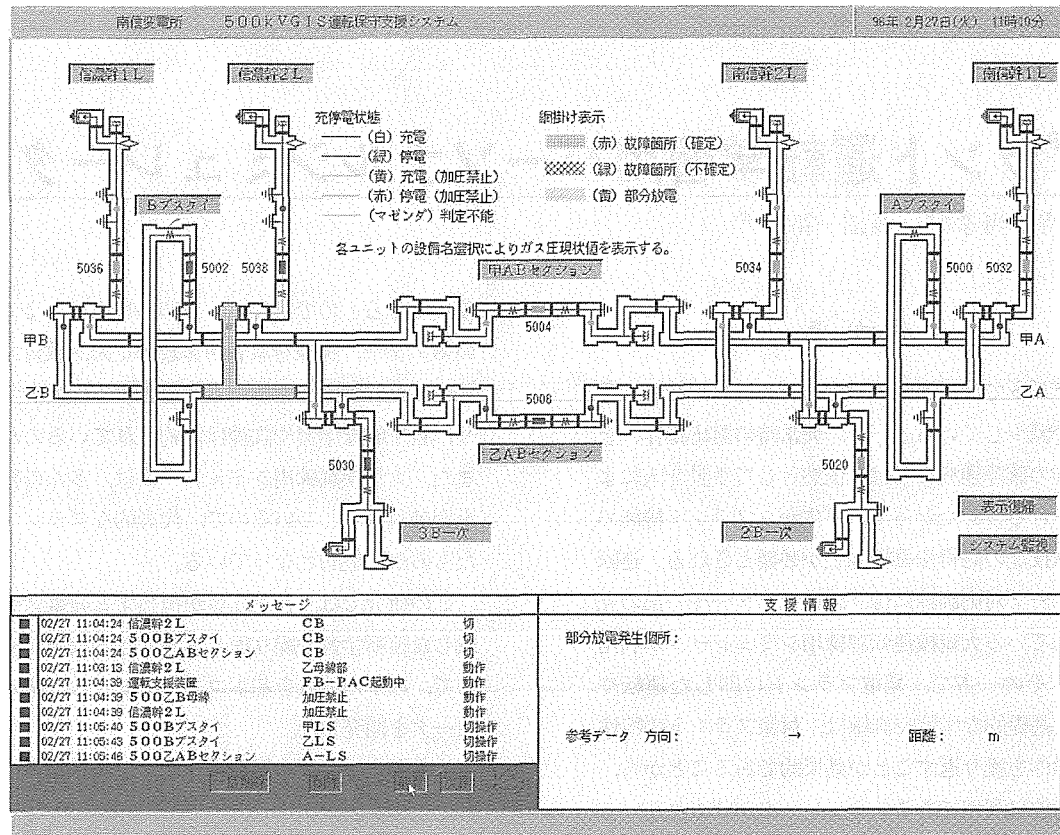


図11. 支援画面例

故障点判定のために、リレー動作情報を光LANからFB-PACに取り込むようにしている。

FB-PACでは、故障点の判定、復旧手順の構築を行い、保守支援情報処理盤では、GIS劣化監視を行う。それぞれの判定結果は、FB-PACに内蔵されたモデムを介して電力センターに設置された運転保守支援監視卓に専用回線で伝送され、CRT表示、カラーハードコピーで保守情報として用いられるようになっている。

4.2 機能

(1) 運転支援機能

運転支援機能は、故障点標定と故障回線の切離し、及び健全母線への切替の機能を持っている。故障点標定は、母線における地絡等の故障発生時に、CB開放、保護リレー動作、GISガス区画ごとに取り付けられたガス圧力センサの各動作情報からその相関を検出し、故障区画の位置標定を行うもので、故障箇所の特定が可能である。

自動復旧制御は、故障点標定結果から故障点の切離し、当該回線の母線切替等々の復旧手順を自動作成し、その手順に従ったLS操作を自動実行する。LS操作では、FB-PACから光LANに制御指令が出力され、当該回線のDAC経由で機器出力が与えられる。

(2) 保守支援機能

保守支援機能は、絶縁劣化などのGIS異常を事前に察知するために設けられた機能である。GISには複数の部分放電センサが取り付けられており、異物混入やガス漏れなどに起因する絶縁性能の低下によって発生する部分放電の位置をそれぞれのセンサ検出時間のずれによって特定し、故障箇所を特定する。

(3) 監視表示機能

電力所に設置される運転保守支援監視卓では、故障点標定結果や部分放電標定結果をCRTに表示し、マンマシン情報として注意を喚起するとともに、保守・運用の合理化を図る。また、必要に応じてカラーハードコピーで画面表示情報を保存できるようにしている。図11にCRT画面の一例を示す。

5. むすび

以上、無人変電所における監視制御システムについて概要を述べた。このシステムの適用により、高信頼度化が図られ、将来の機能拡張や保守業務の簡素化が可能となった。今後一層の無人化拡大に伴う更なる監視機能の高度化への要求に対しても十分な対応がとれるものと信じている。

最後にこのシステムの完成に御指導、御協力を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。

火力プラント運転学習用パーソナルシミュレータ

伊藤彰敏* 寺下尚孝** 長沼一裕***

1. ま え が き

火力発電プラントでは、運転の自動化が急速に進行し、手動操作の機会が減少している。一方、異常時の対応操作、定検後の機器動作の確認運転などは、依然として手動介入による操作が実施される。したがって、平生からプラント機能の学習や手動運転技能の修得や維持向上が必要とされる。運転技能認定やグループ対応訓練には、訓練センターや一部の発電所に設置されている大規模運転訓練用シミュレータが利用されている⁽¹⁾。その一方で、発電プラントに即した運転や操作手順のより基礎的な学習や訓練は、対象プラントの特性を持つ装置で操作を繰り返すことが効果的であることから、運転員がより簡便に利用できるシミュレータが望まれている。

このニーズに対応するため、各発電所中央操作室内に設置可能で、発電プラントごとの特性を模擬したEWS(エンジニアリングワークステーション)ベースの個人学習用シミュレータ(以下“パーソナルシミュレータ”という。)を東京電力(株)エネルギー・環境研究所との共同研究で開発した。

研究は、①EWSで効果的な学習が可能なマンマシン機能の開発、②対象の発電プラントの特性模擬が効率的に構築できるモデルビルダの開発、③個人学習結果を記録する学習記録機能の開発、の3項目に関して実施した。システム機能の実用性を検証する目的で、東京電力内の特定のプラントを対象としてプロトタイプ機を構築し、そのプラントの中央操作室内に設置して実証試験を行っている。

本稿では、現在起動・停止操作機会の少ない出力100万kW発電プラントを模擬対象とし、実証試験を実施中のプロトタイプ機を中心にパーソナルシミュレータの概要を紹介するとともに、開発中のモデルビルダ構築方式の検討概要を紹介する。

2. 開発コンセプト

火力発電プラントの自動化が進むにつれ、プラント運転に関する技術・知識の習得に有効な手動運転操作の機会が減少している。また、運転員の世代交代期に当たり、若手運転員の比率が増加している。運転技術の維持や伝承、若手の早期育成を可能とする運転技能習得の場が求められている。

運転訓練に対しては、訓練センターなどに設置されている大規模運転訓練用シミュレータを使った疑似体験による運転操作が有効である。しかし大規模訓練用シミュレータは、システムの規模が大きく、各発電所に設置してだれでも自由に

使用できるものではなく、専門の指導員による運用となっている。また、訓練対象者が多数のため、教育スケジュールに基づいた訓練内容をチームで受講する訓練が主体となっており、自主的な学習や訓練は制約されているのが現状である。また、大規模訓練用シミュレータは、多くの発電所の運転員を訓練対象としているので、代表的なプラント特性を模擬したものが一般的となっている。

この研究では、各運転員が担当する発電プラントの特性に応じた運転学習が繰り返し実施できる設備の実用化を目的として、以下の項目を基本コンセプトとした個人学習用シミュレータを開発した。

- 個人で反復学習が可能で、手軽な操作性を持つ設備とする。
- 発電所中央操作室にも設置できるコンパクト性を持つ。
- 設置発電プラントの設備仕様に基づく訓練を可能とする専用の模擬モデルを持つ(模擬モデルビルダ構築方法の開発)。

3. システム概要

3.1 システム構成

前章のコンセプトに対応するため、コンパクトで高い処理能力を持つEWSを用いた。2台のCRTを駆動することができるEWS“ME/R7350 DUAL CRX”を用いて、CRTとマウスの必要最小限ハードウェア構成とした。すべての操作はマウスのみで行い、保守以外にキーボードは使用しない操作仕様となっている。実証システムを例として、システム構成を図1に示す。

実証システムでは、実証試験を実施している発電所側の要望に対応して、外部操作器具を付設している。操作器具は、対象補機名を適宜割付け可能な仕様となっている。

図2に実証システムの外観を示す。汎用OA机にEWS、UPS電源装置を含むすべての設備を収納した簡潔な構成となっている。

3.2 システム機能

運転訓練用シミュレータの機能は、シミュレーションの実行などを制御する運用機能、発電プラントの模擬機能、模擬プラントの操作・監視作業とのインタフェース機能がある。一般的には、プラント模擬機能がクローズアップされるが、訓練システムとしてみると、訓練学習を効果的にする運用機能やインタフェース機能の占める比重も大きい。

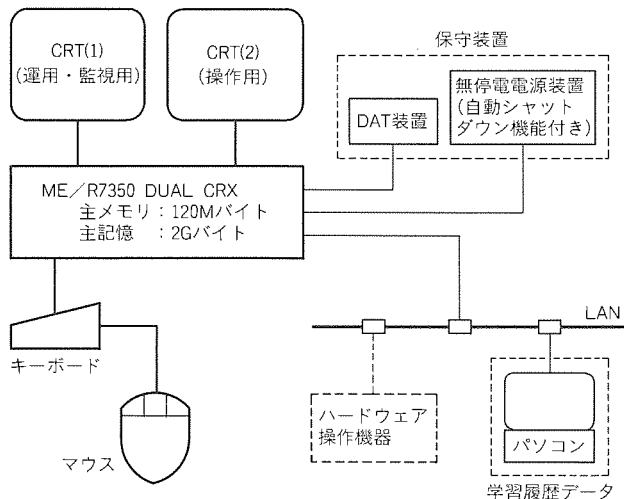


図1. パーソナルシミュレータ基本システム構成

パーソナルシミュレータでは、個人学習用に適した運用機能、操作・監視インタフェース処理としてのプラント監視機能、CRT上で操作するマンマシン機能、及び操作履歴を記録出力する学習記録機能の主に四つの機能を開発した。

特にマンマシン機能に関しては、CRT 2台のみでシミュレータの運用と模擬プラントの監視・操作を可能とするために、CRT表示面積という物理的な制約を極力回避する仕様の検討を行った。学習実績の出力機能では、個人学習の効果を上げる方策の検討を行った。

以下に、検討結果を反映した実施機能について述べる。

3.2.1 運用機能

シミュレータの運用機能は、実績のある大規模運転訓練用シミュレータ用の機能仕様をベースに個人学習に有効な基本機能を選択して、自己訓練に適した操作性を持たせた。付加した機能は、下記の項目である。

- 訓練開始のプラント運転状態を設定する初期状態設定機能と記憶機能
- 模擬時間の進行速度を変更する機能（4段階）
- 模擬プラント状態を一時的な訓練開始状態として利用するために一時保管するスナップショット機能
- 模擬状態を一定時間分過去に戻して操作をやり直すバックトラック機能
- 事故模擬を挿入するマルファンクション機能

スナップショット機能では、共通の保管領域以外に個人用の保管領域を当面の利用者相当の120人分持たせており、複数の学習者が交互に学習を継続することを可能としている。

マルファンクション機能では、個人で事故項目を選択して挿入だけでなく、事故発生項目をランダムに設定できる機能を持たせた。この機能追加で、個人学習でも、事故対応操作学習と事故原因探索学習の両方が可能となった。

これらの運用機能は、アイコン化してリクエスト時に項目リスト等の詳細情報を表示する仕様として、CRTの表示効

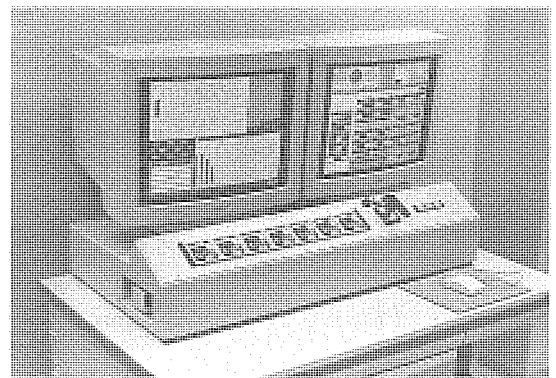


図2. 実証システムの外観

率を上げている。

3.2.2 プラント監視

パーソナルシミュレータでは、2台のCRTの一方にシミュレータ運用機能を含めた監視機能を、他方に常時監視項目表示と運転操作機能を割り付けた。プラント監視は、系統図表示、トレンドグラフ、警報項目表示、主要状態量デジタル表示の4機能で行っている。図3にCRTの画面構成例を示す。

系統図表示機能は、メニューを兼ねた全体系統図上に指定すると、約20枚の詳細系統図に切換表示が可能となっている。系統図上に状態量の現在値を表示するとともに、表示色変化で補機やバルブの動作状態を表示している。

プラント状態量の動作履歴を表示するトレンドグラフ機能は、4項目を1グループとして7グループ計28項目の選択表示を簡単に行うことができる。模擬プラントの制御盤上のメータ、記録計に表示できる状態量すべてを対象に、表示項目を登録できる。トレンドグラフの表示時間幅やレンジの設定変更等の機能を持つ。また、表示モードの切換えで最大4グループのトレンドグラフの同時表示も可能である。

警報表示は、専用の表示枠に発生した警報項目を時系列順に配列したスクロールタイプの表示形態とした。発生警報は、発生で赤色フリッカ等の発報・確認・復帰の状態変化を点滅と色替えて表している。警報の種類は操作盤の警報窓、スーパーバイザリパネル(SVP)の制御警報、バーナパネル上のバーナ警報の3種類に分割し、ページ切換方式で専用枠に表示している。警報項目の確認・復帰の操作は、アイコン化したPB(Pushbutton)で実機と同様の要領で行える。

主要状態量表示は、常時監視が必要な主要状態量をデジタル表示するとともに、プラント監視上重要であるSVPと、主要偏差を実機計器をイメージした常時表示ウィンドウとしている。SVP部は、表示のみでなく操作の項目も含み、実機同様に出力設定・制御モード設定を可能としている。

3.2.3 操作機能

パーソナルシミュレータでは個人で運転を行う学習が基本であるので、一人で操作と監視を行うことができる中央操作

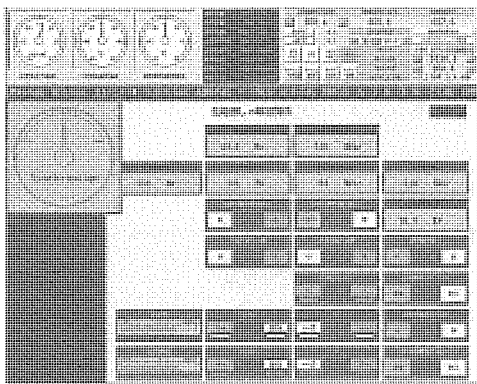
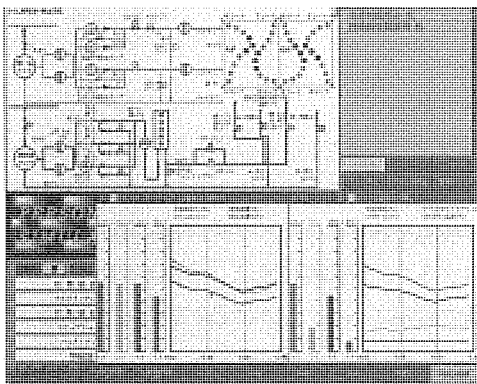
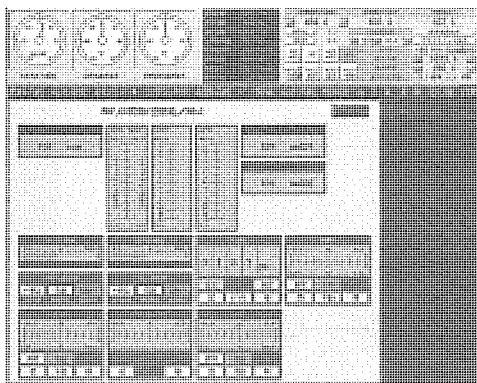
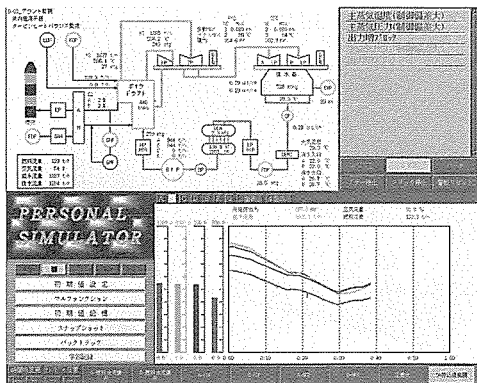


図 3. CRT画面構成例

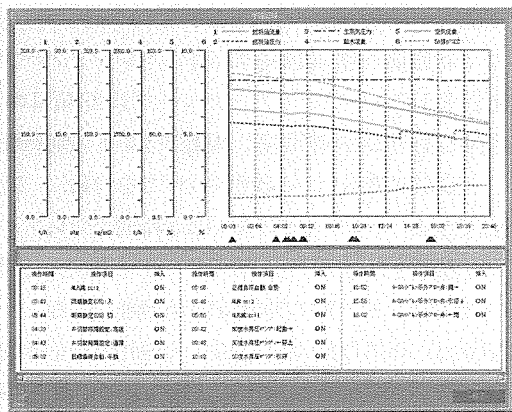


図 4. 学習履歴表示出力例

室内の機器と学習範囲に限定した。

訓練用シミュレータでは、実時間で変化するプラント状態に応じて、操作機器を選択して操作する必要がある。しかし、中央操作室の中央操作盤・補助盤だけでも数百という操作機器があるため、操作画面用 CRT 1 台にすべての操作機器を常時表示することは不可能である。このため、パーソナルシミュレータでは、操作機器を関連する設備単位・操作単位などの数十のグループ画面にまとめて、操作に必要な操作端グループを選択して切替え表示する方式を採っている。グループ画面は、系統別に階層化したメニューから選択する。画面切替えが実時間操作の障害にならないよう、画面切替えの操

作は簡単にし、切替え表示は十分な応答性を確保している。また、操作端のグループ化は、一連の運転操作に必要な操作端を同一グループにまとめ、操作機器画面の切替え回数を少なくしている。

実際操作機器はピストル型 CS (Control Switch) や卵形 CS など形状が異なる複数の機器種別があり、形状で使用範囲を設定して、誤動作を防止する工夫をしている。しかし、パーソナルシミュレータでは、操作機器を機能でパターン化した表示に統一して、画面への表示密度を高めている。また立体 PB 表示の採用で操作時の PB の動作を示して、目による操作の認識も可能とした。

操作機器は、実際の器具同

様に、操作機能とともに表示色での動作指示も兼ねている。また、A/M (Auto/Manual) ステーションのような制御端として設定値・測定値・偏差のプラント状態量の表示と操作時に確認すべき状態量指示計も含めた構成としているので、プラント監視用の情報も多く含んだものとなっている。

機器のグループ化は、運転要領の変化や実際の運用の結果で変更が生じる可能性が高いため、カスタマイズが容易にできるツールをユーザ管理者に提供している。学習内容に沿って、ユーザが関連する機器を 1 画面にまとめて使用することも可能である。

これらの操作機器の操作又は監視機能を用いて、復水器水張り前の状態から定格出力までの起動・停止運転操作の学習を行うことができるものとした。

3.2.4 運用・学習履歴管理

パーソナルシミュレータは、個人が手軽に使用できることを目指しているが、一過性の操作に終わらないようにするため、学習実績を提示して学習効果向上を図れる機能を付加した。

付加した機能は、だれがどのような運転学習を実施したかの運用履歴を自動収集する運用履歴管理機能と、学習中の操作履歴及びその結果のプラント挙動 (トレンドグラフ) を資料化する学習履歴管理機能である。

運用履歴で自動収集する内容は、学習者、学習開始/終了時間、設定初期状態、利用マルフアンクション等で、各運転員のシミュレータ運用状況や学習内容の把握を容易に行うこ

とができる。また、学習履歴管理機能は、学習者が実施した機器操作内容と、操作中に監視したトレンド全点を計算機内部に記憶し、事後に、本人による操作内容分析や、ベテラン運転員による評価などを実現可能としている。

図4に学習履歴の表示出力例を示す。これらの機能で収録されたデータは、いずれもオフライン的に接続されたパソコンにファイル送信することが可能なようにしている。これにより、データをパソコン上の例えば表計算ソフトウェアのような汎用ソフトウェアを利用して使用目的に合った編集を行うことができ、効果的で柔軟な情報を提示できる。

4. モデル構築方式

パーソナルシミュレータは、小型で発電所の中央操作室に設置可能であること、そしてその発電所の特性を模擬することを特長としており、発電プラントごとに設置することを目指したシミュレータである。したがって、発電所ごとの特性を模擬するシミュレーションプログラムを容易に構築可能とする技術が、パーソナルシミュレータを実現するためのキーテクノロジーとなる。

シミュレーションプログラムは、模擬の性質から分類すると、プラントの熱流動を模擬するプラントモデルと、シーケンス制御動作を模擬するシーケンス制御モデルとに分類される。シーケンス制御モデルは、実機プラントで採用されている標準化形式に合わせ、別途構築ツールを開発している。この章ではプラントモデル構築方式について述べる。

4.1 要求機能

プラントモデルを構築支援する方式には、解析要素となるサブルーチンを結合することによって構築するもの、あらかじめ用意されたプログラムに対して構造を表すデータを入力することによって構築するものなどがある⁽²⁾⁽³⁾。これらの手法の多くは、設計時などに用いる解析用のシミュレーション

プログラムを対象として検討されている。解析用シミュレーションプログラムは、プラントのクリティカルな物理現象を模擬することを目的としているため、訓練用と比較して模擬系統・模擬現象ともその範囲は狭い。そのため、これまでのモデル構築方式は、想定されたモデル構造に対するモデル構築ツールを提供するものであった。

一方、訓練用シミュレータは、幅広い運転領域における学習訓練効果を満足させる模擬精度と、訓練の目的となる操作に対するリアリスティックな応答が要求される。このため訓練用シミュレータは、系統ごとの特性に合わせたモデル化方式が採用され、またその中には、実際のプラント挙動に合わせることで可能な調整機構が組み込まれている。したがって、パーソナルシミュレータの構築方式には、入力されるプラントの構造と機器特性等のデータから、系統ごとに適用されるモデル化に合致したプログラム生成又はデータ生成を実現する機能と、調整を支援する環境が必要となる。

4.2 モデル構成

パーソナルシミュレータに適用するモデル構成について述べる。火力発電プラントの模擬は、燃料の流れ、燃焼に必要な空気の流れ、燃焼後のガスの流れ、水(蒸気)の流れ、及び熱交換器の機能であるこれらの媒体間の熱の流れからなる。三菱電機の訓練用シミュレータは、これらの流れをそれぞれに特性に合わせたモデル化方式を採用している。図5に、標準的なプラントに対するモデルの構成を示す。図において、風煙道モデルは押し込み空気と燃焼ガスの圧力・流量を、燃料系モデルは燃料の圧力・流量を、主管系モデルは給水蒸気の圧力・流量を模擬するモデルである。WW・WS (Water Wall, Water Separator) モデル、SH (Super Heater) モデル、RH (Re-heater) モデル、ECO (Economizer) モデルは燃焼ガスと給水・蒸気との熱交換モデルで、それぞれの温度を模擬するモデルである。このように圧力・流量

