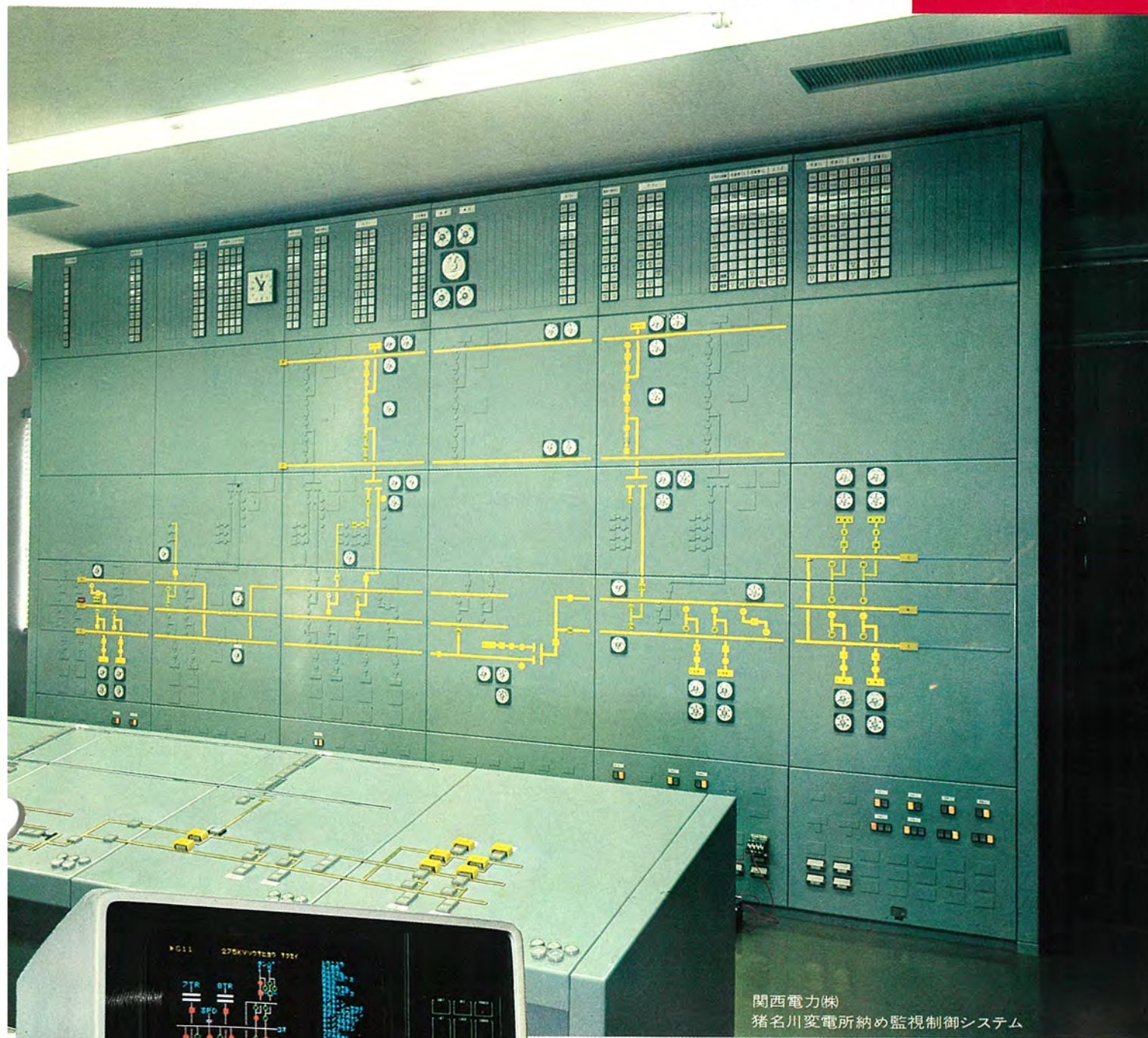


MITSUBISHI DENKI GIHO 三菱電機技報

Vol.49 No.10

電力系統保護制御特集

10
1975



関西電力㈱
猪名川変電所納め監視制御システム

三菱電機技報

Vol. 49 No. 10 OCTOBER 1975

電力系統保護制御 特集

目次

特集論文

これからの電力系統保護・制御装置	森 健・山田郁夫	649
500 kV 用線路保護継電装置	鈴木健治・中村勝己・坂本昌一・東 信一	653
500 kV 用母線・変圧器保護継電装置	辻倉洋右・江田伸夫・畑田 稔・岡田 明・三宅康明	659
最近の高抵抗系用継電装置	菅井英介・中嶋安広・下迫賀生・海老坂敏信・坂本昌一	665
500 kV 系統制御装置	寺田 真・中川秀人・伊藤 真・加賀越寛・坂口敏明	671
電力系統運用自動化システム	嶋田政代士・大原洋三・流郷忠彦・奈良宏一・永田慎二	676

普通論文

大容量安定送電のための超速応ブラシレス励磁方式の開発	斎藤 修・迎 久雄・天笠信正・斎藤 功	685
大電力系統安全運用のためのセキュリティ自動監視方式の開発	小泉金之助・山田郁夫・辻 俊彦・志岐紀夫	689
圧延補機およびクレーン用直流電動機の新モデル	高橋啓一	694
三菱データ集配信システム《MELCOM PENTA-NET》	高橋文平・斎藤靖彦・高橋忠悦・水野忠則・井手口哲夫	697

FEATURING POWER SYSTEM PROTECTION AND CONTROL

CONTENTS

FEATURED PAPERS

Future Protective Relaying and Control Schemes for Electric Power Systems	by Takeshi Mori & Ikuro Yamada	649
A Protective Relaying Scheme for 500kV Lines	by Kenji Suzuki et al.	653
A Protective Relaying Scheme for 500kV Buses and Transformers	by Yosuke Tsujikura et al.	659
A Recent Protective Relaying Scheme for High-Resistance Grounded Systems	by Hidesuke Sugai et al.	665
An Automatic Controller for a 500kV Power System	by Makoto Terada et al.	671
An Automatic Control Scheme for Electric Power Systems	by Masayoshi Shimada et al.	676

GENERAL PAPERS

A High-Response Brushless-Excitation System for Bulk Power Transmission	by Osamu Saito et al.	685
Development of an Automatic Security-Monitoring System for Bulk Power Systems	by Kinnosuke Koizumi et al.	689
New DC Motors for Mill Auxiliaries and Cranes	by Keiichi Takahashi	694
The MELCOM PENTA-NET Data Gathering and Distributing System	by Bumpei Takahashi et al.	697

表紙

関西電力（株）猪名川変電所納め監視制御システム

関西電力（株）猪名川変電所は、我が国有数の 500 kV 変電所であるが、当社は同所に 500 kV 主回路機器のほかに、監視・制御・保護装置等制御システムを多数納入している。

表紙写真は、監視制御の主役をなす照光式主配電盤と、これを補佐する方向で同室近辺に設置されたカラー CRT ディスプレーである。その他同配電盤室内に、小形制御用計算機による自動処理装置、系統安定化制御装置等が設置され、さらに同所構内及び関係基幹系統用の保護継電装置が多数納入設置されている。

COVER

Supervisory and Control System for the Inagawa Substation
Kansai Electric Power's Inagawa Substation, one of the very few 500kV substations in Japan, has been supplied by Mitsubishi Electric with 500kV main circuit apparatus as well as a considerable amount of supervisory, control and protective relaying equipment.

The cover shows an illuminated main distribution panel, which handles the major supervisory and control duties, and a color CRT display, which is installed nearby. The distribution panel room is also equipped with an automatic processor utilizing a small control computer, and system stabilization and control equipment, as well as a considerable amount of protective relaying equipment for the substation itself and the main trunk lines connected to it.

UDC 621.316.9:621.316.728

これからの電力系統保護・制御装置

森 健・山田郁夫

三菱電機技報 Vol.49・No.10・P649～652

これからの電力系統保護・制御装置に対する要求を社会・経済動向や技術動向から分析し、機能向上と高信頼化が求められていることを述べ、デジタル化の流れをふまえて保護・制御方式の発展過程を予測した。また、今後の保護・制御装置の基本的性質からみてどのように高信頼度の製品を開発し、供給してゆくかという点について基本的考え方を述べた。そして製品階層モデルを明確にして改善活動をすることが重要であり、また我々のもっとも重要と考える信頼度の向上には、人間的側面を重視した行動科学的発想法が重要であることを述べている。

UDC 621.316.925.002

500kV用線路保護継電装置

鈴木健治・中村勝己・坂本昌一・東 信一

三菱電機技報 Vol.49・No.10・P653～658

電力需要の増大に対処して、500kV送電が実現され、拡大しつつある。その系統事故が及ぼす系統への影響は重大なものであり、したがって500kV線路保護継電装置に要求される動作責務は一段ときびしい。

本文は500kV系統に生ずる問題点とその対策について、実用化した装置をもとに述べる。

UDC 621.316.925

500kV用母線・変圧器保護継電装置

辻倉洋右・江田伸夫・畑田 稔・岡田 明・三宅康明

三菱電機技報 Vol.49・No.10・P659～664

現在500kV系統は我々の基幹系統として本格化しつつあり、その大容量機器を有する電気所を直接保護する500kV母線・変圧器保護継電装置は従来装置以上の高性能、高信頼を要望されている。

本文は、500kV母線・変圧器保護に生ずる問題点とその対策について、現在までに実用化した具体例に基づいて紹介する。

UDC 621.316.925

最近の高抵抗系用継電装置

菅井英介・中嶋安広・下迫賀生・海老坂敏信・坂本昌一

三菱電機技報 Vol.49・No.10・P665～670

最近の電力需要の増大に伴い、その電力消費は都心部及びその周辺に集中する傾向が著しい。それらの抵抗接地系送電線保護装置は、従来に比べ経済性を考慮した高信頼性装置の要求が強く、ここ数年間にわたり変遷してきた。最近の量産化されか(様)動実績の多い代表的6機種について本文で紹介する。

UDC 621.316.7

500kV系統制御装置

寺田 真・中川秀人・伊藤 真・加賀超寛・坂口敏明

三菱電機技報 Vol.49・No.10・P671～675

500kV系統制御装置は、500kV電気所を含む系統の、給電運用制御の自動化と同電気所の運転自動化のために設置される。本文では、これら要求を充足する制御・操作・記録の機能を有する同装置の典型について、当社装置をふかんに説明した。

説明は、ミニ コンピュータ応用品とワイヤドロジック応用品を対象とし、前者は給電運用制御、電気所運転自動化双方を行うものと、後者だけを行うものとの2例について、後者は給電運用制御の自動化を行うものについて述べている。

最後に、今後の動向についての見解を述べた。

UDC 621.311.1:681.326:621.398

電力系統運用自動化システム

嶋田政代士・大原洋三・流郷忠彦・奈良宏一・永田慎二

三菱電機技報 Vol.49・No.10・P676～681

電力系統は大規模化、複雑化し、社会環境のきびしい変化に対応して、電力の安定供給と一層の効率的運用を要求されるようになってきている。このような電力系統を高信頼度で効率的、経済的に運用するためには給電所、発電所及び他の関連部門との協調をとり、システムの見地から総合的に系統を運用するいわゆる、総合自動化システムが必要となってくる。本稿では電力系統運用自動化システムについて現在か動中のシステムを例にとり、その各階層における総合自動化システムでの役割、システム構成、機能並びに自動化システムと情報伝送システムとのつながりについて述べる。

UDC 621.311.1:621.313.12

大容量安定送電のための超速応ブラシレス励磁方式の開発

斉藤 修・迎 久雄・天笠信正・斉藤 功

三菱電機技報 Vol.49・No.10・P685～688

AVR系に励磁機界磁電流フィードバック装置(CFB)を採用するとともに、交流励磁機の設計に新しい概念を導入して、ブラシレス励磁方式の応答性を著しく改善することにより、大容量長距離送電の安定度向上が期待できる。また、このような励磁システムに系統安定化装置(PSS)を併用することにより、電力系統の安定度向上効果は、一層好ましいものとなる。この報告は、今後大容量発電機に適用が予想される超速応ブラシレス励磁方式の開発に関する解析的検討結果、設計上の特徴、1,000MW用励磁装置を模擬した小形実用機の試作、試験結果を述べる。

UDC 621.311.16.004.64:681.3

大電力系統安全運用のためのセキュリティ自動監視方式の開発

小泉金之助・山田郁夫・辻 俊彦・志岐紀夫

三菱電機技報 Vol.49・No.10・P689～693

近代社会においては、電力への依存度が増大しているため、電力系統に大停電が起きないように、セキュリティを確保することが強く要請されてきている。従来これらは人間の判断に頼って行ってきたが、今後基幹系統が複雑化、ネットワーク化すると万全を期することが困難となってくるため、今回セキュリティ確保の度合を自動的に監視できるハイブリッドシステムを開発した。このシステムは系統計画、給電運用計画、訓練用シミュレーションのためにも簡便に活用でき、系統運用の総合効率化に威力を発揮するものである。

UDC 621.313.13:621.3.024:621.771:621.873/.875

圧延補機及びクレーン用直流電動機の新モデル

高橋啓一

三菱電機技報 Vol.49・No.10・P694～696

近年の新製鋳鉄所の能力増大に伴い、圧延補機用電動機の使用状態も非常にきびしいものが要求されている。これに対処するため、米国AISE (Association of Iron and Steel Engineers)も標準シリーズを1965年に600番から800番へ切換えている。他方、三菱新900番は、800番より更に低慣性を要求される場合についてシリーズ化された電動機で、三菱独自の高性能低慣性直流電動機であり、低慣性だけでなく、耐振・耐過負荷整流にも優れた性能を発揮している。フィードローラ等の低速度専用の使用に対しては、800L形シリーズを標準800番に加えている。

UDC 681.327

三菱データ集配信システム《MELCOM PENTA-NET》

高橋文平・斎藤靖彦・高橋忠悦・永野忠則・井手口哲夫

三菱電機技報 Vol.49・No.10・P697～701

現在我が国でか動中の計算機システムは、パッチ的なデータ処理では高度化されているが、データ処理に至る原始データの収集や前処理及び処理後のデータの配布、活用などの面では大きな進展が見られず、企業活動のなかで、管理サイクルと情報の流れとの間の不調和が指摘されてきていた。三菱データ集配信システム《MELCOM PENTA-NET》は、こうした不調和の解決を図る手段として今回開発したもので、この論文ではシステムの機能と特長及び構成について記述している。

Abstracts

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 49, No. 10, pp. 676~81 (1975)
UDC 621.311.1: 681.326: 621.398

An Automatic Control Scheme for Electric Power Systems

by Masayoshi Shimada, Yoza Ohara, Tadashiko Ryugo, Koichi Nara & Shinji Nagata

Power-supply systems are becoming larger and more complex, and at the same time are facing requirements for greater supply stability and efficiency to keep abreast of the changing social environment. To provide high reliability, high efficiency and economy, the operation of such a power network requires an overall-system approach to coordinate generating stations, substations and switching stations, as well as other associated facilities. The paper presents an example of such a system, one which is now in operation, describing its role at the various levels of overall automation system structure and function, and the interfacing between the automation system and the data transmission system.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 49, No. 10, pp. 685~88 (1975)
UDC 621.311.1: 621.313.12

A High-Response Brushless-Excitation System for Bulk Power Transmission

by Osamu Saito, Hisao Mukae, Nobutada Amagasa & Isao Saito

Application to the AVR circuit of an exciter field-current feedback device, combined with the introduction of new concepts in AC exciter design, has effected a spectacular improvement in the response of the brushless-excitation system, and consequently holds great promise for improving the stability of long-distance bulk power transmission.

The addition of a power-system stabilizing device has an even more desirable effect on increasing overall stability.

On the basis of an analytical consideration of the type of high-response brushless-excitation system expected to be used on large-capacity generators in the future, the paper discusses design characteristics, and presents the results of tests performed on a prototype scale model of a 1000MW exciter.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 49, No. 10, pp. 649~52 (1975)
UDC 621.316.9: 621.316.728

Future Protective Relaying and Control Schemes for Electric Power Systems

by Takeshi Mori & Ikuo Yamada

Analyzing projected requirements for electric-power protective relaying and control schemes, on the basis of social, economic and technological trends, the paper discusses them in terms of improvement of functions and reliability, and predicts the development of control methods making full use of digitalization. It also presents some basic directional concepts for developing and supplying high-reliability equipment, from the standpoint of the basic characteristics of the schemes of the future. The paper asserts the importance of improvement activities based on clarification of the hierarchy structure, and of increasing reliability by an approach emphasizing human interactivity improvement.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 49, No. 10, pp. 653~58 (1975)
UDC 621.316.925.002

A Protective Relaying Scheme for 500kV Lines

by Kenji Suzuki, Katsumi Nakamura, Shoichi Sakamoto & Shinichi Azuma

With the growing use of 500kV transmission lines to meet increased demands for electric power, the effect of power-system faults has become more serious. This has resulted in increasingly severe operating and duty requirements being placed on 500kV protective relaying equipment.

The paper discusses problems arising in 500kV systems, and ways to solve them, using schemes which are presently feasible.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 49, No. 10, pp. 689~93 (1975)
UDC 621.311.16.004.64: 681.3

Development of an Automatic Security-Monitoring System for Bulk Power Systems

by Kinnosuke Koizumi, Ikuo Yamada, Toshihiko Tsuji & Norio Shiki

With the increasing dependence of modern society on electric power, a strong need is felt for security against the occurrence of major system-failure. Traditionally, this has been provided by human judgment, but with the increasing complexity of trunk systems and networks, this has become inadequate, leading to development of a hybrid system which provides automatic monitoring of the level of security. This system can also be conveniently utilized in system design, in power-supply-operation design, and in training simulation, contributing greatly to increasing the overall efficiency of system operation.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 49, No. 10, pp. 659~64 (1975) UDC 621.316.925

A Protective Relaying Scheme for 500kV Buses and Transformers

by Yosuke Tsujikura, Nobuo Eda, Minoru Hatata, Akira Okada & Yasuaki Miyake

500kV lines are already an integral part of Japan's trunk transmission systems, and the high-performance, high-reliability requirements placed on the 500kV bus and transformer protection schemes for the large-scale equipment used in electrical installations are much more severe than those for conventional equipment.

The paper discusses problems associated with 500kV bus and transformer protection, and offers concrete approaches to their solution, using equipment that is presently in production.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 49, No. 10, pp. 694~96 (1975)
UDC 621.313.13: 621.3.024: 621.771: 621.873/875

New DC Motors for Mill Auxiliaries and Cranes

by Keiichi Takahashi

The increased capacity of steel mills in recent years has imposed extremely severe operating demands on rolling mill auxiliary motors, with the result that the U.S. Association of Iron and Steel Engineers (AISE) changed their standard series in 1965 from No. 600 to No. 800. Mitsubishi Electric has now developed a No. 900 series, for even lower inertia requirements. These unique, high-performance DC motors offer, besides their low inertia, conspicuous advantages in terms of resistance to vibration and overload commutation. For power feed-rollers and other low-speed equipment, Mitsubishi's 800L series complements the standard 800 series.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 49, No. 10, pp. 665~70 (1975) UDC 621.316.925

A Recent Protective Relaying Scheme for High-Resistance Grounded Systems

by Hidesuke Sugai, Yasuhiro Nakashima, Yoshio Shimosako, Toshinobu Ebisaka & Shoichi Sakamoto

Along with the growth in electric power demand, there has been a marked trend toward a concentration of Japan's power consumption in Tokyo and its environs. Protective equipment for the required high-resistance grounded transmission lines needs to be more reliable, without losing sight of economy, and in the last few years continued improvement has become apparent.

The paper describes six representative types of equipment which have recently been put into production and which have amassed a considerable record in actual use.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 49, No. 10, pp. 697~701 (1975) UDC 681.327

The MELCOM PENTA-NET Data Gathering and Distributing System

by Bumpei Takahashi, Yasuhiko Saito, Chuetsu Takahashi, Tadanori Mizuno & Tetsuo Ideguchi

Computer systems now in use in Japan show a high level of sophistication in terms of batch processing, but no great progress has been made in source-data gathering, pre-processing or post-processing data distribution, or effective application. It has, therefore, been pointed out that there has been an imbalance in entrepreneurial activity between the management cycle and information flow.

Mitsubishi's MELCOM PENTA-NET data gathering and distributing system has been developed to rectify this imbalance. The paper discusses the functions, features and structure of this system.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 49, No. 10, pp. 671~75 (1975) UDC 621.316.7

An Automatic Controller for a 500kV Power System

by Makoto Terada, Hideto Nakagawa, Makoto Ito, Takehiro Kaga & Toshiaki Sakaguchi

This controller was installed to automate the power-supply control of a 500kV system, including electrical switching stations and substations, and to automate the operation of these stations.

The paper describes the Mitsubishi equipment which provides the control, operation, and recording capabilities to satisfy these requirements.

The discussion deals first with equipment for use with a minicomputer; two examples are given—one involving both power-supply control and station automation. Next, equipment for use with wired logic is presented, together with an example involving automation of power-supply control.

Finally, the paper presents the outlook for future trends.

これからの電力系統保護・制御装置

森 健*・山田 郁夫**

1. ま え が き

電気エネルギーの需要はその使いやすさから、一時的には拡大のテンポを落としても、将来増大の一途をたどるものと思われ、環境、立地、資源など多くの制約の中で、電力エネルギーの安定供給に対する社会的要請はますます強くなるものと予想される。

電源並びに送変電設備の立地の深刻化は電源の遠隔化、集中巨大化、送電線の分岐の増大など電力系統の体質を大きく変え、その安定運転のために「大電力安定送電技術」、「系統制御技術」、「系統保護技術」などの高度化が求められている。

この特集号は当社におけるこれら技術の最新の成果をまとめたものであるが、特に本文は系統制御並びに保護制御に対する要求がどのように変化した、技術的にはどんな発展が予測されるか、そして製品階層モデルと信頼性保証に関する我々の考え方を述べて、これからの電力系統保護・制御装置の姿を紹介したものである。

2. 系統制御と保護制御に対する要求

大規模・高密度化する電力系統の系統制御と保護制御に対する要求を社会・経済動向並びに技術動向の面から考えると、図1.のようになる。

公害に対する世論の圧力、美観に対する世論の圧力は用地取得を困難なものにし、電源並びに送変電設備の立地をきびしく制約しつつある。電力事業は経済的で高品質のエネルギーを安定に供給することをその使命としている。この使命を達成するために資金資源など多くの制約の中で、規模の利（スケールメリット）を追求しつつ、設備の大容量化、電源の多様化、大容量送電など多くの技術開発を実現して

きた。都市の過密化、産業構造の高度化に対応して、都市内ケーブル系統の拡充、無停電供給のための送電ルートの複数化など系統は高度化し、その体質は大きく変わりつつある。具体的にはループ系統の増大、送電線分岐の増大、線路潮流の増大、機器の大容量化、設備数の増大となって現れてきており、このため保護制御機能の向上、装置の高信頼化、設備の自動化・省力化などが強く求められている。

常時運用制御はミニコンピュータ、通信技術、ディスプレイ技術などの進歩に支えられて、その機能向上の要求に答えてつつある。系統操作のマクロ命令化、系統操作手順変更の容易性、セキュリティ確保のための想定事故に対する予防制御、公害監視データに基づく経済負荷配分など多くの機能向上が求められている。

緊急制御（事故波及防止）は大停電事故が社会不安にまで発展しかねないほどになりつつあり、事故波及のプロセスも複雑多様化しつつあるので、その機能向上が強く求められている。事故波及は需給の不均衡（周波数の異常変化）、線路・機器の過負荷トリップ、脱調による系統解列、無効電力の不均衡（電圧の異常変化）などが原因となり、これらが重なりあったりして複雑な様相を呈する。今までの大停電事故は負荷の急変する時間帯に発生しており、きめの細かい事故波及防止が必要である。将来広域連系が更に強化されると、緊急制御の機能向上はますます要求されるであろう。

保護リレーはループ系統の増大、送電線分岐の増大、線路潮流の増大などから従来にはなかった高度な機能が要求されよう。また機器の大容量化はその故障の影響が非常に大きくなるので、高感度の機器保護が必要となる。設備数の増大は保護リレーの小形高性能化を求めている。

保護・制御装置の誤動作は系統への影響、社会への影響が非常に

大きいので、その高信頼化は至上命令である。保護制御の機能向上の要求は装置を高度化し、その信頼性確保を難しくする方向に働くが機能向上と高信頼化を両立させ、協調のとれた装置を製作することが必要である。

設備自動化・省力化は電力事業の生産性向上に寄与し、設備数の増大に対する運用業務の増大を回避するために必要である。特に保守業務の自動化・省力化は強く求められており、自動点検、自動診断の発展が要求されよう。

以上、電力系統の系統制御と保護制御に対する要求を社会・経済動向並びに技術動向の面から分析し考察してみたが、次に系統制御システムと保護制御システムの問題点を探ってみる。

図2.に系統制御システムのモデルと各構成要素の問題点を示す。系統制御システムは、①デジタル情報伝送などによる系統情報送受信装置（コンピュータとのインタフェースとその制御装置を含む）、②系

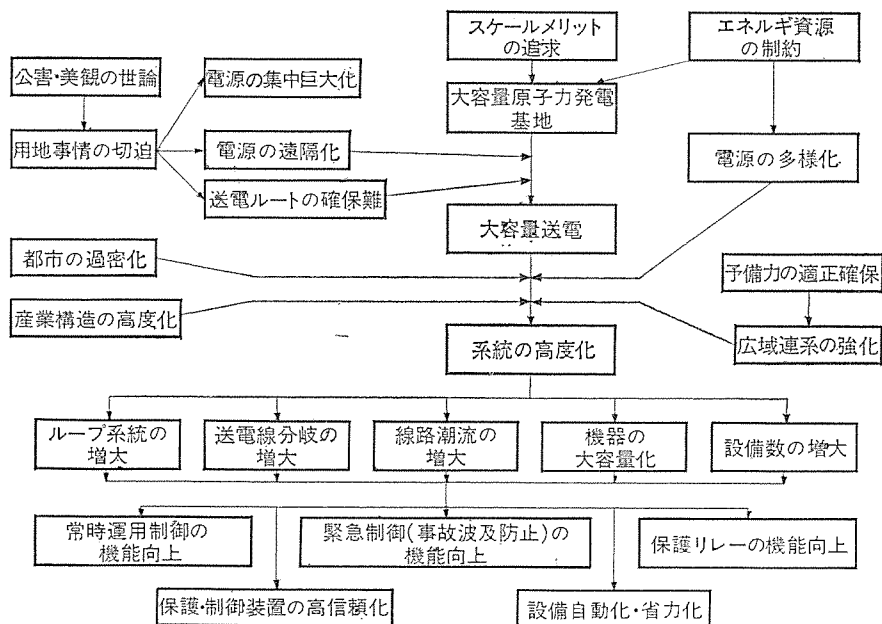


図1. 電力系統の保護・制御に対する要求

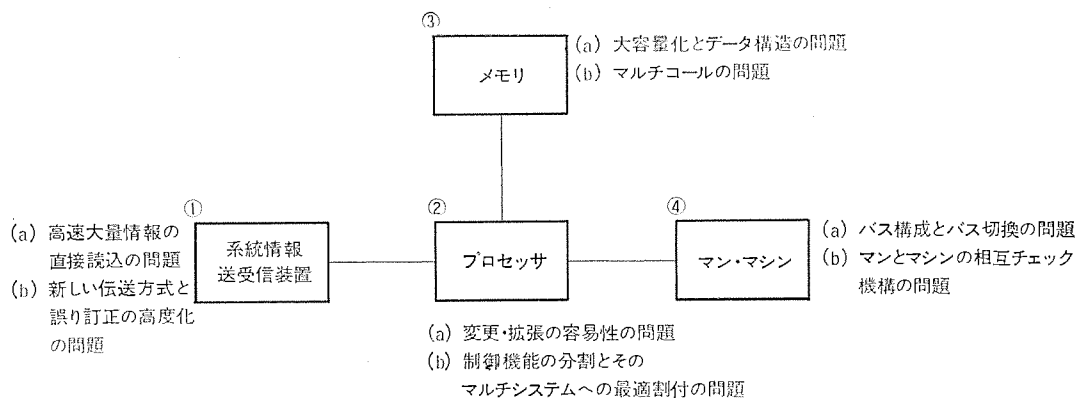


図 2. 系統制御システムのモデルと問題点

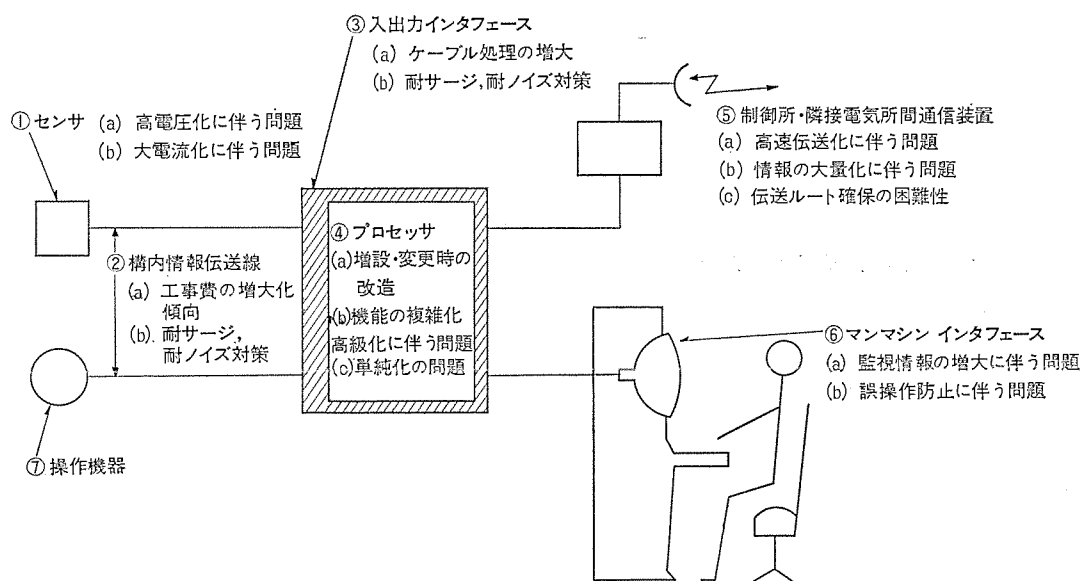


図 3. 保護・制御システムのモデルと問題点

統状態監視や系統操作など系統制御機能処理するプロセッサ、③前記系統制御機能のプログラムや、系統情報を記憶するメモリ、④CRTディスプレイ、タイプライタなどに代表されるマンマシン周辺装置（コンピュータとのインタフェースとその制御装置を含む）など四つの要素から構成されている。

一つの制御所から多数の電気所を制御するようになると、大量の系統制御が1ヵ所に集まってくるので、そのデータを高速に直接的にメモリに読込むことが要求される。また光ファイバ伝送とか高度な誤り訂正方式など新しい伝送方式が要求されるであろう。

プロセッサは電力系統の拡大発展にあわせて、協調のとれた変更や拡張をしてゆかねばならず、その工事はシステムを停止することなく容易に実施できることが必要である。そしてそのためには各種の制御機能をうまく分割し、マルチプロセッサシステムへ割付けることが必要で、この最適割付けには系統運用技術者と計算機技術者の密接な協力が要求される。

系統情報の大量化はメモリの大容量化を要求し、それらデータをいかにうまく格納するかというデータ構造の設計の問題をも提起している。そしてそれらのデータを多くのプロセッサから呼び出すマルチコール機能を要求する。

多くのマンマシン周辺装置を多くのプロセッサに結合するためのバス構成とプロセッサ停止時のバス切換えを高信頼に実行することが要求されよう。また人間も機械も100%ミスをしないということはない

ので、相互にチェックして高い信頼度を確保するというマンマシン相互チェック機構が要求されよう。

図3.に保護・制御システムのモデルと各構成要素の問題点を示す。保護・制御システムは、①高電位にある電圧・電流を検出するセンサ（PDやCT）、②検出された電圧・電流を電気所建屋まで伝達する構内情報伝送線（ケーブル）、③電圧・電流情報の授受や適当な大きさに変換したり、機器の操作信号を送出したり、接点増幅したりする入出力インタフェース、④保護制御の論理処理をするプロセッサ（テレホンリレー、トランジスタ回路などを使用した専用処理装置やミニコンピュータなどのはん（汎）用処理装置）、⑤隣接電気所との電流情報、リレー動作信号、テレコンの監視制御信号などを送受する制御所・隣接電気所間通信装置、⑥監視情報の表示・記録、選択・操作の指令など操作員と装置とのマンマシンインタフェース

ス、⑦しゃ断器、断路器、タップ切換器で代表される操作機器など七つの要素から構成されている。

電圧・電流のセンサであるPD、CTは高電圧化、大電流化することにより、絶縁、冷却など複雑化、大形化し、その価格も高くなる一方である。保護制御に必要な電圧・電流情報を簡単に、安く、信頼性を保持しつつ、過電流領域の直線性も良く、高精度で得る手段が要求されている。

構内情報伝送線（ケーブル）は工事費の増大化傾向が問題で、センサのところでは情報がデジタル化されれば、それに対応して光ファイバ伝送などサージやノイズに影響されない新しい構内情報伝送線が要求されるであろう。

現在の入出力インタフェースはケーブル処理の増大に対して、いかに対処するか、ケーブルから進入してくるサージ、ノイズに対してどんな防護策を実施するかが問題で、ケーブル処理の合理化、高耐圧接点リレー、高耐圧フォトカプラなど新しい入出力インタフェースが求められている。

保護制御の論理処理をするプロセッサとしてはトランジスタやICを使用した専用処理装置や、ミニコンピュータを使ったはん用処理装置などが使われているが、増設変更時の改造を容易にできるようにすることが求められている。また機能の高級化に対して新しいプロセッサ、例えばマイクロプロセッサの適用などが要求されつつある。

制御所・隣接電気所間の通信は保護制御機能の向上のため高速伝

マンマシンインタフェースは監視情報の増大にともない。表示デバイス自体をいかに縮小化し、一覽性をもたせつつ、これを総合配置するか、監視制御対象が常に成長変化するため、いかにハードウェア構成にフレキシビリティを付加するか、更に機器の制御に際し、いかに選択と操作を誤りなく実施できるようにするかなどの問題があり、これの解決策が要求されよう。

4. 製品階層モデル

例えば [410] はレーザなどを利用したデジタル PCT (電圧・電流変成器) を使い、全系自動同期した サンプリングデータを使い、論理処理はマイクロプロセッサが主流を占め、通信装置には光ファイバ伝送方式が採用され、マンマシンインタフェースには液晶などオプトディスプレイ装置が多く使われているであろう系統制御システムや変電所保護制御システムを意味している。[100], [200], [300], [400] と発展していくにつれ、プロセッサ、通信装置、ディスプレイの順に主流となる技術が従来技術に置き換って新しくなっていく。あまり複雑になって見にくくならないように、図 4. には主な発展の流れしか示さなかったが、デジタル PCT の非常に良いものが開発されれば、[340] から [430] への展開が考えられ、また自動同期サンプリング方式の採用により、[340] から [420] への大きな方向転換もあるかもしれない。図 4. は発展過程の展開をすべて矢印で示してはいないが、発展予測には十分役立つ図式であると思う。

Figure 1 is a flowchart comparing the calculation of the root element A/D using a conventional method versus eight alternative methods. The conventional method starts with a value of 10 and branches into eight paths. Each path consists of intermediate values in boxes and a final value in a box at the top. The methods and their final values are:

- 自動同期サンプリング (Automatic Synchronous Sampling): 10 → 110 → 110 → 420
- 低負担 C T の根元 (Low Load C T Root): 10 → 220 → 320 → 425
- 非同期サンプリング デジタル P C T (Asynchronous Sampling Digital P C T): 10 → 230 → 330 → 430
- 非同期サンプリング 低負担 C T の根元 (Asynchronous Sampling Low Load C T Root): 10 → 240 → 340 → 440
- 非同期サンプリング 低負担 C T の建物 (Asynchronous Sampling Low Load C T Building): 10 → 250 → 350 → 450
- 1 サイクル積分値 低負担 C T の根元 (1 Cycle Integration Low Load C T Root): 10 → 260 → 360 → 460
- 1 サイクル積分値 低負担 C T の建物 (1 Cycle Integration Low Load C T Building): 10 → 260 → 360 → 470
- ハイブリッド (Hybrid): 10 → 280 → 480

The conventional method is labeled '従来方式' (Conventional Method) at the bottom.

図 4. 保護・制御方式の発展予測

我々はこのような認識のもとに製造管理面における理念と技術の両面において、新時代に見合う改善を積みあげてゆきたいと考えている。図 5. に製品階層モデルと改善の具体的な方向を示している。

The diagram illustrates the three-level architecture of a computer system. On the left, three rectangular boxes are stacked vertically and connected by lines. The top box is labeled '装置' (Device), the middle box is labeled 'ユニット' (Unit), and the bottom box is labeled 'カートリッジ' (Cartridge). To the right of these boxes, four vertical arrows indicate the relationships and trends between the levels. From top to bottom: a downward arrow labeled '標準化' (Standardization) between the Device and Unit levels; an upward arrow labeled '計画の強化' (Strengthening of planning) between the Unit and Cartridge levels; a downward arrow labeled '高信頼度化' (High reliability) between the Device and Cartridge levels; and a central double-headed arrow with '統合' (Integration) in the upper half and '分割' (Division) in the lower half, indicating the relationship between the Device and Unit levels.

図 5. 製品階層モデルと改善の方向

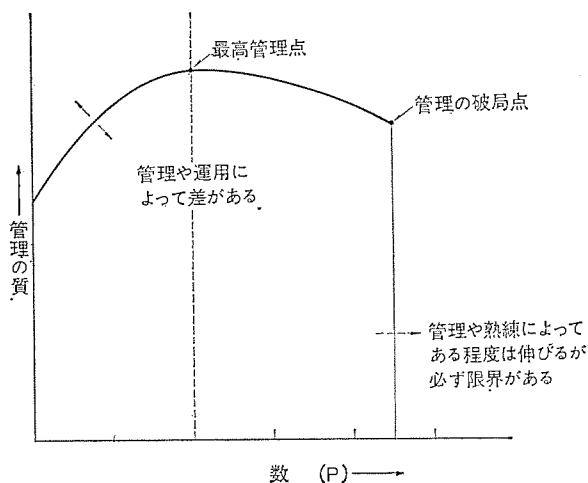


図 6. 数と管理の質に関する一般的性質

このような認識の基礎になっているのは図 6. に示す数と管理の質に関する一般的性質である。構成要素の数が少ない間は管理や運用によって差はあるが、管理の質は上昇してゆく。そしてある数で最高管理点に達し、数がそれ以上に増えると管理の質は低下してゆき、あるところで破局点に至る。この破局点は管理活動や熟練によってある程度は伸びるが、必ず限界があるものである。

製品階層モデルは多機種少量生産における数と管理の破局からの脱出を志向するもので、生産と技術の両面から威力を発揮するであろう。

5. 信頼性保証

5.1 信頼性保証の基本思想

これからの電力系統保護・制御装置はますます高信頼性を要求され、その信頼性保証は重要な問題となるであろう。我々は新しい信頼性保証活動を展開し、高信頼度装置を提供してゆくにあたり、「古い管理的発想法から新しい行動科学的発想法へ」の転換が重要であるとする。図 7. にその発想法の具体的内容を示す。これまでの科学的管理法が教えていた発想法と新しい行動科学的発想法の大きな違いは人間的側面を重視している点である。問題の原点を分析し、「この人はよい人だ」ということから発想の展開が始まる。多機種少量生産品の信頼性保証活動の基本になる発想法である。そして地道な努力の積重ねによって信頼性保証活動は初めて達成できるものである。

5.2 信頼性保証の代表例

我々は信頼性保証活動を 4 章で述べた製品階層モデルと密着した形で展開している。すなわちカートリッジ、ユニット、装置の各階層に調和のとれた信頼性保証レベルを確定し、高信頼度半導体部品の使用、高信頼度基本回路の採用、プリントカードの全数自動試験とそのデータ管理、ユニットの機構の高信頼度設計、ヒートショック・ヒートサイクルテストによる確認、装置の自動監視・故障診断能力の向上など、広範な信頼性保証活動を展開している。

500kV キャリヤリレー装置では系統で発生している高調波で誤動作し

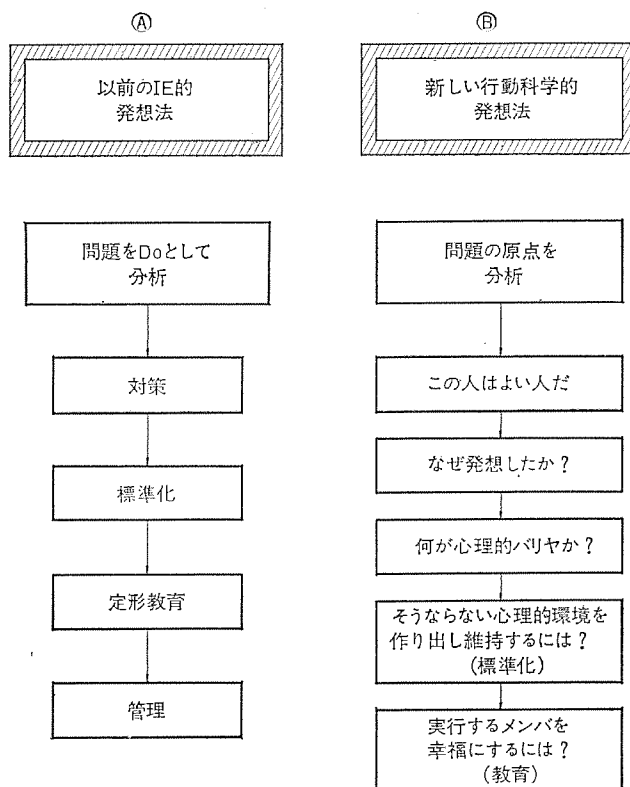


図 7. 信頼性保証問題の新しい解決

ないように、重潮流でも誤動作しないように、といった性能向上をはかると同時に常時監視・自動点検を実施して、系統への適用上の問題も含めた信頼性保証を考えている。

500 kV 変圧器保護 リレー 装置では機械式 リレー との協調をとりつつ、いかに高感度化を達成するか、500 kV 母線保護 リレー 装置では 2 重母線の電圧差動の適用など、性能向上をはかりつつ装置自体の信頼性を高めて、キャリヤリレー 装置と同じように、系統への適用を含んだトータルの信頼性向上をはかることが重要である。

ミニコンピュータを使用した系統制御装置や、トランジスタ・IC などを使用した専用の各種系統制御装置、自動化装置も リレー 装置と基本的には同じ考え方に立脚して、系統制御にマッチした信頼性保証活動を展開しており、多くの改善が製品に盛り込まれつつある。具体的にはこの特集号の別稿に取りあげて紹介することとする。

6. む す び

保護制御装置に対して機能向上、高信頼化が要求され、デジタル化の流れをふまえて保護・制御方式の発展過程を予測した。そして製品階層モデルと信頼性保証の基本的考え方とその代表例を紹介して、これからの電力系統保護・制御装置に対する当社の姿勢と製品像を述べた。

ユーザ各位のご批判、ご指導を得て、電力系統運営のかなめ(要)となるにふさわしい装置を製作し、電力エネルギーの安定供給という重大な使命達成に微力ながら貢献し、ユーザ各位の期待にこたえる所存である。

500kV用線路保護継電装置

鈴木健治*・中村勝己*・坂本昌一*・東 信一*

1. ま え が き

電力需要の増大に対処して、現在の基幹系統である 275kV 系統に代わるべく、500 kV 送電が実現され拡大しつつある。系統の送電電力の増大に伴い、その系統事故が及ぼす系統全体への影響は重大なものであり、それゆえ、500 kV 線路保護継電装置に要求される信頼性、性能は、従来の超高圧線路保護継電装置に比しより高く、特に性能的には重負荷系統、1 端非電源系統においても高速度、高感度な事故判別能力が要求される。

当社は、これらの要求性能を満たす継電装置を開発し、関西電力(株)の 500 kV 系統用として製品化に入ったので以下に概要を紹介する。

2. 500 kV 線路保護継電装置に要求される性能と対策

2.1 過渡安定度低下対策

電源の辺地集中化、発電機ユニットの大容量化に伴い、長距離重負荷送電線が出現したため、系統過渡安定度が低下し、故障除去遅延による事故波及範囲が著しく大きくなる恐れがあるので、極力高速度しゃ断が要求される。このため下記の対策をとっている。

(1) 主保護リレーの高速度化

最悪状態でも全端同時 2 サイクル以内の動作スピードを得るためマイクロ位相比較とし、図 1. のように正波位相比較と負波位相比較を行い、その OR でトリップさせる両波位相比較を採用している。更にトリップ信号の接点化リレーには、30 A 閉成可能な接点容量を持つ高速テレポートリレーを使用し、その接点で直接しゃ断器に指令を与える方法を採用している。

(2) 後備保護リレーの高速度化

従来の距離リレーによる後備保護の動作時間では、系統過渡安定度限界を超えてしまうため、後備保護の動作時間も主保護とほぼ同一にする必要がある。また後述の理由から多相再閉路を実施するためにもあって、実際には図 1. の正波位相比較と負波位相比較とをハード的に完全分離して、主保護の 2 系列化とし、方向比較、距離リレーによるものは最終バックアップにしている。

2.2 事故波及防止対策

(1) 装置信頼度の向上

装置自身の不良による誤不動作の系統に与える影響は致命傷に近いので、上記主保護の 2 系列化は図 2. に示すように、CT、制御電源、しゃ断器トリップコイル、マイクロロートの 2 系列化と合わせてトリップ側へ OR 構成としている。また各系

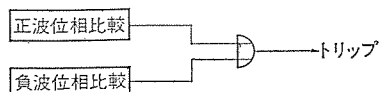


図 1. 両波位相比較

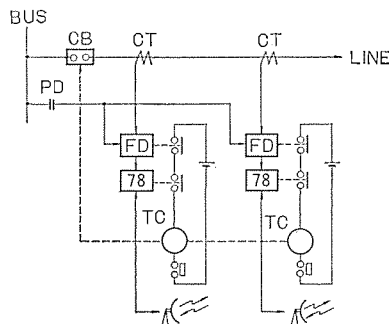


図 2. リレーの 2 系列化

列装置は故障検出リレーと AND 構成にして誤動作側の信頼度向上を図っている。

自動監視については、自動点検の装備による装置の複雑化を避けるため主保護だけに適用し、故障検出リレー、位相比較リレーを 3 相同時に点検する方法をとった。一方、常時監視はそれ程装置を複雑にすることなく装備できるので、主リレー、論理シーケンス、接点化リレーについて 48 ポイントの監視を考慮した。なお位相比較リレーについては表 1. のように点検監視間の協調を取り、両端の信号伝送装置、伝送系も含めて不良検出可能としている。

(2) 多重事故に対する供給支障の低減

大容量放射状送電線は通常 2 回線で構成されるが、両回線にわたる多重事故で両回線しゃ断すると大電源が脱落し、系統に与えるショックが大きい。このような系統に最も有効な多相再閉路を行うため、故障相選択性能が確実な各相位相比較を採用して 2 回線しゃ断の機会を少なくしている。

(3) 位相比較リレーの誤動作防止

高速度化のため、位相比較を図 1. のように両波比較 OR 構成としているので、片波比較の誤動作はミストリップにつながる。誤動作の原因の一つとして、潮流のある状態から外部事故の発生、除去時、あるいは故障電流の反転時に生じる電流位相の急変が考えられる。これは相手端の位相情報を自端まで伝送する信号伝送回路と、同一瞬時の位相比較をするため自端の位相情報を相手端情報の伝送遅れ時間分だけ遅延させる補償回路との過渡特性の違いによって生じる可能性がある。図 3. のような位相急変があった場合、高周波成分が過渡的に発生するので、これを忠実に伝送あるいは遅延させないと位相比較リレーの動作位相角が過渡的に広がり誤動作となる。特に伝送遅延補償回路に オン・オフディレイタイムを使用すると直列に接続するタイマの順序をいづれにしても図 4. のように波形 A のようなく

表 1. 位相比較リレーの点検監視

不良内容	電 源 端			可 変 端		
	11-78	K ₁	K ₂	11-78	K ₁	K ₂
電源端 F ₁ 連続				○※		
" F ₂ "				○	○	
可変端 F ₁ 連続	○					
" F ₂ "		○※	○※			
φ 不 動 作	○			○		
φ 動 作		○			○	

※ 51 T 動作のときのみ

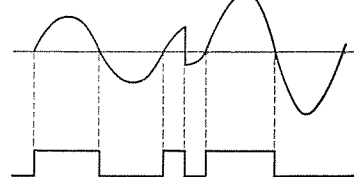


図 3. 電流位相急変

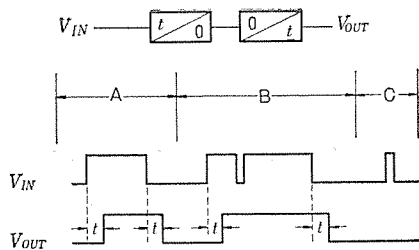


図 4. オン・オフディレイ式補償回路

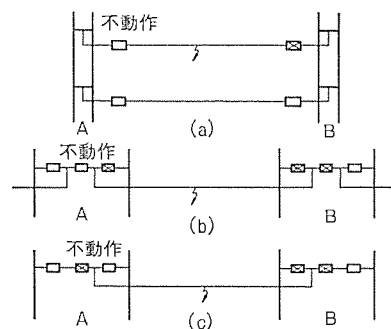


図 5. CB 不動作の例

(矩)形波は忠実に t 時間だけ遅らせることができるが、波形 B, C のような t 時間以下の周期の成分の波形では急変前の信号状態を継続する傾向のある V_{IN} と異なった V_{OUT} が生じ、再現性がなくなる。これの防止として故障検出リレー動作後に位相比較させるか、外部故障検出リレー動作時は位相比較信号をトリップロック側へ制御して、自端、他端ともロックする方法があるが、これらの制御に要する時間だけトリップが遅れることになる。このため伝送遅延補償回路として周波数特性の良いデジタル式遅延回路を使用した。

また、もう一つの誤動作の原因として、マイクロ波回線の雑音、瞬断等の異常による相手端情報の誤りが考えられるが専用チャンネルを使用して 2 ms 以内に異常を検出し、信号をトリップロック側にホールドするようにして誤動作を防止している。

(4) CB 不動作対策の強化

CB 不動作はリレー誤動作と全く同様な影響を系統に与える。図 5. に示すような線路事故時の CB 不動作は、A 電気所の相手全端子が後備しゃ断し、A 電気所は全停となる。しかも故障除去時間が遅れる。この対策として CB トリップコイルの 2 重化により対処しているが更に主コンタクトの短絡事故を考え、ローカルバックアップ方式を考慮している。このローカルバックアップ方式は図 6. のように、主保護リレー動作と電流検出リレー動作の継続によって、故障が除去されないのを検出して、自端の関係しゃ断器と、必要に応じて相手端のしゃ断器も転送トリップさせようとするもので、転送トリップ方法として位相比較リレーを利用してトリップ側信号を連続選出させている。したがって転送トリップ時間は位相比較キャリアリレーと同一の動作時間となる。電流検出リレーは CT 2 次側で 0.25 A 以上の電流を検出するようにしており、復帰時間を (Tap 値 \times 20,000%) \rightarrow 0 A で 25 ms 以内の高速復帰形として仕上がり時間の高速度化を図っている。また CB 不動作検出回路の誤動作は広範囲に影響を及ぼすので、検出タイムは 2 重化 AND 構成とし、トリップ回路で更に故障検出リレーの動作を条件に付加している。

2.3 系統特性の特異性に対する対策

(1) 高感度化

送電線の長距離化に伴って、特に 1 線地絡電流が低下する。このため形波変換回路を高感度化し、消費 VA を極度に増加させること

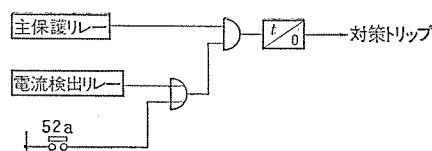
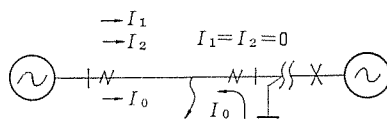
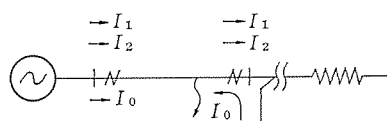


図 6. 事故継続確認の方法



(a) 発電機停止



(b) 純負荷端子

図 7. 内部事故時流出電流の発生する系統

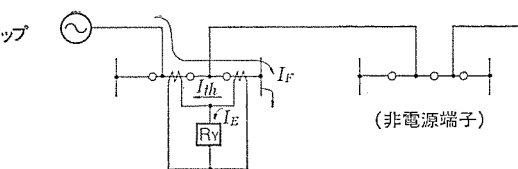


図 8. 和電流 CT 貫通外部事故

なく、主保護の位相比較リレーについては電流感度を良くするとともに、後備用距離リレーについても 0.7 A で -10% の測距性能を持たせている。

(2) 内部事故時の流出電流対策

大容量発電所は長距離の放射状送電線で接続されることが多い。発電所の選開前や発電機の停止点検中は図 7. (a) のように発電所側はトランスの接地による零相電源だけとなり、正相、逆相電源がなくなる。この状態で内部事故が発生すれば I_0 の流入だけとなり、2 線地絡では両端の電流位相は 90° 近くまで開き、地絡を伴わない事故では無電流となる。

また図 7. (b) のような純負荷端子へ大潮流を送電する放射状系統では、内部事故時 I_0 は流入するが、 I_1, I_2 が流出する。このため両端の電流位相は 1 線地絡時最大 90° 、2 線短絡で遅れ相は同相となるが、進み相はほぼ 180° となって、完全不動作位相となる。この流出電流の大きさは潮流の $1/2$ 程度である。以上の内部事故時の無電流、流出電流があっても高速度に安定して動作できる位相比較方式として、スライスレベル式 1 端可変電源方式を採用している。

一方、図 7. の 2 線短絡、2 線地絡事故時、事故点より正相電源側に設置した 90° 接続形の地絡方向距離リレーの進み相側が方向判定を誤るため、遅れ相の不足電圧リレーの動作によってロックする対策をとっている。

(3) 事故電流の直流、高周波電流対策

500 kV 系統では、その構成機器の大容量化に伴い、抵抗分が著しく小さくなり、このため事故発生時の直流分電流の減衰時定数が大きく 100 ms 程度にもなり、従来形 CT では事故発生直後に飽和するおそれがある。また、系統の対地容量と事故点までのインダクタンスによる過渡的高周波電流が流れるのでリレーの誤動作又は動作遅延の可能性もある。このため、特に 2 サイクル間は直流飽和しない CT と組合せて使われることを前提にし、位相比較リレーは入力部にバンドパスフィルタを使用して直流分、高周波分を除去し基本波成分だけで判定するようにして安全、かつ高速度に動作するようにしている。

2.4 1.5 CB 母線構成対策

(1) 和電流 CT 貫通外部事故時の誤動作防止

1.5 CB 母線構成では 2 個の CT の和電流を用いる必要がある。図 8. のように 1 端非電源の系統で電源側外部事故が発生すると、事故電流は 2 個の CT を通過することがあり、両者の差 (誤差電流) がリレーに流れ、1 端流入の内部事故に見えて誤動作するおそれがある。更に CT の直流飽和が生ずるとその可能性がふえる。このため、2 個の CT の差電流を動作力、和電流を抑制力とした電流差動リレーを設けて、このリレーの動作で位相比較リレー、距離リレーをロックするようにしている。

(2) 線路 PD 使用に伴う問題点と対策

1.5 CB 母線構成では線路 PD から電圧入力を取り入れる必要がある。このため、3 相しゃ断時は完全に無電圧、再閉路無電圧時間中等に

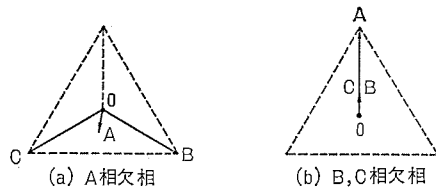


図 9. 欠相時の電圧

生じる1相欠相, 2相欠相時は図 9. のようになり, 電圧を入力とした距離リレー, 故障検出リレーが誤動作するおそれがあり, 至近端永久事故を再閉路した場合に短絡距離リレーが誤不動作となる。このため, 無電圧時間中の主保護リレーは, 故障検出に方向比較キャリアなど距離リレーを用いた場合はそれを除去して位相比較単独とし, 後備保護リレーはロックしている。

3. 位相比較リレー

3.1 構成

図 11. に位相比較リレーの1相1端子分の構成を示す。CT 電流をバンドパスフィルタ BPF で適当な大きさの基本波成分の電圧を導出し, スライス回路 SL で設定レベルに対応したく形波に変換する。SL は図 12. のようにスライスレベルを境に, 電源端用は正極性側で, 可変電源端は負極性側で論理信号 1-0 に変換するものである。SL の出力信号は信号伝送装置へ送ると同時に, 伝送遅延補償回路 DL でく形波のまま遅延させる。位相判定回路 PC はこの遅延されたく形波と, 他端から伝送されてきて他端の SL 出力信号に復調したものとを比較し, 所定位相差以内のときトリップ信号を発生する。内部事故時の最大位相差で確実に動作し, 外部事故時の最小位相差で確実に不動作とするため, PC の判定位相角は 60° に設定している。

3.2 スライスレベルによる1端可変電源対策

図 11. の位相比較リレーを対向で設置した時の系統事故に対する動作波形を図 13. に示す。A端は電源端, B端は可変電源端で, それぞれ図 12. のようにく形波 V_{DET} を作り, 伝送遅延は省略して示している。 V_{DETA} と V_{DETB} の信号1はトリップ側に, 0はロック側に使用している。B端の電流が流れていても, B端のスライスレベル以

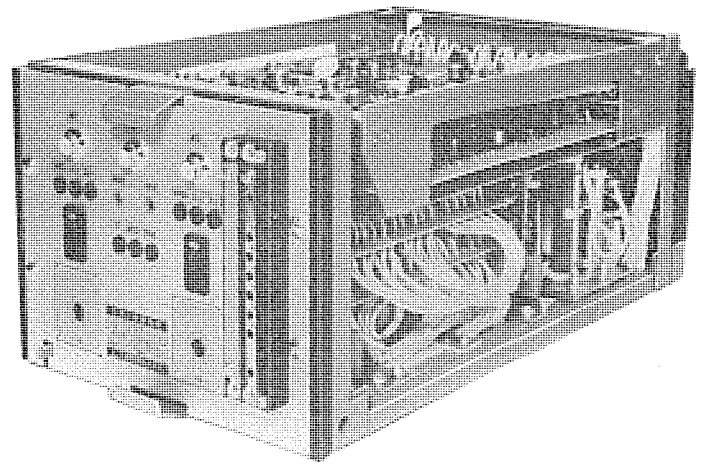


図 10. UB-4-K 形位相比較継電器

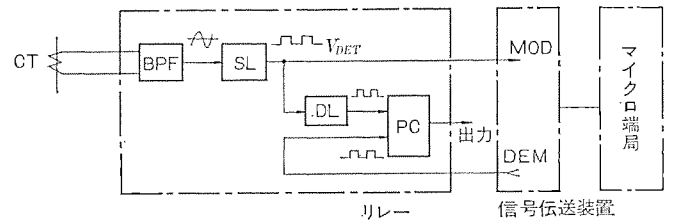


図 11. 位相比較リレーの構成

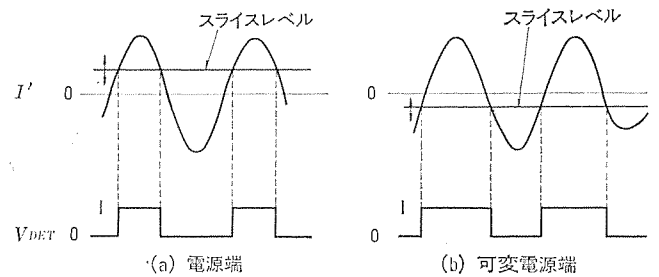


図 12. スライスレベル回路の動作

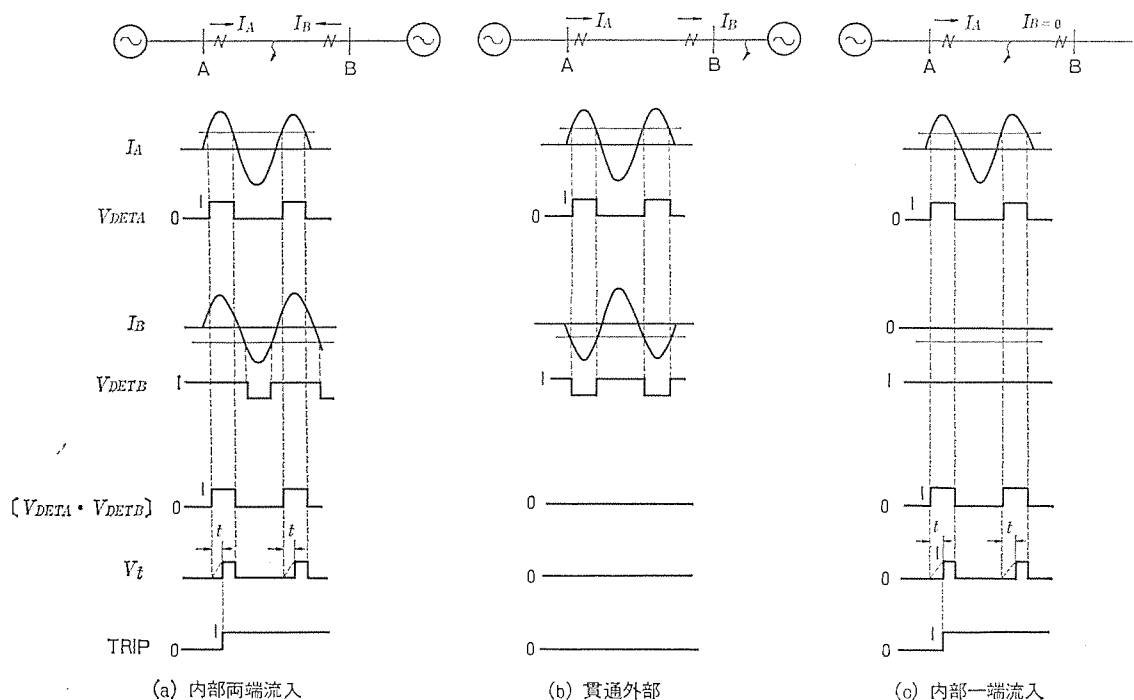


図 13. 位相比較キャリアリレーの動作

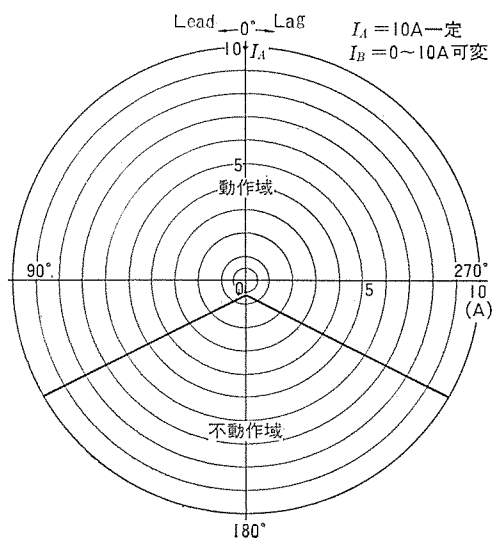


図 14. 位相比較リレーの位相特性

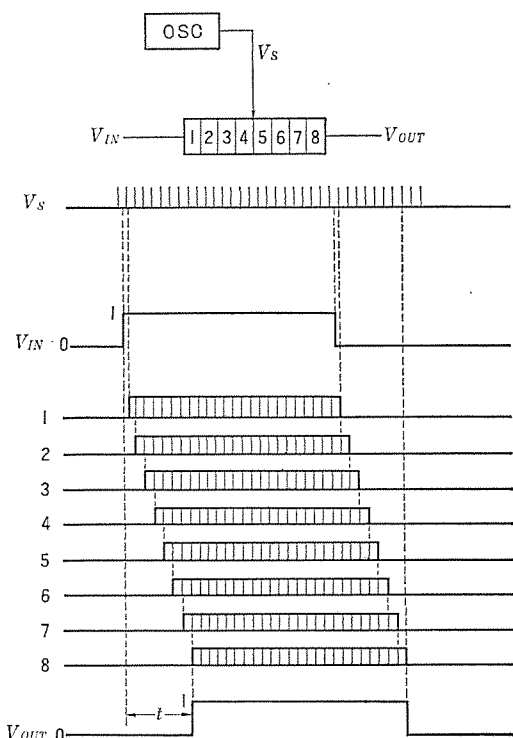


図 15. 伝送遅延補償回路

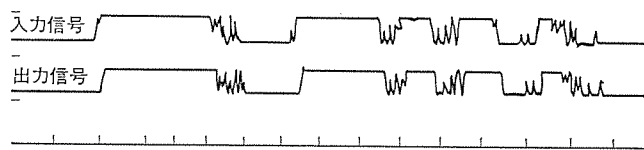


図 16. 伝送遅延補償回路の追従性能オシロ (遅延時間 1.6 ms)