モデルと熱交換モデルを分け、モデルの独立性を高めることにより、調整の容易性を持たせ、幅広い運転領域において訓練効果を高める模擬精度を確保することができる。

4.3 機能構成

様々な構造のプラントに対してそのシミュレータを構築するには、そのプラント構造を定義し、①プラントの特性データを入力可能とするインタフェース機能、②入力されたプラント構造から系統ごとに切り分けてそれぞれの系統の特性に応じたシミュレーションモデルを生成する機能、③特性データからモデルパラメータに変

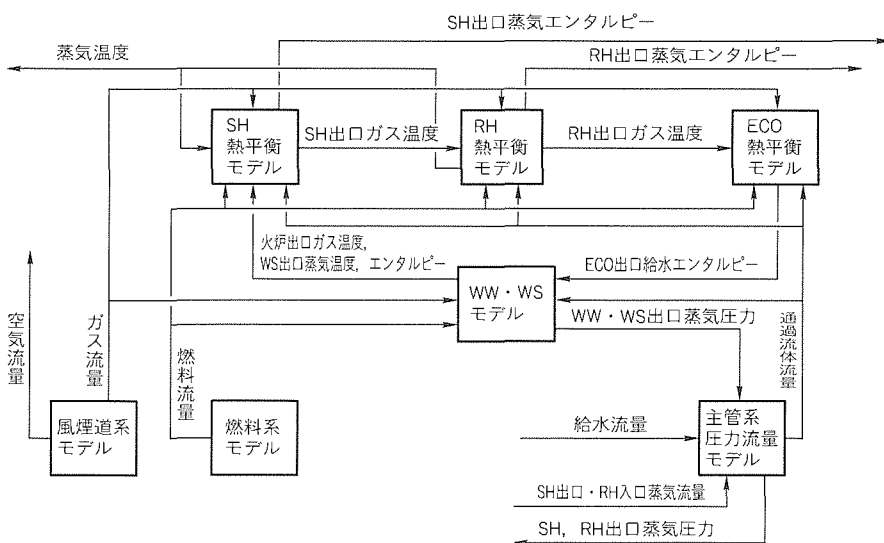


図5. 標準的なボイラプラントモデル構成

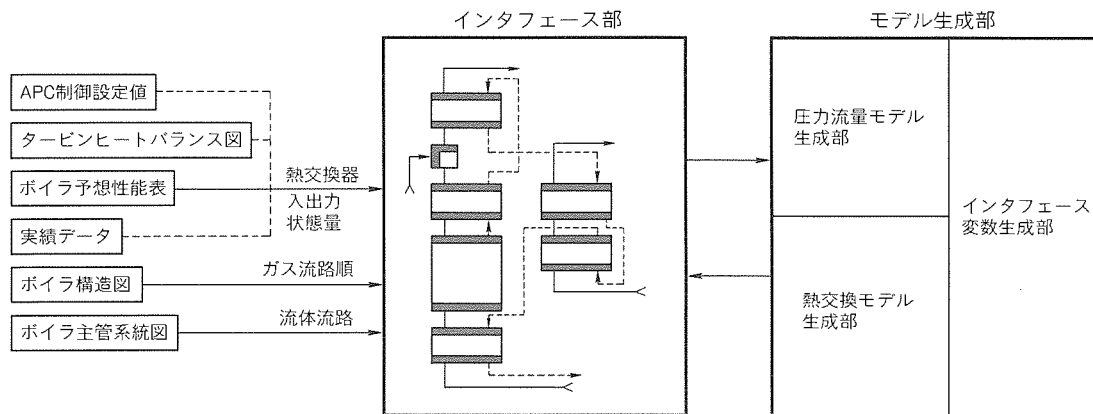


図 6. モデル構築環境機能構成

換する機能, ④各モデル間のインタフェースとなる変数の定義機能, ⑤特性データを修正し模擬特性を調整支援する機能, が必要となる。

図 6 にモデル構築環境の機能構成を示す。インタフェース部は、プラント構造を示すプラント系統図に従った図式的入力機能を提供する。系統図の入力は、ポンプ・弁・熱交換器などのプラント機器に対応したアイコンを画面上に配置し、これらの接続関係に従って配管で結合することで実現する。各アイコンには、その機器の特性データを入力可能とする表形式のインタフェースが用意されている。これはモデル生成後の調整にも使用される。モデル生成部は、入力された構造データから媒体の流れに沿って系統を切り出す機能、切り出された系統に応じたモデル生成機能、インタフェース変数生成機能を備えている。

4.4 モデル生成アルゴリズム

モデル生成機能は、媒体の流れを模擬する圧力・流量モデルの生成と熱交換モデルの生成を行う。以下に各系統ごとにモデルを生成するアルゴリズムの概要を示す。

(1) 風煙道モデル

風煙道モデルは、代表的圧力ポイントの値を未知数とし、その間の配管系統のアドミタンスを縮約したネットワーク解法を採用している。モデルの生成は、指定された未知数となる圧力ポイントに対し、各配管系統のアドミタンスを系統図データから導出する。アドミタンスの演算には、与えられた圧力ポイント間の配管に対し、抵抗となる要素の直列性・並列性を順次たどることにより、その要素に与えられる属性データをを用いて合成する。

(2) 燃料系モデル

燃料系モデルもネットワーク解法を用いており、モデル生成は風煙道モデルと同様のアルゴリズムで行われる。

(3) 主管系モデル

主管系モデルは、圧力・流量の演算を配管に沿って逐次求める逐次解法を採用している。モデルの生成は、系統の端点

から与えられる境界条件から、配管を順次たどり分岐合流による流量演算式と、流量に依存した圧力損失を考慮した圧力演算式を逐次生成することによって行われる。

(4) 熱交換モデル

熱交換モデルは、熱交換器の伝熱モデルを基本サブルーチンとしたもので構築される。熱交換器の伝熱モデルはその構造に合わせて対向流用と並行流用があり、さらに水の状態に対して蒸気用と給水用がある。ここでは、これら4種の構成に対し、モジュール化したプログラムを利用し、全体の熱交換器の配置構成に対応したデータのインタフェースをとることによってプログラムを生成する。

5. むすび

パーソナルシミュレータの機能概要について紹介した。このプロトタイプ機を用いた実証試験で、操作応答性に関して十分な性能が得られており、訓練運用機能やマンマシン機能について実用の段階にきていると判断している。検証は平成9年3月まで継続され、必要に応じて更に改良を重ねていく。また、開発継続中のモデルビルダの実用化を推進し、個人学習に効果的なシステムを確立する予定である。

参考文献

- (1) 本行正信, 栃木隆雄: 火力発電プラント運転教育訓練システム, 三菱電機技報, 63, No.12, 1025~1028 (1989)
- (2) 伏見富和, 松村司郎, 戸崎達哉, 川嶋祐二, 荒尾征士, 百瀬俊也: モジュール化プログラムによる超臨界圧ボイラの動的解析, 火力原子力発電, 40, No.1, 49~56 (1989)
- (3) Saphier, D.: Advanced Modular Simulation Techniques for Nuclear Power Plants, Second European Nuclear Simulation Symposium, 75~91 (1990)

インテリジェントネットワークサービス 開発支援装置

清水桂一* 秋原正弥* 伊藤修治*

1. ま え が き

マルチメディアサービスの普及を背景に、情報を高速に伝達するATM (Asynchronous Transfer Mode) ネットワークが注目を集めている。また、“いつでも、どこでも、だれとでも”情報を送受できる移動体通信ネットワークが急速な広がりを見せている。一方、これらネットワーク上で提供されるテレコムサービスを迅速に開発できるようにするネットワークアーキテクチャの研究開発が盛んに行われている。

このアーキテクチャを持ったネットワークは“インテリジェントネットワーク” (Intelligent Network: IN) と呼ばれ、最近ではPHSやFPLMTS (Future Public Land Mobile Telecommunication Systems) といった移動体通信ネットワークの発着信・認証・ローミングサービスなどを制御する技術として注目を集めている。

INは本来キャリアのネットワークをターゲットとした技術であるが、この技術はプライベートネットワークにも展開可能であり、当社ではこれまでに、INのアーキテクチャを導入したPBXなどを開発してきた。今回は特にテレコムサービスの開発効率の向上を目的に、ITU-T INで議論されている部品合成によるサービス開発手法に着目し、IN勧告準拠のINサービス開発支援装置を開発した。

特にサービスの検証機構として、独立に定義したサービス間で生じる矛盾を属性文法の規則として形式化して検出するアルゴリズムを開発し、この機構を導入することで、SIB (Service Independent Building Block) と呼ぶサービス部品を用いたグラフィカルなサービス仕様記述、検証、シミュレーションに至る開発支援を一台のWS上で実現可能にした。

本稿では、開発したINサービス開発支援装置の概要と、特長の一つであるサービスの矛盾検出の機構について述べる。

2. I N

INは、多様化する通信サービスソフトを迅速に開発するとともに、開発コストを削減することを目的に研究されてきたソフトウェア技術である。INの基本アーキテクチャは、図1に示すように、通信サービスソフトを以下の三階層に分離し、これらの各パートを装置に柔軟に配備できるようにしたものである。

(1) 基本呼制御

サービスに依存しない呼の制御を実現するパートで、このパートは交換機に実装される。

(2) サービス部品

サービスを実際に制御する実体であるが、サービスに非依存の複数の部品からなるパートで、このパートは交換機を集中制御するサービス制御装置又は交換機に実装される。SIBはこのパートに相当し、ITU-Tでは標準化の対象にしている。

(3) サービススクリプト

サービス部品を順次駆動することによってサービスを形作るパートで、このパートはサービス部品と同じ装置上に実装される。

INの典型的な動作は、基本呼制御における状態遷移のあるポイントでサービススクリプトに制御が移行し、サービススクリプトがサービス部品を順次起動することでサービス进行处理し、最終的に制御が基本呼制御まで戻るといったものである。

IN関連製品としては、IN交換機やサービス制御装置などが各メーカーから販売されている。今回開発したサービス開発支援装置は、サービス制御装置上で動作するアプリケーションの開発支援を目的にしており、SIBを使用してサービススクリプトを設計するための統合環境を提供する。

3. INサービス開発支援装置

3.1 サービス開発支援の現状

テレコムサービスの開発を支援する環境の検討は、キャリアや各メーカーで幅広く行われてきた。しかし、想定するサービス開発プロセスの相違から、サービス部品の合成によるサ

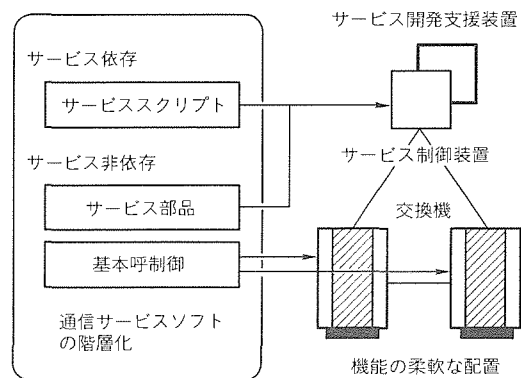


図1. INの基本アーキテクチャとIN関連製品の関係

ービス生成支援, シーケンスの入力による生成支援, SDL (通信用仕様記述言語) の入力による生成支援など, 支援手法が多岐にわたっている。このため, 開発プロセスの分析に基づいた最適なコンセプトを選択する必要がある。

また, 開発支援では, 生成したサービスの矛盾チェックなど, 検証の機構が求められる。特に, 独立に設計したサービス間で発生する予期しない現象は, サービス競合問題と呼ばれ, 競合を検出するための手法が検討されてきた。しかし, 従来の手法では, IN のアーキテクチャに依存した矛盾やサービス開発者の意図に依存した矛盾が検出できない。このため, 現在の IN サービス開発支援装置には有効なサービス検証機構がサポートされていないのが現状である。

3.2 サービス開発プロセス

筆者らは ITU-T で標準化されているサービス部品の合成によるサービス開発手法が有効と考えており, 図 2 に示すサービス開発プロセスを前提に, このプロセスを支援する装置を開発した。

IN サービスの開発は, まず SIB を使用してサービス仕様記述を行い, この文法チェックの後にサービスを検証する。そして最後に, ネットワークの論理シミュレーションによって, 設計したサービスの動作を確認するというフローになる。

3.3 IN サービス開発支援装置の概要

図 3 に, 開発した IN サービス開発支援装置を示す⁽¹⁾。

IN サービス開発支援装置は, 汎用 WS に今回開発したアプリケーションソフトウェアをインストールしたものであり,

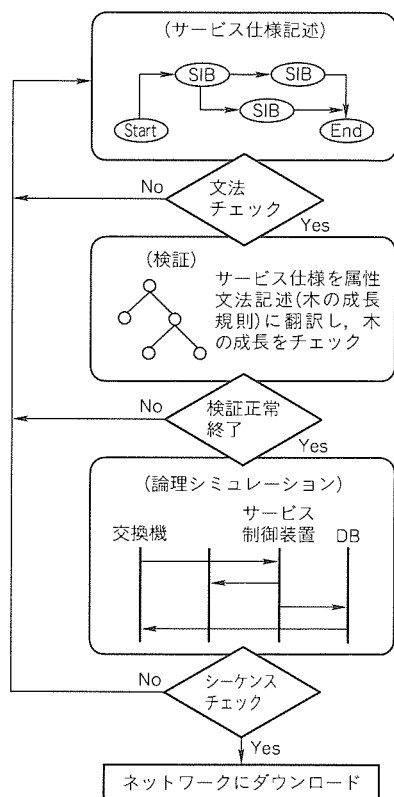


図 2. サービス開発プロセス

このソフトウェアは以下の環境下で動作する。

- H/W : ME-R シリーズのすべての WS
- OS : HP-UX Ver 9.X
- ウィンドウシステム : X Window System (X 11 R 4)

この装置の特長を以下に示す。

- (1) グラフィカルに表現した SIB アイコンをウィンドウ上で接続していくことで, IN サービスが設計可能
- (2) IN サービスの仕様記述, 検証, 論理シミュレーションに至る開発プロセスを一台の WS 上で実現
- (3) 検証の機構として, サービス競合を検出するアルゴリズムを実装し, このアルゴリズムによって IN アーキテクチャの矛盾やサービス開発者の意図に反する動作を検出
- (4) 論理シミュレーションのために, ITU-T IN 勧告 Q.121 x シリーズで規定された IN プロトコルに従って動作する IN 交換機やサービス制御装置をシミュレータとして実装
- (5) Q.121 x シリーズで規定されたすべての SIB をサポート

3.4 ソフトウェア構成

IN サービス開発支援装置のソフトウェア構成を図 4 に示す。この装置のアプリケーションは, 次の五つのパートから構成されている。

(1) ユーザインタフェース部

この装置は, SIB のアイコンを使用してグラフィカルにサービス仕様の記述を行うグラフィカルエディタを実装している。このエディタは, 汎用の CASE ツールを利用して構築した。

また, この装置は, 論理シミュレーション結果をユーザに対してシーケンスで表示する機能を持っており, このシーケンスビュー構築のために TCL/TK を利用している。

(2) サービス仕様生成部

サービス仕様生成部は, グラフィカルエディタで入力され

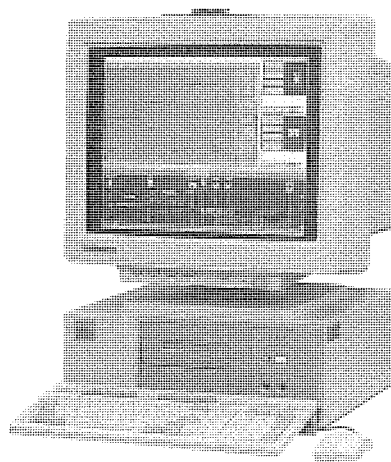


図 3. IN サービス開発支援装置



図 4. ソフトウェア構成

たデータをシンタックスチェックし、サービス制御装置上で動作するサービススクリプトに変換する機能を持っている。

また、このパートは、新規 SIB を製作した際に必要な SIB の登録機能を持っている。

(3) サービス検証部

サービス検証部は、ユーザが入力した情報の意味的なチェックを行うパラメータ検証と、既に作成されているサービスとの矛盾を検出するサービス競合検証を実行する。

(4) 論理シミュレータ部

論理シミュレータ部は、実際のネットワークの構成要素となるすべての機器をシミュレータとして実装している。特に、交換制御やサービス制御シミュレータは、Q.121x シリーズで規定された状態遷移モデルに従って動作し、INAP と呼ばれる IN 標準プロトコルで他のシミュレータとインタラクトするように構築した。また、サービス制御シミュレータには、実際の SIB を実現するソフトウェアを組み込んでいる。

(5) データ管理部

データ管理部は、サービス競合検証のために、この装置で作成した各種のサービス情報をプールしている。また、論理シミュレーションのためにターゲットとなるネットワークの構造を記憶している。

3.5 INサービス開発支援装置におけるサービス開発

ここでは、IN サービス開発支援装置におけるサービス開発プロセスを具体的に説明する。

(1) グラフィカルエディタによるサービス仕様記述

サービス開発者はまず、グラフィカルエディタのサービス構築フォーム上で、各種 SIB アイコンを接続していくことでサービスの仕様を記述する (図 5)。SIB アイコンはサー

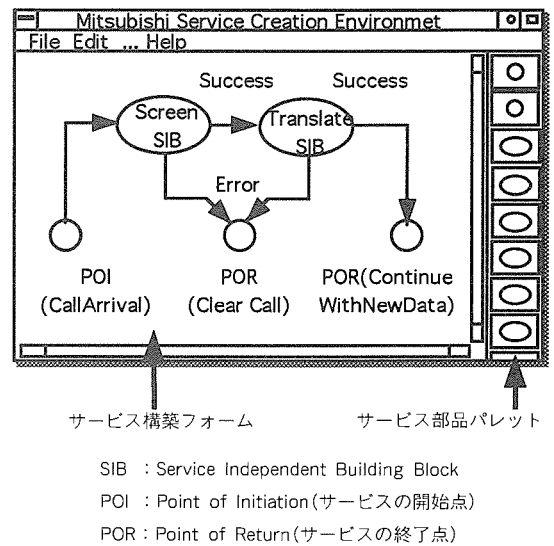


図 5. グラフィカルエディタ (着信転送記述例)

ビス部品パレット上に用意されており、サービス部品パレットからサービス構築フォームへは、ドラッグ & ドロップで SIB のアイコンを配置することができる。SIB の振る舞いは設定する属性の値によって変化するが、この属性設定は、SIB をダブルクリックすることによって現れるダイアログボックスを介して行う。

(2) 新規 SIB の登録

既存の SIB のみでターゲットとするサービスが実現できないと判断した場合、サービス開発者は新規に SIB を作成する。SIB として機能するソフトウェアはライブラリとして構築する必要があり、サービス制御装置が定めた規則に従って API を開放しなければならない。

この装置は、上記規則に従って製作された SIB を、新規アイコンにバインドしてサービス部品パレット内に取り込む機能を持っている。なお、SIB 本体を製作する機能はこの装置の対象外としており、これは一般的なソフトウェア開発環境下で行うことを想定している。

(3) サービススクリプトへの変換

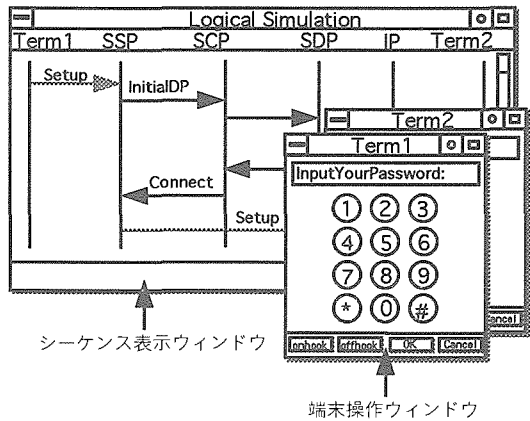
メニューからスクリプト変換を選択することで、SIB によるサービス仕様記述が、サービススクリプトに変換される。この際、SIB の入出力抜けなどのシンタックスチェックが行われる。

(4) サービスの検証

サービス開発者は、次に、メニューからサービス検証を選択し、生成したサービススクリプトが正常に動作するか否かをチェックする。サービス競合の検出機構については、4 章でその概要を記述する。

(5) 論理シミュレーションによる確認

次にサービス開発者は、実際に生成したサービススクリプトがどのように動作するかを、シーケンスビューアの機能を使用して最終的に確認する。図 6 に示すように、サービス開発



Term1/2 : Terminal(端末)1, 2
 SSP : Service Switching Point(交換機)
 SCP : Service Control Point(サービス制御装置)
 SDP : Service Data Point(データベース)
 IP : Intelligent Peripheral(周辺機器)

図6. 論理シミュレーション例

者は、端末操作ウィンドウを操作することで、生成したサービススクリプトの動作をシーケンス表示ウィンドウ上で確認できる。

3.6 サービス開発事例

(1) SIBの開発

この装置はUPT (Universal Personal Telecommunication) の発着信，ユーザ登録削除，移動体通信の発着信，位置登録などのサービスなどを念頭に置き，13のSIBソフトウェアをデフォルトでサポートしている。これらのSIBはすべてITU-Tで標準化されたものである。以下にその一例を示す。

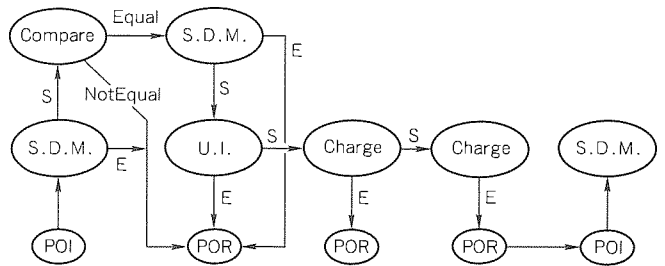
- Screen : 電話番号のスクリーニングを実行する。
- Translate : 電話番号の番号変換を行う。
- Service Data Management : データベースにアクセスする。
- User Interaction : ユーザにアナウンスを流したり，ユーザからPB (Pushbutton) で情報を収集する。
- Compare : 指定された二つの値を比較する。
- Charge : 着信の逆転など，特殊な課金情報の設定を行う。

(2) UPT着信サービス

図7に，この装置上で設計したUPT着信サービスのサービス仕様記述例を示す。UPT着信サービスとは，マンナンバなどの個人番号を任意の電話端末に登録することで，個人番号をキー情報にした追跡着信を行うサービスである。

4. サービス競合分析

この章では，サービス競合検出の機構について触れる。サービス競合は動作矛盾と意味矛盾に分類できるが，この装置では，独自のアルゴリズムによって両者の矛盾を検出するこ



S.D.M. : Service Data Management SIB
 U.I. : User Interaction SIB
 POI : Point of Initiation
 POR : Point of Return
 S : Success
 E : Error

図7. UPTサービス仕様記述例

とができる⁽²⁾。

4.1 動作矛盾の検出

動作矛盾は，サービスを排他的にデッドロックさせるものである。例えば，キャッチホンとビジター着信転送は共に着信者が話中時に起動されるために排他的であり，一方が起動されると他方は起動されない。

この装置では動作矛盾を基本呼制御の状態遷移上の矛盾としてとらえ，次の三つの規則で動作矛盾を判断している。

- 基本呼制御の状態が最終的に空に戻らない。
- 基本呼制御のあるポイントで複数のサービススクリプトに同時に起動がかかる（キャッチホンとビジター着信転送の競合はこのケースである。）。
- サービススクリプトから基本呼制御へ制御が復帰した際，他のサービススクリプトの開始点をバイパスした。

4.2 意味矛盾の検出

意味矛盾は，一見どのサービスも正常に動作するが，サービス開発者の意図とは異なる動作をするものである。例えば，緊急通話(110番)と転送は排他的ではないため，緊急通話は転送することができる。しかし，緊急通話に“発信者，着信者の変更は許さない”という意味があった場合，両者は競合することになる。

意味矛盾は，サービス開発者の意図に反する動作である。このため，この装置では以下の三つをサービス開発者の意図として実体化し，意味矛盾検出のキー情報とした。

- 制御対象となる呼の情報に対するアクセス権
- 制御対象となる呼の情報が取り得る値の範囲の規定
- 制御対象となる呼の複数の情報間の関係定義

これらはSIBの追加属性として定義し，SIBによるサービス処理の際，この意図が制御対象となる呼に注入されると考える(図8)。そして，意味矛盾は，SIBが設定されている意図に反する処理を行ったことで検出する。前述の緊急通話と転送の競合は，アクセス権の違反(変更不可の発信番号/着信番号を書き換えた違反。)によって検出できる。

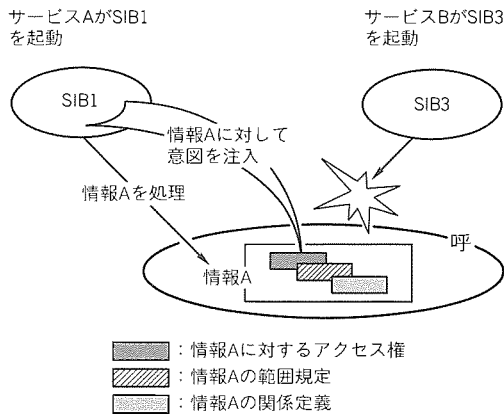


図 8. 意味矛盾の表現

4.3 属性文法によるモデルの表記

4.1節及び4.2節で示したサービス競合検出のコンセプトを実装するためには、サービスの動作や競合検出の規則を、ソフトウェアとして実行可能な形式的記述言語で記述する必要がある。このために筆者らは、競合分析に必要な基本呼制御と複数のサービスのインタラクトが容易に表現できるなどの利点から、属性文法と呼ぶ形式的記述言語を適用した。

属性文法の本質は、ターゲットが木構造を記述する構文規則と、木中の節に割り当てられた属性を計算する意味規則から構成される点にある。例えば、INのサービス処理は、SIBを節とした構文木の成長によって表現でき、このとき、処理の流れは構文規則として、サービス開発者の意図の注入を含むSIBの処理は意味規則として記述できる。

4.4 サービス競合検出アルゴリズム

以上の検討結果をベースに、INサービス開発支援装置では、以下に示すフローでサービス競合を検出している。

(1) サービス仕様記述における意図の設定

サービス開発者は、グラフィカルエディタでサービスを設計する際、SIBの属性として呼の情報に対するアクセス権

や範囲の規定、関係定義を設定する。

(2) 属性文法翻訳

グラフィカルエディタで記述されたサービス仕様を属性文法に自動翻訳し、翻訳結果として、構文規則と意味規則をデータ管理部にプールする。

(3) サービス競合検出

ネットワークで生じ得るユーザアクションを順次発生させ、サービス起動に伴って成長する木を次のように分析する。

- 基本呼制御の構文木の成長がデッドロックしたり無限ループに陥った場合、動作矛盾が生じている。

- 意味規則の処理においてアクセス権違反、設定値の範囲オーバー、情報間の関係違反が生じ、SIBの構文木の成長が停止した場合、意味矛盾が生じている。

5. む す び

本稿では、INサービス開発支援装置の概要と、この装置の特長であるサービス競合検出の機構について記述した。

この装置は不特定多数のユーザを対象にしたサービスの開発支援を対象にしているが、今後は、個人対応のサービスカスタマイズを目的に、そのための制御アーキテクチャの検討と、このアーキテクチャに対応したサービス開発支援装置の拡張を行う予定である。

参 考 文 献

- (1) Akihara, M., Shimizu, K., Ito, S.: An Implementation and Evaluation of Service Creation Environment based on ITU-T IN CS-1, IN Workshop'95 (1995)
- (2) 清水桂一, 秋原正弥, 伊藤修治: SCEにおけるフィーチャインタラクション検出の一考察, SSE94-178, 73~78 (1995)

環境評価プレゼンテーション設備“体感ラボ”

菅原作雄* 関 辰夫*

1. ま え が き

ルームエアコンは一家に一台から一部屋に一台の時代に入りつつあり、その市場は600～800万台以上と言われ、家電品の中で最も大きな市場を形成している。これは、人々の快適な生活環境への要求を反映しているものと思われる。当社では、これまで室内環境を詳細に測定するシステムを用いて、ルームエアコンなどの空調機が作る室内環境の解析・評価を行い、使用者の生活に合致する空調機を開発し、市場導入を進めてきた。ルームエアコンが求められている機能は、より少ない電気代で、より快適な環境を作ることである。しかし、ルームエアコンの作る環境は、カタログ・絵・写真で知ることとはできず、実際の生活の場で使用して初めて知ることができるものである。“体感ラボ”は、使用者又は実際の販売に携わる人を対象に、ルームエアコンの作る環境を、目で見て、肌で感じ、納得していただくことを目的にした環境評価プレゼンテーション設備である。さらに、課題の探求、必要機能の開発、開発した機能の確認などルームエアコンの研究開発にも用いている。

ここでは、ルームエアコンの室内環境制御の流れを示しながら、体感ラボ開発の背景、設備概要、評価例、展開について述べる。

2. ルームエアコンの環境制御の流れと今後

2.1 環境制御の流れ⁽¹⁾⁽²⁾

表1は、当社家庭用ルームエアコン“霧ヶ峰”の環境制御を中心とした特長、販売上の訴求点についてまとめたものである。1967年に、室内機と室外機に分離したセパレート型(霧ヶ峰の原型)を開発し、それ以来、進化を続けている。環境制御上の代表的ポイントには、①室温制御技術として、ICサーモ(1969)、“グリーンサイン”(1978)、インバータ搭載(1985)、②湿度制御技術として、“ドライシフト”(1980)から“エレクトロニクスドライ”(1982)、③自動運転技術として、自動運転(1984)、温感自動(1986)、温感センサ(1987)、④気流制御技術として、“ツインファン”(1988)、“ツインフロー”(1990)、“広角フロー”(1994)、“ワイドフロー”(1995)がある。

室温制御に関しては、圧縮機のON/OFF制御からイン

表1. 当社“霧ヶ峰”の環境制御の流れ

年 代	特長, 訴求点など	内 容
1967	壁掛型クーラ	霧ヶ峰の原型, 下吸込み上吹出しタイプ
1969	ICサーモの搭載, 全自動コントロール	圧縮機のON/OFFによる室温ディファレンシャルの改善
1970	ドライタイプの発売	冷房からドライへの拡大。本格ドライ
1972	シングルルーバの搭載	8の字フローによる快適範囲拡大
1973	ヒートポンプ式冷暖房機	上吸込み下吹出しタイプ
1975	17cm薄型室内機	薄型コンパクト室内
1978	デジタル温度表示グリーンサイン	室温, 設定温度の表示
1980	ドライシフト	冷房時の湿度低下分の設定温度補正
1981	湿度センサ搭載湿度補正制御	低下した湿度の検出による自動補正
1982	エレクトロニクスドライ	除湿中心の冷房運転
1984	自動運転	スイッチ発による簡単操作
1985	インバータ搭載, ワイヤレスリモコン	室温制御性の向上, 最大能力のアップ
1986	温感自動制御	感覚入力による環境制御
1987	温感センサ搭載	温度, 気流, 輻射の総合化センサ
1988	ツインファンエアコン	必要風量のみ下吹きにし, ドラフト感対策
1990	ツインフローエアコン	吹出し口をツインとし, 気流を抑え込む, 涼感制御
1991	ファジーコントロール搭載	設定温度変更部, 周波数制御部にファジー制御搭載
1992	コンパクト室内機	高さ方向の短縮(265mm)
1993	コンパクト室外機	幅方向の短縮, 美麗化
1994	パノラマアイ, 広角フロー搭載	人体検知センサと気流のワイド化
1995	省エネルギーエアコン ワイドフロー	年間電気代の訴求
1996	立体ワイド気流と省エネルギー	ワイド気流制御と省エネルギー設計

バータ制御と大きな変化があり、室温の制御性が大幅に改善されている。また、液やガスを用いたセンサから電子化を図ったマイコン導入も同様な改善があり、大きな変化点であることが分かる。

湿度制御に関しては、冷媒回路を用いた本格除湿は古くから行われており、ドライシフトで湿度変化や人体感覚に着目し、さらに再熱器を持たないソフトドライに進化している。今の市場は、この本格除湿とソフトドライの機種に二分されている。

自動運転は、だれにでも分かりやすく、より簡単という使用者の要求による空調機の進化の方向である。ルームエアコンの場合、1984年に自動運転が始まり、1986年に感覚入力機能がついた温感自動に進化して、より便利に、より分かりやすくという方向で見直しが進められ、現在に至っている。

気流制御に関しては、ルームエアコンがヒートポンプ化したときから、急激に変化している。当初は、暖房と冷房の切換えが主体であったが、より少ない風量、つまり室内の低騒音化を図りながら上下温度差を改善しようとする試みや、据付け条件の規制を緩和する左右方向の制御性が向上している。また、人体検知センサを搭載し、人に当てたり、人を避けるという制御も現れた。室内環境や人体温熱感覚の解析研究によって示された進化の方向である。

これらの室温制御・湿度制御・自動運転・気流制御以外に、現在のルームエアコンの論点である年間電気代につながる省エネルギー化、使用者に分かりやすく、しかも据付け制限が少なくなる室内外機のコンパクト化が進展している。

2.2 環境制御の今後

ルームエアコンは、表1に示したように、使用者の要求にこたえながら、より快適に、より便利に、より省エネルギーにという方向で新しい技術を導入し、進化している。今のルームエアコンが目指している環境は次のような環境であり、我々はこの環境を無意識空調環境と呼んでいる。

- 暑さや寒さを感じない環境
- 上下温度分布を感じない環境
- 環境変化を感じない環境
- 不快な音を感じない環境
- 電気代を感じない
- 使いにくさを感じない など

このようにルームエアコンは感じない方向に進化している。この方向はすべてのメーカーに当てはまり、使用者がルームエアコン購入時において機能・性能・環境などを比較・検討することが難しい状況であることが分かる。

さらに、地球環境問題などの社会的背景から住宅の高性能化が進み、高气密高断熱住宅などが出現している。住宅が変化すれば、生活者のルームエアコンに対する要求も変化し、また、生活そのものの変化も予想できる。変化する住宅や生活を、この住宅・生活に調和適合するルームエアコンを

開発する必要がある。

3. 設備概要

3.1 特長

体感ラボは、ルームエアコンが作る環境を目で見て、肌で感じ、納得していただくことを目的に開発したものである。1995年3月のオープン以来、3,000名を超える人々が体感ラボを訪れている。体感ラボの特長は、

- 併設した2室における同時相対比較
- 環境のリアルタイム環境詳細計測、評価が可能
- モデル室の中に入り、体感比較が可能

である。ルームエアコンは住宅設備機器であり、一度使用してみて良ければ購入するというような機器ではない。つまり、体感ラボのような機種比較、性能比較をすることができず、その機器が自分にとって、すなわち使用する人にとって良いものかを明確に判断することはできない。体感ラボは、環境の違いがすぐ分かり、比較できる点にこの設備の価値がある。

当社では、以前から住環境研究開発センターで、室内環境の評価技術の確立、ルームエアコンなどの空調機の新機能開発を進めている。体感ラボは、この環境評価技術に立脚して企画・開発したもので、確かな技術に支えられた設備である。

3.2 設備概要

図1は、体感ラボを示すものであり、その広さは214m²である。体感ラボは、当社住環境事業本部の主力製作所である静岡製作所の北東に位置している。静岡製作所の北側には、商品研修と商談を行うコミュニケーションプラザ、ルームエアコン/ハウジングエアコン/パッケージエアコンの技術研修の場のテクノスクール、新しい家電品や提案商品の提案の場であるモデルハウス“快適工房”があり、お客様とのコミュニケーションの場と位置付けられている。

体感ラボは、図2に示すように、2室の体感ルーム、環境設定室、計測室、プレゼンテーションルームから構成されている。

体感ルームは、ルームエアコンを実際に据え付けて運転をする部屋であり、8畳の広さがある。二つの部屋の間仕切り



図1. 体感ラボ(プレゼンテーションルーム)

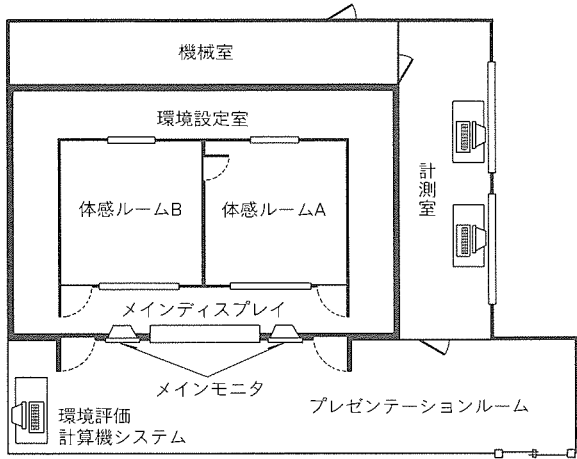


図 2. 体感ラボの平面図

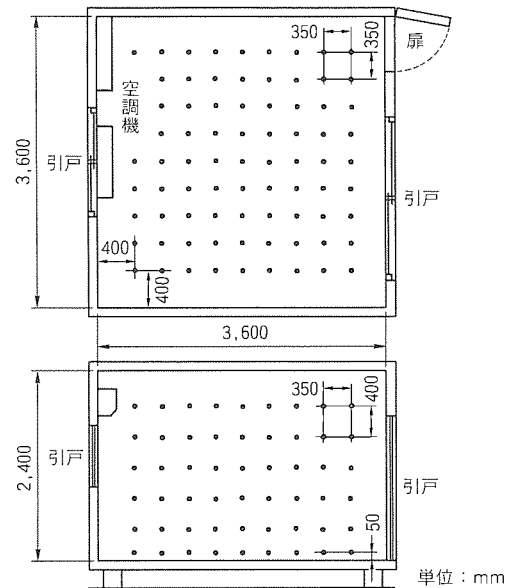


図 4. 体感ラボの環境測定点

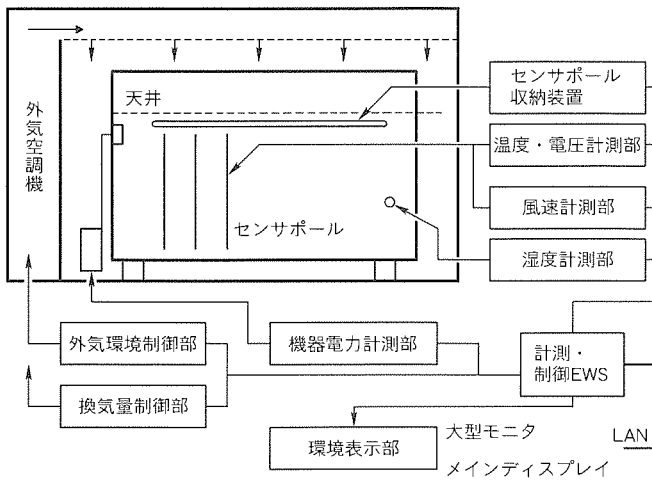


図 3. 計測・評価システム

壁は移動することができ、2から14畳と変化させることができる。また、この体感ルームは、通常の断熱レベルと、若干の気密性を確保している（詳細は後述）。また、床面も外気に面しており、すべての面が環境設定室が作り出す外気環境に面している。

環境設定室は、体感ルームの外気環境を設定する部屋である。外気環境は温度 $-10 \sim +50^{\circ}\text{C}$ 、相対湿度は低温時を除いて $40 \sim 90\% \text{RH}$ でコントロール可能であり、日本国内の外気温湿度環境をシミュレートできる。

計測室は、体感ルームの環境測定、環境設定室の制御、体感ルームの環境評価を行う部屋であり、外部との通信が可能なLANが設置され、UNIX、DOS系の複数台の計算機が設置されている。

プレゼンテーションルームは、お客様に対して体感ラボの説明を行う場所である。詳細な説明は後述するが、体感ラボの運転状況や体感ルームの室内環境などを、目で見比べて比較することができる。また、体感ルームに入り、身体で感じることができる。プレゼンテーションルームには、プレゼンテーション用の計算機があり、以前に計測したデータをLANを

介して取得し、環境の評価解析とプレゼンテーションを行うことができる。

3.3 環境評価機能

図3は、計測評価システムを示したものである。計測システムは、温度・電圧計測部、風速計測部、機器電力計測部、外気環境制御部、環境表示部などから構成されている。

図4は、体感ルームの環境測定点を示したもので、体感ルームに設置されたセンサを取り付けたボールの位置を示している。上下方向の環境測定点は、40 cmごととし、さらに暖房時の人の温熱感覚と相関がある床から5 cmを追加して合計6点とした。水平方向は35 cm間隔とし、壁から40 cm内側を居住域と考え、 9×9 点すなわち81本のセンサを取付けたボールを設置している。環境評価点は、体感ルーム一室当たり $9 \times 9 \times 6$ の486点である。センサーポールには、0.3 mm径のT型熱電対が設置され、さらに、任意の位置に固定できる風速センサが設置され、室内の面の風速分布が測定できる。

このセンサーポールには駆動装置が付けられており、壁側に収納して体感ルームに実験者が入るスペースを確保することができる。実験者は、環境の計測評価をするだけでなく、異なる環境を実際に肌で感じて確認することができる。

また、室内の壁には一面に数点の温度センサが設置され、ふく(輻)射温度を算出することができる。また、室内には、床から120 cmの高さに数点の湿度センサが設置され、湿度環境の計測が可能である。温度・電圧計測部は、このほかに数十点のオプション温度、電圧の測定ができる。また、約10秒という短い時間で、合計で1,200点の計測が可能である。

機器電力測定部は、機器の一次側で電流・電力・積算電力・圧縮機の駆動周波数の計測も可能である。

外気環境制御部は、外気設定温湿度の設定はもちろん、外気空調機のON/OFF、デフロスト、後述する換気装置の制御等が計算機からバスラインで可能である。

3.4 環境プレゼンテーション機能

図5は、プレゼンテーションルームから体感ルームを見たものである。計測した環境と空調機の動作はシステムのコントローラである計算機によって評価され、プレゼンテーションルームの大型モニタ2台に2室同時に環境が表示される。部屋を上から見た床面などの水平面、機器の断面方向の縦断面などを自由に選択することができ、数十色のカラーで10秒ごとに表示される。大型メインディスプレイは、26文字を5段表示することができる。

現在は、図に示したように実験内容・外気条件などのほかに室内全点の、平均温度、床面の平均温度、さらに、各機器の消費電力・電力などを表示している。

4. 体感ラボと居住環境実験室⁽³⁾

当社には、室内の詳細な温度風速分布の計測が可能な居住環境実験室がある。温度分布は横方向に、風速分布はこの温度分布測定面を上下に移動しながら計測するもので、定常状態の計測評価ができる。居住環境実験室は種々の空調機の開発に用いており、環境評価に対する問題はない。しかし、体感ラボは居住環境実験室の環境計測点15×15×12点、すなわち2,700点に比較して486点と少なく、環境の評価に対する影響が懸念される。そこで、同一機器を用いて評価実

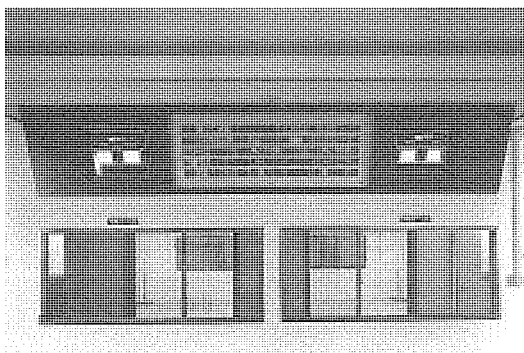


図5. ディスプレイと体感ルーム

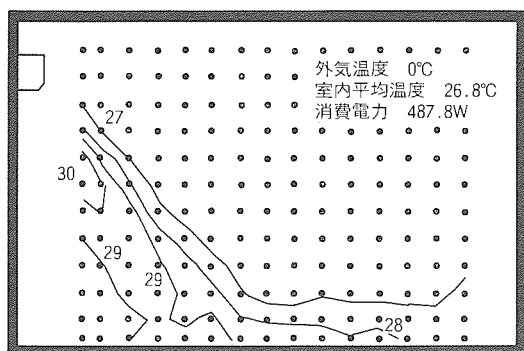


図6. 定常状態温度分布図(居住環境実験室)

験を行った。

図6と図7は、室内縦断面の温度分布を示したものである。用いたルームエアコンは同一(MSZ-FX255)であり、外気室の設定温度は0°Cである。モデル室の熱負荷が異なるので若干の差はあるものの、吹出し噴流の流線などに大きな差が認められず、環境を計測できることが分かる。

5. 住宅への対応

家屋の熱特性は大きく変化し、北海道を中心とする寒冷地から普及し始めた高気密高断熱住宅は、国内のどこの地域でも見られる。一般に、狭い室内などの自然な状態における温度分布は存在しない。ルームエアコンなどを運転したときに生じる温度分布は、自然な環境を乱すことが原因である。したがって、暖房負荷が大きければ大きいほど温度分布が大きくなり、小さければ小さいほど温度分布が小さくなる。

空調機は、どのような熱負荷の住宅でも温度分布の小さい快適な環境を作る必要がある。すべての住宅に適合できないとしても、適合する住宅の熱負荷範囲を設計スペックとして明確にする必要がある。体感ラボは、将来予測されるこのような要求にこたえるため、熱負荷を変更する機能を持っている。体感ラボのすべての窓は二重構造であり、一重にして負荷を増加することができる。また、図8に示す換気装置があり、換気量の調整が可能である。体感ルームの天井裏には1mのスペースがあり、換気装置は外気をこの空間に吹き出

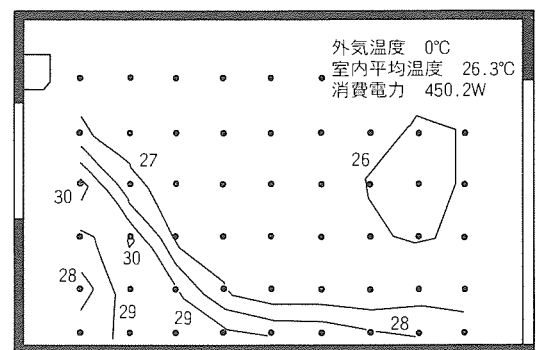


図7. 定常状態温度分布図(体感ラボ)

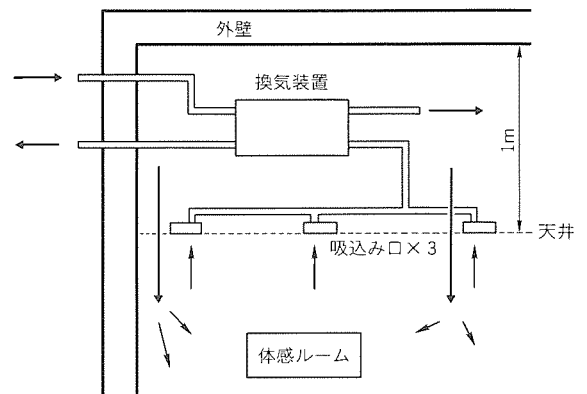


図8. 換気装置の構成

す。吹き出された空気は、天井面の開口部から室内へ入り、室内の空気と混合する。混合した空気は、天井面に設置された吸込み口から室外へ放出される。この構造は、換気の気流の影響をできるだけ小さくすることを目的としたもので、換気量を変化させることで室内の熱負荷を変化させることができる。