下の電流であれば図 13. (c) と同じで、B 端電流の位相に無関係にトリップ指令が得られる。したがって、内部事故時非電源端からスライズレベル以下の電流が流出しても確実にトリップさせることができる。非電源端の流出電流対策として、別置の過電流リレー 51L の不動作を条件に非電源端制御 (トリップ側信号強制送出) の方法もあるが、通常の過電流リレーでは常時の潮流で動作していた場合、復帰速度が遅れるのでトリップ時間も 51L の復帰時間だけ遅延する。スライズレベルによる場合は本質的に上記問題は存在しない。電源端の電流を基準とした位相特性は図 14. のようになり、逆位相域にも動作域

表 2. 高周波を含む故障形態とリレー動作

故障パターン	$\frac{i_{fo}}{i_{info}}$	$\frac{i_{fo}}{i_{info}}$	$\frac{i_{fo}}{i_{info}}$	$\frac{i_{fo}}{i_{info}}$
方式	B \rightarrow A	B \rightarrow A	B \rightarrow A	B \rightarrow A
過渡対策付 OFF ON DELAY 形伝送遅延補償方式	誤動作	誤動作	正動作	誤動作
シフトレジスタ形伝送遅延補償方式	正不動作	A 端誤動作	B 端誤不動作 (A 端トリップ後シリーストリップ)	B 端誤動作
フィルタ追加方式	正不動作	正不動作	正動作	正不動作

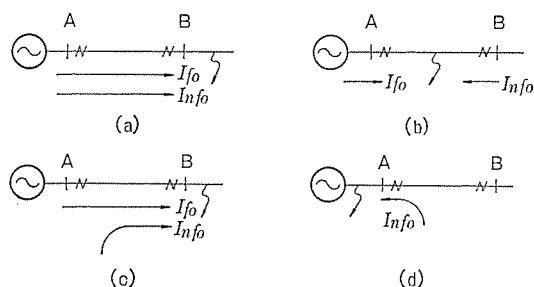


図 17. 高周波電流を含む故障形態

が存在する。

3.3 デジタル式伝送遅延補償回路

伝送遅延補償回路としてサンプリングパルス発生用発振器 OSC とシフトレジスタを図 15. のように組合せて構成した。図は 8 ビットのシフトレジスタを使用した場合を示したもので、第 1 ビットのレジスタは、パルス V_S がきたとき V_{IN} の状態を記憶し、第 2 ビットのレジスタは、パルス V_S がきたときの第 1 ビットの状態を記憶する。このようにして、第 8 ビットまでシフトしてくると、第 8 ビットのレジスタの内容は V_{IN} を t 時間だけ遅らせたものとなる。ただし、この t 時間はパルス V_S の周波数を f (Hz)、ビットの数を n とすれば

$$t = \frac{n}{f_s} \text{ (S)} \quad (1)$$

また、サンプリング誤差による誤差位相角 $\Delta\theta$ は、系統周波数を f_0 (Hz) とすれば

$$\Delta\theta = 360^\circ \times \frac{f_0}{f_s} \text{ (度)} \quad (2)$$

となる。実際には、 $f_s = 8 \sim 20$ (kHz) を使用し、60 Hz ベースで $\Delta\theta = 2.4 \sim 1.1^\circ$ の誤差以内で、忠実にどんな波形でも 4~10 (kHz) 以下であれば遅延させることができるようにした。図 16. に伝送遅延補償回路の追従性能オシロを示す。

3.4 高周波電流貫通に対する誤動作防止

系統事故時数 kHz 以下の減衰性高周波電流が過渡的に流れるが図 17. の各ケースですべて正応動する必要がある。

図 11. の BPF が CT 2 次電流の直流分除去のためギャップ付入力トランス だけによって構成した場合、高周波電流成分に比して基本波電流成分が少ないと、高周波成分が強調されているので SL の出力は高周波の ON-OFF 信号となる。この周波数が信号伝送装置と、伝送遅延補償回路の周波数応答能力を超えると位相比較信号の忠実な再現ができなくなり、誤動作、誤不動作の可能性が生ずる。信号伝送装置は、G 帯域 FS 方式 1,200 ポーで 1 kHz 程度、伝送遅延補償回路は、サンプリング周波数 8~20 kHz のデジタル式で 4~10 kHz の周波数応答能力を有している。したがって図 17. (a) のように

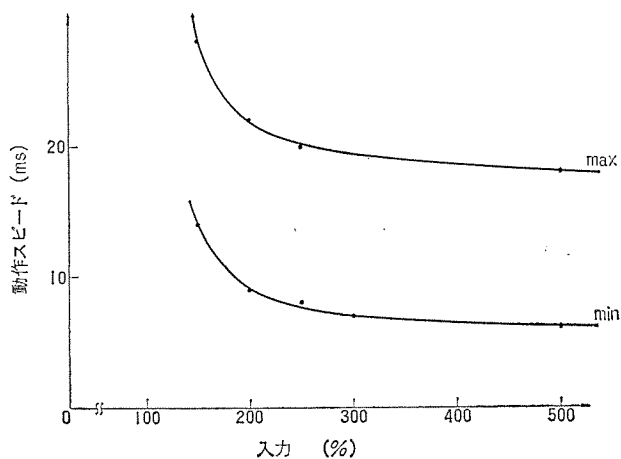


図 18. 位相比較リレーの動作時間特性

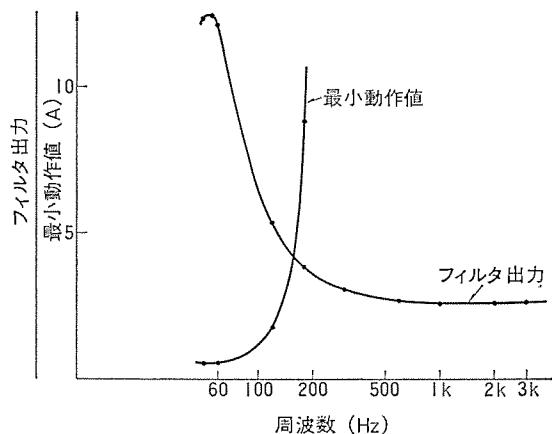
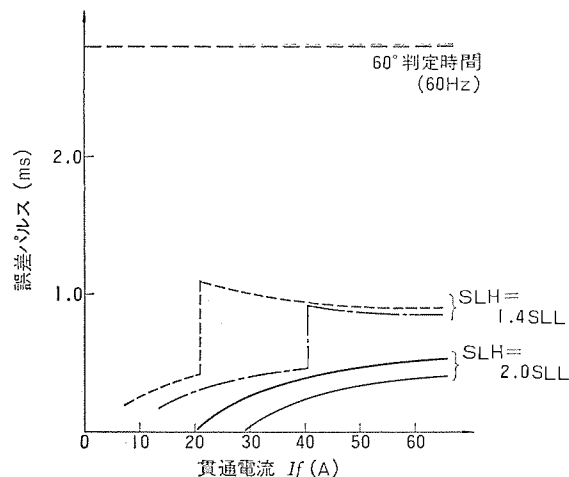
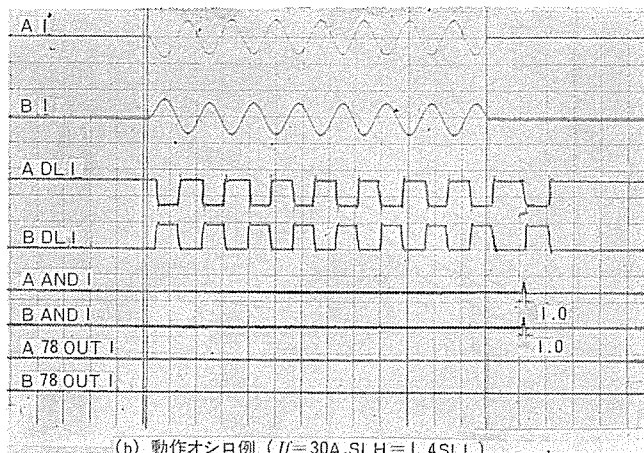


図 19. 位相比較リレーの周波数特性



(a) 減衰時の誤差出力

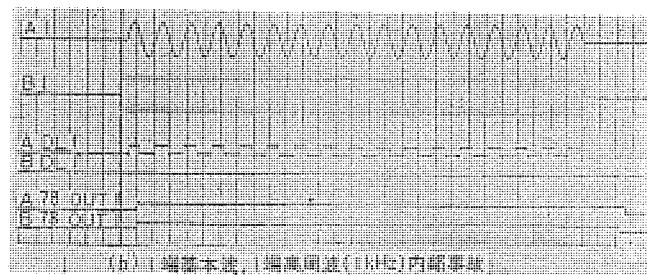


(b) 動作オシロ例 ($I_f = 30A, SLH = 1.4 SLL$)

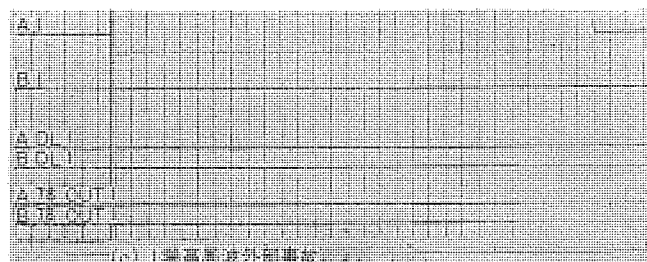
図 21. 減衰時の誤差出力



(a) 基本波・高周波両端貫通事故 (1kHz 100%重畳)



(b) 1端基本波・1端高周波(1kHz)内部事故



(c) 1端高周波外部事故

図 20. 高周波電流を含む事故時の動作オシロ

両端に高周波電流が流れるケースでは、 60° 判定を行っているので誤動作はない。しかし、図 17. (c) のような 1 端のみ高周波電流が流れるような外部事故を考えると、信号伝送装置に忠実な再現性が期待できなくなり、高周波電流のない端子が誤動作する。この対策として、信号伝送装置の周波数特性を改善することも考えられるが、帯域が広くなり実用性がない。また、図 17. (b) のような 1 端に高周波電流が流れるような内部事故では、逆に再現性が良いことは不動作となり、高周波電流減衰までトリップ時間が遅延する。このため図 11. のように位相比較リレーの入力回路にバンドパスフィルタをそう(挿)入し、直流分だけでなく信号伝送装置の許容周波数以上の成分をシャ断することにした。バンドパスフィルタのそう入により、基本波に対しても遅れを生じ、低電流域の動作スピードに遅延が生ずるが、図 18. のようにタップ値の 200% 以上の入力では問題ない時間となった。図 19. に周波数特性、図 20. に高周波電流を流した時の動作オシロを示す。

BPF をそう入した場合、事故発生、除去時に生ずる BPF の過渡電圧が両端で一致なくなると誤動作する。通常、事故発生時より除去時のほうがきびしい。そのため BPF はコンデンサの容量補正、リアクタの直流抵抗補正を行い、過渡定数を極力そろえている。

また、CT 誤差、部品定数の経年変化を考慮しても、両端の BPF 出力の位相誤差は、ピーク値誤差に比し与える影響は小さいので、ピーク値誤差を検討しておけば十分である。図 21. は貫通外部故障除去時のピーク値誤差により生ずる両端のトリップ許容信号の重複時間と整定レベルの関係を示す。

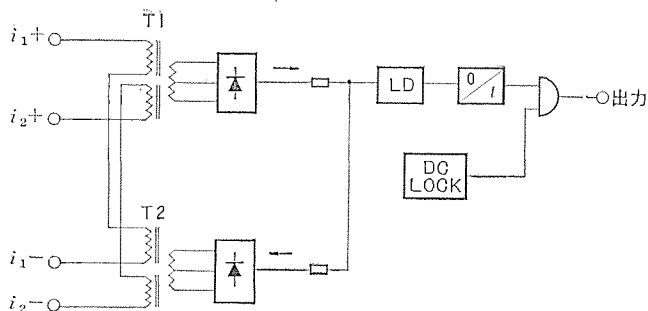


図 22. 電流差動リレーの構成

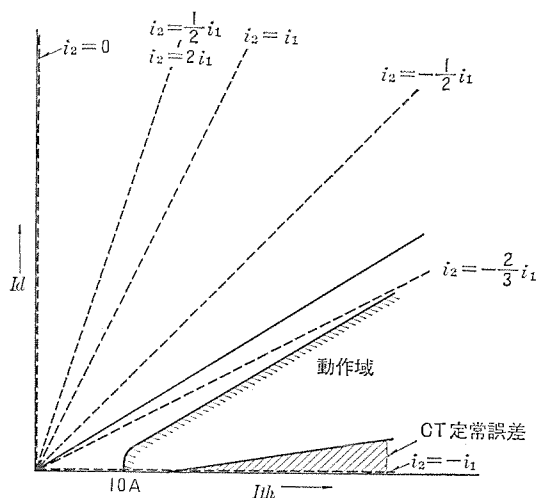


図 23. 電流差動リレーの比率特性

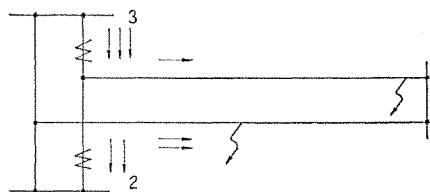


図 24. 多重事故時の流出電流

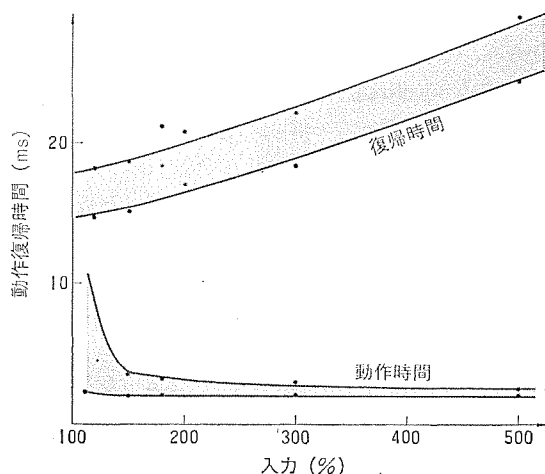


図 25. 電流差動リレーの動作復帰時間特性

4. 電流差動リレー

4.1 構成

図 22. に 1 相分の電流差動リレーの構成を示す。2 個の CT の和電流、差電流をおのこの整流し、差電流が和電流の一定比率以上なることをレベル検出器 LD で検出するもので、動作式は下記のようにしている。

$$|i_1 - i_2| - \frac{1}{k} \{ |i_1 + i_2| - K_R \}^+ > K \quad \dots\dots\dots (3)$$

ただし k : 比率

K_R : リミッタ

K : タップ値

$\{ \}^+ : \{ \}$ 内の項が負のときは零

4.2 動作

系統 1 次電流 50 kA 流したとき、2 Hz まで鉄心飽和しない CT が継続して飽和しない電流値は 10~20 kA なので CT 比 4,000/5 を考慮し、最小感度電流を 10 A としている。図 23. は $I_{th} = i_1, i_2$ の min, $I_d = i_1 + i_2$ として表したときの比率特性を示す。比率は 60% とし、図 24. のような両回線事故で不必要にロックするのを防止するため、 $2/3$ 流出で $i_d = 40$ A までオフセットしている。図 25 に動作、復帰時間特性を示す。

5. 装置の信頼性管理

以上の性能を満足させるため装置は、全静止形で構成しているので電子部品の使用数はかなり多量になる。1 部品の不良があっても装置としての機能は損なわれるため、十分なデレティング率、冗長設計のもとに、つぎの品質検査を行い、装置の信頼性向上を図っている。

- (1) 十分な使用実績のある認定部品を使用している。
- (2) 特別管理製造ラインの布設による QC の実施
特にトランジスタ、IC については部品製造段階から特別管理製造ラインにより製作
- (3) 部品、プリントカード、継電器、装置の各段階におけるエージングを行い、初期不良の徹底摘出を実施

6. むすび

以上、500 kV 線路保護継電装置の製作に当たって検討してきた問題点とその対策について述べた。今後も系統保護技術もより高度なもの、信頼性の高いものを要求されてくるので、鋭意これらの研究、開発に努めていく所存である。

終わりに、これらの問題の提供と対策検討に終始ご指導賜った関西電力(株)をはじめ各電力会社の関係各位に深く感謝する。

参考文献

- (1) 三上ほか：500 kV 用保護継電装置，三菱電機技報，45，No. 9 (昭 46)
- (2) 三上ほか：超高圧パイロット継電方式の新技術，三菱電機技報 46，No. 6 (昭 47)

500kV用母線・変圧器保護継電装置

辻倉 洋右*・江田 伸夫*・畑田 稔*・岡田 明*・三宅 康明*

1. ま え が き

500 kV 系統も現在いよいよ本格化しつつあり今後の我が国の基幹系統としてその使命はますます重要なものとなりつつある。特に 1,000~1,500 MVA という大容量機器の電気所を直接保護する 500 kV 母線・変圧器保護装置は事故時の系統全体に及ぼす重大さから従来装置に比べ格段の信頼度、性能の向上を要望されている。

当社では昭和 46 年東京電力(株)房総変電所向けとして我が国初の 500 kV 母線・変圧器保護装置を納入して以来、現在まで 500 kV 母線保護装置 6 電気所、500 kV 変圧器保護装置 6 電気所 13 バック(製作中含む)の多数の製作納入実績を得ている。

本文では 500 kV 母線・変圧器特有の問題点、これに対する保護の考え方について、現在までの製作実績に基づく具体例を示しながら以下各項について紹介する。

2. 500 kV 母線保護継電装置

2.1 500 kV 母線保護の特異性

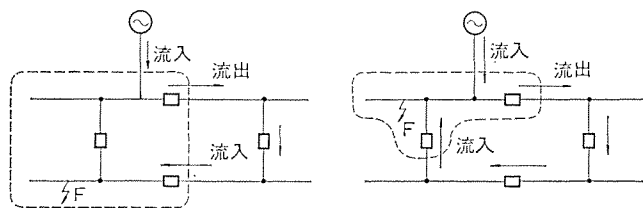
500 kV 母線保護が従来の母線保護に比較し、特に要求される項目は下記のとおりである。

(1) 2 重母線 4 ブスタイあるいは 1.5 CB 母線構成における母線内部故障時の流出電流の影響を受けないものであること。

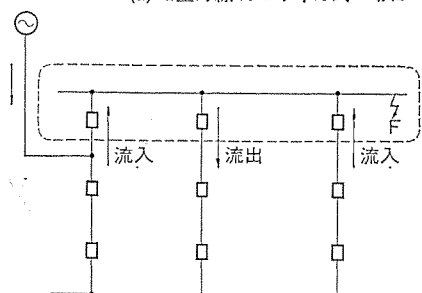
すなわち図 1. に示すように 2 重母線 4 ブスタイあるいは 1.5 CB 母線においては、母線間に閉ループができ、母線内部故障時、最悪ケースを考えれば流入 2 に対し流出 1 の電流が流れるのでこれの影響を受けないものとする必要がある。

(2) 動作スピードの高速度化

系統過渡安定度限界から リレー 2 サイクル+しゃ断器 2 サイクル=4 サイクル以内が必要とされている。



(a) 2重母線4ブスタイ方式の場合



(b) 1.5CB方式の場合

図 1. 母線内部故障時流出電流の分布

(3) 短絡電流増大、直流分時定数増大による CT 飽和対策

500 kV 系統においては 50 kA の短絡電流に最悪の場合 100 % の直流分が 100 ms 程度の時定数で重畳する。

(4) 誤動作、誤不動作に対する信頼性がより高いこと。

以上の問題点に対しそれぞれ下記のような対策が必要であり、以下各項において詳細説明する。

(a) 主リレーとしては、内部故障時流出電流の影響を受けず、外部故障時の CT 飽和に対して誤動作しない高速度静止形の採用。

(b) 励磁特性付 CT (電圧差動用)、過渡特性付 CT 等の採用。

(c) 自動監視、2 系列化等による信頼度向上対策の採用。

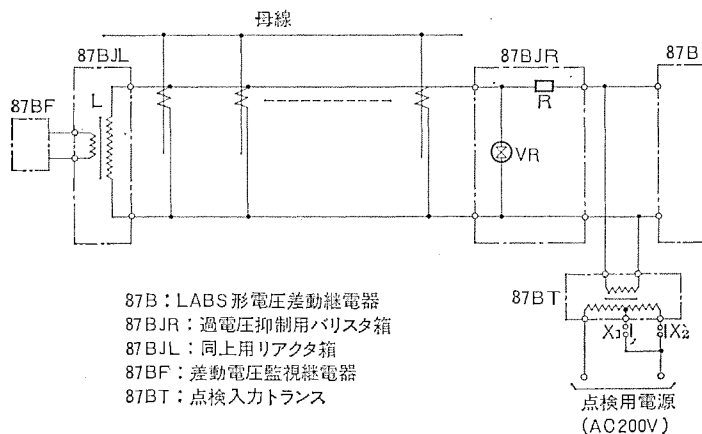
2.2 500 kV 母線保護継電器と CT

前記要求を満たす 500 kV 母線保護継電器として当社では下記 2 方式を標準としており、その構成をそれぞれ図 2., 3. に示す。

(1) LABS 形電圧差動方式

(2) TABS 形位相比較比率差動方式

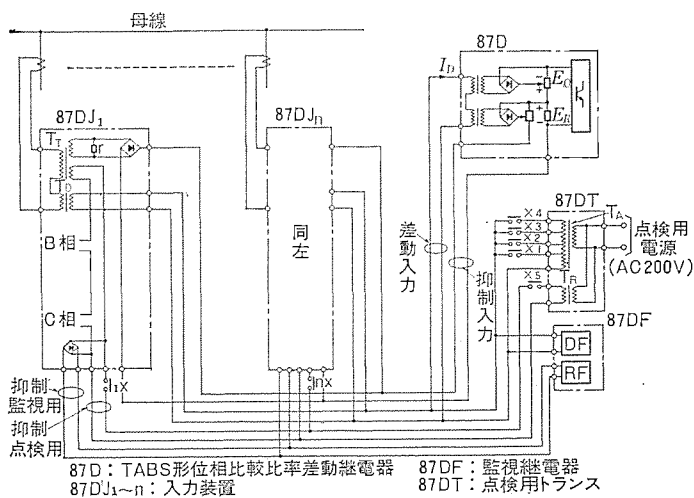
LABS 形電圧差動方式は同一変成比の専用 CT を差動接続し、差動



87B: LABS 形電圧差動継電器
87BJR: 過電圧抑制用バリスタ箱
87BJL: 同上用リアクタ箱
87BF: 差動電圧監視継電器
87BT: 点検入力トランス

点検用電源 (AC200V)

図 2. LABS 形電圧差動方式回路構成図



87D: TABS 形位相比較比率差動継電器
87DJ_{1~n}: 入力装置
87DF: 監視継電器
87DT: 点検入力トランス

図 3. TABS 形位相比較比率差動方式回路構成図

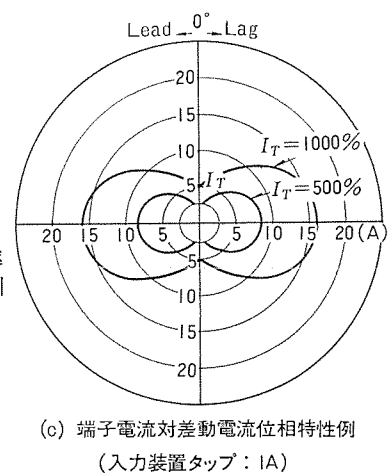
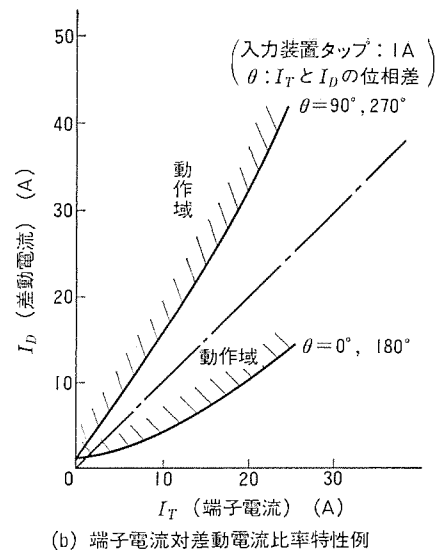
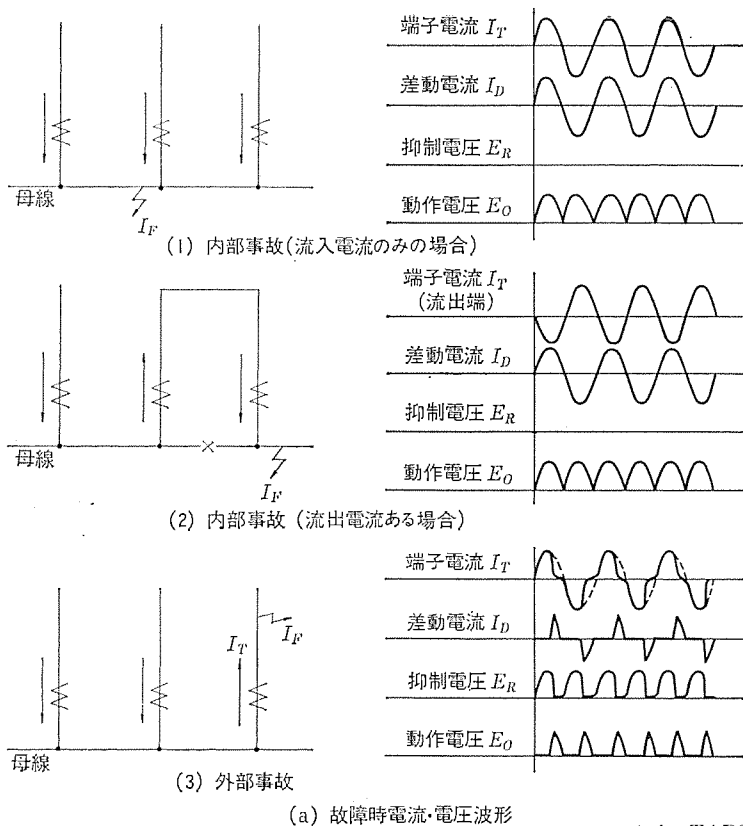


図 4. TABS 位相比較比率差動方式原理説明図

(例 1)

表 1. 500 kV 母線保護用 CT 仕様例

電圧差動用	C T 比	4,000/5 A	8,000/5 A
	飽和電圧	600 V 以上	1,200 V 以上
	励磁特性	300V で 0.2A 以下	600V で 0.1A 以下
	2 次巻線抵抗	1Ω 以下	2Ω 以下
電流差動用	C T 比	4,000/5 A	8,000/5 A
	定格負担	100 VA	同左
	誤差階級	1.0 級	同左
	過渡特性	a. 残留磁束最大, 故障電流 50kA, 直流分時定数, 0.1 秒にて 2 サイクルまで誤差 10% 以下 b. 直流分時定数 0.03 秒のときは時間に無関係に誤差 10% 以内	

注) 電圧差動方式用については実効的な巻線比誤差がないこと。(バックターンは不可)

(例 2)

電圧差動用	C T 比	4,000/1 A	8,000/2 A
	誤差階級	1.0 級	1.0 級
	定格負担	25 VA	100 VA
	定格過電流定数	20 以上	20 以上
	2 次巻線抵抗 (75°C にて)	10Ω 以下	15Ω 以下
	2 次洩れインピーダンス	無飽和時 20Ω 以下 飽和時 10Ω 以下	30Ω 以下 15Ω 以下
電流差動用	C T 比	4,000/1 A	8,000/2 A
	誤差階級	1.0 級	1.0 級
	定格負担	25 VA	100 VA
	定格過電流定数	120 以上	60 以上
	2 次巻線抵抗 (75°C にて)	10Ω 以下	15Ω 以下
	過渡特性	a. 残留磁束最大, 故障電流 50kA, 直流分時定数 0.1 秒にて 1.5 サイクルまで誤差 10% 以下 b. 直流分時定数 0.03 秒のときは時間に無関係に誤差 10% 以内	

注) 例 1 と同様

回路のインピーダンスを大きくすることにより, 内外故障の判別を確実に行うとともに, また単純な差動方式ゆえ内部故障時の流出電流の影響を受けない方式となっている。この方式は 2 重母線の一括保

護, 1.5 CB 母線の保護など, 断路器条件により CT 入力切替えが不要の場合には最も簡単で確実な方式である。

TABS 形位相比較比率差動方式は図 4. に示すように各端子 CT 2 次電流と差動電流の位相が内部故障時は 0° (流出ない場合), 又は 180° (流出ある場合) 付近であり, 外部故障時は 90° 付近であることを利用しその瞬時値を比較して内部故障時は低比率特性, 外部故障時は高比率特性としたものである。したがって内部故障時の流出電流の影響を全く受けず, しかも外部故障時誤動作しない方式となっている。この方式は入力装置 2 次回路において断路器条件により回路の切替えが可能であり 2 重母線の分割保護用として使用している。