図9は、換気装置の電源電圧を変化させたときの暖房負荷を、換気装置 OFF 時を基準にして比率で示したものである。外気設定温度 5°C、室内設定温度 23°C とし、一重窓で運転した場合の実験データである。暖房負荷は、実測した吹出し風量と、吹出し温度と吸込み温度から求めた。

換気装置の電圧増加とともに、暖房負荷が増加していることが分かる。定格電圧時の暖房負荷は、換気装置 OFF 時の 139% となり、換気装置によって空調負荷を変化・制御できることが分かる。また、換気量を増加することで更に空調負荷を増加させることと、窓を二重にすることで暖房負荷を低下させ、高气密高断熱住宅を模擬することができる。

この換気装置を用いることで高气密高断熱住宅から通常の住宅レベルまで変化させることができるが、室内環境が換気の気流によって大幅に変化することが懸念される。図10は、換気量が多く、高熱負荷時の室内温度分布を示すものである。換気による気流の影響は見られず、熱負荷を変化した場合の環境評価ができることが分かる。

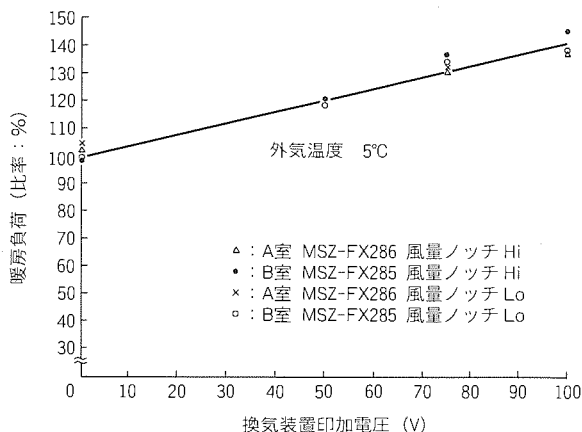


図9. 換気量と暖房負荷

6. サーマルマネキンを用いた環境評価

この体感ラボは、お客様に対する環境プレゼンテーションと機器の開発に使用するものであるが、被験者を用いた体感による環境評価も可能である。ここでは、サーマルマネキンを用いた環境評価例について述べる。

用いたサーマルマネキンは、17分割の成人男子モデルであり、外観を図11に示す。実験は、'96シーズンのルームエアコン (MSZ-FX 286) とし、このルームエアコンが訴求している涼感運転と冷房運転の比較を行った。この機器の涼感運転は、上下フラップを間欠的に動作させ、従来避けていた冷風を積極的に活用し、快適感を得ようとする新しい環境制御方法である。サーマルマネキンを用いた環境評価は、サーマルマネキンの電気入力量を一定に制御して皮膚温度で測定評価する方法と、サーマルマネキンの内部温度を一定に制御して投入電力量で測定評価する方法がある。今回は、上下フラップの間欠動作の周期が30秒のため、前者の方法を用いた。また、サーマルマネキンの投入電力量は、均一な環境で皮膚温度が均一になる電力量とした。

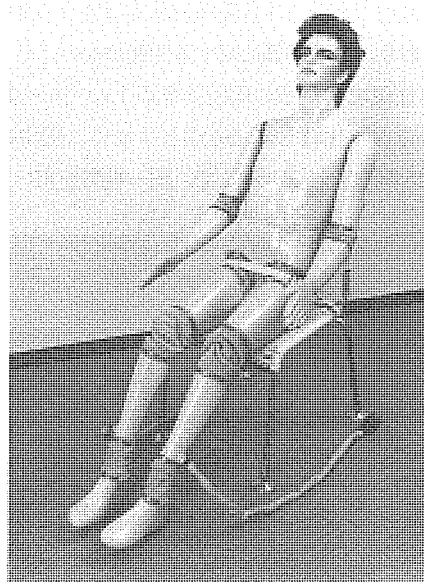


図11. サーマルマネキン

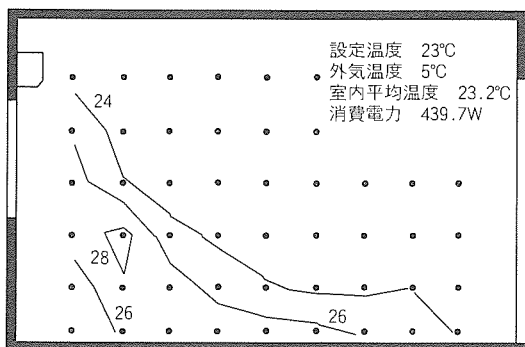


図10. 高負荷時の温度分布図

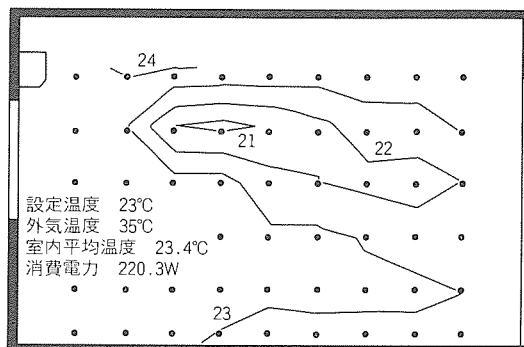


図12. 冷房運転時の温度分布図

図12と図13は、冷房運転時と涼感運転時の温度分布図を示すものであり、図14は、冷房時と涼感時のサーマルマネキンの皮膚温度の一部を示したものである。冷房時の吹出し気流は、室内上部に吹き出されており、涼感時の吹出し気流は、水平吹きと若干の下吹きが交互にあるため、幅の広い吹出し気流となっていることが分かる。冷房時の設定温度は23℃であり、このときの平均皮膚温度は28.9℃である。涼感時の平均皮膚温度は28.2℃であり、冷房時よりも若干涼しいことが分かる。特に、上半身の温度が低く、下半身、特に脚部の皮膚温度が高いことが分かる。これは、上半身に気流が当たっていることを示すが、頭部温度が低く脚部温度が高いことは、人体にとって涼しく、快適な方向と思われる。このときの設定温度は冷房よりも2℃高く、涼感運転時は、室温が2℃高くても、同じ温冷感になることが分かる。また、このときの消費電力は、涼感運転時が約35.7W小さく、大きな省エネルギー効果があることが分かる。

7. 体感ラボの展開“出前ラボ”

7.1 出前ラボの必要性

体感ラボは、当社ルームエアコンが作る環境を正しく理解していただくために開発されたものである。しかし、すべてのユーザが体感ラボを訪れることは不可能であり、多くの

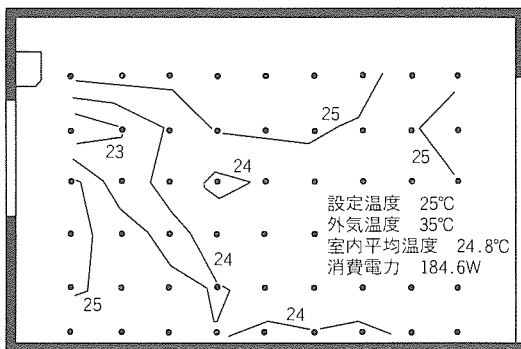


図13. 涼感運転時の温度分布図

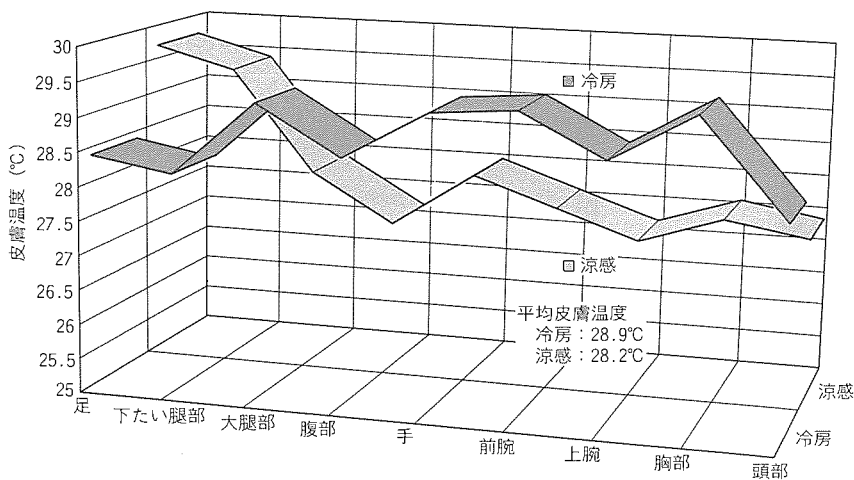


図14. サーマルマネキンの皮膚温度

人々により快適な環境を体感していただくため、体感ラボの機能の一部をパソコン上で再現する出前ラボを開発した。この出前ラボは、計測データをLANを介してパソコンに展開し、温度分布や機器の消費電力などを表示するもので、ウィンドウズ環境で動作するものである。また、データは体感ラボの三次元データであり、用意したデータから自由に選択でき、表示する描画面はマウスを用いて自由に選択することができる。現在、販売サイドで活用している。

7.2 出前ラボ

出前ラボは、マウスを用いてデータや描画面などを選択すると、温度分布をカラー表示する。併せて、機器の動作状況、平均室温などを表示することができる。表示面は、床面などの水平面、機器を切る方向の縦断面、機器に直面する縦断面など自由に選択することができる。実験室を飛び出したラボと言えよう。

8. むすび

当社“霧ヶ峰”の環境制御を示しながら“体感ラボ”の開発の背景を示し、設備・環境評価例・展開について述べた。

体感ラボは、計算機を中心とした環境計測評価とプレゼンテーション設備である。この設備のプログラムは、研究開発者が自分たちの手で開発し、運用している。このため、柔軟性があり、機器の特徴、実験目的に合わせた計測・評価が可能である。体感ラボは、計測評価結果や見学者の意見などを参考に、日々成長している実験研究設備と言える。

生活そのものが変化し、また、ユーザのルームエアコンに対する期待や要求も変化している。このような変化には、正当な目でルームエアコンが作る環境を見ることが大事であり、この正当な目の成長が体感ラボの進展にリンクしていると思われる。今後ますます体感ラボの機能向上を図り、すべてのユーザにとって有益なルームエアコンの開発に努力したい。

参考文献

- (1) 梅村博之、青木克之、菅原作雄：昭和62年度インバータルームエアコンの快適制御、三菱電機技報、61, No.5, 347～350 (1987)
- (2) 永友秀明、今城康雄、菅原作雄：ルームエアコン《コスモライン》、三菱電機技報、65, No.8, 723～728 (1991)
- (3) 菅原作雄、原 正規、山崎起助：暖房室内における温度気流分布と快適性、三菱電機技報、56, No.12, 945～949 (1982)

72/84kVキュービクル形ガス絶縁開閉装置(C-GIS)

佐藤俊文* 沼田伸一* 田中久雄* 西崎雅芳* 米澤正浩* 有岡正博*

1. ま え が き

大気圧近傍のSF₆ガスを封入したく(矩)形容器内に構成機器を一括収納したキュービクル形GIS (Gas Insulated Switchgear) (以下“C-GIS”という。)は、受配電設備を主体に使用され、1994年度は国内受配電設備用GISの約70%を占めるまでに成長してきている⁽¹⁾。

当社は'83年に縮小化と環境調和を指向する機器として、72/84kV C-GISの納入を開始したが、納入開始後12年を経過した現在、客先の要求仕様⁽²⁾も24時間連続運転(系統の2系列化)、搬入寸法のミニマム化(ビル用受配電設備の更新用)、軽量化(トラック輸送可能な質量・寸法)など、多様化してきており、時代のニーズに最適なC-GISの出現が望まれていた。

このような背景を踏まえ、今までの豊富な技術と運転実績をベースに新形72/84kV C-GISを製品化したので、その概要を以下に述べる。

2. 基本コンセプト

新形C-GIS開発の基本的な考え方を以下に示す。

(1) 受配電設備に特化した仕様・定格

受電電圧が72/84kVの場合の受電容量は、通常50MW以下であり、電力会社が標準として準備している電力需給用計器用変成器の定格電流は500~800Aであること、及びグループ受電の系統でも1,200Aを超える系統はないことから、定格電流を1,250Aとした。

この定格領域における適用遮断器は信頼性の面ではガス遮断器とそん(遜)色なく、縮小性・経済性・軽量化の面で優れる真空遮断器を適用することにより、C-GISの大幅な縮小化・軽量化を可能とした。

(2) 従来のGIS, C-GIS機能の踏襲⁽³⁾

受配電設備に特化した新形C-GISは、既に納入済みのGIS, C-GIS各々の持つ機能を引き継ぐことがベストであり、

- (a) 全ガス絶縁, 24時間連続運転での保守点検, レイアウトの柔軟性 (GISの機能)
- (b) 片面保守, スイッチギヤと同一の外観 (C-GISの機能)
- (c) 工場組立状態での輸送, 横持ち不要な構成, 現地ガス処理のミニマム化 (GIS, C-GISの機能)

等の機能はそのまま引き継ぐこととした。

(3) トラック輸送可能な質量・寸法 (2~3面の全装可搬)

GISとC-GISの形態は、GISは列盤形、C-GISはユニット形に分類できるが、新形C-GISはレイアウトの柔軟性を考慮して列盤形の構成を採用した。

外形寸法については、トラック輸送を可能とするため(従来はトレーラ輸送)、高さ2,700mm、奥行き2,200mmを選定し、盤幅については取引用変成器ユニットを2,000mm、その他はすべて1,000mmに統一した。

質量については2~3面を一括輸送可能とするため、3,000kg/面を目標質量とした。

これを達成するためには、構成機器の縮小化・軽量化とともに矩形容器の大幅な質量軽減が不可欠であり、円弧状矩形容器の適用等によって目標質量を満足した。

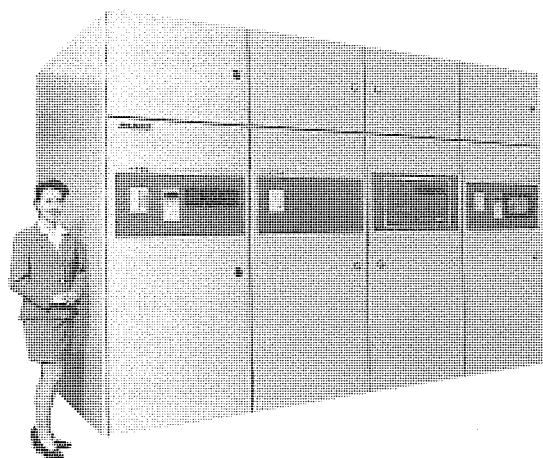


図1. 72/84kV C-GISの外観

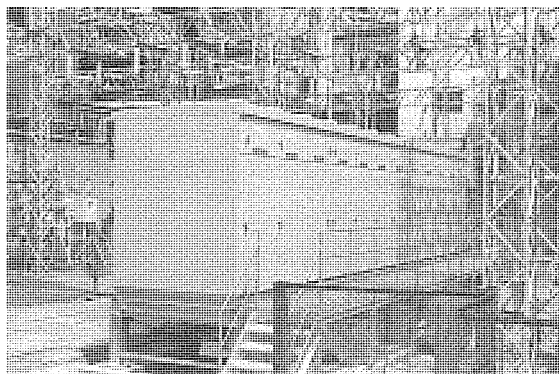


図2. 現地据付け全景

3. 概要と定格

図1にC-GISの外観を、図2に現地据付け全景を示す。

C-GISはSF₆ガスが充てん(填)された円弧状矩形容器に収納された充電部全体を金属製閉鎖箱に収納した構造とし、充電部と金属製閉鎖箱間の気中部分を制御部として、構成機器の操作機構、監視制御装置等を収納している。

屋内、屋外設置の仕様に対しては金属製閉鎖箱の構造を変えることで対応した。

充電部の定格ガス圧は、最高使用圧力で0.1MPaを超えず、-30℃で負圧にならない領域とするため、0.05MPa(20℃)を選定した。

適用規格はJEC-2350(1994年)“ガス絶縁開閉装置”を準用し、金属製閉鎖箱と監視制御装置部分はJEM-1425(1990年)“スイッチギヤ及びコントロールギヤ”を適用した。

新形C-GISの各構成機器の定格仕様を表1に示す。

4. 特長

GISは充電部をSF₆ガスで密封することによって耐環境性、省メンテナンス化、不燃化等の特長を持っているが、新形C-GISは、上記に加え、次のような特長を持っている。

(1) 軽量化

据付け面積比：60%，容積比：45%，質量比：35%で、従来の当社C-GISに比べ、大幅な縮小化・軽量化が図れた。

(2) 耐環境性

充電部全体を収納した容器を金属製閉鎖箱に収納した二重構造としており、設置環境に影響されない構造としているが、屋外仕様の場合、設置環境によっては金属製閉鎖箱の材質を亜鉛メッキ鋼板として耐塩塗装を施した。また、海塩粒子の侵入を最小限とするために密閉構造とし、耐環境性能を向上させた。

密閉化による制御室の結露対策として、新方式の除湿器を設置した。

(3) フレキシブル

システム構成を自由度の高い列盤形⁽⁴⁾としたが、更に構成の自由度を向上させるため、各構成要素をモジュール化するとともに、母線を上部に2系列配置できる構造とした。これにより、スケルトン構成や敷地条件に制約がなく、同一寸法で二重母線方式の設備にも適用可能である。

5. 技術的検討

5.1 盤構成

新形C-GISの盤構成に関し“配置の自由度”“保守・点検性”“拡張性”の三つの方向から検討した。図3に受電ユニットの構造を示す。

(1) 配置の自由度(計画性・拡張性)

C-GISの配置を計画する上で最も重要なことは、各単位

回路ごとに分割したユニットの母線接続である。母線位置が1系統のみの場合、配列は受電ユニット→電力需用計器用変成器ユニット→TR一次ユニットの順に配列する必要があり、配置の自由度はない。母線位置が2系統の場合、2系統のいずれかに分岐母線を接続することによって回路の構成が可能であり、自由に配列することができる。また、将来、負荷増大によるバンク増設においても列盤増設が容易である。母線位置が3系統の場合、2系統に比べて配置の自由度は向上するが、C-GISの大型化の原因となり、また、それを必要とするケースは極めて少ない。したがって、受配電設備用C-GISの母線位置は2系統が最良である。

(2) 操作性・保守性

表1. C-GIS構成機器の定格仕様

C-GIS本体	準拠規格 JEC-2350	
定格電圧	72kV	84kV
絶縁階級	60号	70号
定格ガス圧力	0.05MPa以上	
定格周波数	50/60Hz	
定格電流	800/1,250A	
定格短時間電流	20/25/31.5kA	
使用条件	屋内・屋外・標準使用状態	
真空遮断器	準拠規格 JEC-2300	
適格電圧	72kV	84kV
定格電流	800/1,250A	
定格遮断電流	20/25/31.5kA	
操作方式	電動ばね操作	
断路器	準拠規格 JEC-2310	
定格電圧	72kV	84kV
定格電流	800/1,250A	
定格短時間電流	20/25/31.5kA	
操作方式	電動・電動ばね・手動	
線路用接地開閉器	準拠規格 JEC-2310	
定格電圧	72kV	84kV
定格短時間電流	20/25/31.5kA	
操作方式	電動・電動ばね・手動	
点検用接地開閉器	準拠規格 JEC-2310	
定格電圧	72kV	84kV
定格短時間電流	—	
操作方式	手動	
避雷器	準拠規格 JEC-217	
形式	酸化亜鉛形	
定格電圧	84kV	98kV
公称放電電流	10,000A	
変流器	準拠規格 JEC-1201	
定格一次/二次	仕様による/5A	
定格負担	仕様による	
確度階級	仕様による	
接地形計器用変圧器	準拠規格 JEC-1201	
定格一次/二次/(三次)電圧	66kV/110/V	77kV/110/V
定格負担	500・200/200VA	
確度階級	1P/3G級	
電圧検知器		
形式	アンテナ式	

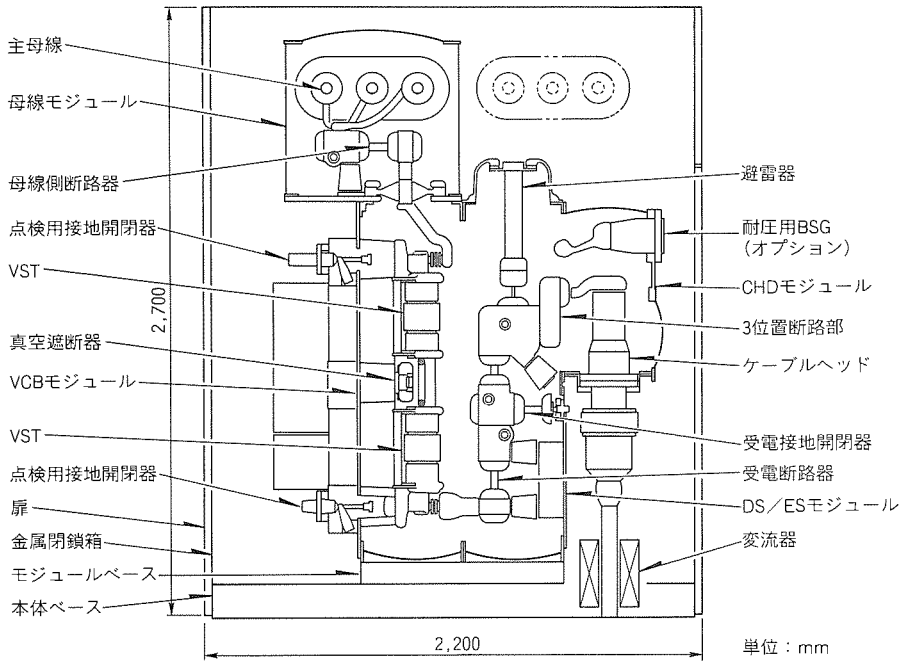


図3. 受電ユニット

表2. 矩形容器の強度解析結果

解析ケース	容器の条件			解析結果 (MPa)
	板厚 (mm)	曲率半径 R (mm)	補強板厚 (mm)	
1	4.5	—	—	860
2	4.5	1,200	—	170
3	4.5	1,500	—	205
4	4.5	1,500	4.5	140

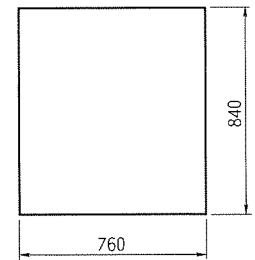
実際に使用するユーザにとって最も重要な項目であり、ユーザの立場で検討した結果，“前面操作，前面保守”に加えて以下の構成とした。

- (a) 圧力計の高さは目視確認が容易に行える1,500～2,000 mmとした。
- (b) 手動操作軸の高さは800～1,300 mmとした。
- (c) 機能上連動操作が可能な機器（例：受電遮断器両側の断路器，遮断器両側の点検用接地開閉器など）は連動とし，手動操作を簡略化した。

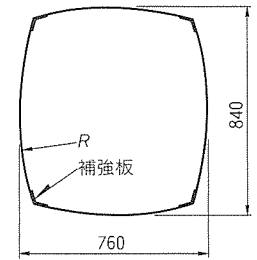
5.2 矩形容器構造

従来の矩形容器は，板厚6～12 mmの平鋼板に補強を入れていた。新形C-GISでは，小型・軽量化を実現するために，円弧状矩形容器構造を採用した。この容器構造は，曲げ応力を低減できるため強度的に有利であり，かつ内部占積率を有効に活用できる。

容器の最適な板厚と曲率半径の決定には，構造解析プログラム (I-DEAS) を用いて強度解析を行った。図4に解析モデルを，表2に解析結果を示す。強度解析により，ケース4 (板厚4.5 mm，曲率半径 $R=1,500$ mm，コーナ部補強板厚4.5 mm) の構造にした。図5に母線モジュール容器の応



(a) 四角形矩形容器



(b) 円弧状矩形容器

図4. 矩形容器の解析モデル(断面図)

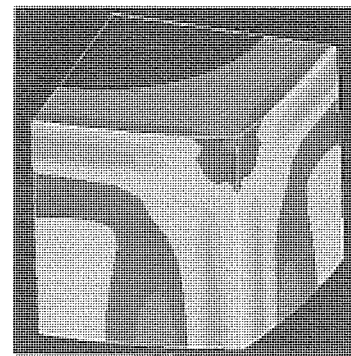


図5. 母線モジュール容器の応力分布図(1/8分割モデル)

力分布図を示す。

母線モジュールについて，実機による圧力試験も行った。その結果，降伏点圧力は試験圧力 $p=0.1$ MPaを上回り，真空引きに対しても問題がない。また，破壊圧力は，内部事故時の圧力上昇の推定値に対して裕度がある。疲労強度については，容器内部の温度変化による内圧の変化は0.05～0.08 MPa (圧力変動 $\Delta p = \pm 0.015$ MPa) と微小であり，繰返し数も $N=1 \times 10^4$ 回程程度の低サイクルであるため，平均応力効果及び溶接部の切欠き効果を考慮しても何ら問題にならない。

5.3 新形チューリップコンタクト

C-GISに使用する断路器のしゅう (摺) 動接触部には，通常，チューリップコンタクトが用いられているが，従来のチューリップコンタクトは，電界緩和のために，個別のシールドが設けられていた。このシールドは，通電能力の向上と小

型化の阻害要因となっていた。

今回、個別のシールドを廃止したシールド機能付きチューリップコンタクト（以下“S型コンタクト”という。）を採用した。S型コンタクトは、周方向に分割した接触片の先端より外周方向に弓状にはかま（袴）部を形成している。この袴部は、シールド機能だけでなく、放熱フィンの効果もある。

S型コンタクトは、電界計算によって最適形状を決定した。通電能力は、ヒートラン試験を行って放熱フィンの効果を確認した。図6に電界計算例を示す。

このS型コンタクトを母線接続部にも採用し、C-GISのより一層の小型化が図れた。

5.4 2点切りVCB

従来、当社のC-GISにはGCB（Gas Circuit Breaker）を適用してきたが、新形C-GISは、受配電設備専用の条件の下で、定格に最適の遮断器を信頼性・縮小性・生産性・経済性の面から原点に戻って検討し、2点切りVCB（Vacuum Circuit Breaker）をC-GISと同一の容器内に収納する構造とした。

以下に、今回適用した2点切りVCBの特長を示す。

(1) 信頼性

VCBの心臓部である真空バルブ（Vacuum Switch Tube：VST）の機械的開閉寿命を決定する要因のうち、その構成要素として大きく影響するものに金属ベローズがある。ベローズの寿命は、材質や形状のほか、その伸縮率によって決まる。2点切りVCBの採用によってVST一本当たりのストロークを短縮し、既の実績のある高信頼性のVSTの技術をそのまま使用できた。さらに、ストロークが小さいこと

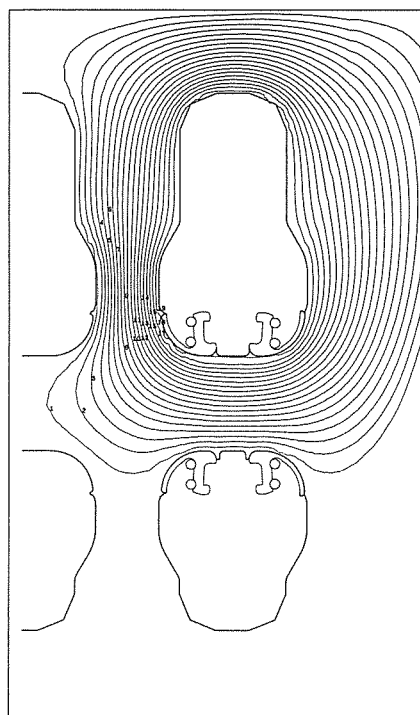


図6. S型コンタクトの電界計算

によって必要エネルギーが小さくなり、小型の操作装置が採用できた。

2点切りVCBは、万一、一方のVSTが故障しても、1本で定格電圧の絶縁耐力を保有しているため、残りの1本で定常電流開閉を問題なく行うことができる。

また、VSTの絶縁容器もガラスから高強度セラミックとし、強度上の裕度も大きい。

(2) 縮小性

表3に、当社C-GIS用GCBとVCBの比較を示す。VCBはGCBに比べて全幅、全高、質量面で優れている。

細径のVSTを適用できる2点切りVCBを採用することにより、一層全幅が縮小できた。さらに、2個のVSTの連結機構に新開発のクロスリンク方式連結機構を採用することにより、全高の縮小化が図れた。

(3) 生産性

2点切り用VSTは、排気・ろう付け・溶接等に従来の生産設備が共用でき、標準部品も多く利用できる利点がある。

5.5 耐震性能

受電ユニットの振動モード解析を、I-DEASを用いて行った。図7に屋外用受電ユニットの振動モードを示す。屋外用受電ユニットの固有振動数は約7Hzであり、屋内用受電ユニットの固有振動数は10Hz以上である。

実機の耐震試験も行った。振動モードは解析結果によく一致している。屋外用受電ユニットは0.3G共振正弦3波及び0.4G共振正弦3波、並びに実地震波のエルセントロ地震波と宮城県沖地震波について行った。また、屋内用受電ユニットは10Hzで0.3G正弦3波及び0.5G正弦3波の試験を行った。その結果、屋外用及び屋内用の受電盤はいずれもタンク及び部品に損傷がなく、耐震性能上全く問題はない。

5.6 縮小形ケーブル終端箱

（スリップオンタイプケーブルヘッド）

受電ケーブルのDC耐電圧試験では、通常、電力会社に電圧印加点が設けられるが、ループ受電方式である等の理由から、電力会社から受電設備（C-GIS）に対して電圧印加地点の設置が要求される場合がある。また、受電設備設置場所の制約及び変圧器の複数化によって変圧器及びC-GIS配置の自由度向上が必要であり、DC耐電圧試験用端末及び変圧器接続用として新縮小形ケーブル終端箱を採用した。

表4は従来のケーブル終端箱と今回開発した縮小形ケーブル終端箱の規格値の比較であり、耐電圧性能はC-GISと同

表3. 当社C-GIS用のGCBとVCBの比較

項目	C-GIS用GCB	C-GIS用VCB
全幅 (mm)	1,100	860
全高 (mm)	2,500	1,900
奥行き (mm)	700	700
質量 (kg)	1,400	700

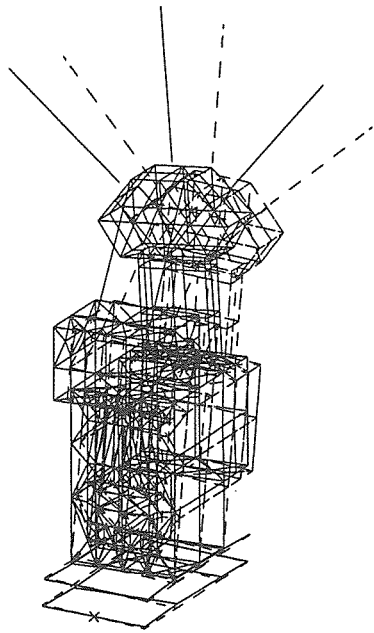


図7. 屋外用受電盤の振動モード

表4. ケーブル終端箱の耐電圧性能比較

項目	従来形	縮小形
商用周波耐電圧	230kV/3h	160kV/1min
雷インパルス耐電圧	-610kV/3回	±400kV/3回
部分放電特性	5pC以下 at 61kV	
直流耐電圧	220kV/1h	195kV/1h

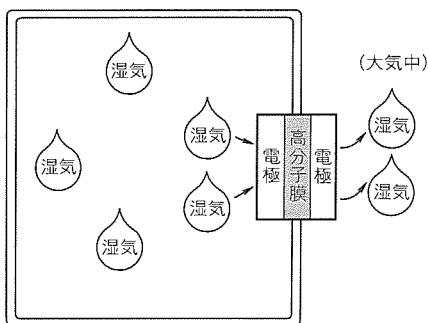


図8. 除湿器の動作原理図

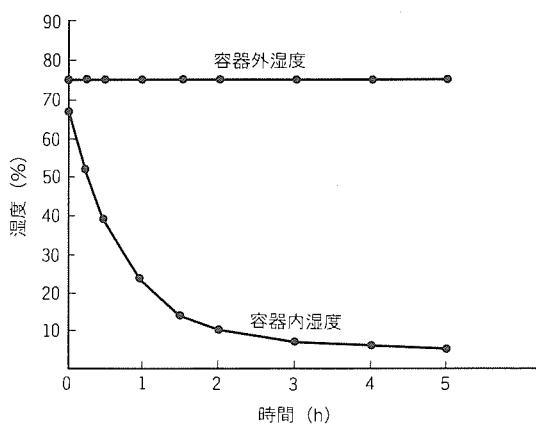


図9. モデル容器(密封)での除湿特性

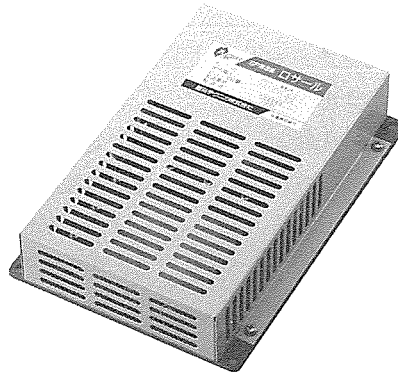


図10. 除湿器の外観

一とし、通電性能は国内受配電設備の80%以上で用いられている変圧器容量20MVA以下に限定し、ケーブルサイズを200mm²に統一することにより、外形を従来の50%まで縮小した。

5.7 除湿器

新形C-GISでは、屋外形の耐環境性を向上させるため、外箱を密閉構造としている。これに伴い、容器と外箱間の空間(すなわち、制御室及びケーブル室)の結露対策として、新形除湿器(ロサル：菱彩テクニカ(株)製)を採用した。

新形除湿器の動作原理は、図8に示すように、特殊高分子膜によって除湿対象側の湿気を直接電気分解し、排出するものである。

この動作原理により、以下の特長を持っている。

- (a) エネルギー効率が良く、除湿能力が高い(図9に、モデル容器での除湿特性を示す)。
- (b) 除湿した水分の処理が不要である。
- (c) 小型・軽量である(図10)。
- (d) 低騒音である(音の発生源がない)。

6. 構造

6.1 VCB

図11に2点切りVCBの構造を示す。2点切りVCBは、電流を遮断する細径のVSTを2個直列に配置した。2個のVSTを電氣的に接続し、両方を同時に操作する連結機構“クロスリンク機構”を開発した。両VSTを極限まで近接させることにより、1点切VCBに匹敵する遮断器の長さとして大幅な小型化を達成した。

通電路は、固定接触子、可動接触子、可動ロッドを経て連結機構内にあるチューリップコンタクト、相手側VST可動ロッド、可動接触子、固定接触子へ電流が流れる最短の通電路とし、抵抗による発熱損失を少なくした合理的な設計としている。

遮断器の操作機構には新形操作機構を採用し、部品点数の削減による信頼性の向上、歯車等の表面改質による無給油化、平歯車方式蓄勢機構によるコンパクトでかつ低騒音化を図っている。

6.2 断路器・接地開閉器

図12に、受電ユニットに収納する線路側断路器と線路側接地開閉器を示す。断路器は、可動側電極及び固定側電極をポストスペーサ又はガス区分スペーサのいずれにも支持できる構造とした。可動コンタクトは、可動電極内に配置した駆動レバーを絶縁ロッドが回転することによって駆動される。

線路側接地開閉器は、断路器と同じ構造とし、断路器に直接取り付けられる構成とした。

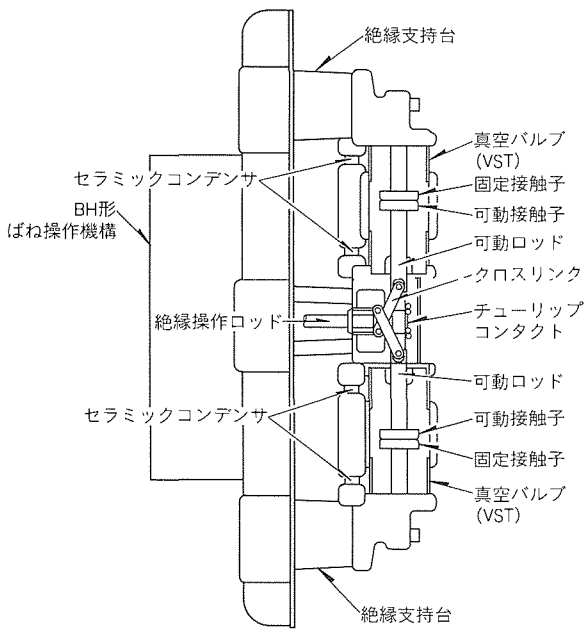


図11. VCBの構造

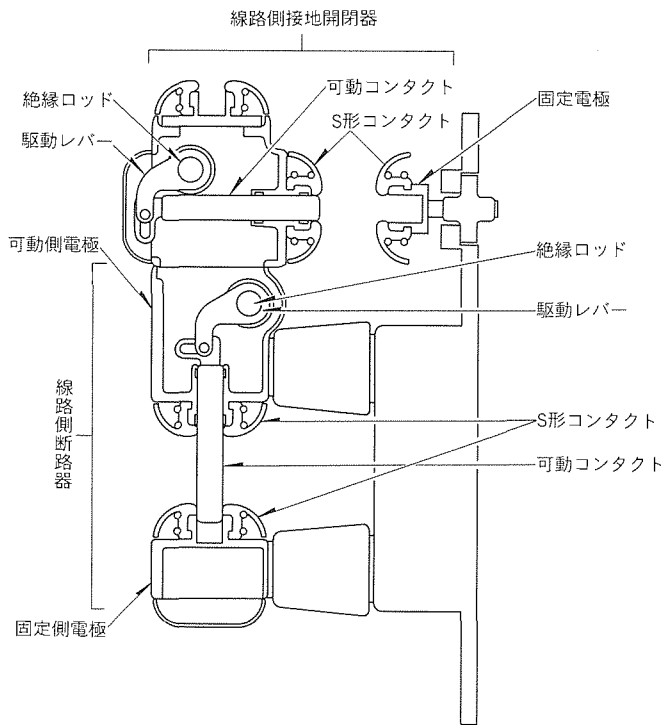


図12. 断路器・接地開閉器の構造

表5. 3位置断路器装置の各位置における接続状態

	運転位置	避雷器切離し位置	主回路切離し位置
主回路	接続	接続	切離し
避雷器	接続	切離し	切離し
耐電圧試験ブッシング (オプション)	切離し	接続	接続

これらの構造によってガス区分スペーサを設けるためのスペースを別に用意する必要がない等、断路器と接地開閉器の取り付け場所を限定することなく、各種の構成が可能となるとともに、C-GIS用当社従来容積比で40%縮小した。

6.3 3位置断路器装置

電力ケーブルの直流耐電圧試験を実施するときは、電力ケーブル及び電力ケーブルヘッドにのみ直流電圧を印加するように、C-GISの主回路から電力ケーブルヘッドを切り離してケーブルの相手端から直流電圧を印加する。また、ループ受電のようにケーブルの相手端から直流電圧が印加できない場合は、C-GISに電圧印加点を設ける必要がある。これらのような場合でも内部を開放することなく直流耐電圧試験を実施できるように、電力ケーブル引込み点に3位置断路器装置を設けた。図13に3位置断路器装置を示す。また、表5にそれぞれの位置における接続状態を示す。

C-GISに電圧印加点を設ける必要がある場合は、オプションとして耐電圧ブッシングがある。

6.4 避雷器

図14に避雷器(Lightning Arrester: LA)の構造を示す。

避雷器は酸化亜鉛形で、ZnO素子を各相ごと絶縁筒に収納した簡素な構造である。ZnO素子は高抵抗素子(単位厚み当たりの制限電圧を従来素子の約2倍にした素子。)を採用しており、当社従来比で高さを約半減した。

6.5 計器用変圧器

図15に計器用変圧器(Voltage Transformer: VT)の

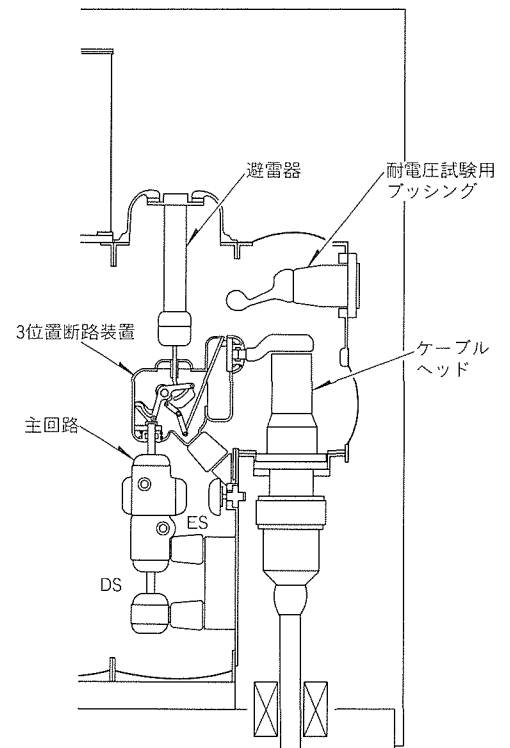


図13. 3位置断路器装置

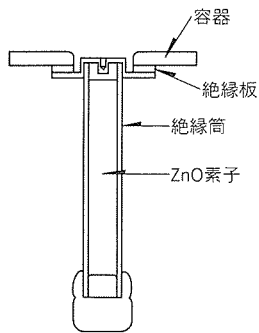


図14. 避雷器の構造

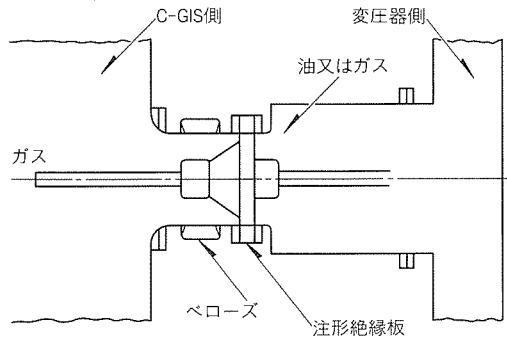


図16. 変圧器との直結部の構造

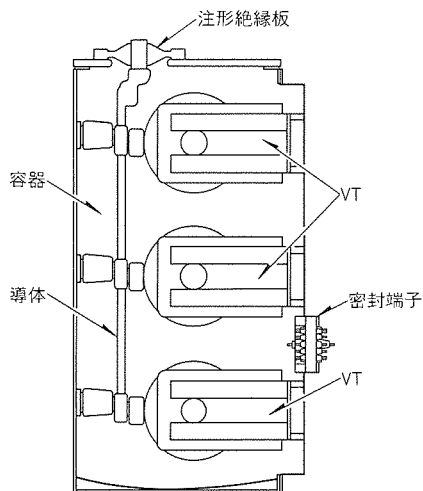


図15. 計器用変圧器の構造

構造を示す。

計器用変圧器は、プラスチックフィルムとSF₆ガスで絶縁したガス絶縁計器用変圧器を使用しており、絶縁信頼性が高く不燃性である。また、各相のVTを縦一列の配置とすることで容器の縮小化を図っており、VTユニットとして、幅1,000mmを実現した。

6.6 変圧器直結部

図16に変圧器との直結部の構造を示す。油入変圧器、ガス絶縁変圧器とも同一構造としている。

変圧器側に区分スペースを設け、現地接続作業時に変圧器側の油(ガス)処理が不要な構造とし、接続作業の合理化を図っている。

6.7 受電線との接続

受電線との接続は、架空線、ケーブル接続(上・下引込み)とも可能である。架空線の場合は本体と同一圧力のガスブッシングで接続し、ケーブルの場合は縮小形ケーブル終端箱で接続する。

7. 検証試験結果

各構成要素単体については、それぞれの規格に準じて厳密な試験を行い、さらに、組み合わせた状態での耐電圧、温度上昇、短時間電流、耐震試験などを実施して基本的な性能を検証した。さらにC-GISとして、矩形容器の耐電圧試験に重点をおき、数種の試作容器による強度の解析を行うとともに、I-DEASによる解析を実施した結果、十分な強度を確認した。

8. むすび

当社にとって第二世代と呼べるこの卓越した汎用性・縮小性・軽量性のあるC-GISは、特高受配電設備へのC-GISの適用が今後ますます拡大するものと期待される中で、更に多様化する市場のニーズに最適のものとして、実際の受配電設備の適用で所期の効果が得られ、ユーザからも好評を博した。

また、電子化された制御・保護・監視装置の搭載も考慮しており、受配電設備監視の高度化に対応した保全支援、予測保全システムとのリンク等、C-GISのインテリジェント化対応で、更にヒューマンフレンドリなC-GISとして普及していくものと確信している。

参考文献

- (1) 日本電機工業会：資料調査重電機器，平成6年度
- (2) 電気学会：キュービクル形ガス絶縁開閉装置(C-GIS)の技術動向，電気学会報告(II部)，No.442(1992)
- (3) 信崎泰秀，丹羽春美，寺田健次，笹森健次，太田照雄：キュービクル形ガス絶縁変電所，三菱電機技報，57，No.3，236～240(1983)
- (4) 片山 明，長谷川 裕，大河原正博，井上隆一：24kVキュービクル形ガス絶縁開閉装置(C-GIS)，三菱電機技報，67，No.8，786～790(1993)

トータルビル管理サービス支援システム

葭澤和彦* 鈴木美奈* 阪上竜次* 小林広美* 道見忠範*

1. ま え が き

エレベーター等ビル顧客の窓口となる情報センターの役割は、これまではエレベーター故障時の顧客対応と保守員の派遣対応が中心であった。しかし今日では、顧客ニーズがますます多様化・高度化しており、エレベーター故障に対する迅速で確実な対応のほかに、冷凍・空調機器や各種のビル設備に対する保守・監視・制御・故障対応やコンサルティングなどのトータルビル管理に対するニーズが高まってきた。

こうした背景から、情報センターの業務を支援するコンピュータシステムには、従来にも増して柔軟性・迅速性・拡張性が求められ、これに最も適合したPC (Personal Computer) によるクライアント/サーバ方式を中核とした分散型ネットワークシステムの導入が図られてきた。

本稿では、このトータルビル管理サービス支援システムの構成及び機能の概要を述べる。

2. システムの概要

システム概要を図1に示す。顧客のビルには遠隔監視通信制御装置が設置されて、エレベーター制御盤、受変電設備、冷凍・空調機器、受水槽などのビル設備と接続されている。

遠隔監視通信制御装置は、ビル設備を常時監視し、故障・異常を検知すると電話回線を介して情報センターに自動的に通報する。このほか情報センターには、ビル管理者、ビル設備の利用者から電話による通報が入る。

情報センターは、通報を受けると、まず顧客を特定し、故障・異常内容の分析と過去の作業履歴の把握を行い、対応方法を決定する。次に、保守員の動静情報から現場に急行可能な保守員を選択し、ポケットベルで呼び出して、顧客への出動などの指示を出す。