またこれらのリレーに組合せる CT としては表 1. のような仕様のものが使用されている。なお電圧差動方式に使用する CT 2 次ケーブルは, 抵抗値を低く抑えるとともに専用ケーブルとして内部故障時発生する高電圧により他回路に誘導電圧を発生させない配慮が必要である。

また電流差動方式 (位相比較比率差動方式) 用の CT としては線路, 変圧器用 CT (コアを共用する場合もある) と同様, 過渡特性付として外部故障時の誤差を軽減している。なお電流差動方式において専用コアの場合には CT 2 次回路において差回路を構成し差回路抵抗をそう (挿) 入することにより外部故障時の誤差を更に軽減することが可能である。

2.3 500 kV 母線保護継電装置の構成

500 kV 母線保護継電装置の種類としては母線構成, 装置の構成の

表 2. 500 kV 母線保護継電装置の概要

母線構成	2重母線4バスタイ方式	2重母線4バスタイ方式	1.5CB方式
装置構成	甲、乙装置分離	甲、乙装置一体	甲、乙装置分離
スケルトン			
保護方式	一括：電圧差動方式 分割：電流差動方式 (分割入力装置甲、乙分離)	一括：電圧差動方式 分割：電流差動方式 (分割入力装置甲、乙共用)	電圧差動方式
自動監視	有	有	有
後備保護	母線分離(リモートバックアップ)	CB不動作対策(ローカルバックアップ)	同左
盤面 (700幅×2300)			
端子数	各9端子+母連1+セクション1	各10端子+母連1+セクション2	各10端子

方法により表 2. のように 3 種類が実用されている。

2 重母線 4 バスタイ方式においては一括+分割保護の構成とし、一括保護用としては電圧差動方式、分割保護用としては電流差動方式(位相比較比率差動方式)を使用している。この場合装置の構成の方法には表 2. のとおり甲乙装置分離する方法と甲乙装置を一体にする方法とがある。甲乙装置分離する方法は一括保護継電器(電圧差動方式)は甲乙おのおのに設けこれを並列にして使用し、分割保護継電器(電流差動方式)は入力装置も甲乙おのおの専用に設け入力装置を CT 2 次回路において直列に使用することにより、装置を直列回路も含めて完全に分離したものである。この方法によれば甲乙おのおのを単独に運用可能であり、一方の事故を他方に波及させない等の利点があるが、甲乙装置を一体にする方法に比べ、一括保護継電器、分割保護用入力装置が 2 倍必要である。

1.5CB 母線においては断路器条件による切換えが不要であることから電圧差動方式の使用が可能であり、母線保護にとっては単母線が 2 組あることに相当するので甲乙装置を分離でき、装置としては簡単なものとなる。また建設当初 6 回線まではリング母線に相当するので送電線保護、変圧器保護の保護範囲をラップさせれば母線保護は不要である。

なお 2 重母線 4 バスタイ方式においては前述のように一括、分割保護リレーにより必然的に直列 2 重化が行われているので誤動作防止が図られているが、不動作に対する信頼度向上策としてはリモートバックアップ方式によるものと、母線保護装置自身を 2 系列化する方法とがある。

また 1.5CB 母線においては、母線方式自体が片母線停止時にも系統の連けいを保ち得る特長を持っていることから、母線保護装置についても主リレーにする直列 2 重化は特にせず、不動作に対する信頼度向上策として装置の 2 系列化を行っている。

2. 4 自動監視

500 kV 母線保護としては上述のとおりリレー方式自身高性能、高信頼度とするとともに、常に装置を完全な状態に保つことが必要である。特に母線保護装置は入出力回路が多く、関連機器を含めての信頼度維持が重要である。このため 500 kV 母線保護としては常時監視、自動点検を行い、単にリレーの不良を発見するだけでなく、CT、PD 2 次回路も含めたできるだけ広範囲の不良が発見できるものとしている。例えば前記図 2. に示すように電圧差動方式については

差動電圧の常時監視により CT 2 次回路の断線、また点検電圧印加し常時監視リレーの動作を確認することにより CT 2 次回路の短絡、CT 2 次差動回路の断線等が発見できるようにしている。なおこの点検入力印加点は主リレーと直列抵抗の間とし主リレー点検時にも大容量点検入力が必要としないよう考慮されている。また前記図 3. に示すように電流差動

方式(位相比較比率差動方式)については差動電圧の監視、抑制用入力変成器 3 次残留電圧の監視により CT 2 次回路の断線、入力装置自身の不良を発見するとともに、差動回路、抑制用入力変成器 3 次巻線から点検入力を印加して最小動作、比率特性の点検を行い、CT 2 次回路の短絡、リレー自身の不良まで完全に発見するものであり、しかも監視回路、点検回路の共用化により回路を簡素化している。

この自動監視装置としてははん(汎)用性が高く、自動プログラム点検とスキャン監視とを特長とした当社標準装置を使用している。

3. 変圧器保護継電装置

最近では 500 kV、1,000 MVA 級の変圧器も各所で運転されており、今後とも系統規模の拡大、電源の大容量化に伴って 500 kV 大容量変圧器が増加していくことは必至である。この変圧器の大容量化に伴い保護継電装置も従来以上に高性能化、高信頼度化が必要となってきている。特に油入機器である変圧器にとって事故時の事故拡大、波及防止は社会的要求となっており保護継電装置に課せられた使命は重大である。

当社では早くからこの 500 kV、1,000 MVA 級の変圧器用静止形保護継電装置の開発に着手し、昭和 47 年 3 月に製品第 1 号を東京電力房総変電所に納入して以来現在まで納入実績として、1 発電所、5 変電所に計 13 バックの実績をもち順調に運転されている。

以下に 500 kV、1,000 MVA 級の変圧器の保護上における留意点と、代表的な保護継電装置についてその概要を述べる。

3. 1 500 kV 用変圧器の形態と保護方式

現在我が国で運用に入っている 500 kV 変圧器の形態とその保護原理ブロック図は図 5.、6.、7. のとおりである。

図 5. は 500 kV 変電所用として最も一般的な 500 kV/275 kV 用の単巻変圧器であり、その主たる保護継電方式は比率差動継電方式(87 方式)で、短絡、地絡保護共用である。図 6. は 500 kV/154 kV 用の変圧器であり、500 kV 直接接地系と 154 kV 高抵抗接地系の異質の系統を連系する関係上絶縁の切れた 2 巻線形変圧器となっている。この変圧器の保護継電方式としては、短絡及び 500 kV 側の地絡事故に対しては比率差動継電方式をとり、154 kV 高抵抗接地側の地絡事故に対しては地絡保護専用的高感度零相比率差動継電方式(87 G 方式)をとっている。しかしこの 500 kV/154 kV の変圧器は

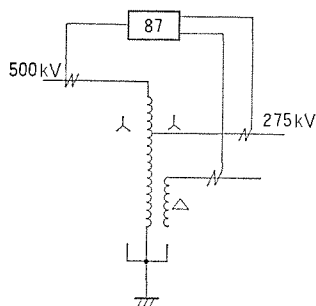


図 5. 500/275 kV 変圧器と保護

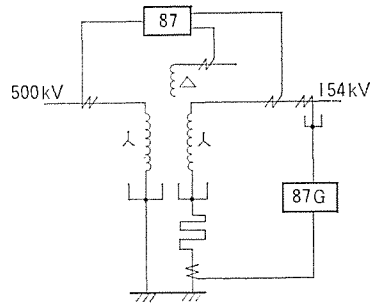


図 6. 500/154 kV 変圧器と保護

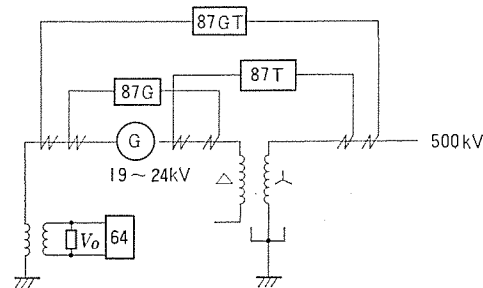


図 7. 500/19~24 kV じか上げ変圧器と保護

適用箇所の点から、その数はやや少ない。

図 7. は 500 kV/19~24 kV のじか上げ式の発電所用変圧器であり、発電機電圧 (19~24 kV) から直接 500 kV の超々高圧に昇圧するための変圧器で、発電機中性点側の接地方式 (トランス 接地) と 500 kV 側の接地方式 (直接接地) が異なるため図 6. の変圧器と同様 2 巻線形変圧器となっている。この変圧器の保護継電方式は従来発電機の保護と一緒に考えられてきていたため図 7. の GT 87 比率差動継電器で保護を行っていたが、最近の大容量変圧器では変圧器専用 87 T 比率差動継電器を設置するケースが多くなっている。変圧器低圧巻線側では変圧器として接地をとらないため地絡保護専用の 87 G を接地できないが、発電機の地絡保護と一緒にして、発電機中性点側で零相電圧による地絡保護を行っている。

以上 500 kV 変圧器の形態とその保護方式を簡単に記述したが、実際には比率差動継電方式といっても一括、分括保護 リレー、故障検出 リレー、後備保護 リレー とかが付加される上に、信頼度向上策として 2 重化、2 系列化が行われ更に自動点検監視装置等も付加されるため保護継電装置としては盤面数として 1 バック 当たり 5~6 面構成となっている例が多い。

3. 2 500 kV 用変圧器保護とその留意点

変圧器が 500 kV となり大容量化されたといっても従来の保護方式が根本的に変わることはないが、変圧器の形体の変化、系統条件、系統に与える影響度から考えれば当然それなりの留意が必要となってくる。ここでは 500 kV 変圧器として最も数の多い 500/275 kV 単巻変圧器を例にとって保護上の一般的な留意点を述べる。

(1) 単巻変圧器のインピーダンスと保護検出感度

単巻変圧器は、低圧巻線を変圧巻線の一部として共用しているため、通過容量 (P_t) に比べ自己容量 (P_s) が小さくてよく、($P_s = P_t \cdot \gamma = P_t \times (1 - V_L/V_H)$) 変圧器の小形化、低損失化の面で非常に有利であるが、反面自己容量が小さいため同一の通過インピーダンス $\approx \%$ を得るためには単巻変圧器の内部インピーダンスは $\approx \frac{P_t}{P_s} \%$ と高インピーダンスとならざるを得ない。500/275 kV 単巻変圧器では $\frac{P_t}{P_s} = \frac{V_H}{V_H - V_L} = 2.2$ であるため、同一の通過インピーダンスをもつ 2 巻線変圧器の内部インピーダンスの 2.2 倍の内部インピーダンスを持つことになる。このため単巻変圧器では層間短絡、中性点付近の 1 線地絡事故、3 次巻線事故の場合に故障電流が少なくなるため従来の比率差動継電器そのままではそれだけ検出感度が低下することになる。また単巻変圧器に限った事ではないが、一般に変圧器が大容量化されるに従い変圧器コイルを複数個並列にするため同じ故障電流でも並列コイル数が増加するに従い、定格電流に対する故障電流の割合が低下するためその分だけやはり検出感度が低下することになる。このため一般には 500 kV, 1,000 MVA 級の単巻変圧器では 1 ターン層間短絡の故障電流は変圧器定格電流の 1/5~1/10 程度にしか見えないため、従来

の比率差動継電器そのままでは検出困難である。このため実際の保護装置では比率差動継電器の差動のかけ方を変えてタップチェンジャの影響を受けないようにして高感度化を計ったり、SP リレー等の機械式リレーを併用して高感度化に努力しているが、完全に 1 ターン層間短絡を検出するところまで至っていないのが現状である。

しかし現在の変圧器タンクの強度から考えれば、1 ターンレア故障のエネルギーでタンク破壊に至る恐れは無いため、1 ターンレア故障検出そのものに保護装置としてどこまで投資をするべきか検討を要するところである。そこで逆の見方をすればもし 1 ターンレア故障を簡単に (安価) に検出する方法さえ見つければ、1 ターンレアといえども変圧器内部事故であるためできるだけ早く検出してクリアすることが望ましいのは言うまでもない。

以上の事から

当社でもこの 1 ターンレア故障検出についていろいろな面から研究を進めてきており、数多いアイデアの中から実用化可能なものを選出して既に具体的な検討段階に入っている。

(2) 調整変圧器別置形変圧器とその保護

主変圧器と調整変圧器が別タンクに収納された変圧器においてはその保護も別々に行う必要がある。すなわち主変圧器と調整変圧器とを一括して比率差動継電器で保護するとすれば、比率差動継電器の感度の点から調整変圧器の十分な保護は期待できない。これは調整変圧器容量が主変圧器容量に比べて著しく小さいにもかかわらず、継電器は主変圧器定格電流を基準にした検出感度になっているためである。なお主変圧器と調整変圧器とを別個に保護する方式の詳細は 3. 3 節で記述する。

(3) 1.5 CB 母線方式と保護

1.5 CB 方式の母線に接続される変圧器の保護においては和電流 CT 接続による差動継電方式が従来の 3 巻線形比率差動継電器をそのまま使用できるという点で最も簡単であるが、実際には外部事故時に流れる母線間の貫通電流によって変流器間に誤差電流が発生して比率差動継電器の誤動作を誘発する恐れがあるため、図 8. に示すように各 CT 電流で個々に抑制をかけるいわゆる 4 端子抑制比率差動継電器を開発して対処している。接続など詳細は 3. 3 節参照。

(4) インラッシュ電流と保護

変圧器のインラッシュ電流を決定づける要素としては

- (a) 変圧器投入時の電圧位相
- (b) 変圧器鉄心の残留磁束
- (c) 背後電源インピーダンス
- (d) 変圧器の設計 (材料、構造も含む)

等があるが、一般には大容量変圧器になるほど励磁突入電流の継続時間は長くなる反面、定格電流波高値に対する励磁突入電流波高値の倍数は小さくなる傾向にある。図 9. に 500/275 kV, 1,000 MVA

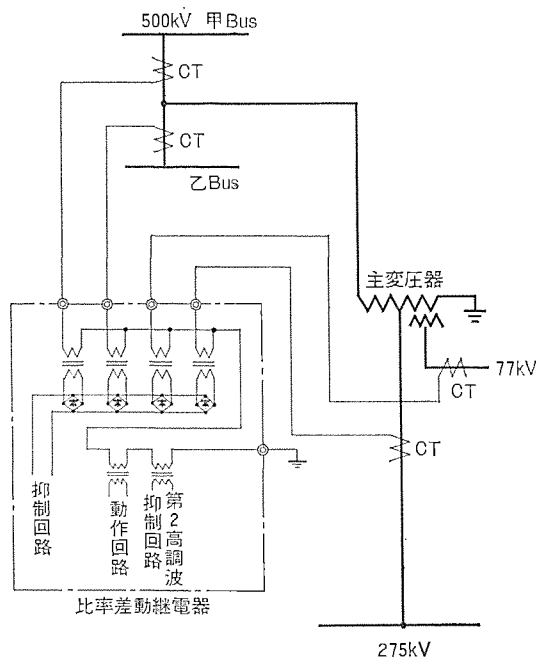


図 8. 4 端子抑制比率差動継電器外部接続

単巻変圧器の励磁突入電流波形の一例を示す。計算結果及びこれまでの実測例でもインラッシュ電流の大きさはいずれも変圧器定格電流の3倍以下であり、インラッシュ電流中の基本波分電流 (f_1) に対する第2高調波分電流 (f_2) の割合 f_2/f_1 はいずれも20%以上発生している。現在実運用されている比率差動継電器もインラッシュ電流対策としては、これまで最も実績のある第2高調波抑制方式を採用しており、十分な成果を上げている。またインラッシュ電流も定格電流の3倍以上には出ないため、比率差動継電器の瞬時要素の整定を定格電流の5倍に設定(従来の比率差動継電器では10倍)して高速度動作の範囲を広げている。

(5) CT 直流分飽和と保護

CT は1次側に直流分の重畳した電流が流れると、鉄心中の磁束はその直流分のために累積し、ついには鉄心飽和を起こして、CT 1次電流に比例した2次電流を出すことができなくなるいわゆる直流分飽和の現象を引き起こす。

この現象は何も500kV 系統特有のものではなく、275kV 以下の系統でも同じように発生するが、500kV 系統では一般に系統が非常に大きくなるため、故障電流そのものが大きくなる事、及び系統の直流分時定数が長くなるため、交流分飽和、直流分飽和ともしやすくなる傾向にある。これに加えてこのCT 飽和による保護継電装置の誤動作による500kV 系統への影響度を考えた場合、CT に何らかの直流分飽和対策を施すことがベターであることは言うまでもない。特に変圧器保護装置の場合、複数のCT の電流を組合せて差動電流回路を組むため、各CT それぞれの特性が十分に合っていることが望ましい。このため実際の500kV 変圧器保護装置用に設置されているCT はいずれも鉄心中にギャップを付けるなどの直流分飽和対策を施したものが使用されている。

3.3 500kV, 1,000 MVA 単巻変圧器保護装置の実施例

500kV, 1,000 MVA 単巻変圧器保護継電装置として既に多数納入していることは前に記述したとおりであるが、ここではそれらのうち最も代表的な2例についてその実施例を簡単に紹介する。

(1) 調整変圧器別置形 500/275kV, 1,000 MVA 単巻変圧器保護継電装置

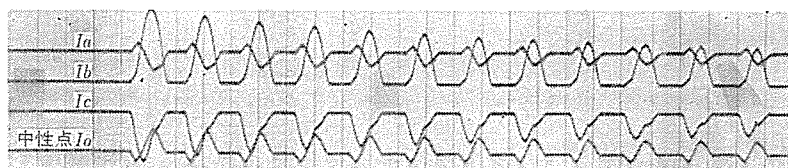


図 9. 500/275kV, 1,000 MVA 単巻変圧器励磁突入電流波形の例

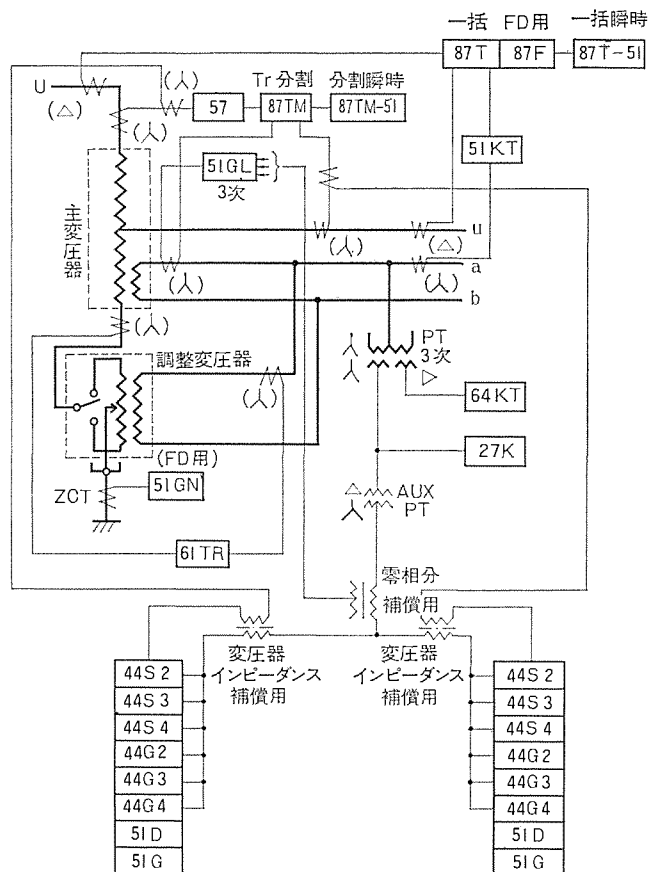


図 10. 500kV 単巻変圧器保護装置 スケルトン

現在東京電力(株)に納入し、運転に入っているものがこの例であり、1バンク当たり主保護盤2面、リモートバックアップを兼ねた後備保護盤4面の計6面から構成されており、装置は高速度化、高感度化、高信頼度化の見地から自動点検監視付の全静止形継電装置となっている。我が国初の500kV 変電所となった東京電力房総変電所に納入した保護継電装置のスケルトンを図10.に示す。

(a) 主保護継電方式

主保護継電方式としては、主変圧器差動保護、調整変圧器保護、それに主変圧器・調整変圧器一括差動保護からなっている。このうち主変圧器保護と主変圧器・調整変圧器一括差動保護は故障検出リレーと比率差動継電器で保護を行っているのに対し、調整変圧器単独保護は調整変圧器の電流がタップ変動にともない $\pm 100\%$ 変動するため差動保護を適用できないので次のような新しい保護継電方式を開発して適用した。すなわち調整変圧器の調整(共遊)巻線側電流 I_c と励磁巻線側電流 I_R の分布をあらゆるケースについて電子計算機により解析した結果、健全時及び外部故障時には調整巻線側電流 I_c は励磁巻線側電流 I_R に比べて $I_c/I_R > 3.62$ と十分大きく、内部故障時にはこの比 I_c/I_R が3.62より小さくなる。また、これら二つの電流 I_c と I_R の位相差は、健全時及び外部故障時には同相又は 180° 位相差付近にあり、内部故障時には 90° 又は 270° のほうに移動することも明らかとなった。これらの

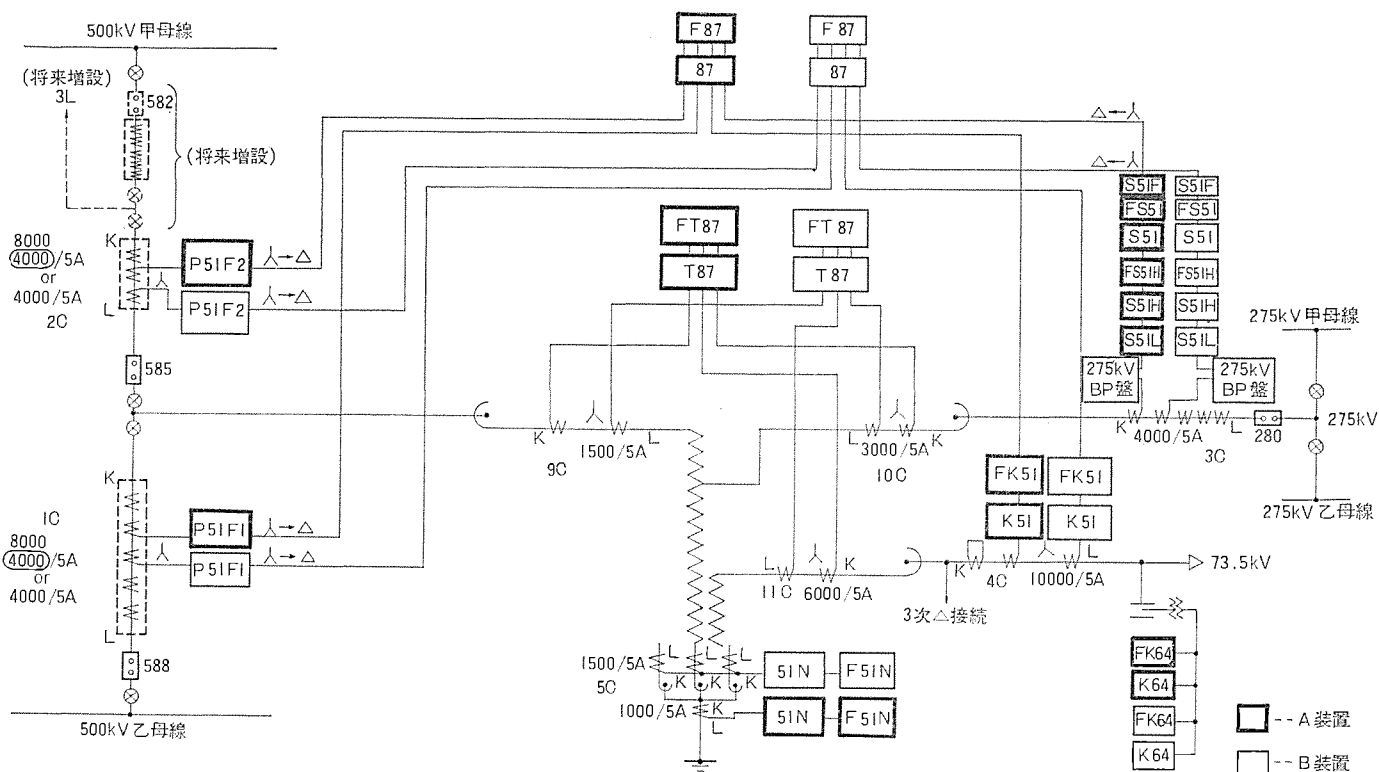


図 11. 500 kV 単巻変圧器保護装置 スケルトン

ことより調整変圧器保護には調整巻線側電流と励磁巻線側電流を比較して判断する電流比較継電器 (61 TR) を開発した。

(b) 後備保護継電方式

後備保護継電方式としては下記理由により 500 kV 側と 275 kV 側それぞれに距離継電器を設置する距離継電方式を採用した。すなわちしゃ断失敗をとまなう線路事故、CT と CB の間の盲点事故、しゃ断器事故及び母線事故でブスロ 不動作時のような場合には、従来の過電流保護方式では無方向のため選択能力がなく、全変圧器がしゃ断され当該電気所が全停となるおそれがある。しかし距離継電器方式を採用すれば変圧器インピーダンスを利用することにより、事故区間につながる変圧器の距離継電器のみ動作するため、関係変圧器の停止だけで済み波及を最小限に食いとめることができる。

(2) 調整変圧器内蔵形 500/275 kV, 1,000 MVA 単巻変圧器保護継電装置

現在関西電力(株)に納入し、運転に入っているものがこの例であり、1バンク当たり2系列方式の6面構成(1系列当たり3面)で、1系列ごとに比率差動継電器を中心とする主保護と過電流継電器を中心とする後備保護、それに CB 不動作対策継電器を中心とするローカルバックアップ保護からなっている。もちろん装置は高速度化、高感度化、高信頼度化の見地から自動点検監視付の全静止形継電装置である。図 11. に猪名川変電所に納入した保護継電装置のスケルトンを示す。

(a) 主保護継電方式

調整変圧器も主変圧器タンクに内蔵されているため保護方式としても主変圧器と調整変圧器を分離して保護する必要はなく、一括して比率差動継電器で保護を行っている。図 11. のスケルトンに示すように、母線構成が 1.5CB 方式のため比率差動継電器も 4 端子抑制形の比率差動継電器 (87 T) を開発して適用している。

また少しでも故障検出感度を上げるため変圧器 ブッシング CT を使用した 3 端子抑制形比率差動継電器 (87) も併置されている。

(b) 後備保護継電方式

後備保護継電方式としては過電流継電器+タイマによる過電流継電方式と CB 不動作検出継電器による CB 不動作対策方式からなっている。CB 不動作検出継電器 (51 F) はしゃ断器に対応して設置されている高感度高速復帰形過電流継電器でタップ値の 2 倍電流に対して復帰時間 5 ms 以内の高性能を備えている。

3. 4 500 kV 用変圧器保護継電装置と試験

この 500 kV 用変圧器保護継電装置用として当社模擬送電線設備に更に電圧、電流が実変圧器の 1/100 (電圧 5,000 V), 容量 1/10,000 のモデル変圧器を設置して各種性能限界試験を行うと同時に、ルーチンとしてこの設備を使用した総合動作試験を組み入れて装置の信頼性向上に努めている。

4. む す び

以上 500 kV 母線・変圧器保護継電装置について現在までの製作実績を基に、保護上の問題点、具体的対策について紹介したが、これらの成果は東京電力(株)及び関西電力(株)関係者のご指導、ご支援の賜であり、誌上を借りて厚く謝意を述べる次第である。

参 考 文 献

- (1) 三上ほか：500 kV 用保護継電装置，三菱電機技報，45，No. 9 (昭和 46)
- (2) 天野ほか：大容量電力用機器保護継電装置，三菱電機技報，46，No. 6 (昭和 47)
- (3) 高田ほか：最近の母線保護継電器，三菱電機技報，45，No. 11 (昭和 46)

最近の高抵抗系用継電装置

菅井英介*・中嶋安広*・下迫賀生*・海老坂敏信*・坂本昌一*

1. ま え が き

最近の電力系統においては、超高圧系拡張が行われている一方、その電力消費はますます都心部及びその周辺に集中する傾向が著しく表れている。その電力供給を行っている抵抗接地系送電線は従来に比べより多網化し、その保護装置においても経済性を考慮した高信頼性保護装置に変遷してきた。特にここ数年継電方式上目標とされ、また個々に実施された下記の項目

- | | |
|-----------|----------------|
| (1) 信頼性向上 | (5) 縮小化 |
| (2) 静止化 | (6) 点検監視 |
| (3) 無人化 | (7) 方式上の新要求 |
| (4) 省力化 | (多回線併架・ケーブル化等) |

をそれぞれ考慮し実用化された代表的5機種について本文でその細詳を述べる。なおこれらの継電装置はリレー単体と同様一つのリレーパッケージとして工場内では標準工程で量産され品質管理されて、実系統で数多く稼働している。

2. 全静止形回線選択保護継電装置

2.1 概要

22~77 kV の高抵抗接地系平行2回線の高速度選択保護に使用するため、小形化、保守の省力化及び信頼度向上を主目的に昭和46年試作品完成後1年間のフィールドテストを行い、47年から約100回線の納入実績を得ている。

この装置は、従来個々のリレーに組み込まれていた入力変成器部と静止回路で構成された判定部を分離し、入力変成器部を共用化することによって1面(幅700×高さ2,300 mmのJEM規格パネル)に1組~2組を収納できるもので、これは従来形に比べ $\frac{1}{3} \sim \frac{1}{4}$ に縮小されており、更に保守の省力及び信頼度向上について次の特長を有するものである。

(1) 試験器及び仮保護リレー接続用の接せん(栓)が用意されており、PAT形専用の試験器を使用すればリレー入力部から引外し指令までシーケンス部を含んだ一括試験が簡単にできる。

なお、専用の試験器を使用しない場合は盤面取付けのCT、PT用試験端子から試験入力を印加してリレーごとに試験を行うことができる。

(2) 50S及び44Sリレーの方向テストが簡単にできるとともに、相電圧から零相電圧を装置内で合成しているために、CT残留回路を使用したとき方向地絡リレーの方向テストが不用であり、また、CT 3次回路を使用したと

きは盤面取付けのPT 2次試験端子部で零相電圧の発生が簡単にできる。

(3) シーケンステスト用自動プラグ、リレー動作出力ジャックが用意されており、更にシーケンスタイム整定チェック用付属品等きめこまかな配慮がされている。

(4) 制御電源から引外し指令まで、主保護リレーと後備保護リレー回路の完全分離を行うことによって信頼度を上げている。

(5) 制御電源は、主保護リレー用と後備保護リレー用2組使用し一方が不具合となったときは高速度自動切換を行う。ただし負荷側の短絡故障時は切換ロックされ一方により保護は継続する。

(6) 主リレー出力及びシーケンス部出力の常時監視を行っている。また、万一監視により異常検出した場合、ロータリスイッチにより不具合点の選択ができる。

2.2 性能と方式

2.2.1 性能

従来形と同様次の性能を有している。

(1) 主保護区間故障及び、主保護区間内外部にまたがる故障に対して確実高速に故障除去動作を行う。

(2) 主保護区間外事故に対する遠方後備保護及び主保護区間故障に対する自端後備保護の機能を有している。

(3) 故障発生から引外し指令までの動作時間は次のとおりである。ただし主保護区間故障でリレー最小動作入力の200%入力において

短絡保護	50 ms 以下
地絡保護	80 ms 以下

2.2.2 定格

従来のリレーと同様、JEC-174及び電力用規格B104を満足している。

2.2.3 方式

従来と異なる主な点は次のとおりである。

(1) 入力一括方式

図2.に示すように従来各機能ごとのリレーユニットにあつた入力変成器部分を共用化することによって入力トランスの数量が従来の約 $\frac{1}{3}$ となり、装置縮小の要因となっている。

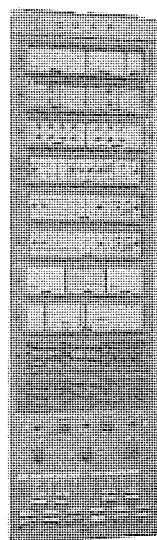


図1. 全静止形回線選択保護継電装置

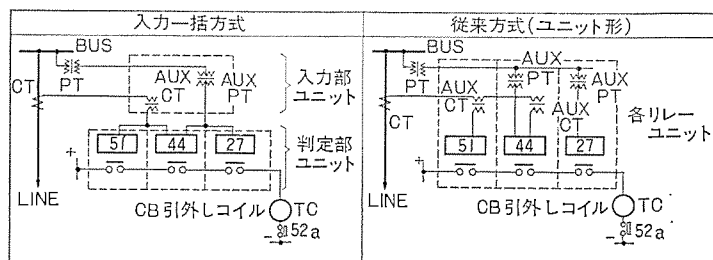


図2. 入力一括方式

(2) 常時監視

リレー 出力及びシーケンス 出力が一定時間以上継続したことを検出し、これらのどの部分の異常かを監視 リレーユニットの正面のロータリスイッチによりチェックできる。

(3) 監視以外の誤動作対策

51, 64 リレー 等のストップリレー による。ただし、64 リレー による試験放など1種類の リレー により引外し回路を構成するものは、静止化された判定部回路のみ2重化し別個に接点化して直列に引外し回路に使用してミストリップを防止している。

(4) 制御電源

トランジスタ回路には装置に組み込みの入力 DC 110 V, 出力 DC 12 V の DC-DC コンバータを使用している。コンバータは2組設置して1組を主保護用, 1組を後備保護用とし, 1組で全負荷を負担できるので, 出力側で異常検出をしたとき外部へ表示, 警報をすると同時に一方が不具合時は他方に切り換えを行う。ただし リレー 側の短絡事故の時は切り換えがロックされる。

(5) 消費 VA

CT 2次 15 VA, 零相 4 Ω, PT 2次 10 VA, 3次 5 VA 以下。

2. 3 装置構成

2. 3. 1 盤外形

幅 700×高さ 2,300×奥行 450~500 mm JEM 規格標準パネルに2回線1組~4回線1組収納している。

2. 3. 2 リレー

入力ユニット及び動作判定部のリレーユニットは大略次のとおりである。

(1) 入力ユニット

正面に 50 S, 44 S 等距離リレーの整定用ロータリスイッチが取付けられており, 内部には入力トランス及び入力変換用の抵抗, コンデンサ等が収納されている。なお整定はすべて3相一括, 一組のロータリスイッチで行っている。

(2) リレーユニット

正面には, (a) 動作表示灯, (b) 整定用ロータリスイッチ, (c) リレー動作信号取出し用ジャック, (d) シーケンステスト用ジャックがあり, またシーケンスリレーユニットには, (a) シーケンスタイム整定用つまみ, (b) シーケンスタイムチェック用ジャックがある。内部は動作判定及びシーケンス用のトランジスタ回路を収納したプリント基板がある。

2. 4 リレー試験

2. 4. 1 方向試験

(1) 選択短絡リレー (50 S) 及び方向距離リレー (44 S) は整定用ロータリスイッチを D-TEST の位置にセットすることにより感度 0.5 A 以下で動作する方向リレーとなる。

(2) 方向地絡リレーはリレー装置内で PT 2 次電圧から零相電圧を合成したものでは方向試験が不用である。ただし CT 3 次回路を使用した場合は, 盤面の PT 回路試験端子部で零相電圧の発生が簡単にできる。

2. 4. 2 シーケンステスト

各リレーユニットのシーケンステスト用ジャックにプラグをそう(挿)入することにより, リレーを手動動作させてシーケンステストをすることができる。

2. 4. 3 リレー特性試験

PAT 形専用試験器によらないで試験をする場合は, 盤正面の CT, PT 回路用試験端子に試験器を接続して各リレーユニットごとに順次試験を行う。

2. 4. 4 PAT 形可搬式試験器

図 3. に示す専用試験器を盤面の専用接せんで接続することにより, 種々の故障を模擬した電圧, 電流を一括保護継電装置に印加して装置からの引外し指令を受取り装置動作の有無と動作時間を表示し, 装置の単体動作表示と合わせて良, 不良の判定ができる。

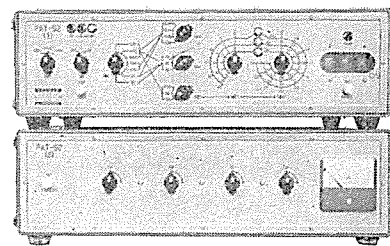


図 3. PAT 形可搬式試験器

3. ケーブル故障検出装置

ケーブル故障検出装置は他の保護継電装置と異なりリヤ断器にトリップ指令は与えないが, 次に述べるように非常に重要なものである。ケーブル故障検出装置は架空・ケーブル併用系統においてケーブル送電線部分だけの事故を検出して再閉路装置をロックする目的に使用される。電力系統故障時の供給支障時間の短縮及び自動復旧化を目的として, 重要な架空・ケーブル併用系統にはほとんど再閉路装置が設置されている。一般に架空送電線に発生した事故は消滅し再閉路成功の場合が多いが, ケーブル送電線内の事故は構造上永久故障が多く, 再閉路失敗となるだけでなく, 場合によっては投入で火災発生のおそれもあり非常に危険となる。それゆえ架空・ケーブル併用系統で再閉路装置が設置されている場合はその再閉路条件検出用としてこの装置が不可欠なものとなる。

都心部に電力を供給する系統は都市周辺までは架空送電線で送電され, 都心部に入るとケーブル送電線というのが現状である。このような架空・ケーブル併用系統は今後ますます増えていく傾向にある。

ケーブル部分だけの事故を検出する方法としては架空・ケーブル接続点に地絡方向リレーを設置して検出すれば簡単であるが, 架空送電線側に電源がない場合, またリレー設置点に PT がない場合使用できない。このような系統の条件に左右されなくて, 短距離のケーブル系の故障検出に最適な方式は表示線継電方式である。事故はケーブル内部から発生するのはまれで, ほとんど外的条件によるものである。その場合地絡を伴うので装置の目的, 構成上を考慮し, 短絡検出を省略してある。そしてまた, ケーブル区間の 2φG を検出するため短絡優先用の電圧リレーも省略してある。このような考え方で地絡保護の表示線継電装置を採用した。

構造外観は図 4. のとおりで, 一般に都心部の変電所内となる。一方, 図にはないが架空・ケーブル接続点側の装置はほとんどが屋外設置なので屋外形を標準としている。いずれも2回線分を1架に収納している。というのはほとんど2回線受電であるからそれを標準とした。

図 4. は幅 700, 高さ 2,300, 奥行 600 mm の箱体で前面はとびら構造となっている。とびら部分にリレーを取付けており, 上半分が1号線用, 下半分が2号線用である。内部には絶縁変圧器など高圧器具を収納しており, とびらをあけて前面から保守・点検ができるようになっている。一方, 屋外用は, 幅 600, 高さ 2,000, 奥行 600 mm の箱体で, 前面はかぎ付のとびら, その内部にリレー取付け用のスイングパネルがある。その下部に高圧器具を収納している。

次に装置の概略回路を図 5. に示す。図中 87 C がケーブル区間の事故を検出するリレー, 64 動作とともに事故検出信号を出す。

64 PC はケーブル区間内の充電電流補償装置で, 外部事故による不

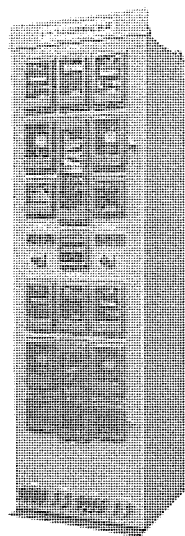


図 4. ケーブル 故障検出装置
故障検出端

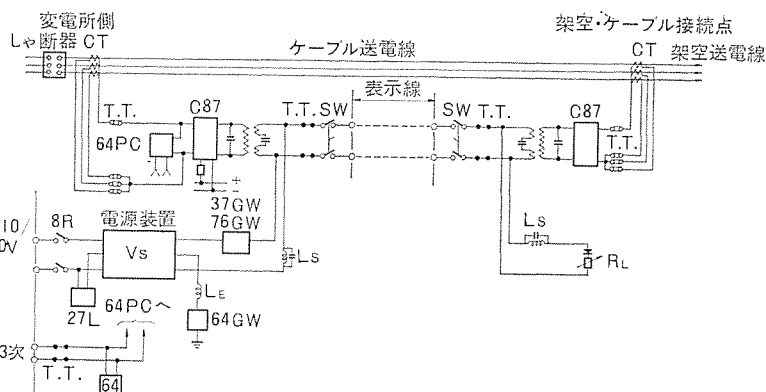
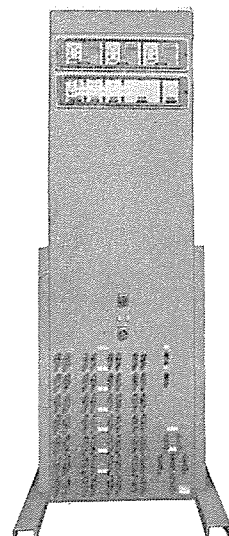


図 5. ケーブル 故障検出装置構成図

図 6. 簡易母線保護装置



要動作を防止する。その他 37・76 GW, 64 GW は表示線常時監視
リレーで, 27 L は監視電源低下 ロック用電圧 リレー。

上記説明のような変電所と架空・ケーブル 接続点までのケーブル 区間
はもちろんであるが, 今後も増えると思われる ケーブル 区間が送電線
の途中にあり, いずれの端も変電所に接していない系統や, 変電所
に PT がないような送電線では, ケーブル 系が 2 端子であっても 3 端
子構成とし, PT 設置変電所の 端子に検出リレー 及び充電電流補償
装置を設けて補償すれば使用可能となる。当社の ケーブル 故障検出装
置は電流差動原理を用いていることが特長であり, このような特殊
系統も含み数多い使用実績をもっている。

ケーブル 故障検出装置性能表

- | | |
|-----------------|---------------------------------------|
| (1) 動作特性 | 飽和比率差動特性 |
| (2) 動作時間 | 200% 入力で約 60~80 ms
500% 入力で約 60 ms |
| (3) 動作感度 | 0.15~0.6 A (2 端子系電源端) |
| (4) 表示線監視 | 直流常時監視方式 |
| (5) ケーブル たん(且)長 | リレー 側換算の充電電流値が 1.24 A ま
で使用できる。 |

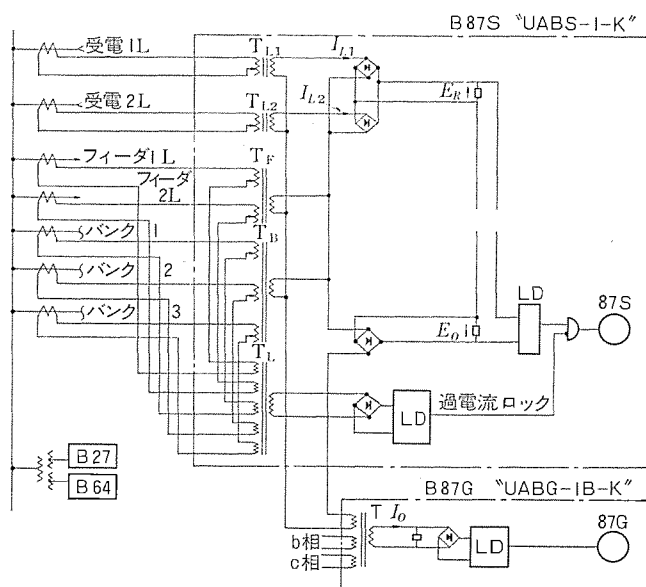


図 7. 簡易母線保護装置原理回路図

表 1. 継 電 器 単 体 特 性

項 目	保証条件	UABS-1-K (87 S)	UABG-1 B-K (87 G)	UVB-1-K (27)	UVB-2-K (64)	UBP-001-A (AUX)	UVD-1-S BPX-14 S (電 源)
動作・復帰値	定格周波数	動作値 タップ値の±10%以内 負荷過電流ロックは タップによらず 30 A ±10%以内	動作値 タップ値の±10%以内	同 左	同 左	—	—
	周囲温度 20°C	復帰値 動作値の 90% 以上	同 左	動作値の +10% 以下	動作値の 90% 以上	—	—
動作・復帰時間	同 上	動作時間 0→200% 入力 50 ms 以下	0→200% 入力 65~90 ms	110 V→0 20 ms 以下	0→200% 入力 25 ms 以下	—	—
		復帰時間 200% 入力→0 50 ms 以下	200% 入力→0 50 ms 以下	0→110 V 25 ms 以下	200% 入力→0 20 ms 以下	—	—
比率特性	同 上	1 端流入 (I_1) 1 端流出 (I_2) $I_1=1000\%$ 入力にて $I_2=30\sim50\%$ I_1	—	—	—	—	—
消費 VA	C T 回路 (5 A にて)	87 S, 87 G 組合せ 最小タップにて 5 VA 以下		—	—	—	—
	P T 回路 (110 V にて)	—	—	1 VA 以下	1 VA 以下	—	—
	D C 回路	DC 12 V にて 1 W 以下	DC 12 V にて 1 W 以下	DC 12 V にて 3 W 以下	DC 12 V にて 1 W 以下	DC 110 V にて 100 W 以下	同 左

(注) 絶縁, 耐圧, 振動衝撃は JEC 174 により異常なし

4. 簡易母線保護装置

都市部における電力負荷の過密化に対応して、従来、送電線の後備保護に頼っていた都市近郊の受電母線、大口需要家の受電母線の事故を、高速度に検出除去し得る母線保護装置の設置が最近では一般的になっている。UABS-1 形 簡易母線保護装置は、電源 2 回線負荷 5 回線以内の回線が接続される単母線の保護に最適な装置である。一方、送電線の再閉路装置（受電線自動切換、フィーダ再閉路等）を同一盤内に組込むことが可能となっている。

4.1 装置の特長

- (1) 電源線路 2 回線には比率差動方式を採用し、端子電流により抑制をかけるようにしている。
- (2) 負荷線路は一定値以上の電流が母線から流出すると、外部事故と判断し、リレーの動作力を消勢する過電流ロック方式を採用し、CT 飽和によるリレーの誤動作を防止している。なお、過電流ロックは接点で行っているのではなく、トランジスタ回路によって行っているため接点協調の問題がなく、リレーの動作速度・信頼性の点で有利となっている。
- (3) 内部短絡事故に対して装置として約 60 ms 程度 (200% 入力) の高速動作をする。
- (4) リレーの CTVA が小さいので他装置との CT 共用ができる。

5. 高抵抗接地系用地絡母線保護装置

ケーブル回線、並びに充電電流補償用リアクトルが多く接続される高抵抗接地系統の母線地絡保護に関しては、地絡時の無効分電流の存在や、過渡直流分電流の存在が CT 誤差の増大を招くとともに、系統定数によって決まる高調波電流の存在が確実な選択保護機能実現の妨げとなる。

一方、短絡事故に対しては従来、不足電圧継電器による短絡優先方式が採用されているが、母線遠方の 2φG 故障時には母線における電圧低下が少ないので短絡優先が効かず、零相電圧だけで応動する従来の地絡過電圧継電器を地絡故障検出器として用いることが困難となる。

したがって以上に述べた理由により安定した保護装置が得られず、母線地絡保護は実施されていなかったのが実状である。

ところが、系統の複雑化、母線容量の増大という最近の傾向に伴い、母線の地絡に際しても速やかに故障を除去しなければ系統の安定度維持に及ぼす影響が大きくなってきており、各方面から高信頼度形母線継電装置の要求が強く、当社では昭和 46 年東京電力(株)と共同開発し、48 年東京電力川崎火力発電所に第 1 号機を納入して以来、約 10 箇所の発変電所への納入実績を持ち、各装置とも順調にか動しており、今般、装置の概要について述べる。

5.1 装置の特長

5.1.1 保護方式

故障検出要素、一括保護要素（母線故障検出）、分割保護要素（当該母線故障検出）の 3 要素より構成され、外部事故時には少なくとも 2 要素が不動作となる安定した方式となっている。

5.1.2 地絡分割（一括）要素

- (1) 無効分電流の影響を避ける目的で、零相電圧に対する有効分零相電流を動作、抑制力とする有効分比率差動方式の採用。
- (2) 故障電流中の過渡直流分電流に対しては、正・負両要素、高調波分に対してはフィルタ要素を備え、以上の 3 要素が動作した時に

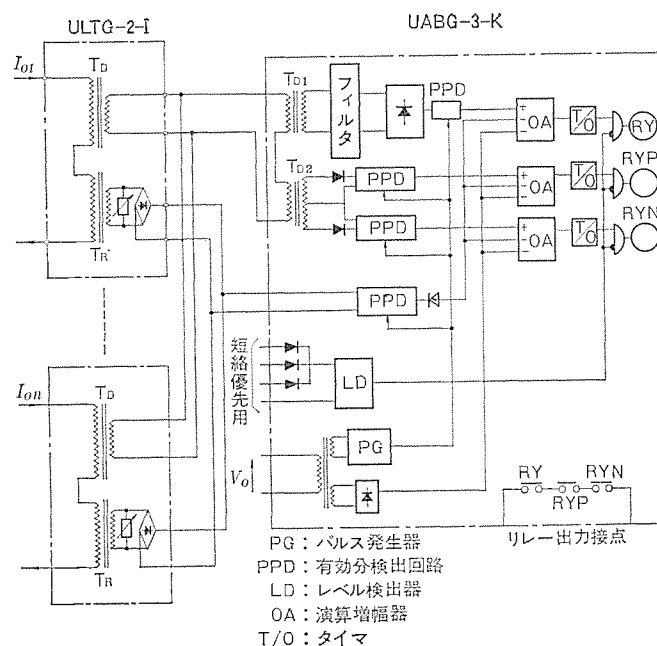


図 8. UABG 形 母線地絡保護継電器 動作原理図

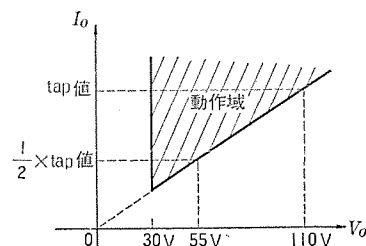


図 9. V_0 - I_0 特性図 (UABG 形)

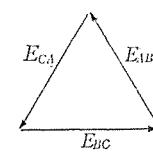


図 10. Δ 電圧

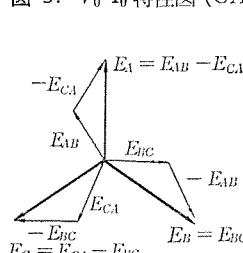


図 11. $\Delta \rightarrow Y$ 電圧変換

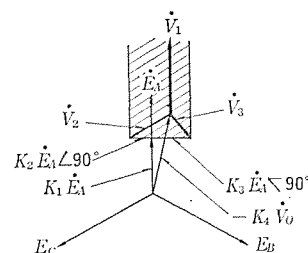


図 12. 動作域 (A 相分)

だけリレー動作とする直流分対策の採用。

- (3) 端子貫通電流が一定値以上になったことを短絡入力装置からの電圧入力で検出し、地絡リレーを動作ロックする短絡優先方式の採用。

5.1.3 地絡故障検出要素

2φG に応動せず 1φG だけに応動する新方式を採用している。

5.1.4 高信頼度化

CT, PT 等からの入力回路、及びシーケンス回路等の常時監視、自動点検装置を組み込んだ高信頼度装置となっている。

5.2 単体動作原理

5.2.1 UABG 形母線地絡保護継電器

動作力 I_{op} : 零相差動流入位相の有効分 (I_{dl})

抑制力 I_{Re} : (抑制度 $\eta \times$ 零相有効分最大値 I_{0max}) + ($K +$ 零相電圧 $|V_0|$)

ただし、零相有効分最大値が一定値以下のときは $\eta = 0$

したがってリレー動作となるためには

$$I_{dl} - \eta \times I_{0max} - K|V_0| \geq \text{リレー動作感度} \quad (1)$$

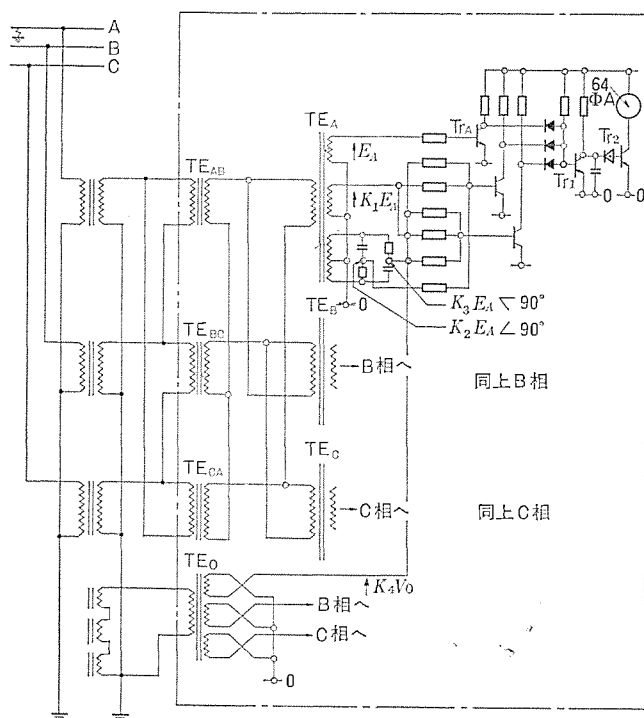


図 13. UVG-8 形 1 線地絡保護継電器 動作原理図

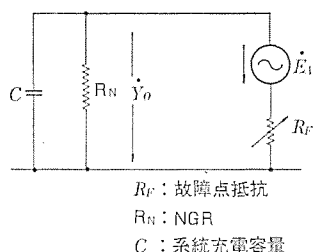


図 14. 1φG 時等価回路 (A 相地絡)

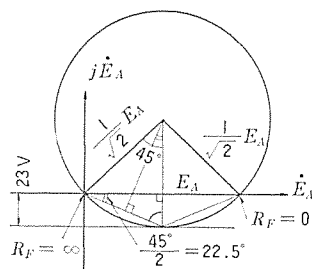


図 15. ベクトル図

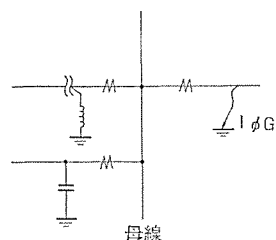


図 16. 外部 1φG 発生図

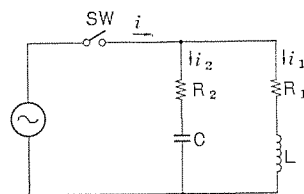


図 17. 1φG 等価回路図

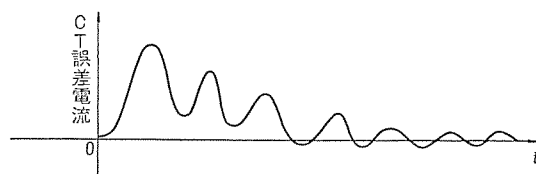


図 18. 1φG 発生時の差動電流図

5.2.2 UVG-8 形 1 線地絡継電器

A 相を基準にしたベクトル式は

$$\dot{V}_1 = \dot{E}_A \quad (2)$$

$$\dot{V}_2 = -K_4 \dot{V}_0 + K_2 \dot{E}_A \angle 90^\circ + K_1 \dot{E}_A \quad (3)$$

$$\dot{V}_3 = -K_4 \dot{V}_0 + K_3 \dot{E}_A \angle 90^\circ + K_1 \dot{E}_A \quad (4)$$

$\dot{V}_1, \dot{V}_2, \dot{V}_3$ の基準ベクトルの導出過程を図 10.~12. に示す。つまり Δ 電圧より Δ 電圧をベクトル合成し、この合成した各相電圧を基準にし、零相電圧 $-K_4 \dot{V}_0$ が図 12. の斜線領域に入ったときリレー

が動作する。

5.3 1φG 時のベクトル解析

UVG-8 形 1 線地絡検出リレーの位相特性について次に理論的根拠について述べる。

1φG 時の等価回路図は図 14. に示す。この図より \dot{V}_0 は次式で示せる。

$$-\dot{V}_0 = \dot{E}_A \times \frac{\frac{1}{R_N + j\omega C}}{R_F + \frac{1}{\frac{1}{R_N} + j\omega C}} = \dot{E}_A \times \frac{1}{1 + R_F \left(\frac{1}{R_N} + j\omega C \right)} \quad (5)$$

今、条件として有効分電流と無効分電流の比が 1 : 1 の場合 ($R_N = \frac{1}{\omega C}$) を考えてベクトル図を描くと図 15. となる。

したがって $\dot{E}_A = 110 \text{ V}$ とすれば、ベクトル \dot{E}_A を基準にして 23 V 右寄りのところが $\text{NGR} = 2,000 \text{ A}$ の系統では $R_F = 32 \Omega$, 500 A の系統では 128 Ω に相当する。

5.4 CT 飽和と母線地絡保護継電器

CT は直流分が故障電流中に含まれると飽和しやすく、これの対策としては直流分時定数を考慮してリレーの動作時限を一定時間遅らせる方法や、ギャップトランスにより直流分をカットする等の方法が考えられるが、前者の方法では故障電流中に直流分が含まれていなくてもリレー動作時限が遅れること、後者の方法では高調波分が増幅されて出てくることを考慮し、三菱 UABG 形母線地絡継電器では正負 AND 方式により対処しているが、ここではその根拠について述べる。図 16. は外部に 1φG が発生した場合を示し、この時、故障発生回線の CT に流れる電流は等価回路図の図 17. の i で示せることになる。この図で各部の電流は次式で示せる。(NGR 分は無視)

$$i_1 = \frac{E_m}{\sqrt{R_1^2 + \omega^2 L^2}} \{ \varepsilon^{j(\omega t + \theta - \phi_1)} - \varepsilon^{j(\theta - \phi_1)} \cdot \varepsilon^{-\alpha_1 t} \} \quad (6)$$

$$\left(\alpha_1 = \frac{R_1}{L} \quad \tan \phi_1 = \frac{\omega L}{R_1} \right)$$

$$i_2 = \frac{E_m}{\sqrt{R_2^2 + \frac{1}{\omega^2 C^2}}} \left\{ \varepsilon^{j(\omega t + \theta + \phi_2)} - \frac{1}{\omega C R_2} \varepsilon^{j(\theta + \phi_2 + \frac{\pi}{2})} \varepsilon^{-\alpha_2 t} \right\} \quad (7)$$

$$\left(\alpha_2 = \frac{1}{C R_2} \quad \tan \phi_2 = \frac{1}{\omega C R_2} \right)$$

$$i = i_1 + i_2 \quad (8)$$

式 (8) の電流波形は図 18. で示せることになり、故障が発生した時点から系統の減衰時定数で決まる時間の間は一方に偏った誤差電流しか出ないことになり、正・負いずれかの要素しか動作しないので誤動作の心配はない。また、減衰時定数以下の時間では CT の飽和もかなり解けてくるので誤差差動電流の交流分 (充電電流とリアクトル電流の差) も減衰し、比率により決まる抑制分も期待できるので誤動作の心配はなくなる。

6. POC-1, 2 形過負荷保護継電装置

電力の安定した供給に必要な条件に停電時間の短縮があり、このためには送変電機器及び線路等の損傷は未然に検知し、適当な処置をとる必要がある。

POC-1, 2 形過負荷保護継電装置はこのような送変電機器及び線路が定格容量を超えて連続使用された場合に生ずる損傷を防止するため、常に負荷量を監視し、過負荷度合に応じて適切な処置を行わせるために使用されるものである。

表 2. POC-1, 2 形 継 電 装 置 仕 様

形 名	保 護 方 式	定 格	整 定 範 囲	備 考
POC-1	単相過電流検出 2 段 階 方 式 (詳細図 19. 参照)	AC 5 A 50 Hz 又は 60 Hz DC 110 V	ALARM 用 タップ: 3~10 A 0.5 A ステップ 時 限: 0.5~5 秒 連続可変 TRIP 用 タップ: 3~10 A 0.5 A ステップ 時 限: 12~120 秒 連続可変	① 可搬形ケース 1 架構成 (図 20. 参照) ② 1 架 2 バンク分実装 1 バンク当たり 4 回路の制御可能 ③ ベル・ブザー内蔵の警報箱付
POC-2	2 相過電流検出 3 段 階 方 式 (詳細図 21. 参照)	AC 110 V 5 A 50 Hz 又は 60 Hz DC 110 V	過電流検出部 UD-4-K 形過電流継電器 (2 台) 1 段: 2~6 A 0.1 A ステップ 2 段: 3~11 A 0.2 A ステップ 3 段: 6~18 A 0.3 A ステップ 電力方向検出部 URC-2-K 形電力方向継電器 感 度: 35 V 1 A	① 可搬形ケース 3 架構成 ② 常時監視・自動点検付 ③ 主継電器・補助継電器及び論理シーケンスカードは配電盤装置に流用可能

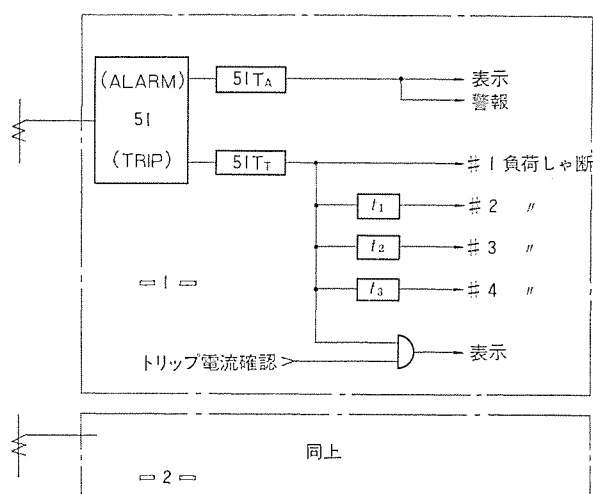


図 19. POC-1 形 継 電 装 置 ブ ロ ッ ク 図

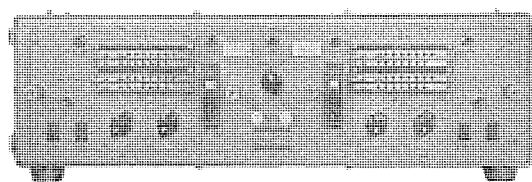


図 20. POC-1 形 継 電 装 置 外 観

POC-1 形は主として 2 次系送電線の線路保護の目的に使用されるもので、過負荷電流検出と継続時間確認により負荷線のしゃ断を行わせる。

POC-2 形は主として 1 次系送電線の線路保護の目的に使用されるもので、過負荷電流検出と継続時間の確認のほかに電力方向を検出して、発電制御、負荷線あるいは電源線しゃ断、更に過負荷線路しゃ断を行わせる。