出動指示後、情報センターでは、保守員に対し、顧客への到着、作業状況の確認、技術や顧客特有の情報提供など、作業が完了するまでの間フォローを行う。

3. システムの構成

情報センターにはクライアント/サーバシステムが配置されており、ネットワーク (ISDN 網) を介して、各サービス

拠点の遠隔クライアント、及び情報システム部に設置されているホストコンピュータと接続している。同様に情報センター間も接続されており、全国規模での分散型ネットワークシステムとなっている (図2)。

このシステムを構成するソフトウェア製品及びハードウェア製品の主要コンポーネントを表1に示す。

情報センターのシステムは、4種類のサーバと21種類のクライアントで構成されている (表2)。

3.1 サーバ

サーバは、イメージと音声情報を格納し、各クライアント間の通信を制御するコミュニケーションサーバ、DB (Database) エンジンを搭載して顧客情報を格納するDBサーバ、統計処理用として前日の情報を格納するOAサーバで構成されている。このほかに、高速検索サーバが追加可能である。

情報センターは、その規模によって大/中/小に分類される。大規模情報センターには、複数のDBサーバと高速検索サーバを配備することで、処理能力の確保が図られている。また、小規模場所では反対に、コミュニケーションサーバとDBサーバを1台で兼用することにより、省スペース、低コスト化が実現されている。

各サーバのディスクは二重化されており、ハードウェア障害に対するデータ安全性が確保されている。

3.2 クライアント

クライアントは、目的別に、オペレーションコンソール、マルチメディア対応クライアント、制御・監視クライアント

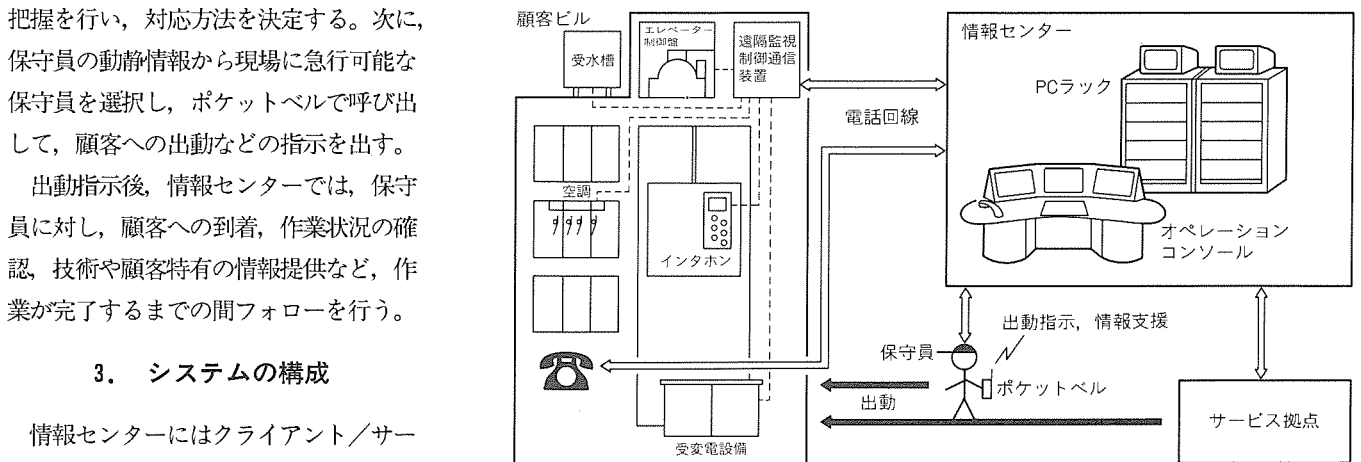


図1. トータルビル管理サービス支援システムの概要

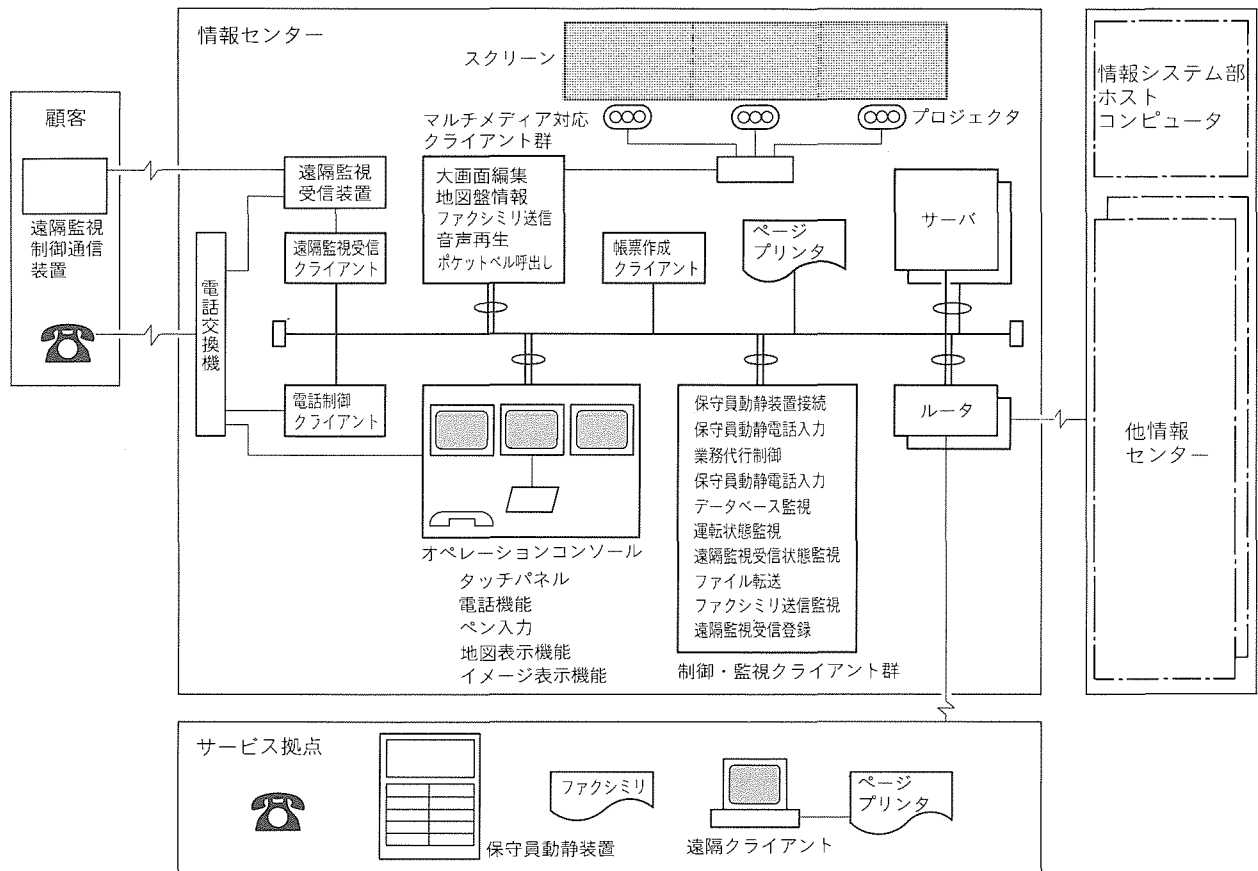


図 2. システムの構成

表 1. システムを構成する主要コンポーネント

基本ソフトウェア	
ネットワークOS	NetWare*1 3.11J
DBエンジン	SQL Base*2 5.1.4J
基本OS	MS-DOS*3 5.0/V MS-DOS*3 6.2/V MS-Windows*3 3.1 MS-Windows for PEN*3
ミドルウェア	
高速データ検索システム クライアント/サーバ	DBS/SP FOAS/CSII
FTP自動管理システム	
FAXサーバシステム	FAX for CARD <SV>
開発ツール	ACTIONBUILDER/DB Easy Viewer
ハードウェア	
サーバ	apricot FT//ex
高速検索サーバ	HDM
クライアント	apricot XEN-LSII apricot XEN-PC
ルータ	AMITY MELNET R2000

注 *1 米国Novell, Inc. の米国における登録商標である。
*2 米国Gupta Technologies, Inc. の商標である。
*3 米国Microsoft Corp. の米国における登録商標である。

の三つに大別される。

(1) オペレーションコンソール

オペレーションコンソールは、図3に示すように、電話(左クライアント)、メイン操作(中央クライアント)、詳細

情報確認(右クライアント)とペン入力用の4台のクライアントで1式となっている。これらはオペレーション卓に組み込まれており、操作員は顧客の電話受付から保守員の出勤対応まで情報センター業務を集中して行える。

ディスプレイ装置(以下“画面”という。)はタッチパネル付きとなっており、通常の操作は画面タッチとペン入力を使用して行われる。また、左と右のクライアントにはオーディオスピーカが付いており、電話交換機からの信号受信やアラーム通知内容によって音色や音量を変えて、操作員に喚起できるようにしている。

(2) マルチメディア対応クライアント

マルチメディア対応クライアントは、オペレーションコンソールなどからの要求によってサーバ上のデジタル情報を画像情報・イメージ情報・音声情報に変換し、相手先に通知する役割を果たしている。

(3) 制御・監視クライアント

制御・監視クライアントは、外部機器からの信号取込み、パラメータ設定に基づくデータ内容の自動監視、運転状態監視、DBの自動バックアップなどを行っている。これらのクライアントは、専用ラックに収納し、切換装置を使用し、CRTとキーボードを共用することで、省スペース化を図っている。

表 2. サーボとクライアントの種別

分類	種別	本体ハードウェア	付属ハードウェア	主機能
サーバ	コミュニケーションサーバ DBサーバ OAサーバ 高速検索サーバ	FT//ex FT//ex FT//ex HDM		クライアント管理 DB管理 統計用DB管理 高速データ検索
オペレーション コンソール	左クライアント 中央クライアント 右クライアント ペン入力クライアント	XEN-LSII XEN-PC XEN-PC AMITY	タッチパネル、ハンドセット 電話機能ボード タッチパネル タッチパネル ナビゲーションシステム 画像処理ボード	電話操作、通話録音 情報登録 詳細情報表示 地図、イメージ 文字、メモ入力
マルチメディア 対応クライアント	大画面編集クライアント 地図盤情報クライアント FAXサーバ 音声再生クライアント ポケットベル呼出しクライアント 帳票作成クライアント	XEN-LSII XEN-PC apricot NOTE NS XEN-PC XEN-PC XEN-PC	マルチCRT表示ボード FAXカード 電話機能ボード 電話機能ボード	プロジェクト表示編集 地図盤情報送信 FAX送信 通話再生 ポケットベル呼出し 印刷データ作成、統計処理
制御・監視 クライアント	動静表クライアント 動静監視クライアント 動静自動受信クライアント 業務代行クライアント 運転監視クライアント 機械監視クライアント ファイル転送クライアント DB監視クライアント 電話制御クライアント 遠隔監視受信クライアント 遠隔監視登録クライアント	XEN-PC XEN-PC XEN-PC XEN-PC XEN-PC XEN-PC XEN-PC XEN-PC XEN-PC XEN-PC XEN-PC	電話機能ボード	保守員動静装置接続 保守員動静監視 保守員動静電話入力 業務代行制御 運転状況監視 遠隔監視受信状態監視 ファイル転送 マスタメンテナンス、バックアップ 電話制御 遠隔監視受信 受信データDB登録

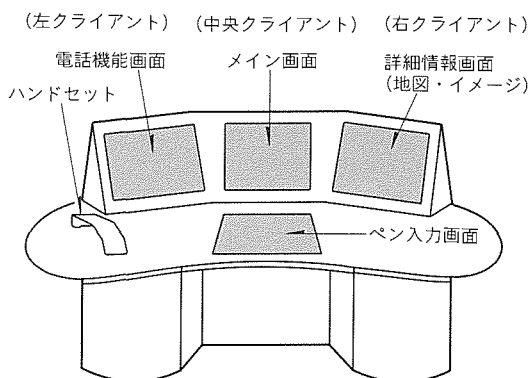


図 3. オペレーションコンソールの外観

4. システムの機能と実現方式

システム機能を表 3 に示す。

代表的な機能と実現方式について詳述する。

4.1 オペレーションコンソール

迅速に顧客対応を行うために、電話操作、情報入力、表示と機能別に、クライアントを分けている (図 3)。

中央クライアントでは、DBエンジンにより、顧客の建物番号や電話番号をキーとして、サーバ上の顧客情報の検索・登録機能を実現している。また、建物名称や住所をキーとするあいまい (曖昧) 検索に対しては、高速検索サーバ上の顧客情報を参照することで、大量データ検索の高速化を実現し

た。

さらに、故障発生時の故障内容を関連部門に通知する処理は、中央クライアントからネットワーク OS (Operating System) の API (Application Program Interface) 機能を使用して帳票作成クライアントに対して処理要求をかけ、故障内容を編集後、FAXサーバシステム機能を使用してイメージデータとして相手先に FAX 送信している。これらは、中央クライアントからの操作によって連動して動く仕組みとなっている (図 4)。

図 3 の右クライアントは、詳細情報表示用で、ビルの位置を確認できるナビゲーション地図表示、スキャナで読み込んだイメージ情報表示、過去の作業履歴などの表示を行う。

(1) 電話

電話 (一般の電話、及びエレベータかご内のインタホン) が着信すると、電話交換機と接続されている電話制御クライアントから情報を受け取り、画面に着信の表示を行う (図 5)。操作者は、画面をタッチすることにより、着信の応答を返し、ハンドセット (受話器) で通話をする。

発信操作は、電話機と同じく、画面で電話番号をタッチして発信する。また、サーバに登録されている電話帳情報を表示させ、電話帳から相手を選択し、発信することもできる。

通話内容は、自動的に電話機能ボードからディスクに記録された後、サーバに登録される。このとき、オペレーションコンソール番号、日付・時刻、中央のクライアントで登録し

表3. システムの機能

業務区分	ロケーション	システム区分	システム機能
顧客オンコール系	情報センター	オンコール 電話・ファクシミリ ペン入力 故障情報管理	顧客特定, 不明ビル管理, 故障発生登録 電話操作, 電話制御, 音声遠隔地再生, ポケットベル呼出し, ファクシミリ送信 ペン入力画面, 通信, メモ帳, ハードコピー 故障報告書登録
設備情報 ・状態監視系		機械受信 遠隔保守	データ受信, 機械受信運用管理, 作業管理 遠隔点検, 遠隔故障対応, 遠隔仕様変更
帳票出力系		報告書管理 統計管理	定期出力, 非定期出力, 台帳出力, 遠隔クライアント対応 統計DB作成・管理, 電話使用実績管理
運転管理系		業務代行 マスタ管理 運用管理 縮退運転 ラッシュ運転	業務代行制御, 運転モード選択, FOAS/CSIIインタフェース, オペレーションコンソールメッセージ表示 定期マスタメンテナンス, 臨時マスタメンテナンス, HDMマスタメンテナンス, 経歴メンテナンス システムデータバックアップ, DB管理, 無人情報センター監視, 回線長時間接続監視 オンコール, 出勤状況管理 オンコール, 出勤状況管理
その他の表示系		大画面 ナビゲーション イメージ	運転状況表示, 地震災害状況表示, 台風災害表示 ナビゲーション表示 イメージ表示, イメージ登録
保守員動静 ・出勤管理系		出勤管理 動静表	出勤状況管理, ビル情報表示, 保守員呼出し状況 動静確認, 動静表データ要求, 動静監視, 動静表通信, 自動受信, 休日出勤表示
	サービス拠点	動静表 遠隔クライアント	休日就業届け 局転送切替え, メニュー管理, 故障報告書入力, 専用情報入力, 情報出力, 帳票出力

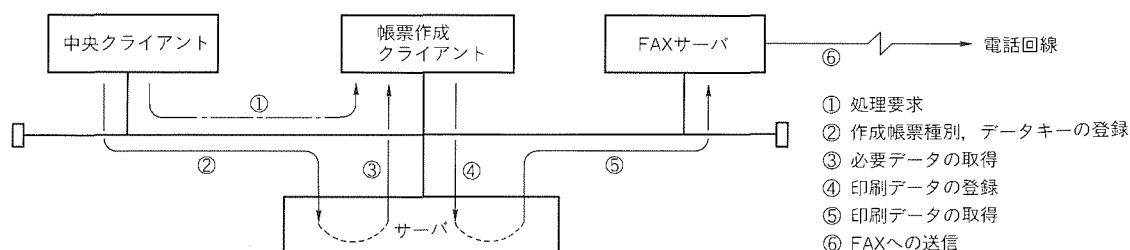


図4. クライアント間の連動

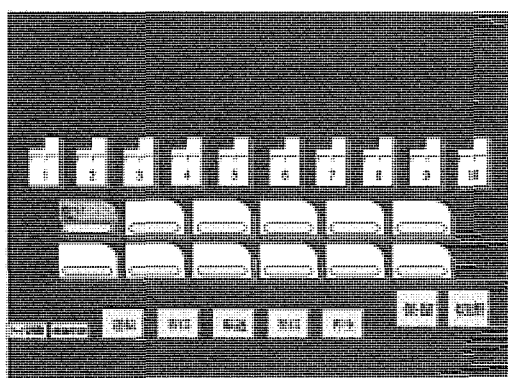


図5. オペレーションコンソール左クライアントの画面

た故障情報の顧客名が同時に登録される。これにより、通話の内容を再確認する場合の再生操作の検索が容易となっている。

(2) ペン入力

キーボードを使用せずに文字入力ができるペン入力機能は、

中央クライアント本体とパソコンコンピュータを接続し、相互に通信することによって実現している。

中央の画面の切替えに連動して、パソコンコンピュータの表示も切り換わる。操作者は、パソコンコンピュータの入力フィールドにペンで文字を書くことにより、パソコンコンピュータが文字認識を行い、中央の画面に表示することができる(図6, 図7)。

パソコンコンピュータの画面にはフリーハンドで書ける領域があり、DB化されていない情報をメモ書きし、イメージ情報としてサーバに登録できる。このイメージ情報は、中央クライアントで登録した故障情報と関連付けて取り出せる。

(3) 地図表示

保守員に対して顧客ビルの位置を連絡するための地図表示機能は、右クライアント本体とナビゲーションシステムを接続して実現している(図8)。

顧客が特定できると、DBから顧客ビルの位置情報(緯度, 経度)をナビゲーションシステムへ伝え、顧客ビルを中心と

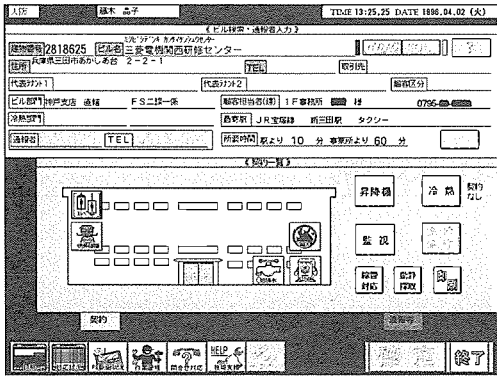


図 6. オペレーションコンソール中央クライアントの画面

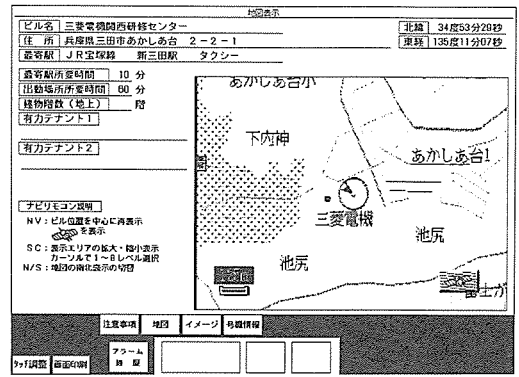


図 9. オペレーションコンソール右クライアントの画面

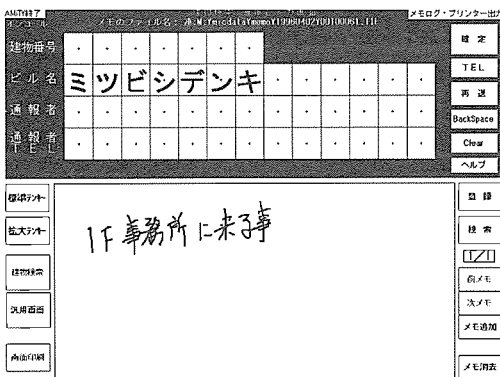


図 7. ペン入力クライアントの画面

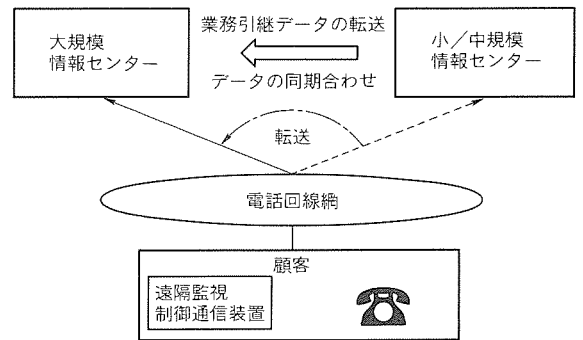


図10. 業務代行処理の概要

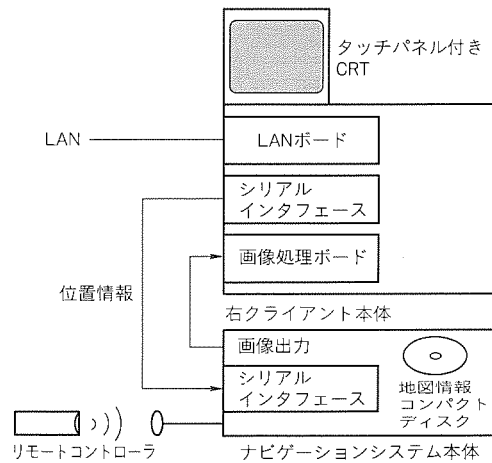


図 8. 地図表示機能の構成

した周辺の地図映像を映像処理ボードで受け取り、画面に表示する(図9)。

ナビゲーションシステムは市販品であり、地図情報の入ったコンパクトディスクも別売りされている。したがって、地図の改版時にも柔軟に対応することができる。

4.2 業務代行処理

小/中規模情報センターは、夜間・休日の業務を大規模情報センターへ委託する。業務引継ぎ時、小/中規模情報センターのオペレーションコンソールの左クライアントで業務代行開始を操作すると、業務代行クライアントに対して処理要

求がかかり、サーバ上にある業務引継用データを抽出する。抽出したデータは、クライアント/サーバFTP (File Transfer Protocol) 自動管理システムによって大規模情報センターにファイル転送される。

大規模情報センターでは、転送終了後の処理プログラム起動によってファイル転送クライアントから業務代行クライアントに対して処理要求がかかり、サーバ上に業務引継用データを反映する。最後に業務代行クライアントからオペレーションコンソールの右クライアントに対して処理要求をかけ、終了メッセージを表示して一連の処理を完了する(図10)。

つまり、小/中規模情報センターでの1回の操作で大規模情報センターへの業務引継処理、及び結果確認のとれる仕組みを実現している。

5. むすび

以上、情報センターの業務を支援するシステムの概要を紹介した。今回の新システム導入により、各種のハードウェアとソフトウェアを組み合わせたマルチメディアを採用し、大幅にマンマシンインタフェースを改善した。また、制御・監視機能を充実してシステム運用の自動化を推進した。これらの開発を通して、クライアント/サーバシステムにおける24時間連続運転を実現した。