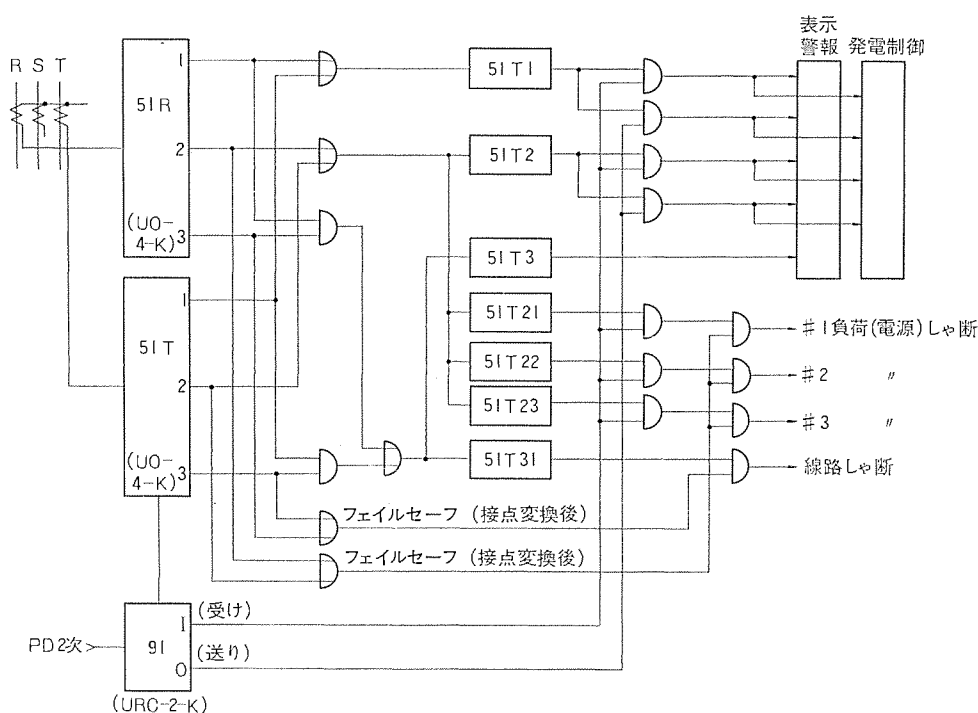


図 21. POC-2 形 継 電 装 置 ブ ロ ッ ク 図

POC-1, 2 形の大きな特長は可搬形ケースで構成していることにあり、各地における緊急な負荷増加あるいは季節的な短期間の負荷増加に対し、それぞれが配電盤構成の装置を設置することなく持回り使用が可能である。

7. む す び

最近の抵抗接地系送電線保護装置について述べたが、対象として最も数の多いこれらの装置にも逐次最先端の新しい技術が導入されている。今後も、鋭意これらの研究開発に務めていく所存である。

終わりに、本件の検討、開発に終始ご指導いただいた各電力会社の関係各位に感謝する。

500kV系統制御装置

寺田 真*・中川 秀人*・伊藤 真*・加賀 赳寛*・坂口 敏明**

1. ま え が き

500 kV 系統の運用制御, 又は 500 kV 電気所の運転の自動化用装置の概要と技術動向とを紹介するものである。

2. 500 kV 系統制御装置の概略

2.1 目 的

500 kV 系統制御装置の設置目的としては, 例えば下記があげられる。

- (1) 制御の高精度化, 高速度化 (自動化)
- (2) 操作の自動化, 高速度化
- (3) 監視・記録の自動化

上記 (1) については, 500 kV 系統が基幹系統であり, 系統全体への影響を考えた潮流, 周波数, 電圧, 無効電力等の制御がなんらかの形で必要と思われる。

例えば, 緊急時の潮流・周波数制御を主とする系統安定化制御は, その一つで, 従来の周波数検出制御よりはるかに高精度化, 高速度化が図られている。

(2) については, 500 kV 系統に接続される系統機器の操作が, その重要性から必然的に給電操作となり, かつ多数対象操作となるので定形的な部分をなるべく自動化し, 特に重要な部分には一部人間の判断を加味する形で自動化が進むものと思われる。

(3) については, 500 kV 電気所の計測, 監視, 記録項目が他に比して飛躍的に多いことから, これらの業務の自動化は運転員の負担の軽減のために必要と思われる。

2.2 構 成

前述の三つの方向を具体化するに際しては, これらは幾つかの具体機能に分化されるが, 実際の装置は大別して, これらの機能のうち一つを備えた専用機 (ワイヤド ロジック 応用品) と, 複数の機能を有するはん (汎) 用機 (主として小形制御用計算機応用品) とに分けられる。

前者には制御専用装置として, 緊急時の系統安定化制御を高速

ナログ演算回路により実現した例がある。これは高速性, 信頼性, 取扱い容易性を追求した結果である。

後者には制御・操作・監視・記録の全部, 又は一部を小形制御用計算機により実現した例がある。これははん用性, 多量処理性, 変更容易性を追求した結果である。

当社は上記 2 両例に対する製作経験を有するが, 実用性能に優れた好評をいただいている。これら 500 kV 制御装置の納入実績例を表 1. に示す。

3. 500 kV 系統制御専用装置 (ワイヤド ロジック 応用品)

500 kV 系統用として, 既設 275 kV 系統用制御装置と結合して用いられる装置は協調上, 機能, 原理, 構成が類似したものであることが好ましい。必然的に制御専用装置が使用される。

以下に紹介するのはその一例であって, 関連装置も含めて集中式系統安定化制御装置 (CS システム) と総称される。

3.1 主装置 (500 kV 親 SSC 装置)

この装置は, アナログ演算回路を主体とする常時演算, 事故時起動式の制御装置である。図 1. にこの装置のブロック図を示す。以下各ブロックにつき説明する。

(1) 制御必要量演算部

この演算部では幹線潮流, 系統容量系統特性定数, 許容周波数変化幅から制御必要量を演算する。回路は従来形装置と同様である。

(2) 優先制御回線判定部

上記制御必要量に関係する適当な制御対象を, 優先的に選定された対象の中から判定, 選別する。

判定回路は高感度, 高安定形レベル検出回路を使用する。

(3) 制御配分量演算部

上記制御により不足を生じた場合, 制御不足量を各 SSC の制御可能量に比例して配分する。

この演算部は, 制御不足量 (アナログ) に上記制御規模に比例したテレメータ量 (デジタル) を乗ずるハイブリッド方式を採用している。

3.2 関連装置

(1) 子 SSC 装置

この装置は, 従来の個別制御装置に制御配分量受信, 制御可能量演算送信の機能を付加したものである。

(2) 情報伝送装置

上記両装置に, テレメータ信号, 起動指令信号を伝送するものである。テレメータ信号は制御配分量, 制御可能量, 系統容量などの数値情報を伝送する。

起動信号は, 事故時幹線しゃ断信号及び事故時制御信号を伝送するもので, 高速度, 高信頼性のため特殊度符号構成, 装置 2 重化等が行われている。

3.3 信頼度向上策

この装置の重要性にかんがみ, 各種信頼度向上策が採られている。

表 1. 500 kV 系統制御装置納入実績

No	納入先	電気所名	機 能	規模	納入年度	備 考
1	東京電力	房 総 S/S	事故記録 運転記録	13 面	昭和 47 年	ミニコンピュータ 応用品
2	関西電力	新生駒 S/S	系統安定化 電圧・無効電力制御 運転記録	13 面	昭和 47 年	同 上
3	中部電力	西 部 S/S	系統安定化	10 面	昭和 47 年	ワイヤド ロジック 応用品
4	東京電力	新佐原 S/S	事故記録 運転記録	12 面	昭和 48 年	ミニコンピュータ 応用品
5	中部電力	東部 SW/S	系統安定化	10 面	昭和 48 年	ワイヤド ロジック 応用品
6	関西電力	猪名川 S/S	系統安定化 自動操作ガイド 事故, 運転記録ほか	31 面	昭和 49 年	ミニコンピュータ 応用品

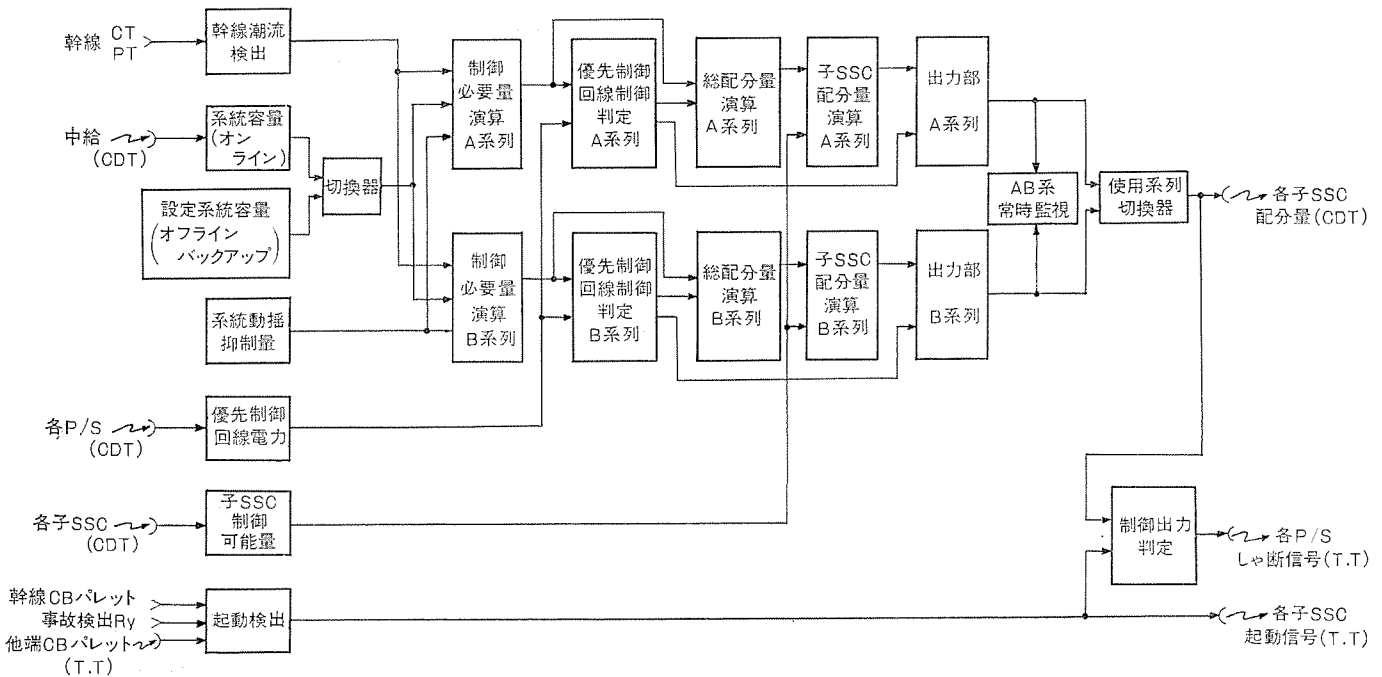


図 1. 親 SCC ブロック図

- (1) 事故時起動, 常時演算方式を採用し, 誤出力, 不出力がない。
- (2) 主要演算部を2重化し, 常時不一致監視を行っている。故障時には, 健全系列による片系列運転ができる。
- (3) 監視点検回路を設け, 常時演算状態の監視及び手動設定入力による演算回路の点検が可能である。
- (4) 高精度, 高信頼度, 高安定度部品及び回路の採用により, 確実な動作を示す。
- (5) 装置内の構成, 回部, 部品に配慮を加え, ノイズ, サージに対し高い耐力を有するようにしている。

4. 500 kV 系統制御及び電気所運転自動化複合装置 (計算機応用品: タイプ A)

500 kV 系統制御を主目的とし, 更に設置場所である 500 kV 変電所における運転の自動化をも同時に実施するには, 前述のような計算機の特長であるはん用性, 多量処理性を活用する。

以下は上記に該当する制御・操作・監視・記録の複合機能をもつはん用機の例である。

4.1 機能

この装置の実用化機能例としては, 下記があげられる。

- (1) ブロック 系統安定化機能
- (2) 電気所自動操作機能
- (3) 電気所電流監視機能
- (4) 電気所事故操作記録機能
- (5) 電気所日報・月報記録機能

以下に, 上記各機能の概略を紹介する。

4.1.1 ブロック系統安定化機能

この機能は 500 kV 電気所を中心とする大電源地域ブロック系統の安定化を図るものである。図 2. にこの制御に必要な情報伝送を含むシステム構成を示す。

(1) 主保護機能

この機能は制御用計算機を中心とする自動処理装置と, リレーシーケンスを中心とする系統安定化制御装置の該当部分とによって実現され

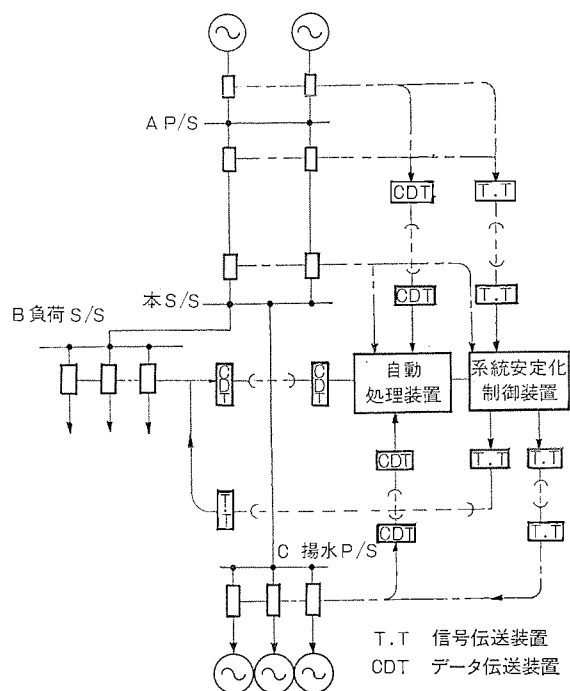


図 2. ブロック系統安定化システム (B.S.S) 概念図

る。この機能は下記 4 ステップで実行される。

(a) 潮流入力

電源端, 負荷端の潮流情報をデータ伝送装置又は潮流変換器より計算機へ入力する。

(b) 制御対象の判定

上記入力に基づき, 想定事故に対応した必要最小限の制御量を予測演算し, その出力を系統安定化制御装置内に設定保持する。

(c) 事故検出と想定事故ケースの決定

万一該当事故が検出された時, 系統安定化制御装置により, 事故様相をは(把)握し, 想定事故ケースを決定する。

(d) 制御信号の伝送と制御の実施

上記設定保持内容と想定事故ケースとの組合せに基づく制御信号

を端末電気所に伝送し、制御を実施する。

(2) 後備保護機能

上記主保護機能又は情報伝送装置機能の異常時に、独立して動作できるバックアップ機能である。系統安定化装置の該当部分によって実現される。

(3) 関係装置

この機能に関係する装置は、自動処理装置のほかに下記があげられる。

(a) 系統安定化装置（自所設置分）

上記主保護、後備保護の機能を満足するリレーシーケンス装置であり、保護継電装置と類似の器具、部品により構成される。

(b) 系統安定化装置（端末電気所設置分）

上記装置と、事故検出信号、制御指令信号のやりとりを信号伝送装置を介して行うもので、リレーシーケンスを主体として構成される。一部信号伝送装置の異常時対策として、系統動揺検出用のパルスカウンタ式周波数検出器を組合せることがある。

(c) データ伝送装置（CDT）

端末電気所又は中給と潮流情報、演算結果などを伝送する。

(d) 信号伝送装置（T.T）

事故検出信号、制御信号等の2値情報を高速伝送する。

(4) 信頼度向上策

この機能の重要性を顧慮し、信頼度向上策を追加、実施している。

(a) 自動監視点検

CPU自体の高速処理性、自己診断性を利用する。すなわち、エラー検出用ソフトウェアの追加により入力、演算、出力の妥当性をチェックする。またハードウェア自体のエラー検出機能をこれに組合せる。更にCPU外部のインタフェース部分を含めて総合チェックする。等々の方策が考えられる。

(b) 手動監視点検

CPUの入出力機器の多様性を利用する。すなわち操作卓、CRT等を利用し、機能実行結果の妥当性、異常検出等を行う方策が考えられる。

(c) 多重化

CPUによる主保護に、リレーシーケンスによる後備保護を付加すること、情報伝送系統を2系列化することなど、各種多重化が考えられる。

(d) 矛盾監視

系統動揺検出条件と伝送経路信号との組合せなど同一起原因による異種の結果の組合せによる矛盾監視も有効である。

これらの諸方策を適宜組合せて、実効をあげてきている。

4. 1. 2 自動操作機能

500 kV 変電所における平常時自動操作のうち、定形的なものと非定形的なものそれぞれ各一例を紹介する。

(1) 定形操作ガイド

定形操作の中の回線起動、停止、母線起動、停止等について、あらかじめ定められた確認、操作の一連手順をCPUに記憶させ、操作開始とともにCRT画面上に呼出して機器の選択、操作条件の確認を行った後、操作員がマスコン操作を行う方式である。

この方式は (a) 操作対象・操作項目の選択と表示

(b) 操作項目に対応する操作具体内容の表示

(c) 操作具体内容の確認と操作実行

の3段階より成り、操作卓、CRT、主配機を介し系統と対話しながら

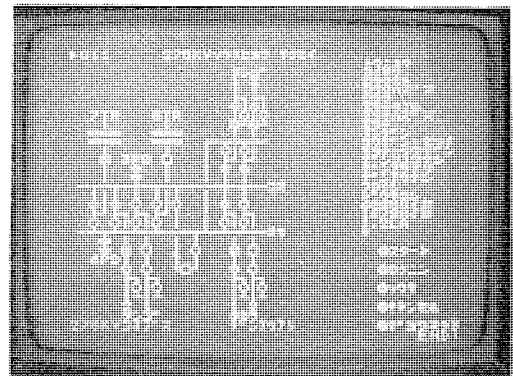


図 3. 非定形操作の操作表作成画面

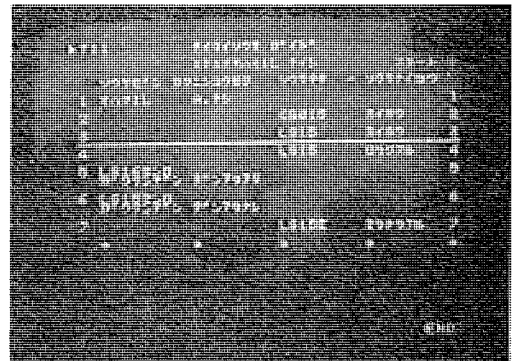


図 4. 定形操作ガイド画面の一例

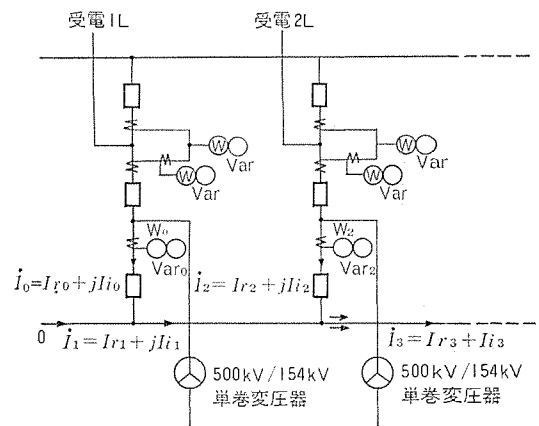


図 5. 1 1/2 CB 母線における電流監視計算

ら操作を進めるものである。操作内容の一例を図 3. に示す。

この過程で CRT のライトペン入力、多色表示、フリッカ機能を十分駆使する。

(2) 操作表作成

非定形操作に入る前に模擬操作盤で試行操作し、手順を操作表として手記し、操作表を見て本操作を行うというのが従来方式であった。この方式の省力化を図るため CRT、CPU を使用する。

すなわち、CRT 画面に電気所スケルトン、操作項目、確認要系統条件を一括表示し、初期状態設定後上記該当項目を順次指示し確認してシミュレーション操作する。

この操作を CPU 経由タイプライタに印字させ、操作表とする。操作表作成に使用する CRT 画面例を図 4. に示す。

4. 1. 3 電流監視機能

1.5 CB 母線の、CT 省略部分の電流を求める機能である。図 5. のような電流分布と変換器の配置において、母線電圧を V_B とし

$$\dot{I}_0 \equiv I_{0r} + jI_{0i} = \dot{I}_1$$

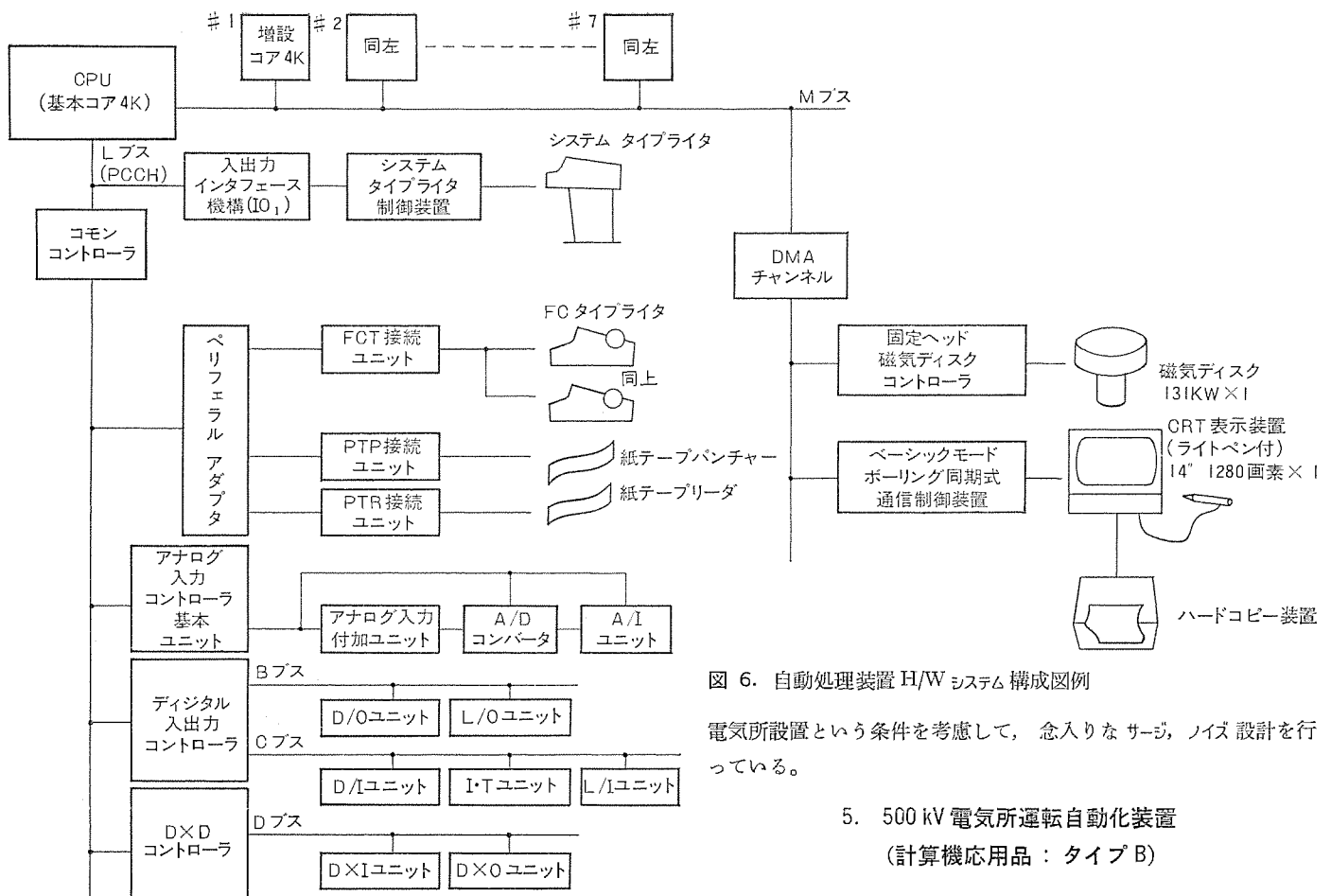


図 6. 自動処理装置 H/W システム 構成図例

電気所設置という条件を考慮して、念入りのサージ、ノイズ設計を行っている。

5. 500 kV 電気所運転自動化装置 (計算機応用品：タイプ B)

500 kV 電気所運転の自動化を当面の問題として解決し、将来機能追加が容易となるよう、小形制御用計算機を使用する例がこれに属する。以下にその一例を紹介する。

この装置の自動化機能のうち、特に効果があるのは運転記録の自動化であり、定時記録の省力化、事故・操作記録の確実化、迅速化が期待される。

以下は 500 kV 変電所用として特に記録方法、設定操作方法等に工夫が加えられている例である。

5.1 機能

(1) 系統状態量記録

この記録としては、

- (a) 定刻記録：1 日 3 回程度の所定時刻記録（設定変更可）
- (b) 状態後記録：事故しゃ断後、平常時操作後、系統定常状態における記録。
- (c) 任意時呼出し記録：運転員による任意時呼出し記録。
- (d) 日報記録：日量集計、日平均、日最大等の処理後記録。
- (e) 月報記録：月量集計若しくは特定日記録の復活印字。

等があげられる。

上記記録の対象は、主系統の重要量であり一例を表 2. に示す。

(2) 操作及び事故記録

- (a) しゃ断器操作及び自動しゃ断記録

対象しゃ断器の手動操作、自動しゃ断の記録を、集中監視制御装置経由の信号を入力として記録する。複数しゃ断器動作時も考慮することは当然である。

- (b) 故障記録

集中監視制御装置経由故障表示項目を全数記録する。

(3) 系統状態量表示

$$\begin{aligned} \dot{I}_1 &\equiv I_{1r} + jI_{1i} = W_0/V_B + jVAR_0/V_B \\ \dot{I}_2 &\equiv I_{2r} + jI_{2i} = W_2/V_B + jVAR_2/V_B \\ \dot{I}_3 &\equiv I_{3r} + jI_{3i} = \dot{I}_1 + \dot{I}_2 \\ &= W_0 + W_2/V_B + j(VAR_0 + VAR_2)/V_B \end{aligned}$$

以下同様に各母線部分の電流を実部、虚部に分けて求める。この結果を、CRT 画面上にスケルトンとともに表示し、監視する。

4.1.4 事故・操作記録機能

電気所における事故記録は事故対策の確立に、操作記録は運転管理の確立にそれぞれ必要であるが、特に 500 kV 電気所においては記録点数が多量にのぼるため、下記のようにすることがある。

入力に性質に応じ、CPU の読込処理を下記の 2 種類に分ける。

- (1) 高速読込処理：しゃ断器、線路保護リレー接点。
- (2) 低速読込処理：断路器、構内保護リレー、切換開閉器接点。

印字も事故・操作に分け、下記のようにしている。

- (1) 事故記録：発生時刻、項目名称、項目内容の赤字印字、及び事故前潮流、電圧値の印字。
- (2) 操作記録：操作時刻、名称、内容の黒字印字、及び呼出しによる操作前潮流、電圧の印字。

4.1.5 日報・月報記録機能

線路、変圧器の有効、無効電力量及び母線電圧を毎正時、6 時間 1 日の各時点に、素記録、小計記録、合計及び最大選別記録している。また、月間合計及び月間最大値をも記録している。

4.2 構成

頭記諸機能を有する装置で、自動処理装置 CPU まわりの構成を図 6. に示す。なお CPU (含 I/F、周辺機器) と系統安定化装置リレー盤 (主保護、後備保護) インタフェース盤等の結合については、500 kV

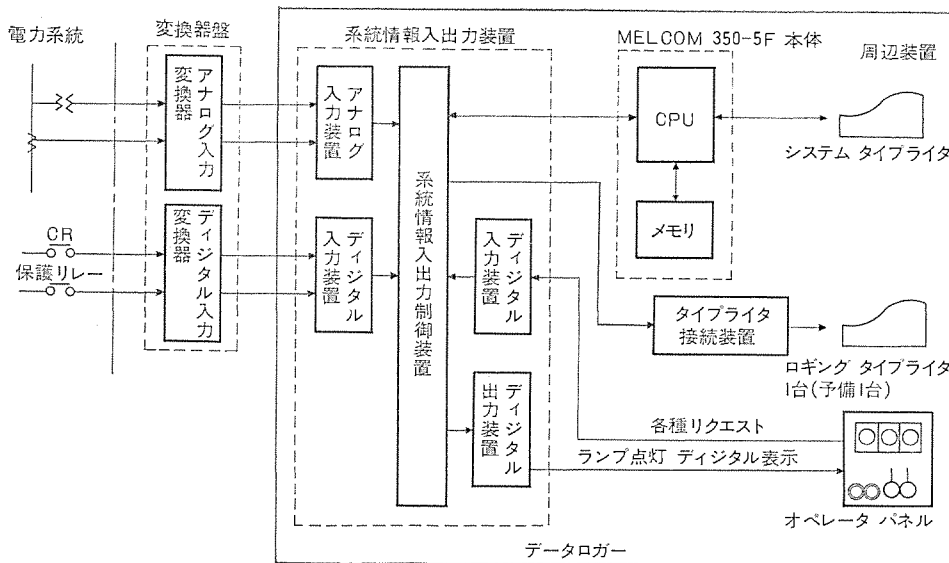


図 7. 運転記録装置の構成

表 2. 500 kV 系統状態量記録項目

計測項目	変圧器	線路	母線	調相設備
A	1次, 2次, 3次	○		
V			○	
W	2次	○		
WH	2次, 3次			
Var	2次, 3次	○		○

- (1) A はバンク単位、送電線 1 cct ごと
 (2) W, Var はユニットごと、送電線は 2 cct 合計
 (3) 調相設備はユニットごと

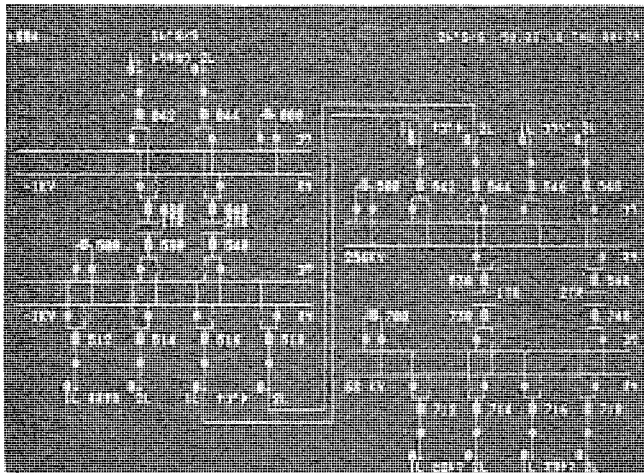


図 8. 大形高密度 CRT 画面例 (3,200 画素)

系統状態量として記録する項目 (P, Q, V, A 等) をオペレータコンソールよりシンボル指定を行って、同コンソール上に数字表示する。

5.2 構成

この装置の構成例を図 7. に示す。

装置が設置される 500 kV 変電所では、この装置と直接入力変換器盤、集中監視制御盤、オペレータコンソール等とが分離して設置されることがあり、この装置の入力回路にサージ、ノイズ等が侵入しない

よう、特に入力部の設計に注意を払っている。

また出力はオペレータコンソール、タイプライタ等同様に分離して設置されることがあり、同様に出力部の設計に注意を払っている。

6. 今後の技術動向

500 kV 系統制御装置の今後の技術内容は、機能面からは 500 kV 系統の運用上の位置づけ、情報伝送系統の発達に伴い進歩が予想される。一方、構成内容についてはコンピュータ、半導体技術の進歩に伴う変革が予想される。

6.1 機能

今後、500 kV 系統の充実に伴い、例えば下記は今後の研究課題かと思われる。

- (1) 電圧、無効電力 (電圧安定性) の予防制御
- (2) 系統事故復旧時の制御

6.2 構成

今後、半導体の集積度向上、信頼度向上に伴い応用は拡大し、例えば下記の出現が予想される。

- (1) 機能別プロセッサを組合せた複合機能装置
- (2) 前置プロセッサと CPU を組合せた階層構成装置

マンマシンインタフェースは大形化、高機能化が進むと思われるが、CRT ディスプレーについても大形、高密度化は必至である。図 8. に大形 CRT ディスプレー (3,200 画素) の画面例を示す。