今後は、最新技術動向を踏まえ、ユーザのニーズに柔軟に対応できるシステムプラットフォームの拡充を図る所存である。

石油ガス化ファンヒータの臭気低減

佐藤 稔* 梶本照男* 田村真史** 黒田太郎** 丹沢 聡**

1. ま え が き

昭和53年に当社が業界に先駆けて発売した石油ガス化ファンヒータは、今年年間約400万台の市場規模に成長し、家庭用暖房機の主流の座を占めるようになった。石油ガス化ファンヒータは燃焼を利用した暖房機であるため、安全性・信頼性・低公害性に対する要求はもとより、最近ではより一層の快適性が求められている。居住空間を快適に保つには、暖房負荷に応じて室温を一定にするための広い燃焼量可変幅、静音のための低騒音化などが必要であり、さらに開放型の暖房機という面から、室内空気を汚さないクリーン燃焼、低NO_x化や低臭気化などへの要求も一段と強くなっている。

当社はこれらの要求にこたえるため、“基本性能の向上”をテーマに燃焼器の研究開発を進め、これまでに燃焼量可変幅の拡大、低NO_x化⁽¹⁾、低騒音化⁽²⁾の技術を開発し、順次製品に搭載してきた。

本稿では、残された基本性能であり使用者からの改善要望の強い低臭気化、中でも消火時に発生する不快感の強い臭気の高減技術について述べる。

2. 製品の構造と臭気の発生機構

2.1 石油ガス化ファンヒータの構造

当社製品の構造を図1に示す。石油ガス化ファンヒータは、

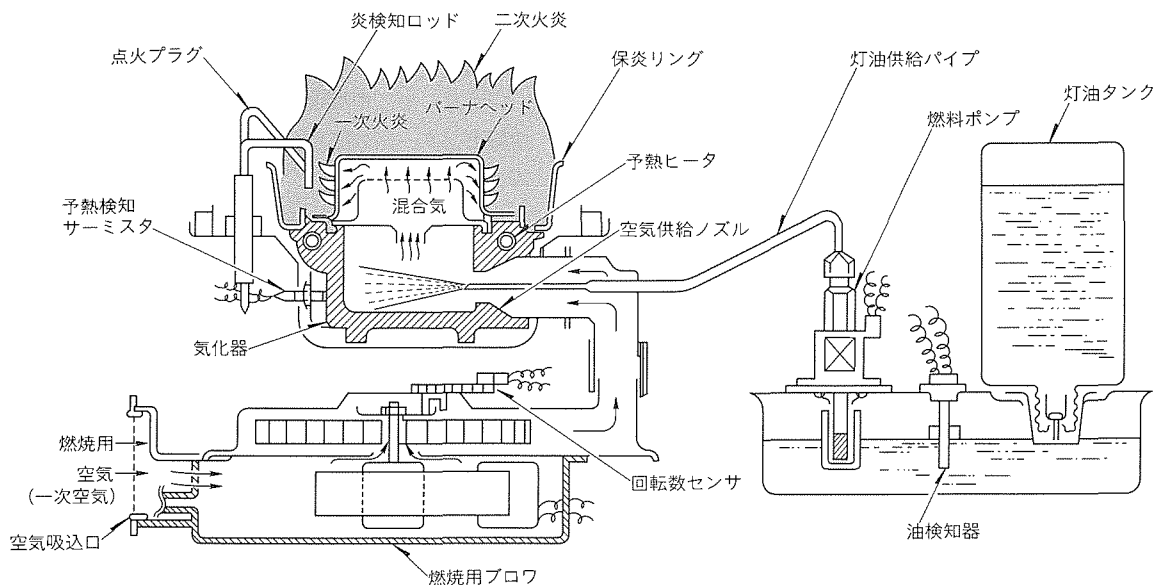


図1. 石油ガス化ファンヒータの構造

室内の空気を取り入れて燃焼させた高温の燃焼ガスを対流用送風ファンで多量の室内空気と混合し、適度な温風温度にして吹き出し、室内を暖房するものである。主な構成要素は、バーナ、燃焼室、燃焼用ブロウ、燃料ポンプ、対流用送風ファン、灯油タンク、そして制御用の電子回路(マイコン)などである。

このうちのバーナについては、平成6年度の一部機種に導入したARC (Air Ratio Control) バーナを、平成7年度からは当社製品の全機種に搭載している。図2がARCバー

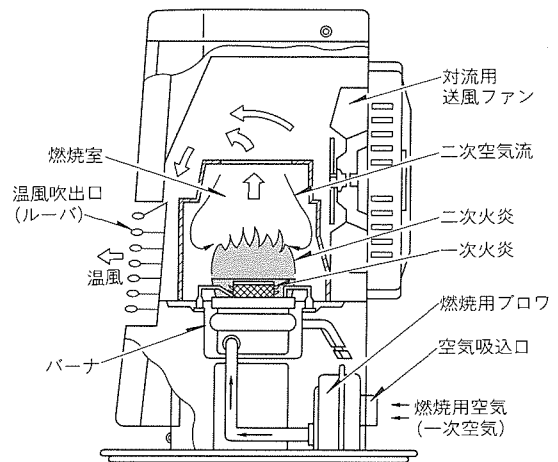


図2. ARCバーナの構造

ナの構造である。

このバーナは燃焼に必要な空気の一部（一次空気）を気化させた灯油と混合して燃やす気化予混合燃焼方式である。燃料である灯油は、燃料ポンプで気化器内へ供給され、高温（約270℃）の気化面で気化される。一方、一次空気は燃焼用ブロワから気化器へ供給され、気化器内で灯油蒸気と混合される。燃焼用空気の流量は一次空気比（＝一次空気量／理論空気量）で約0.8に設定しており、気化灯油と燃焼用空気との混合気に点火器（点火プラグ）で着火すると、バーナヘッド部の数十個の炎孔に青炎の一次火炎が形成される。燃焼に必要な残りの空気は燃焼室後方に設置した対流用送風ファンから供給し、二次火炎を形成させてすす（煤）や一酸化炭素（CO）の排出のない完全燃焼を実現している。

2.2 臭気の種類と発生機構

石油ガス化ファンヒータの臭気は、完全燃焼が達成されている定常燃焼中にはほとんど発生せず、着火及び消火時のみ短時間発生する。このうち、着火時の臭気は着火遅れに起因し、最初に点火プラグ付近で着火された火炎がバーナヘッド全周の炎孔に火移りするまでの時間に排出される未燃灯油蒸気による。着火時の臭気の場合、その量は比較的少なく、ルーバから吹き出されるまでの燃焼ガスの排出流路が低温であるため灯油蒸気は変質せず、使用者が感じる不快感は小さい。

一方、消火時の臭気は、燃え残った未燃灯油蒸気に起因する。従来の石油ガス化ファンヒータの消火方法は、電源スイッチを切った時点で燃料ポンプと燃焼用ブロワへの電流を同時にオフしていた。この場合、燃料ポンプはほぼ瞬時に停止するのに対して、燃焼用ブロワは送風羽根の慣性力のために回転が自然停止するまで数十秒を要していた。また、燃焼中に高温となっているバーナ部品の冷却を目的として、燃焼用ブロワを数分間回転させた後に停止させる場合もあった。このどちらのブロワ停止方法においても、燃焼用空気の減少速度は気化灯油のそれに比較して非常に遅い。図3はこのような灯油と燃焼用空気の減少を模式的に示したものである。灯油と燃焼用空気の比率（一次空気比）は、燃焼中には一定に保

たれるのに対して、消火時は灯油が減少して急激に燃料希薄になり、可燃範囲外になった時点で火炎が吹き飛んで消炎（Blow Off）する。この場合、図の斜線部に相当するかなりの量の灯油が、未燃のまま消火直後に排出される。この燃え残り灯油蒸気は、燃焼中に温度が上昇したバーナ部に触れて部分酸化され、一部アルデヒドなどに変化する。このため、消火時の臭気は刺激臭となって不快感が強く、この臭気に対する使用者の改善要望は非常に強いものがある。

3. 燃え残り灯油(未燃分)の低減

臭気の原因となる未燃分量を極力少なくするために、当社独自の消火シーケンスを考案した。消火時の未燃分は灯油と燃焼用空気との減少速度の違いが原因で生じるため、両者の減少速度を同じにすることが効果的である。ここでは、燃焼用ブロワをコントロールして急速に停止させ、燃焼用空気の減少を速くした。図4に示すように燃焼用空気と燃料の減少速度をほぼ等しくすると、一次空気比が一定のままで流量を減少させることができる。

この場合には、火炎は吹き飛ばず、燃焼を継続したまま小さくなり、バーナヘッド表面に張られている金属メッシュに接近する。金属メッシュには灯油混合気の消炎距離以下の開口部のものを採用しているため、極めて小さな燃焼量になった時点で、火炎の熱や活性基（Radical）が奪われて燃焼反応が維持できなくなり消炎する。この場合の未燃分量は図の斜線部に相当し、従来の消火方法に比べて少なくなる。さらに、消炎後すぐに燃焼用空気流量がゼロになるため、わずかながら残った未燃分を機外に押し出すこともなく、バーナ内に閉じ込めることができる。

この消火シーケンスでは、燃焼用空気を減少させるタイミングが重要となる。このタイミングの違いによる未燃分量の変化を図5に示す。空気減少のタイミングが遅れると、灯油が減少しているにもかかわらず燃焼用空気量は対応して減少しないので、従来の消火方法と同じく未燃分量は増加する。さらに、この未燃分は燃焼用空気によって押し出されるため、消火直後にバーナ外部に排出される。逆に、空気減少よりも

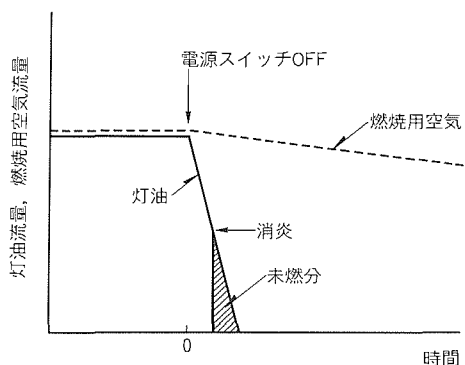


図3. 従来製品での灯油と燃焼用空気の減少

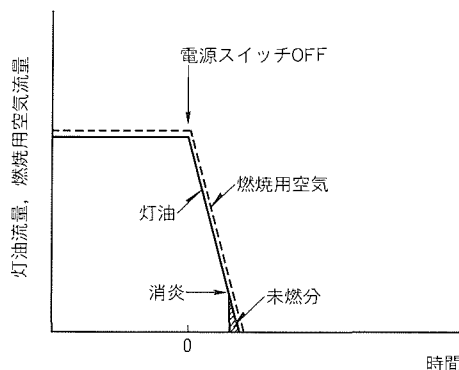


図4. 考案シーケンスでの灯油と燃焼用空気の減少

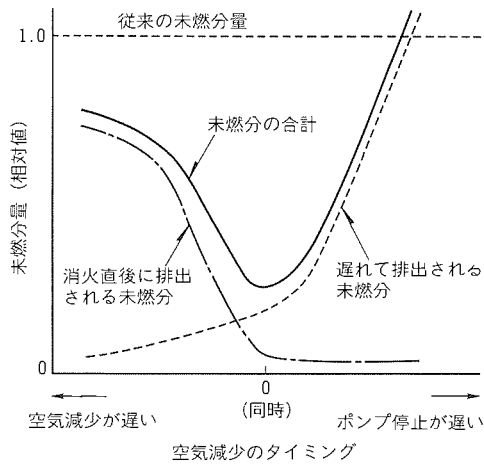


図5. 未燃分量に与える空気減少タイミングの影響

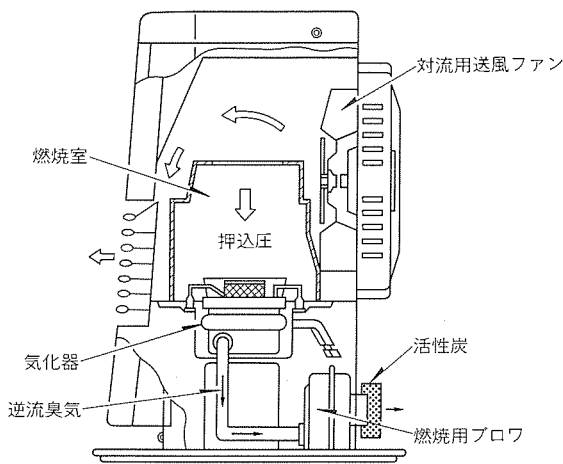


図6. 消炎後のガスの流れ

燃料ポンプの停止を遅らせると、燃焼用空気量が減少した後も灯油が供給されるため、やはり未燃分は増加する。この場合は、燃焼用空気が流れていないため未燃分は消火直後には排出されないものの、その量は多く、遅れてバーナ外部へ拡散するようになる。

上述したように、燃焼用ブロワをコントロールして急速に停止させ、さらに、燃焼用空気を減少させるタイミングを最適化することで、未燃分を減少させることができた。

4. 残留した未燃分の処理

臭気の原因となる未燃分量は、上述した最適消火シーケンスで減少する。しかしながら、消炎後もバーナ内部にはわずかに未燃分が残留したままである。これを放置すると、臭気が徐々に室内へ拡散するようになる。この対策として、未燃分を活性炭で吸着処理する方法を確立した。

4.1 対流用送風ファンを利用した未燃分の逆流

燃焼用ブロワを停止させた以降も対流用送風ファンを回転させたままにすると、図6に示すように、燃焼室側に送風圧(押込圧)がかかり気化器内の圧力より高くなる。その結果、

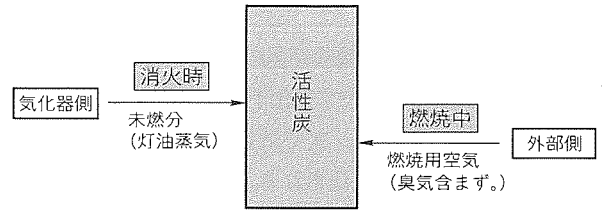


図7. 活性炭中のガスの流れ

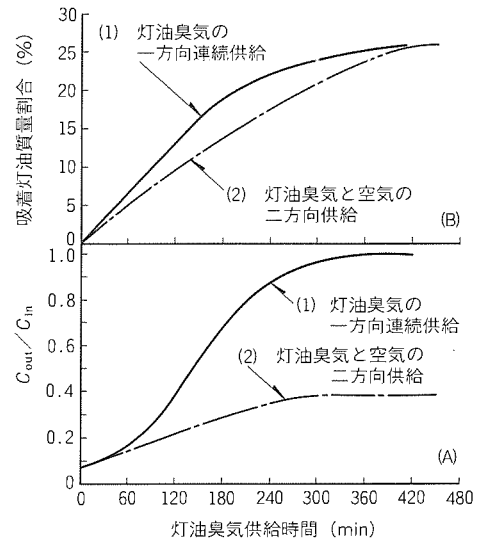


図8. 灯油混合気の吸着特性

バーナ内の未燃分は、一次空気の流路を通して燃焼用ブロワの方へ逆流する。

4.2 活性炭による逆流未燃分の処理

今回は、逆流した未燃分を処理するために、吸着剤として活性炭を採用した。吸着剤としては活性炭のほかにシリカゲルやゼオライトなどもあるが、活性炭は非極性物質を選択的に吸着する傾向が強いため⁽³⁾、空気中の水蒸気(極性物質)などの吸着によって性能が劣化することなく、灯油の成分である炭化水素化合物に対して高い吸着特性を示すと考えられる。さらに、比較的低価格であるとともに取扱いが容易である。

4.2.1 活性炭の設置位置と使用モード

活性炭は逆流臭気の排出箇所である燃焼用空気の吸込口に設置した(図6)。この位置では、燃焼中と消火時とで双方向の流れが生じる。消火時に未燃分が逆流して活性炭層へ流入する場合は、気化器側からファンヒータ外部へガスが流れる。これに対して定常燃焼中は、臭気を含まない室内空気が一次空気として外部側から流れ込む。このように、活性炭は図7に示す双方向の流れの使用モードとなる。

4.2.2 未燃分の吸着性能

活性炭充填(填)カラム、エアポンプ、タイマなどからなる簡易モデル実験装置を用いた灯油蒸気の吸着性能の試験結果を図8に示す。(A)は活性炭出口側の灯油濃度 C_{out} を入

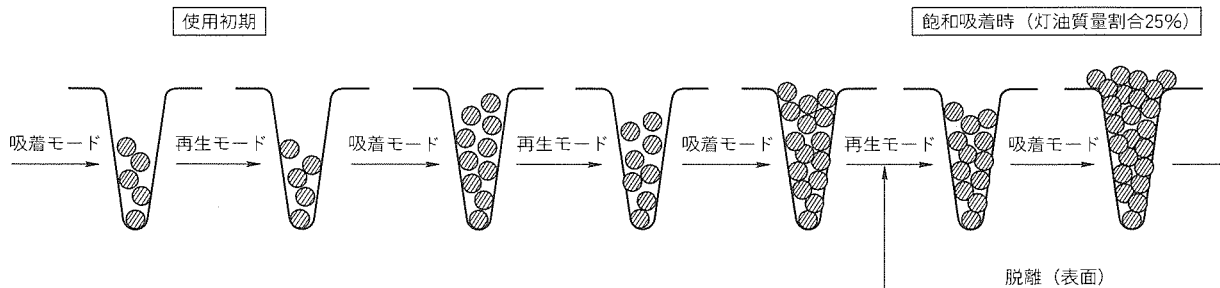


図9. 活性炭の再生メカニズム

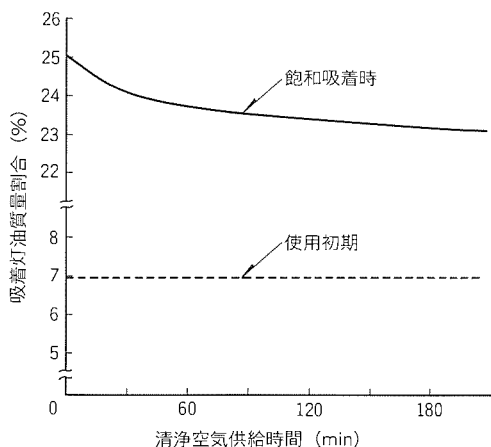


図10. 清浄空気による脱離結果

口側濃度 C_{in} に対する比で示し、また、(B)は吸着した灯油の質量を初期活性炭質量に対する比で示してある。

まず、灯油蒸気の流れの方向を変えずに活性炭へ連続的に供給した場合(1)は、(A)の実線のように処理効率が徐々に低下し、活性炭の出口側へ灯油成分が出てきてブレイクスルーに達する。最終的な灯油の吸着量(飽和吸着量)は、(B)のように25%程度である。そして、今回の臭気低減におけるモード、すなわち空気の供給を追加した場合(2)の結果が図の一点鎖線である。空気の効果によって(1)の連続供給に比べて活性炭出口側の灯油濃度が小さく、質的な飽和吸着量が25%に達した時点でも60~70%の臭気処理効率が残っている。

空気の供給を追加した場合には、活性炭の吸着性能が長時間持続する。これは、空気による活性炭の再生が行われるためと考えられる。吸着-脱離サイクルによる活性炭の再生は自動車部品の活性炭キャニスタでも行われており、そこでは活性炭の細孔径を調整して細孔内部の吸着成分を脱離させている⁽⁴⁾。これに対して、今回の活性炭の再生メカニズムは図9の模式図のように推定される。活性炭の使用初期には細孔の内部に灯油が吸着し、この吸着灯油は空気を供給しても脱離しない。実際に、灯油の脱離量を測定した結果が図10であり、使用初期の活性炭に空気を供給しても灯油は脱離しない。これに対して、吸着量が増加して飽和に近づいた活性

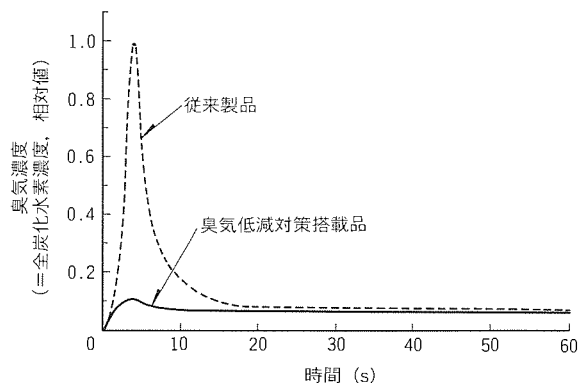


図11. 消化時の臭気排出特性

炭では、吸着した灯油の一部が空気によって脱離するようになる。空気の供給で脱離するのは、表面近傍に吸着した灯油であると考えられる。このように、燃焼中の清浄空気による再生効果を利用することにより、未燃分吸着用の活性炭の長寿命化を図ることができた。

5. 臭気低減対策の製品への搭載

5.1 臭気低減効果

従来製品及び臭気低減対策搭載品の消火臭気の排出特性を図11に示す。臭気の評価尺度としては、燃焼器からの臭気濃度とよい相関がある⁽⁵⁾とされている全炭化水素濃度(メタン濃度換算値)を用いた。従来製品では、消火する際の未燃分がすべて室内へ運ばれるため、高濃度の臭気が消火直後の数秒間排出される。一方、臭気低減対策搭載品は、燃焼用ブロワをコントロールして未燃分を少なくするとともに気化器内に残留させるため、消火直後の臭気が極めて少ない。さらに、残留した未燃分を対流用送風ファンの送風圧で逆流させて活性炭で吸着処理するため、排出される臭気濃度は低レベルを維持できる。この両方の手段により、その効果は炭化水素濃度換算で従来の約1/10まで低減しており、ほとんど臭気を感じないレベルを実現できた。

5.2 臭気中のアルデヒド濃度

臭気低減対策搭載品において、未燃分が活性炭へ流れる流路は比較的低温であるため、灯油が部分酸化されて刺激臭になることはない。刺激臭の原因と考えられるアルデヒド(ホ

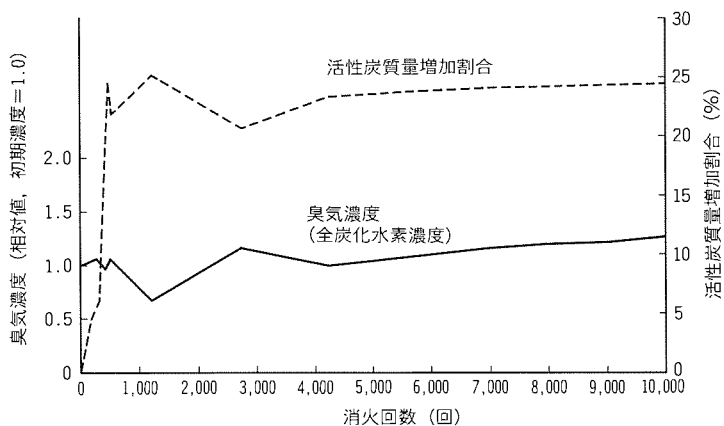


図12. 臭気と活性炭質量の経時変化



図13. 平成7年度石油ガス化ファンヒータ (KD-D250)

ルムアルデヒド+アセトアルデヒド)を実際に測定した結果、アルデヒドへの変換割合は従来製品の1/60程度と非常に小さいことが分かった。

さらに、このアルデヒドは活性炭で約8割が吸着されるため、ファンヒータ外部へ流出する量は従来の1/300程度である。

5.3 臭気処理効率の経時変化

臭気低減対策を搭載したファンヒータを用いて運転と停止を繰り返した結果を図12に示す。温風吹出口から排出される臭気濃度(全炭化水素濃度)と、活性炭の質量増加とを測定した結果である。測定値に多少の変動はあるものの、消火回数に伴い活性炭の質量は増加し、500~600回程度で飽和吸着量25%に達する。しかしながら、排出される臭気濃度は初期段階から若干増加する程度であり、4.2.2項で説明したように、依然として活性炭の臭気吸着効果が残っていることが分かる。この特性は、石油ガス化ファンヒータの平均的消火回数と考えられる10,000回以上まで継続する。したがって、実際の製品使用では非常に長期間にわたって吸着効果が持続でき、活性炭の取換えは不要である。