7. むすび

以上 500 kV 系統制御装置の現状と将来性について説明した。本稿が今後同装置の計画などの参考になれば幸いである。

最後に、上記各装置の開発・製作にあたり、種々ご指導・ご援助を賜った電力会社の関係者各位に、深甚なる謝意を表したい。

参考文献

- (1) 成田, 小林ほか: 電力系統安定用情報伝送装置, 三菱電機技報, 46, No. 9 (昭 47)
- (2) 林: 系統安定化装置の原理と適用, 電気計算, 40, No. 9
- (3) 林: 系統安定化装置の原理と適用, 電気計算, 40, No. 11
- (4) 森井: 関西電力で計画している新しい制御装置, 電気評論 (昭 47-4)
- (5) 野田: 計算機制御への進歩と諸装置 (上), 電気計算, 40, No. 9
- (6) 伊藤, 齊川ほか: 関西電力 (株) 新生駒 S/S 向け ロック 系統制御装置, 昭和 47 年度電気学会関西支部連大
- (7) 山口, 杉山ほか: 関西電力 (株) 猪名川変電所設置, 系統安定化制御 システム, 昭和 50 年度電気学会全国大会
- (8) 近藤, 小林: 大容量変電所の運転操作と制御 システム, 電気計算, 42, No. 7

電力系統運用自動化システム

嶋田政代士*・大原 洋三*・流 郷 忠 彦*・奈良 宏 一*・永田 慎 二*

1. ま え が き

最近電力系統は需要の増大に伴い大規模化、複雑化しており、社会環境のきびしい変化に対応して各電力会社ともより一層の電力供給の信頼度向上と効率的運用を要求されている。このような電力系統を高信頼度でかつ効率的、経済的に運用するために給電所、発電所及び他の関連部門との協調をとり、システム的地から総合的に系統を運用するいわゆる総合自動化システムの必要性が認識され、総合自動化システムの一環として集中制御規模の拡大、発電電集中制御と系統運用業務の一元化、定形の制御、操作記録、日報記録報告業務などの自動化、需給運用のシステム化、系統運用情報の体系化、計算機利用による効率的運用及び供給信頼度の向上などが部分的、あるいは一部総合的に実施されつつある。

最終的には中給より末端電気所までを数段階に分けて構成する階層制御システムの完成が目標となっている。

本章では現在か(稼)動中のシステムを例にとり、その各階層における総合自動化システムでの役割、システム構成、機能並びに自動化システムと情報伝送システムとのつながりについて述べる。

2. 電力系統運用自動化システムの構成とシステム検討上の基本事項

2.1 システム構成

電力系統運用自動化のためには階層制御システムの構成、システム全体の機能、各階層にある制御所ごとの機能分担などの明確化及び系統運用情報を体系化するための情報伝送システムの確立などが必要となるが、以下に階層制御システムの構成について一例を説明する。

階層の構成は (1) 電力系統規模

(2) 送変電設備の設置過程

(3) 自動化機器導入過程

(4) 系統運用体制

(5) 情報伝送網の構成

(6) 計算機システムと情報伝送システムの機能分担

などによって変わり種々の構成方法が予測される。例えばシステムを構成する階層の段数についても4～6段の幅がある。

図1. は①中給、②系統給、地方給、③基幹系大制御所(負荷系大制御所、及び水力系制御所、④制御所、⑤被制御所(配電用変電所、連系用変電所、水力発電所)の5階層より構成される場合を示す。

省力化、自動化を達成するために被制御所の集中監視制御用に遠方監視制御装置(1:1方式集合形あるいは1:N方式集中形)が、それより上位の制御所、給電所、重要大形電気所に計算機システムが、更に上位への情報伝送のためにCDT、RDT(ランダム伝送装置)などの情報伝送装置が導入されてシステムが形成される。

系統給電所、配電用変電所の集中制御を行う負荷制御所、水力発電所群の集中制御を行う水力系制御所の主要機能例としては表1.に

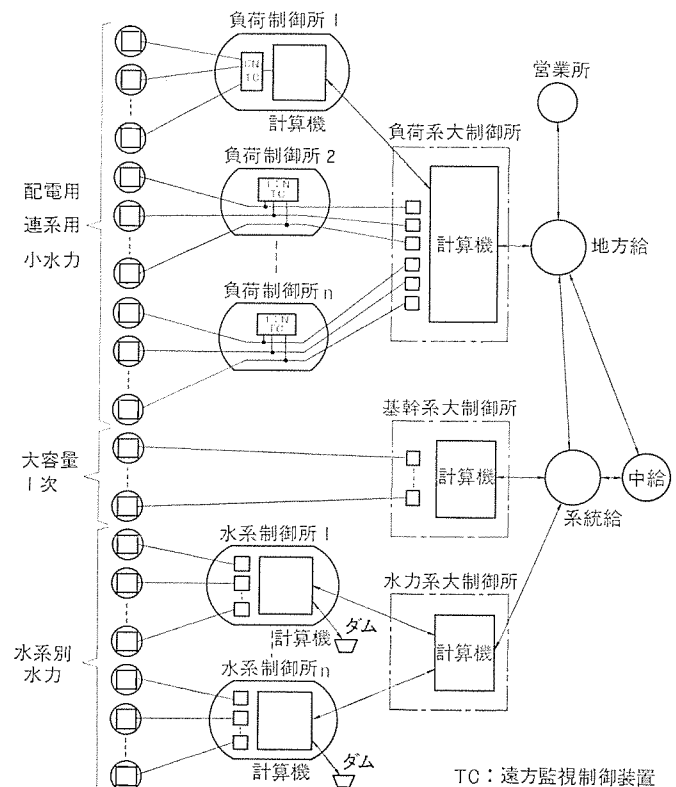


図1. 大形集中制御所システムパターン

表1. 給電運用自動化機能及び発電所設備運転集中化、自動化機能(例)

向 先	主 要 機 能 例	主要ハードウェア (入出力機器)
給 電 所	1. 情 報 伝 送 2. 自 動 監 視 3. 自 動 記 録 4. 系 統 信 頼 度 監 視	C R T ラインプリンタ カードリーダー タイプライタ 操 作 卓
負 荷 制 御 所	1. 集 中 制 御 2. 自 動 監 視 3. 自 動 操 作 復 旧 4. 自 動 記 録 5. 情 報 伝 送	系 統 監 視 盤 集 中 制 御 机 タイプライタ 操 作 卓
水 系 制 御 所	1. 集 中 制 御 2. 自 動 監 視 3. ダム 運 用 処 理 4. 自 動 記 録 5. 情 報 伝 送	系 統 監 視 盤 集 中 制 御 机 タイプライタ 操 作 卓

示すとおりである。

2.2 大規模自動化システム検討上の基本事項

前述のごとく自動化の規模が大きくなれば、システム自体が高度化、複雑化し、それらの総合接続において有機的に結合させねばならない。このための検討事項として基本的なものは次のとおりである。

2.2.1 情報のピックアップと分類

制御所に伝送する情報を検討し、ピックアップした情報の性格(処理ひん度、発生量、優先度など)を十分検討し、分類しておくことがまず必要である。この場合の前提条件としては、

- (1) 階層制御システムにおける制御所の位置づけ、機能分担
 - (2) システム運用のきめこまかさ
 - (3) 制御所の運用体制、保守体制、自動化の程度
 - (4) 被監視、制御設備の重要性、自動化の程度
- などを、現在及び将来について十分検討しておくことが必要と考える。

2.2.2 情報の伝送方式

監視制御においては、一般に情報伝送時間の速いことが要求されるが、情報量が多くなるとこれら情報を要求される時間内に伝送するために、ピックアップした情報の性格、用途を十分検討した上で要求される伝送速度の分類、配分を行い、伝送方式を決定する必要がある。

例えば、サイクリック伝送においては、スーパーコンピュータ、優先伝送、サブコンピュータ、選択切換伝送等の伝送方式を使い分ける必要があり、また場合によっては、ランダム伝送の採用も必要となる。

ランダム伝送とサイクリック伝送の概略比較結果は次のとおりである。

- (1) 伝送可能な情報量：サイクリック伝送では一定の限界があるが、ランダム伝送では限界がない。
- (2) 情報入手の即時性：割込み優先機能をもったサイクリック方式が大きい。
- (3) 状態の常時監視：サイクリック伝送では、情報のサンプリング周期が一定値以下であるため実施しやすいが、ランダム伝送は必要時だけの伝送であるため困難。
- (4) 連続変化量の監視：同上。

2.2.3 中継方式

制御所での情報の転送、分配方法としては次のものがある。

(1) 搬送中継方式

表示計測信号については、被制御所から遠方監視制御装置によってサイクリックに伝送されてくる情報を、ハイブリッドで回線分岐し、制御所の表示受信装置に渡すとともに上位制御所へ中継する。

制御信号については、回線を切換えることによって、上位制御所、制御所のいずれか一方により被制御所を制御する。

図2は搬送中継方式による大形制御所システム構成例を示すものである。

(2) ワード直列・ビットパラレル中継方式

伝送速度のマッチングを図るために、SPC(直並列変換器)によりワ

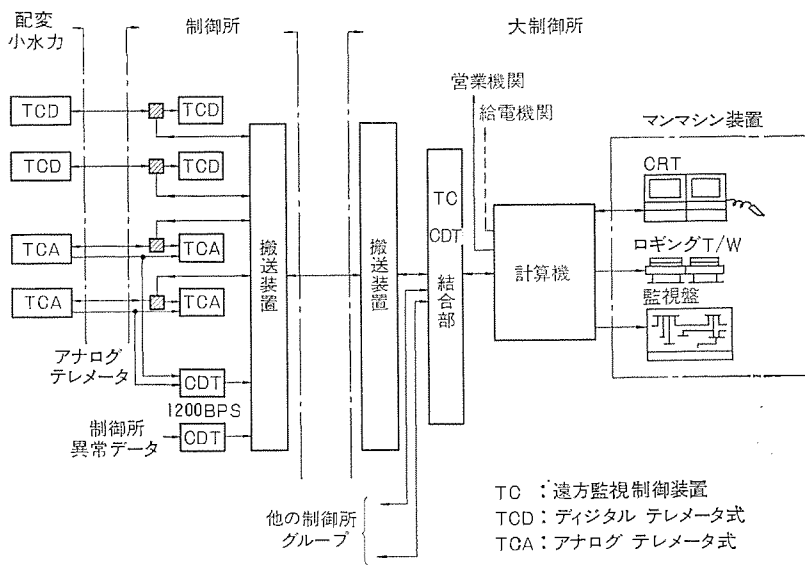


図2. 搬送中継方式による大制御所システム構成例

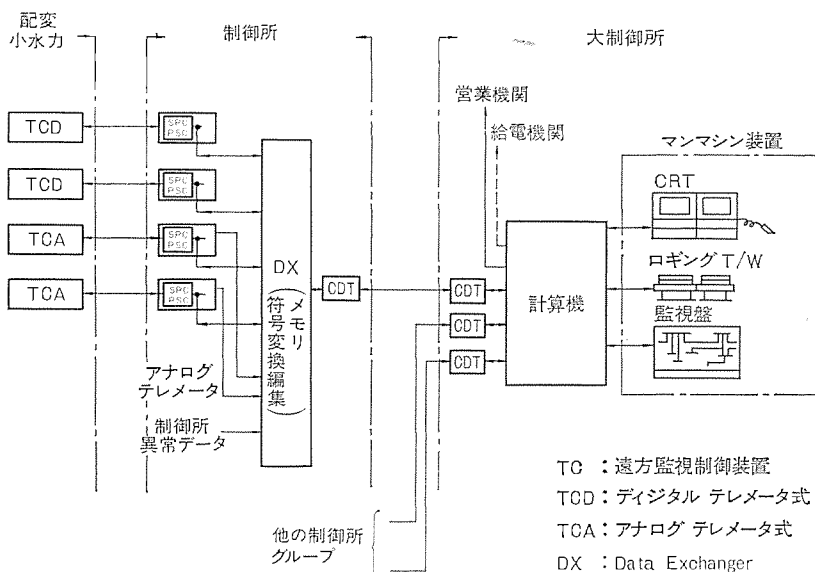


図3. ビットパラレル中継方式による大制御所システム構成図

ード直列・ビットパラレル信号に変換後バッファメモリに記憶しておき、相手装置からのアドレス信号に応じた情報を送出する方式である。この場合、情報の編集が可能であり、効率のよい中継が可能となる。

図3はビットパラレル中継方式による大形制御所システム構成例を示すものであり、図中のDXとしては、専用ハードウェアで処理する場合と計算機で処理する場合とがある。

2.2.4 計算機とのインタフェース

伝送装置と、計算機との効率的な組合せが必要となるが、組合せ方法は両者の方式、機能分担の仕方等によって、次の各方式が実施されている。

(1) 結合方式(機能分担)

伝送装置と計算機の結合方式として、次の2種がある。

(a) CASC方式(Computer, Aided, Supervisory Control)

図4(a)に示す構成であり、計算機が無くても、本来の遠方監視制御装置の機能を果たすことができ、計算機が補助的に結合されているもの。したがって計算機ダウン時のバックアップ対策は特に必要ではない。これは従来の遠方監視制御システムに計算機を付加

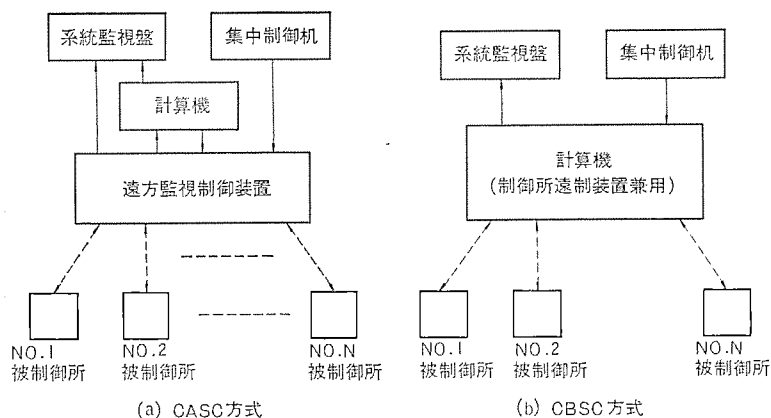


図 4. 情報伝送装置と計算機との結合方式 (機能分担)

表 2. 情報伝送装置と計算機との信号受渡し方式

方 式	結 合 方 法	特 徴
1. ビット並列渡し		
⑦ 全ビット並列渡し	情報伝送装置の表示出力、計測出力、制御入力部と計算機を結合する方法	最も基本的で確実な方法であるが、プロセス入出力点数が多く経済的に不利である
⑧ ビット並列選択切換渡し	情報伝送装置の個別メモリの出力側に選択回路を設け計算機から指定された情報だけを渡す方法	プロセス入出力点数は $(m+n)$ 必要 m : グループの数 n : 1 グループ当たりの情報数
2. ワード直列ビット並列渡し	情報伝送装置の PSC (並直列変換器)、SPC (直並列変換器) 入出力と計算機を結合する方法	時分割に伝送されてくる情報を、ワード単位に同じ窓口を経由して情報の授受を行なうものであり、経済的である
3. ビット直列渡し	情報伝送装置の変復調装置入出力と計算機を結合する方法	情報はビット直列の形で受渡され結合点数は最小となるが、結局計算機側に PSC、SPC が必要となる。ソフトウェアで PSC、SPC 機能を実行することは計算機の占有時間が多くなり困難である

したものであるから、技術上、運用上最も安全確実な方法であり、計算機導入の第 1 段階として有効な方法である。

(b) CBSC 方式 (Computer Based Supervisory Control)

図 4. (b) に示す構成であり、計算機が制御所遠方監視制御装置の機能を兼ねる方式で、監視制御内容はプログラムにより変更可能なものである。将来はこの方式が増す傾向にあるが、計算機ダウン時、あるいは増設、改造 (プログラム変更) 等の際のバックアップ対策が必要である。

バックアップ対策としては、計算機の 2 重化、最小限の監視が行えるような簡易バックアップ装置の設置などが必要である。

(2) 受渡し方式

情報伝送装置と、計算機との信号受渡し方式としては、表 2. の各方式が実施されている。

2.2.5 マンマシンインタフェース

大規模集中制御所では、多量の情報の監視と、迅速な処理が要求される。そのため、情報のインプット、アウトプットの間で、人間が果たすべき役割を補助し、導くうえで重要な機能としてのマンマシンコミュニケーションに再評価を加え、新技術をもとに設計すべきときに来ている。

この設計計画に際しては、多くの使用条件、設計条件を明確にし、制御所スペース、フレキシビリティ、経済的問題等を考慮してシステム設計を行うことが重要であるが、そこに流れる思想は、人間をシステムの監視、管理の中心として考えたコミュニケーションシステムを作ることである。このため、人間の特徴を考え、心理的な面からも受け入れやすいマンマシンコミュニケーションの追求が課題となってきている。

監視、表示系におけるマンマシンシステム設計上の基本事項としては次のとおりである。

(1) 表示方式

マンマシンシステムの設計に際して、情報の表示方法を考える場合、人間工学的な配慮が必要となる。

基本的には監視制御に関する設備の一覧性と選択性の協調問題であると考えられる。すなわち

(a) 監視設備に一覧性を持たせることは、相互関係のは (把握) には極めて有効であるが、

監視点数が膨大になれば、かえって判りにくくなる。

大きなスペースを要する。

などから監視限界を考える必要がある。

(b) 選択監視制御は、必要時必要事項だけを選択するため、スペース上極めて有効であるが、

選択方法は、できるだけ簡単でかつ限られた範囲内では、一覧性があるほうがよい。

多重事故など、監視制御項目が重複した場合の処理方法に工夫をこらす必要がある。

以上の問題は、具体的には系統監視盤、CRT、及び、表示ランプの組合せ方式と、それに伴う操作方式をどうするかという問題である。

今後このような集中化が進むにつれて、監視情報が増大し、人間と機械の情報交換の機能の良否がシステム全体の運用を左右するものと予想される。

2.2.6 信頼性

大規模集中制御システムでは、装置の障害、特に機能停止が電力系統に及ぼす影響が大きいため、従来装置に比べ格段の信頼度向上が要求されることになる。

しかしながら、各装置ブロックの固有信頼度を前述の信頼度レベルまで向上させることは非常に困難であり、したがって何らかのバックアップ対策が必要となる。また、各装置ブロックによって、システム全体に及ぼす影響に大小があるため、システムから要求される信頼度レベルと経済性とのかねあひにおいて、部分的なバックアップ対策が施されることになる。

3. 給電所及び負荷制御所におけるシステム構成例

3.1 給電所向けシステム

3.1.1 システムの概要

このシステムは、基幹系統への運用指令業務の自動化を図ったものであり、システムの機能を、平常時・緊急時・復旧時の電力系統の三つの運転状態に対応させて示すと、表 3. のようになる。

3.1.2 システムの特徴

電力系統は日々増設・拡張されるものであり、したがって電力系統の監視制御装置は十分に増設・変更に対応できるものでなければならない。このシステムには、マンマシンインタフェースの表示装置として

表 3. 運転状態別にみた給電所 システム の機能

	系 統 監 視	系 統 情 報 表 示	系 統 情 報 記 録	デ ー タ の 入 出 力	デ ー タ 交 換
平 常 時	系統状態量の上下限監視 SV, SA 状態変化監視 系統分離点設定及び分離点潮流 監視	系統図表示 系統状態量表示 系統監視設定値表示及びその変 更	系統状態量の記録 平常時操作状況記録 日報記録	SV, SA 状態入力 直送アナログ テレメータ入力 系統監視盤出力 操作卓入出力	CDT データ入出力 メッセージ データ入出力 (優先機能あり)
緊 急 時	系統状態量の上下限監視 SV, SA 状態変化監視 電源制限監視 負荷制限監視 系統分離監視	系統図表示 制限量表示 事故前後状態量表示 事故状況表示	事故状況記録 (事故時動作シーケンス記録) 事故前後状態量記録		
復 旧 時	系統状態量の上下限監視 SV, SA 状態変化監視	系統図表示	復旧シーケンス記録		

注) SV : Supervision SA : Sequence Automatic

CRT が取り入れられており、系統監視に大きな威力を発揮している。系統給電所における給電指令室への CRT の設置状況を図 5. に、CRT 表示画面の例を図 6. に示す。CRT は運転指令台横の計算機用操作卓上に設置されており、おのおの異なる画面で系統の監視が可能になっている。また必要時には、1 台のハードコピー装置によりおのおの CRT 表示画面をハードコピーすることが可能である。系統情報の記録にはタイプライタ及びラインプリンタが使用されている。系統状態の変化・機器操作記録等はタイプライタを用い、日報や系統状態量記録のような印字文字数の多いものについてはラインプリンタを用いて印字の高速化を図っている。

3. 1. 3 ハードウェアシステム構成

ハードウェアは中央演算処理装置 (MELCOM 70) を中心として図 7. のような機器で構成されている。

各装置はユニット単位で増設可能であり、PI/O 装置はカード 1 ～ 2 枚が 1 ユニットとなっている。また、信頼性向上のため各カードは大形基板を使用しており、極力接続部分が少なくなるような構成としている。

また、MELPAC-700 と他の系統制御装置とのインタフェースは、コネクタベースでできるようにしている。

3. 1. 4 情報伝送装置と計算機とのインタフェース

情報伝送装置としては、CDT と RDT (ランダム伝送装置) を使用しており、CDT については、ワードシリアル、ビットパラレルにより S-P 変換の後、又は P-S 変換の前で授受しており RDT については、通信制御装置を通して MODEM インタフェースで実施している。したがって、特別のインタフェース機器は使用せず、容易に接続可能としている。

3. 2 負荷制御所向け 1 : N 集中自動監視制御システム

3. 2. 1 システム概要

このシステムは、配電用変電所及び連系用変電所最大 28 力所を 1 : N 集中遠方監視制御装置により負荷制御所へ集約し、計算機との有機的な結合により高信頼度でかつ効率的、経済的な運用を可能としたものである。

対象規模

被制御所数 N=28 変電所

制御/監視項目数 80/100 ポジション (1 変電所当たり)

計測項目数 WH : 3, V : 8, A : 7, PI : 30 量

制御所には、系統監視盤を設けて故障表示・フィード ON, OFF 表示

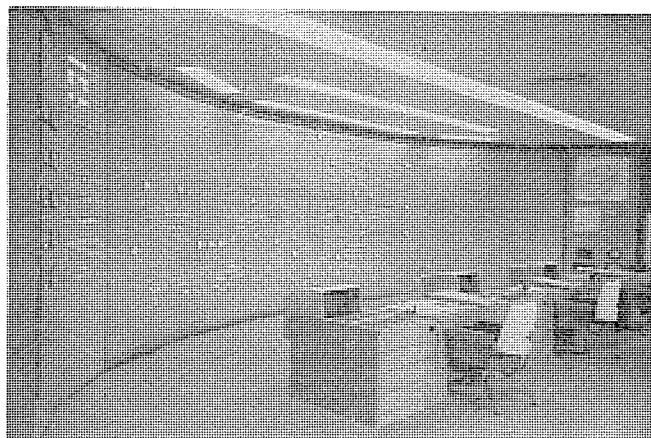


図 5. 給電所給電指令室

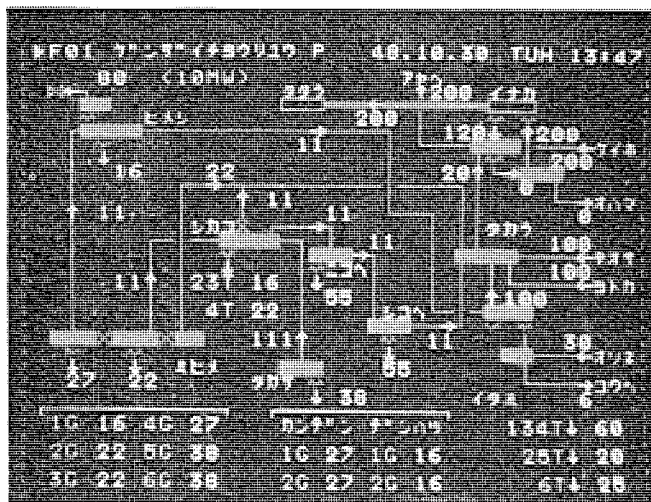


図 6. CRT 表示画面の例

以外の全系統情報を表示し、一覧性をもたせることにより系統全体を適確には握できるよう考慮し、制御・操作は全変電所に共通の集中制御機により組合せ選択制御を行うとともに、該当変電所の故障表示、フィード ON, OFF 表示計測値が自動的に選択表示され、運転の効率化とフロアスペースの縮小化を図っている。また計算機により、負荷の自動監視、機器状態、各種計測値の自動記録、自動操作、復旧制御を行うとともに、上位制御所へのデータ転送を行っており総合的かつ合理的な集中自動監視制御システムを構成している。

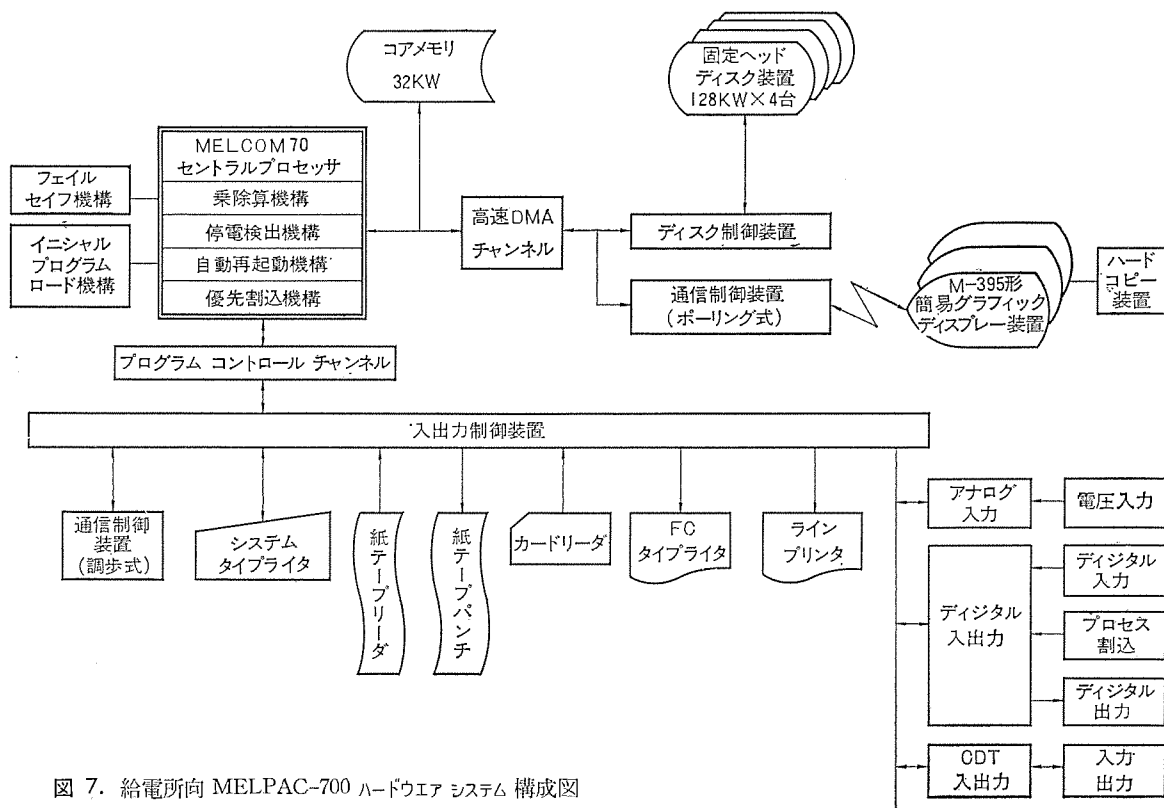


図 7. 給電所向 MELPAC-700 ハードウェア システム 構成図

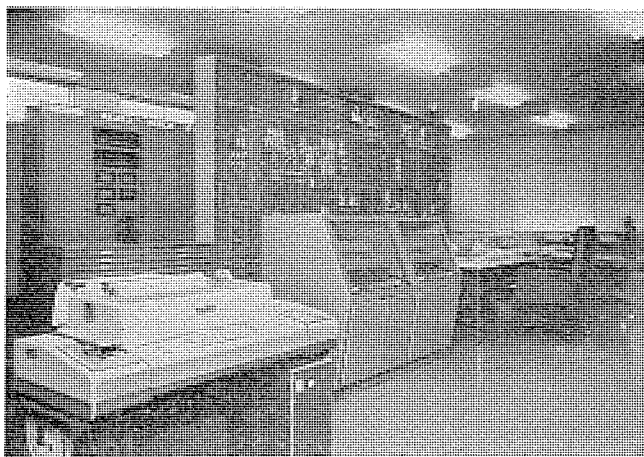


図 8. 負荷制御所運転指令室

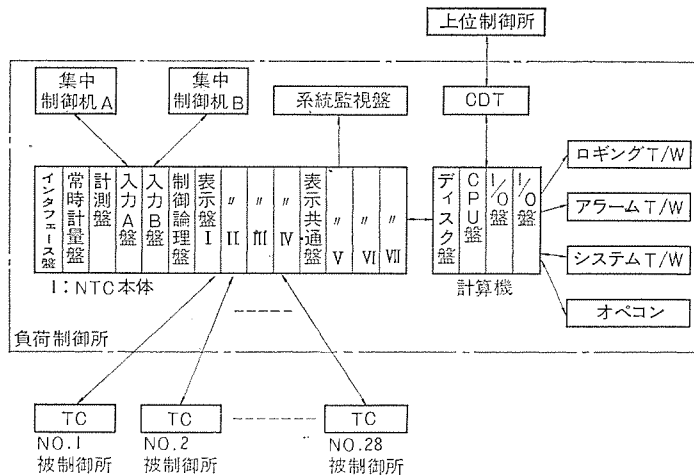


図 9. 1:N 集中自動監視制御 システム 構成図

図 8. に制御所の機器 レイアウト を示す。

3. 2. 2 システムの特徴

負荷制御所は末端制御所であるためシステムバックアップができず、このシステム 停止時には全変電所の運転が不能となり信頼度確保に十分配慮しなければならない。したがって 1:N 集中遠方監視制御装置の共通部は 2 重化し個別部は 4 変電所単位で独立実装することにより、1 部位の支障により停止する範囲を 4 変電所以内におさえている。また計算機は CASC 方式としているため 1 重としている。また前記給電所向けシステムと同様電力系統は日々増設・拡張されるものであり、したがって十分に増設・変更に対応できるものでなければならない。このシステムでは機器番号表示警報方式、メータスケール 等各种設定にダイオードマトリックス設定方式を採用して対処するとともに、ソフトウェア、ハードウェアともビルディングブロック化し、更にソフトウェアは、インデックステーブル方式を採用している。(後述) また迅速な制御を可能とするため、制御 1:N 方式ではあるが同時に、四つの制御入力を受入れることができるようにしている。