5.4 平成7年度石油ガス化ファンヒータ

平成7年度の石油ガス化ファンヒータの主要機種に上述した臭気低減技術が搭載され、業界トップレベルの低臭気ファンヒータとなった。この低臭気対策の製品搭載は、活性炭の装着とマイコンプログラムの変更のみであり、わずかなコストで低臭気化が実現できた。

図13に平成7年度の石油ガス化ファンヒータ(KD-D250)の外観を示す。この製品は、低臭気対策以外にもARCバーナの特長を生かした燃焼量可変幅の拡大、燃焼用プロワ

の低騒音化、優れた室温調節機能など、一層機能が充実した製品である。

6. む す び

当社石油ガス化ファンヒータの消火臭気について研究開発を進め、当社独自の消火シーケンスの考案によって消火時の燃え残り灯油を極力少なくすると同時に、活性炭で臭気を吸着処理する方法を確立し、平成7年度の石油ガス化ファンヒータに搭載することができた。

今後は、安全性・信頼性の向上はもちろんのこと、低公害性を実現するための低NO_x化や一層の低騒音化など、“基本性能”の更なる向上を進めていく所存である。

参 考 文 献

- (1) 梶本照男, 小関秀規, 佐藤 稔, 矢嶋大三, 小木曾明男: 家庭用燃焼器の低NO_x化, 三菱電機技報, 65, No.11, 1149~1153 (1991)
- (2) 梶本照男, 佐藤 稔, 中島伸治, 村上洋二, 田村真史: 家庭用燃焼器の燃焼騒音低減, 三菱電機技報, 67, No.2, 219~222 (1993)
- (3) 北川睦夫, 柳井 弘, 国部 進, 江口良友: 活性炭工業-効果的な応用と経済性の研究, 重化学工業通信社 (1974)
- (4) 田中栄治: 自動車における活性炭の利用, 日本吸着学会シンポジウム1993, 34~35 (1993)
- (5) 小峯裕己, 吉沢 晋: 家庭用燃焼器具からの排ガスによる近隣汚染に関する実験的研究, 昭和58年度日本建築学会関東支部研究報告集, 37~40 (1983)



特許と新案 * * *

三菱電機は全ての特許及び新案を有償開放しております

有償開放についてのお問合せは
三菱電機株式会社 特許センター
Tel(03)3218-2174

カラー受像管 (特許 第1489305号, 特公昭63-37933号)

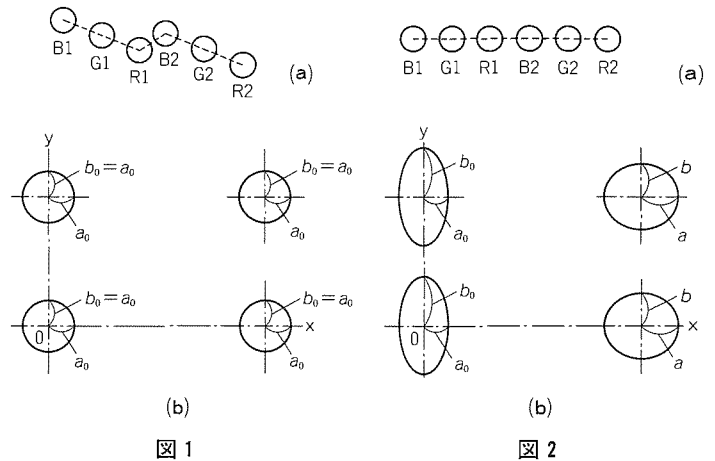
発明者 中村浩二

この発明はディスプレイ用受像管 (CRT) で多く使用されている、蛍光スクリーンがドット状で、電子銃がインライン配列の組合せのシステムにおける、色純度裕度を向上させたCRTに関するものである。

ディスプレイモニタへのドットインラインシステムの導入は、コスト低減とコンバージェンスの品位の安定に多大な寄与をするが、色純度裕度が著しく劣る欠点がある。この欠点を図1で説明すると、(a)は並列の二つのシャドウマスク孔を通った3本の電子ビーム R, G, Bのトリオが作る網点パターンの一部を示している。(b)は、シャドウマスクの孔配列の設計を模式的に表したもので、第一象限でのフラットマスクのパターンの仕様を示している。各周辺部でのx/y方向の基本寸法はいずれも a_0 で等方的であった。この従来のビームパターンの問題点は、隣り合った孔を通して作るビームトリオが段違いになり、しかも隣の孔によるビーム (R1, B2) が近接しているため、対角コーナ部ではスペースファクタが著しく悪く、色純度裕度確保のため極端に暗い設計となり、実用に供しないCRTとなっていた。

この発明は、図2に示すように、シャドウマスクの孔配列を工夫し、この問題を解決した。(a)は最終的に得られたコーナ部でのビームトリオ、(b)が孔配列の状態を示している。その構成は、 $a > a_0$, $b_0 > a_0$, $b_0 > b$ である。

この発明によれば、シャドウマスクの孔配列の工夫により、蛍光スクリーン全面にわたるスペースファクタの改良を行い、色純度を確保しつつ、輝度向上を図ることができた。



物品の製造システム及び物品の製造方法 (特許 第1997308号, 特公平6-16475号)

発明者 小谷教彦

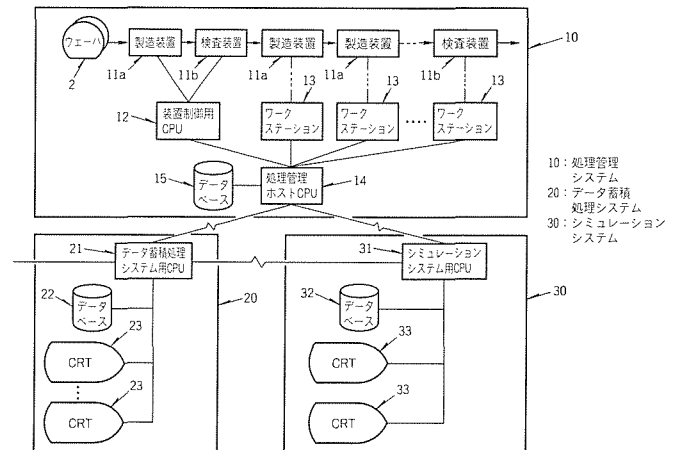
この発明は、半導体の製造ラインのシステム化に関するものである。

従来の製造方法は、製造装置の処理がばらつき、予定どおりの処理がウェーハになされなかった場合、そのウェーハ上に作られる半導体チップの性能が低下してしまっても、半導体チップがプロセスを終了してテストされるまで、性能低下を知ることができない問題点があった。

この発明は、この欠点を改善するためになされたもので、図の実施例について説明する。処理管理システム(10)において、各前工程の製造装置(11a)での処理条件、及び検出装置(11b)によって検出されたその処理結果をデータベース(15)に蓄積し、データ蓄積処理システム(20)では、上記蓄積されたデータのうち所要のもの及び外部からのテスト結果データを受け、これらを解析、処理、蓄積し、さらにシミュレーションシステム(30)では、上記システム(10)での処理条件及びシステム(20)での処理データによって次工程以降の半導体チップの最適な処理条件を算出し、この処理条件でもって半導

体チップの処理を行うようにしたので、前工程での製造ばらつきによる性能低下を後工程で回復することができる。

以上のように、この発明によれば、前工程での製造条件のばらつきをオンラインで検知し、次工程以降で修正できるので、高品質の物品を歩留り良く安定に製造できる。





特許と新案

三菱電機は全ての特許及び新案を有償開放しております

有償開放についてのお問合せは
三菱電機株式会社 特許センター
Tel(03)3218-2174

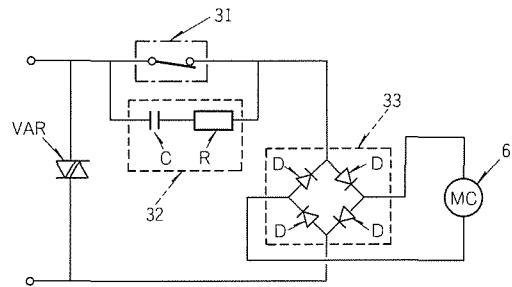
電磁接触器 (特許 第1751690号, 特公平4-27653号)

この発明は、電動機などの電路を開閉制御する電磁接触器に関するものである。

従来の電磁接触器は、固定接点と可動接触の開閉操作を行う操作コイルを備え、操作コイルに交流駆動電圧を印加するものであるため、その交番磁束による鉄心の振動があり、この振動を防止するためにくま取りコイルを装着し、交番磁束による脈動吸引力を平滑させている。しかし、くま取りコイルの効力にも限界があり、例えば固定鉄心と可動鉄心との接触面にさび(錆)が生じた場合には、平滑効果が小さくなり、鉄心の振動が生じて外部に騒音を発する欠点があり、また、騒音を防止するため、定期的に鉄心の錆を取ったり、防音カバー等を取り付けることは取扱作業、又は組立作業が複雑になるなどの問題点があった。

この発明は、上記のような欠点を除去するためになされたもので、図に示すように 固定接点と可動接触の開閉操作を

発明者 佐古祐嗣, 大塚重治, 田沢宏明, 西迫静隆
行う操作コイル(6)の駆動電圧を直流にする整流回路(33)を設けるとともに、固定鉄心が可動鉄心を吸引後は操作コイル(6)の引加電圧を抑制し、さらにこれらの制御部品バリスタVAR, 切換スイッチ(31), 電圧降下回路(32), 整流回路(33)を単一のプリント基板に搭載し、モールド注型材によって一体構造とすることにより、無騒音でしかも取扱作業性・組立作業性の良い電磁接触器を提供するものである。



三菱電機技報編集委員

委員長 黒田紀典
委員 永田讓蔵 下村寛士
永田裕之 河内浩明
上杉豪 内藤明彦
磯田悟 山本延夫
畑谷正雄 才田敏和
園田克己 鳥取浩
幹事 小林保雄
6月号特集担当 上窪康博

三菱電機技報70巻6号

(無断転載を禁ず)

1996年6月22日 印刷

1996年6月25日 発行

編集兼発行人 小林保雄
印刷所 千葉県市川市塩浜三丁目12番地 (〒272-01)
菱電印刷株式会社
発行所 東京都港区新橋六丁目4番地9号
北海ビル新橋 (〒105)
三菱電機エンジニアリング株式会社内
「三菱電機技報社」Tel. (03) 3437局2692
発売元 東京都千代田区神田錦町三丁目1番地 (〒101)
株式会社 オーム社
Tel. (03) 3233局0641(代), 振替口座東京6-20018
定価 1部721円(本体700円) 送料別

スポットライト エレベーター専用エアコン

近年、エレベーターユーザの関心は、速度・乗り心地・安全性といった基本的品質だけではなく、エレベーターに乗ったときの快適性にまで広がってきています。その中で、エレベーターかご室内の空気調和も重要視される傾向にあります。しかし、エレベーターかご室へのエアコンの設置は従来からも行われてきましたが、家庭、店舗等で使用される一般のルームエアコンを適用していたため、エレベーターにとって必ずしも最適なシステムではありませんでした。

そこで、三菱電機では、エレベーターだけでなく建築設備まで含めた最適空調システムとして、乗用エレベーター、展望用エレベーターに搭載できるエレベーター専用エアコン(冷房専用)を製品化しました。

特長

(1) ドレン処理のための付帯工事不要

冷却器と凝縮器を一つのユニットに納め、凝縮器の凝縮熱を利用してドレンをエレベーター昇降路内へ蒸散処理させます。そのため、エアコン本体から発生するドレン処理のための建築側の排水設備やエレベーターへのドレン処理装置の設置が不要となりました。

(2) 広い運転温度範囲

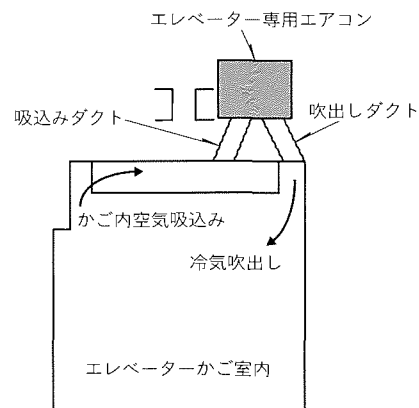
展望用エレベーターにおいて、昇降路内は高温となります。こうした厳しい環境においても十分な冷房能力を発揮できるように一般のルームエアコンに比べ、運転温度範囲を広く設定しています。

(3) 最適風量

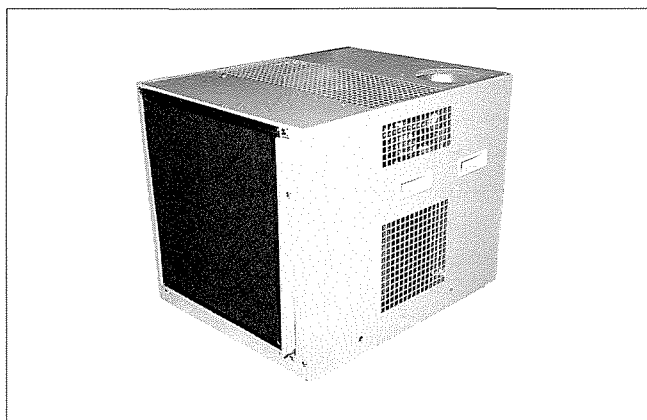
エレベーター専用エアコンでは、シロッコファンと専用の吸音ダクトを採用したことにより、冷気の吐出圧を向上させ、冷房効率をアップさせています。そのため、一般のルームエアコンを実装していたときに比べ、風量の最適化が図られ、乗客の快適性を向上させています。

仕様

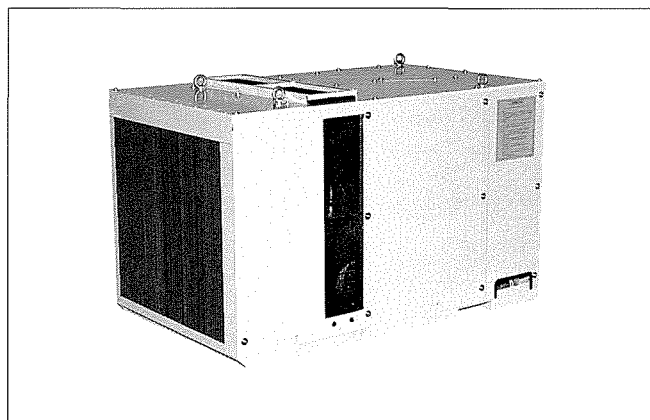
項目	小型機(MD-20S-EA)	大型機(MD-45S-EA)
空調方式	冷房専用	
製品構造	冷却器・凝縮器一体型	
電源	単相200V 50/60Hz	
冷房能力 kcal/h	2,000(50Hz時)	4,500(50Hz時)
かご内騒音 dB(A)	53以下	
外形寸法 mm	(H)450×(W)600×(D)450	(H)550×(W)900×(D)550
製品質量 kg	45.0	93.0
ドレン処理方式	エレベーター昇降路内へ蒸散	
設置場所	エレベーターかごの上(昇降路内)	
取付方法	グラスダクト使用	



設置状態



小型機



大型機

三菱モバイルコンピュータ

スポットライト

“AMITY SP”

市場ニーズ

パソコンには、“オフィスだけでなく外出先でもオフィスレベルの情報処理機能を装備したい。”“データベースへアクセスしたい。”“オフィスのパソコンと同様な環境・操作性を実現したい。”という市場ニーズがあります。これらの市場ニーズにこたえて、Windowsを搭載した、携帯性・操作性に優れたペン入力可能なモバイルコンピュータ“AMITY SP”を発売しました。

AMITY SPの特長

(1) 業界クラス最小のペン入力可能なWindows搭載のカラー表示のモバイルコンピュータ

- (a) A5ファイルサイズと超小型です。
(幅)214×(奥行き)169×(厚さ)28 (mm)
- (b) 質量は、わずか850gと非常に軽量です。
- (c) VGA対応の7.5インチDSTNカラー液晶により、見やすい画面を提供します。
- (d) 新開発のAMITYペンツール(プリインストール済み)により、ペン入力が容易です。

(2) ワイヤレスコミュニケーションを実現

- (a) デジタル携帯電話、電話回線を利用可能です。
 - PCカードタイプのFAXモデム(オプション)を使用すると、外出先からでも、インターネットへ接続し、WWW(World Wide Web)へのアクセス、パソコン通信やFAXの送受信が可能です。
 - 新開発のPENMAIL(プリインストール済み)と、cc:Mailモバイル、又はMicrosoft Mail Remote(別途購入)を使用すれば、外出先からメールの送受信が可能です。

(b) 標準装備の赤外線通信インタフェースにより、パソコンとのデータ送受信や、外出先で携帯型プリンタへの出力が可能です。

(3) オフィスでは、ドッキングステーション接続により、デスクトップWindowsクライアントに変身

ドッキングステーション(オプション)にあらかじめネットワーク用PCカードを装着し、キーボードやプリンタなどを接続しておけば、AMITY SPを装着するだけで携帯型パソコンから(オプション)へ簡単に早変わりし、データベースサーバ、ファイルサーバ、メールサーバにアクセスできます。

(4) 豊富なプリインストールソフトウェア

- インタネットWWWブラウザ
: WorldTALK,
Internet Explorer(Windows 95タイプ)
- パソコン通信ソフト
: NIFTY Manager(NIFTY),
GUIPPY(People)
- FAX通信ソフト
: 信乃助, WL,
Microsoft FAX(Windows 95タイプ)
- スケジュール管理ソフト
: Lotus ORGANIZER2.1J
- 路線検索ソフト: 乗換案内全国版
- 住所検索ソフト: Post Manager

(5) 業界最多のJIS第二水準の手書き認識文字 JIS第一水準に加え、JIS第二水準のうち使用頻度の多い人名漢字の728文字をサポートしています。

主要仕様

項目	型名	M3011-A117	M3011-B117	M3011-B217	M3011-B234	M3011-B234C
CPU		Intel DX2-50		Intel DX4-75		
メインメモリ		8Mバイト		16Mバイト		
補助記憶装置	HDD	170Mバイト		340Mバイト		
ディスプレイ	表示方式	透過型DSTNカラーLCD(VGA, 7.5インチ), 輝度切換え可能				
	解像度, 表示色	640×480ドット, 256色標準(最大65,536色)				
入力装置	タブレット・スタイラスペン	電磁授受方式(コードレス), スタイラスペンにはバッテリー不要。				
赤外線通信機能		赤外線通信ポート標準装備(IrDA 1.0)				
PCカードスロット		1スロット標準装備(JEIDA 4.2 PCMCIA 2.1準拠, TYPE II × 1)				
インタフェース		外部FDD: シリアル×1, 外部ディスプレイ×1, 外部キーボード×1, 拡張コネクタ×1				
電源	バッテリーの種類(個数)	リチウムイオンバッテリー(7.2V, 1,350mAh), 標準で1本内蔵, 交換可能				
	バッテリー駆動時間(GE)	1.2~3.5時間		0.9~3.0時間		
	ACアダプタ	AC100V±10%, 50/60Hz±1Hz				
エネルギー消費効率(省エネ法に基づく表記)		8W				
プリインストールソフトウェア	OS	MS-DOS 6.2.2 V, MS Windows V3.1, MS Windows for Pen Computing 1.1, PUMA TranXit 2.1		MS Windows 95, Pen Services for Windows 95 V2.0, PUMA TranXit 2.1		
	アプリケーション	Peopleエントリーネットワーク, Guippy, WorldTalk, Nifty-Serveインターネットブラウザ, Nifty Manager, Internet Explorer(Windows 95用), Lotus Organizer R2.1J, AMITYペンツール(AMITYメニュー, 手書きメモ, 手書き文字入力, 簡易スクリーンキーボード(Windows 3.1用), PENMAIL), 信乃助, WL, 乗換案内全国版, Post Manager				

注: 駆動時間は、ハードウェア構成や使用条件によって異なります。

注: “Windows”は、米国Microsoft Corp. “Lotus Organizer”は、米国Lotus Development Corp.の商標です。その他、引用された会社名及び製品名は、各社の商標又は登録商標です。



AMITY SP本体



ドッキングステーションに
AMITY SPとキーボードを接続

スポットライト

産業用計算機システム

“MELCOM350-MU3000” シリーズ

高度化するプラント制御・監視及び広域化する情報制御など次世代の情報通信制御システムを構築する高性能産業用コンピュータシステムとして、最新の標準UNIXを搭載した“MELCOM350-MU3000”シリーズを発売しました。

標準UNIX、新世代高速RISCプロセッサ、そして高信頼化テクノロジーを融合した新しいコンピュータシステムの提唱です。

特長

●標準フラットフォーム “HP-UX”

SVID3, POSIX, X/OPEN等の国際標準/業界標準に準拠し、先進のオープン性を誇ります。

●アーキテクチャの一貫性とシリーズ化

システムの多様性にマッチしたシリーズ・機種を用意していますので柔軟なシステム構築が可能です。

●オープンなネットワーク環境を実現

イーサネット接続はもとより、FDDIを始め各種業界標準手順のサポートによって広域網を通じたオープンなネットワーク環境を提供します。

●制御用ネットワークによる分散システム

高速光伝送(100Mbps)が可能な制御用ネットワークと組み合わせ、スループットの高い分散システムを構築できます。

●高演算性を実現するRISCプロセッサ搭載

最先端のPA-RISCアーキテクチャによって開発された、世界最高水準の演算性能を誇るプロセッサを採用しました。Kシリーズでは対称型マルチプロセッサ構成によって更にパフォーマンスが向上します。

●高信頼性・高可用性

UPS(無停電電源装置)やフェールセーフ機構、また高信頼ディスク装置等をサポートします。

●充実のミドルウェア

高信頼性ネットワーク処理やデータベース処理等のミドルウェアを始め、各種ライブラリや評価解析ツールを豊富に提供しています。

●ソフトウェア生産性

エンジニアリングワークステーションによる優れた開発環境を提供し、エンドユーザコンピューティングの要求にこたえます。

ハードウェア仕様

モデル		MU3000/Kシリーズ	MU3000/Eシリーズ
機種数		5	4
基本処理装置	プロセッサ	PA-RISC × 1~4	PA-RISC
	SPECint92	136~167.4 (1CPU)	45~100
	SPECfp92	221~267.5 (1CPU)	66.6~160
メモリ装置	標準	32/64M~128Mバイト	32/64Mバイト
	増設	32/128Mバイト	32/64/128Mバイト
	最大	512M~2Gバイト	512Mバイト
スロット	オプションスロット	4~8	4
	オプションスロット (高速バス)	1~5	-
内蔵ディスク	最大	16Gバイト	4Gバイト
外部ディスク	最大	3.8~8.3Tバイト	64Gバイト
高信頼ディスク	最大	42Gバイト	42Gバイト
電源バックアップ機能		UPS(オプション・OSでは標準サポート)	

ソフトウェア仕様

OS	HP-UX
言語	C/ANSI-C, C++, FORTRAN (ANSI77拡張)
開発環境	SoftBench
システム評価解析	状態表示ツール, 負荷状況収集ツール
システム構築	構成制御, 汎用LANサポート, MC/ServiceGuard, MirrorDisk/UK
ネットワーク	制御用ネットワークS/W, TCP/IP, NFS, X.25, SNA, OSI, LAN Manager
図形処理/GUI	X Window11R5, OSF/Motif, VUE
ファイルシステム	分散リアルタイムファイル (DRBF)



MELCOM350-MU3000/Kシリーズ



MELCOM350-MU3000/Eシリーズ