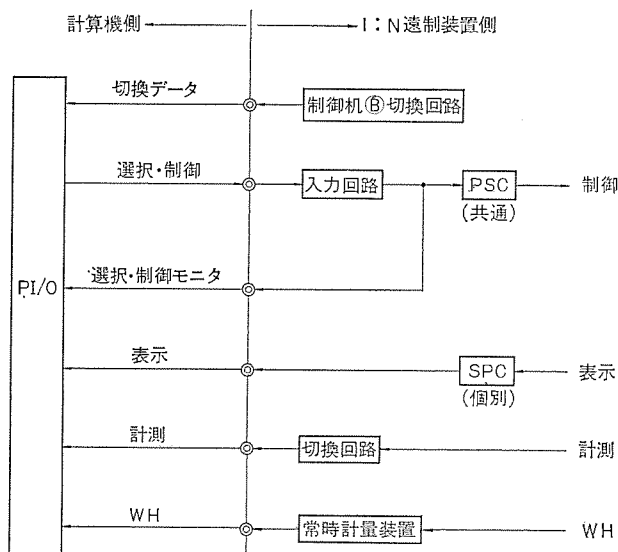


図 10. 1:N 集中遠方監視制御装置と計算機との接続箇所

3. 2. 3 ハードウェア システム構成

ハードウェア システム 構成は図 9. に示すとおりである。特に 1 : N 集中遠方監視制御装置と計算機との接続箇所は、図 10. に示すとおりであり、選択・制御、選択・制御 モニタ、表示の各信号はワード 直列・ビット 並列渡しとしている。

4. 当社システムの特長及び指向方向

以上述べた電力系統運用自動化 システム に対する当社 システム の特長、及び指向方向は下記のとおりである。

(1) 高信頼性

総合自動化 システム の高信頼度管理として下記 5 点を重点的に指向し、徹底を図っている。

- (a) 伝送装置の信頼度管理
- (b) 制御用計算機の信頼度管理
- (c) 同上用機能 プログラム の品質保証
- (d) 同上に結合する情報伝送装置との インタフェースでの信頼度確保
- (e) 電力系統総合運用制御 システム としての信頼度配分及び向上

特に従来形装置並びに関連装置（主配電盤・保護継電装置）との協調に十分な考慮を払っている。

(2) 共用性縮小性

従来形装置の組合せにより得られる機能を複合化し、有機的に構成したことにより共用部分のむだがなくなり、小形化を図っている。また LSI, MOSIC の積極的採用により小形化低消費電力化、信頼性向上を図っている。

(3) 拡張性・融通性

電力系統でひん繁に行われる変更・増設に対処するため、ソフトウェア、ハードウェア ともビルディングブロック 化されており、更にソフトウェア は小規模の変更・増設に対処しやすい インデックス テーブル 方式を採用している。ハードウェア としても、ダイオードマトリックス による設定方式を採用している。

(4) 適合性

上記標準化ビルディングブロック を組合せ、要求の仕様に最もよく適合した装置を製作可能な体制としている。

(5) 保守・調整容易性

ハードウェア が標準化され、デジタル IC レベル 信号を主体として構成されているので保守・調整が容易である。ソフトウェア が機能の大半を占めるので若干の機能調整も現地でも行える。

(6) 耐環境性

変電所、制御所、給電所等の環境に適応する耐環境性（電源、雑音、温度、湿度、振動、衝撃、じんあい）を有している。

(7) 耐サージ 性

変電所等において発生する電力系統固有のサージに対しエレクトロニクス回路を保護するサージ 吸収回路を設け、他の電力用装置と同様な感覚で取扱えるよう注意している。

(8) 総合性

電力系統の給電運用、設備運転の総合自動化計画に対処し、他情報

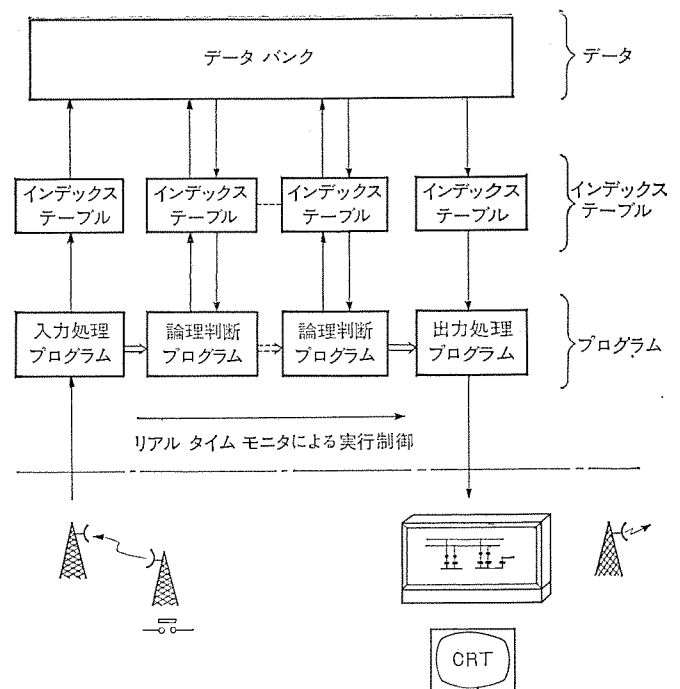


図 11. ソフトウェア 構成図

伝送装置現場個別自動化装置との結合に十分な注意を払い総合 システム として満足なものとするよう考慮している。

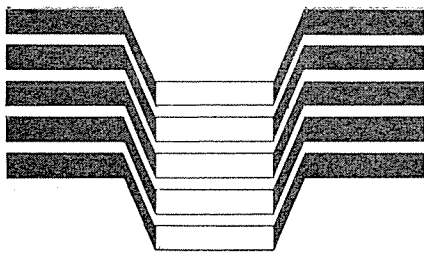
(9) ソフトウェア 構成

総合自動化 システム の機能の大きな部分を左右する ソフトウェア は、SPAC シリーズ (Software Package for Automatic Control) と呼ばれる一連の標準化 (機能) プログラム モジュール の組合せにより構成され、MELCOM 350-7 制御用計算機により効率よく実行される。標準化 (機能) プログラム モジュール は各実行機能単位に分割されており、これらを統括・制御実行するのはリアルタイム モニタと呼ばれる実行制御 プログラム であり、これを標準ユーティリティ プログラム がサポートしている。ソフトウェア 構成は、変更が最も容易なデータベース 構成としており、図 11. に示すごとく、プログラム—インデックス テーブル (コントロール ワード)—データ という 3 層構造にしている。したがって、データの増設、変更の際してプログラム を変更することがなく インデックス テーブル で対処でき、また プログラム の変更の際しては、データ の変更は必要なくプログラム とデータ とが確実に分離して信頼度が向上するとともに増設変更に対して柔軟容易な構造となっている。

5. む す び

以上、電力系統運用自動化 システム 構成の考え方及び 2 ~ 3 の当社の実施例について述べたが、その成果は各電力会社関係者のご指導とご協力によるものであり、本誌上を借りて厚く謝意を述べる次第である。

今後、運用の自動化を目指しての計算機の利用はますます増加するものと考えられ、当社としても、最も適する システム の実現に積極的に取り組み、ユーザ 各位のご期待にこたえる所存である。



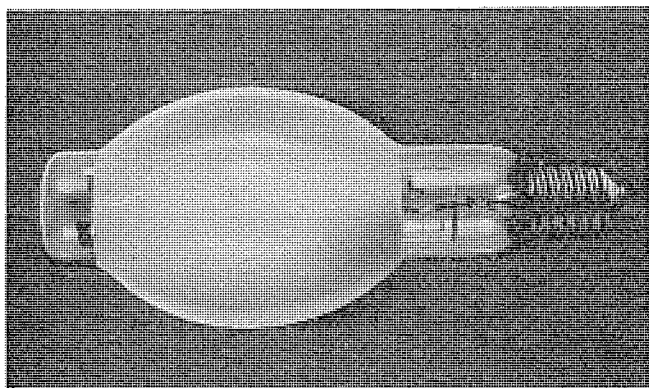
高演色水銀ランプの発売

新しい光体を実用化／ 色温度・光色が大きく向上

従来、けい光水銀ランプは効率、寿命など経済性に優れているにもかかわらず、演色性の面からデパート・商店・ビルやホテルのロビー、廊下などには採用されにくい点があった。

三菱電機ではけい光水銀ランプの演色性の改善のために研究を積み重ねていたが、新しい光体の実用化に成功し、演色性の優れたけい光水銀ランプ《ニューデラックスホワイト》と《ニューデラックスソフト》の2種類を完成し発売することになった。

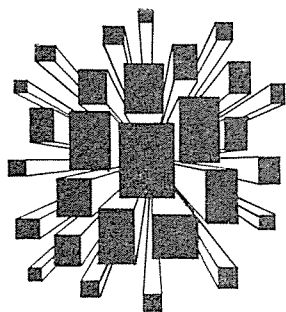
最近の室内照明は、取り付け灯数及び面積が少なく済む高出力の光源が要望されており、演色性の優れたこのけい光水銀ランプは今後屋内照明の需要を拡大するものと期待されている。



特 長

	ニューデラックスホワイト	ニューデラックスソフト
演 色 性	従来のけい光水銀ランプの欠点である青緑色発光の欠落を補強するため、新しいけい光体を付加、この結果演色性が一段と改善され、白色が自然の白に近く見えるようになった。特に白色けい光ランプとほぼ同じ色温度、肌の見え方をする。	従来のけい光水銀ランプに、深赤色に発光するけい光体を付加、この結果、光色は白熱電球のそれに近く、落ちついた柔らかいふんい気をもし出す。特に肌の見え方は温白色けい光ランプより優れ、赤色も暖く美しく見せる。
機 種 と 概略仕様	1. 40 W～1 kW まで12 種 2. 色温度 4,100°K 3. 演色評価数 R_a (平均) 53 R_{15} (日本人の肌色) 45 4. 効率 (400W) 60 lm/W	1. 40 W～1 kW まで12 種 2. 色温度 3,300°K 3. 演色評価数 R_a (平均) 53 R_{15} (日本人の肌色) 55 4. 効率 (400W) 60 lm/W

特許と新案



陰極支持装置 (実用新案第 991805 号)

考案者 小林 弘 男

この考案は直熱形陰極を用いた陰極線管における陰極の支持装置に関するものである。

陰極線管の陰極は、これの熱電子放射面とこれを用いた電子銃の第1格子電極との位置が常に一定の値に規整されなければならないが、従来用いられていた陰極支持装置はその組立方法、組立精度に問題が多くまた組立の作業性も極めて悪かった。

この考案は、これらの欠点を除去した直熱形陰極の支持装置を提供するものである。すなわち図 1.~3. に示すごとく、例えば ステアタイトなどより成る絶縁基板(3)の中央に長方形又は円形の有孔部分(5)を設け、これに橋渡しするごとくほぼコ字状に折曲げられた例えばリボン状ニッケル材などの一対の導電性支持板(4)を図 2. および図 3. に示すごとく絶縁基板(3)の平面に沿わせて、例えばステアタイトセメントまたはガラス材の融着などの方法により固定し、これにほぼコ字状に折曲げたヒータ(2)の中央に陰極材などを被着形成するベースメタル(1)を配したものの両端をそれぞれ外側に折曲げて成るものを、絶縁基板(3)の有孔部分を経てあらかじめ固定された一対の支持板(4)の間にそう(挿)入し、ヒータ(2)の両端の折曲げ部分と各々の支持板(4)のコ字状の内側部分に溶着して構成されるものである。

図 4. にその溶接方法の一例を示すが、例えばこの考案の実施により図に示す下部溶接用電極(6)はヒータ(2)の位置規整用治具の兼用も可能となり、例えば絶縁基板(3)の中央に下部溶接用電極(6)が来るような機構を設け、この下部溶接用電極の先端の所定の位置にヒータ(2)を取付け、絶縁基板(3)の有孔部分を経て両支持板(4)の間にそう入し、各々の上部溶接用電極(7)により支持板(4)とヒータ(2)の両端の折曲げ部分を溶着することが極めて容易となる。

また図 2. に示すように支持板(4)のヒータ(2)との溶着部分は、その両端が絶縁基板(3)に固定されるので、その溶着部分の機械的

強度を強固にすることができる。したがって支持板(4)とヒータ(2)の溶接時に各々の支持板(4)を変形させることは絶無となるうえ、この考案においては溶接用電極(6)、(7)の着脱が極めて容易で、これによるヒータ(2)の変形も極めて少なくなる。このため絶縁基板(3)に対するベースメタル(1)の位置精度が向上し、充分精度の良い電子銃が得られる。

更に有効部分(5)の短径方向の寸法と各々の支持板(4)の間隔を、ヒータ(2)のコ字状部分の寸法に合わせて選定し、両者で形成される空間にヒータ(2)をそう入して溶接するようにすれば、特別に位置規整用治具を用いずともほぼ所定の位置にヒータ(2)を溶着することができる。

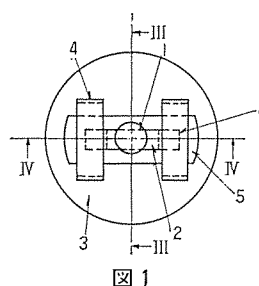


図 1

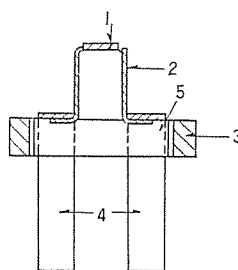


図 3

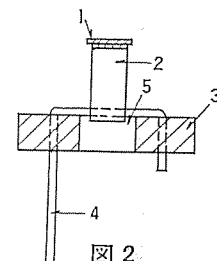


図 2

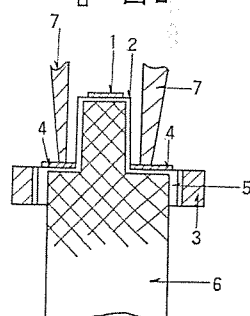


図 4

陰極支持装置 (実用新案第 991806 号)

考案者 小林 弘 男

この考案は直熱形陰極を用いた陰極線管における陰極の支持装置に関するものである。

陰極線管の陰極は、これの熱電子放射面とこれを用いた電子銃の第1格子電極との位置が常に一定の値に規整されなければならない

が、従来用いられていた陰極支持装置はその組立方法、組立精度に問題が多くまた組立の作業性も極めて悪かった。

この考案はこれらの欠点を除去した直熱形陰極の支持装置を提供するもので、図 1. に示すごとく、例えば ステアタイト などよりなる絶

緑基板(3)の中央に適当な形状と大きさを持つ有孔部分(6)を設け、例えば ニッケル 材などよりなるリボン状板材をL字状に折曲げて成形された支持板(4)の折曲げ部分(5)を図 1. に示すように各々内側に向けて配し、この絶縁基板(3)と各々の支持板(4)とを例えば ガラス 融着または ステアタイトセメント などにより固定したものである。

これにより支持板(4)の折曲げ部分(5)と中央にベースメタル(1)を配して成るヒータ(2)を溶接する時、上記絶縁基板(3)の有孔部分を利用して、例えば図 2. に示すように上記絶縁基板(3)の有孔部(6)を通じて例えば銅材などよりなる溶接電極(7)をそう(挿)入し、ヒータ(2)側よりもう一方の溶接電極(8)を当てることにより前記溶接作業が極めて容易となる。

又、例えば図 2. に示すように絶縁基板(3)の有孔部(6)からそう入する溶接電極(8)の中央に例えば絶縁材料もしくは高抵抗材料よりなる案内子(9)を設けたものを絶縁基板(3)の有孔部(6)に沿わせてそう入するようにすれば、あらかじめこの絶縁基板(3)の外径に対して有孔部(6)が中央に位置するようにしておくことにより、ベースメタル(1)を配したヒータ(2)は、充分満足できる精度で絶縁基板(3)に固定された支持板(4)に溶着できる。

更に絶縁基板(3)に支持板(4)を固定する時、その折曲げ部分

(5)を絶縁基板(3)の平面部分に密着して固定できるので、両折曲げ部分(5)は絶縁基板(3)の平面部分に対して平行な平面を作ることが簡単となり、したがって陰極の組立精度は更に向上する。

以上のようにこの考案は、この種の陰極の組立工程における生産性向上と組立精度の向上並びに組立形状の均一化に寄与するところ極めて大である。

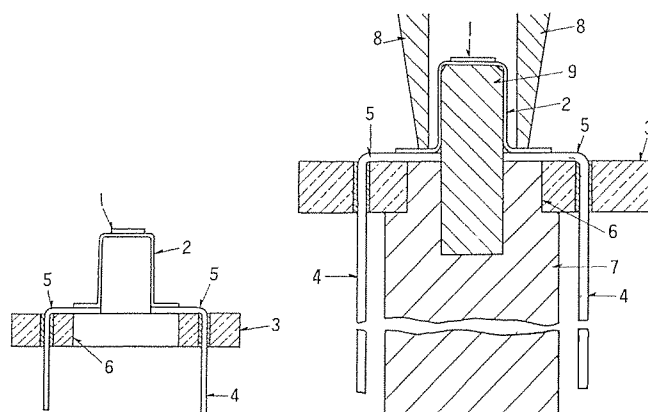


図 1

図 2

冷 蔵 庫 (実用新案第 995143 号)

考 案 者 高 田 弘 明・織 田 隆 嗣

この考案は冷却器で冷却した空気を送風機により強制的に循環させるようにした冷蔵庫の改良に関するものである。

図において、(1)は仕切板(2)により庫内の後面および側面に沿って平面L字形に形成された風路で、この風路の後面側端部には吸込口(3)が形成され、また側面部には送風機(4)が対向設置された吹出口(5)が形成されている。上記風路(1)の後面に沿った部分には冷却器(6)が設けられ、この冷却器は切欠部(7)を有した多数のフィン(8)を上下方向に積重ね、その切欠部(7)にだ(蛇)行状の冷却管(9)を押し込むことにより形成されている。

以上の構成により、庫内の空気は送風機(4)により吸込口(3)から風路(1)内に吸引され、冷却器(6)で冷やされた後吹出口(5)から吐出されて庫内を冷却する。

この考案は以上のように、後面側風路のほぼ全面にわたって冷却器を設置し、風路内に送風機を設けたため内部容積の小さい冷蔵庫においても低温を必要とする冷凍室に近接して冷却器が設置できるとともに冷却空気の循環路が少なくてすむ。さらに冷却器に付着した霜は霜取り時に積重ねられたフィン上に落ち完全な水となって流れ落ちるため、氷塊のまま落下して風路をふさいだりすることがなく、したがって冷却器を短時間加熱するだけで霜取りが行なえるというものである。

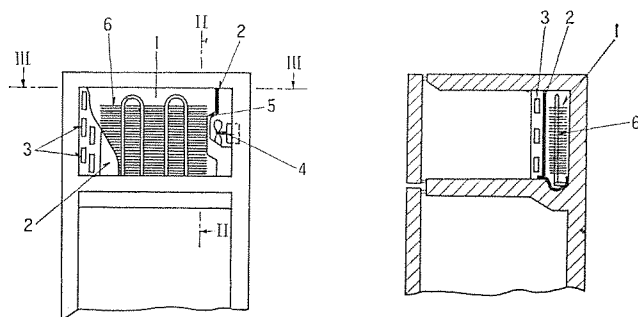


図 1

図 2

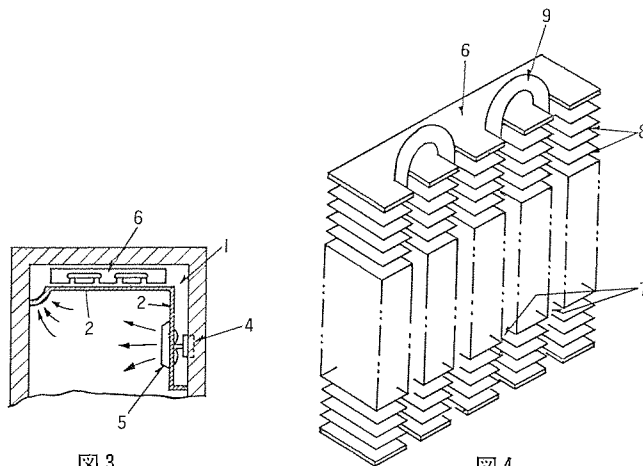


図 3

図 4

大容量安定送電のための超速応ブラシレス励磁方式の開発

斎藤 修*・迎 久雄**・天竺信正***・斉藤 功†

1. ま え が き

近時我が国における電力消費の伸びは幾分停滞しているが、現代社会における電力エネルギーへの依存と期待は大きく、長期的にみれば電力需要は引続き増大していくものと考えられる。したがって今後もこれにみあった電源並びに送電設備を拡大強化していかなければならないが、最近は用地環境等の制約から電源地点と負荷地点の距離は遠隔化し、1発電所あたりの容量も増大化せざるを得ない状況にあり、大容量長距離送電線の必要性はますます高まりつつある。しかし大電力を長距離送電する場合には送電安定度面からの制約により、送電線の電流容量を十分大きくしても送電能力を増大することができないので、このような系統における安定度向上策は極めて重要な課題である。

系統の安定度向上対策には送電線回路数の増加、直列コンデンサの設置など種々の方法があるが、超速応励磁方式も有効な手段である。

一般に送電系統の事故時には、事故瞬時の系統電圧低下並びに事故区間除去に伴う線路インピーダンスの増大により、発電機の電気出力は減少するが、機械入力はほとんど変化しない。このため入出力のアンバランスにより発電機は加速し、発電機相互間の相差角は増加する。この場合、発電機の初期出力が大きいと加速を抑えきれず脱調に至ることがある。このような系統動揺時に、発電機の励磁をすばやく強め、端子電圧をできるだけ高めてやれば発電機出力は増加し、加速が抑制されるので系統安定度を向上することができる。

この方式は、系統事故などのじょう（擾）乱時に発電機端子電圧及び位相角の変動を迅速にとらえ、これにより励磁を適切迅速に制御することにより定態（動態）及び過渡安定度を向上させるものである。

今回、東京電力(株)と三菱電機(株)との共同研究により開発した超速応励磁装置は、交流励磁機の時定数を従来の数分の一以下にし、頂上電圧を高くするとともに界磁電流フィードバック装置(CFB)と系統安定化装置(PSS)を採用した超速応ブラシレス励磁装置で、保守の簡便さと供給電源の信頼性にまさり、また開発が困難な大電流スリップリング装置を必要としない、などの利点を有するものである。

以下に、モデル系統の解析により得られた超速応励磁方式の所要機能と系統安定化効果、時定数の小さい交流励磁機の開発とその試験結果、1,000 MW 級大容量発電機ユニットへの適用を考慮して試作した 75 MW 用超速応ブラシレス励磁装置の工場並びに実系統試験の結果について、概要を述べる。

2. 超速応励磁装置による系統安定度の改善

2.1 モデル系統

超速応励磁方式を導入することにより得られる系統の安定度向上効果と、この装置に必要な機能を調査するため図 1. に示すモデル系統

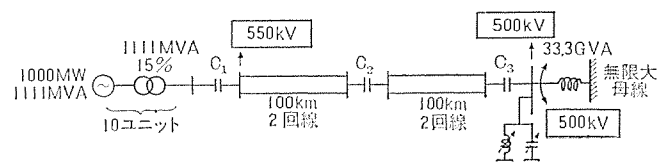


図 1. モデル 系統 システム

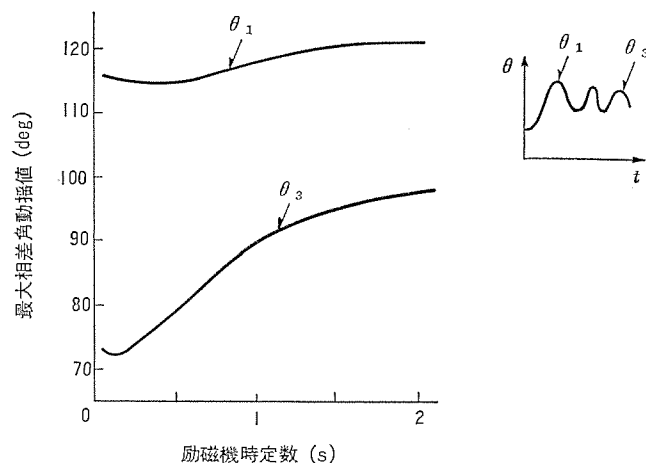


図 2. 統安定度向上への励磁機時定数の影響

を設定した。このモデル系統は 500 kV、2 回線 200 km の送電線で 80% の直列コンデンサ補償を行うもので、送電端に 1,000 MW の発電機 10 台を有している。保護方式は電源側送電線 1 区間内の 1 回線 3 相地絡事故に対し 4 サイクルシャ断再閉路なしとし、直列コンデンサは事故発生と同時に短絡し、事故除去後 3 サイクルで再そう(挿)入するものとした。

2.2 交流励磁機の時定数と界磁電流フィードバック装置(CFB) 励磁制御によって系統動揺時に発電機の相差角変動をできるだけ小さくするためには、発電機の励磁を速応化することが必要であるが、ブラシレス励磁方式においては交流励磁機の時定数が大きく支配的であるため、これを小さくすることが重要である。励磁の速応性による安定度向上効果を調べるため、交流励磁機の時定数と発電機の最大位相角の関係を求めたところ図 2. のような結果が得られた。これより交流励磁機の時定数は数十 ms というような極端に小さな値とするよりも、むしろ 0.1~0.2 秒ぐらいでよいことが知られる。

これに図 3. (a) に示すように交流励磁機の界磁電流信号を AVR へ負帰還を併用すると交流励磁機の見かけ上の時定数を更に十分小さくすることができる。すなわち、図 3. (a) のブロック図は同図 (b) のように表現され、交流励磁機と電流帰還回路部分に注目してこれを書き直すと同図 (c) となり、 H を適当に選ぶことにより所要の時定数を得ることができる。この交流励磁機界磁電流の負帰還(CFB—Current Feedback) は、また、系のダンピング特性を改善する効果も有するもので、一例を示せば図 3. (d) のごとくである。

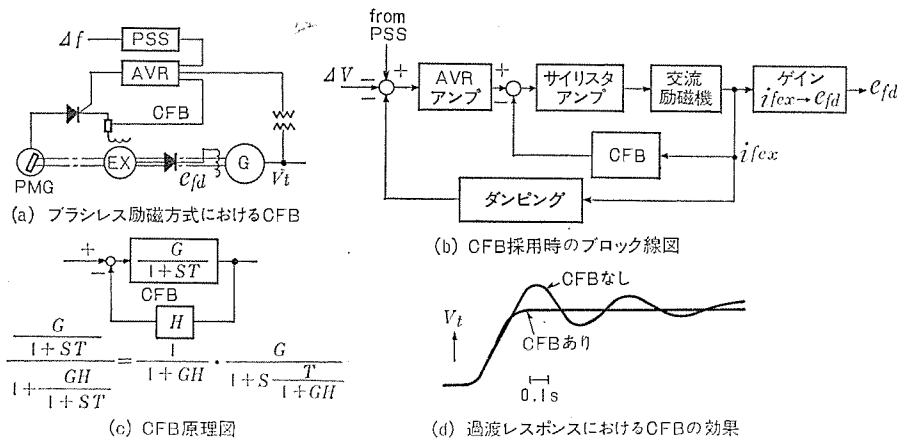
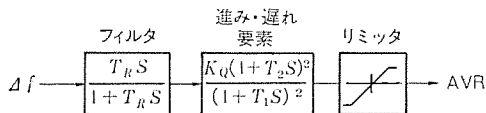
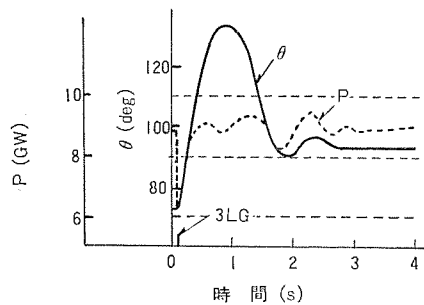


図 3. 界磁電流 フィードバック 装置 (CFB)



2.3 励磁頂上電圧による過渡安定極限電力の増加

励磁頂上電圧を高くすると過渡安定極限電力が増加することはよく知られているが、超速応励磁方式においては励磁系の時定数の小さいこととあいまって特に有効である。

超速応励磁を適用した場合の励磁頂上電圧に対する過渡極限電力の増加を定量的には(把)握するために行ったモデルシステムの解析結果を図4に示す。これによれば頂上電圧を5p.u.(無負荷定格電圧を発生させるために必要な励磁電圧を1.0p.u.とする)から8p.u.にふやすと過渡出力は7.2%増大する。これは同図に示すように標準のブラシレス励磁方式から超速応励磁方式にした場合の増加率には及ばないが、かなり大幅な増加率であり、励磁系の時定数を小さくすることのほか、頂上電圧を高くすることも系統安定度向上に非常に有効であることが分かる。

一方、頂上電圧を高くするためには発電機界磁回路の絶縁を慎重に検討しなければならないが、ブラシレス励磁装置ではサイリスタを用いた励磁装置と異なり、励磁電圧中に転流サージなどのインパルス成分を含まないので頂上電圧を高めるのには有利である。界磁の絶縁強度の検討においては、絶縁物を貫通する対地絶縁強度、経年劣化や汚れの問題が重要となる沿面距離、速応化による電圧の急速な立上がりに伴うターン間のストレス等を検討し、耐用年数30年を考えた場合でも頂上電圧が7~10p.u.程度までなら従来技術の延長で支障なく、励磁機の寸法も大差ないとの結論を得た。

2.4 超速応励磁方式における系統安定化装置(PSS)の効果

系統事故に伴う電力・相角動揺を早期に減衰させるため、近年し

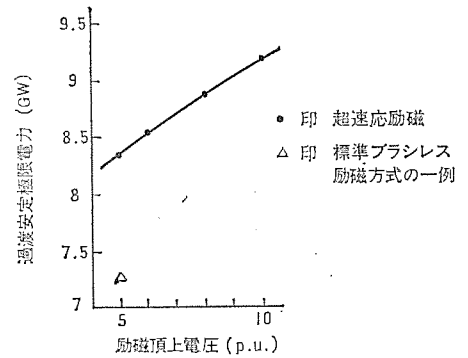
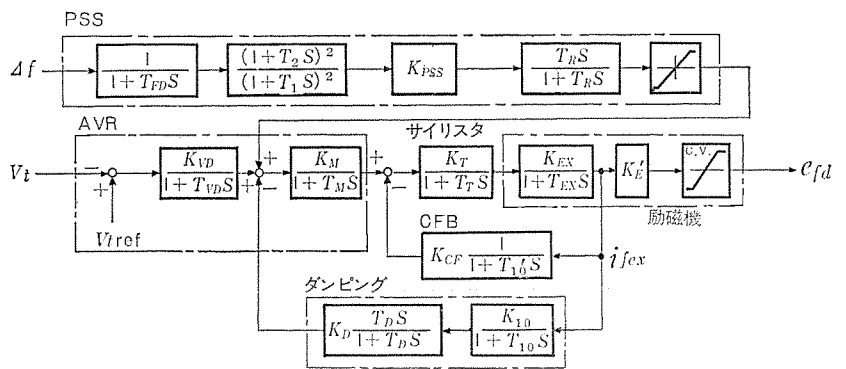


図 4. 頂上電圧による過渡安定極限電力の増加の効果



ばしば AVR に PSS が導入され好結果が得られている。特に励磁回路の速応性を向上した場合には、事故除去後の発電機の2波以降の電力・相角動揺が拡大する傾向にあるので、PSSの導入は一層効果的である。モデルシステムに対する解析結果では通常のブラシレス方式の場合電力・相角動揺は数回続くのに対し、PSSを適用した超速応励磁方式の場合図5の例に示すように2~3回で減衰する。

PSSの代表的なブロック図を図6に示す。図ではタコジェネレータの出力から得られる周波数偏差を入力信号として用いているが、ほかに発電機電圧から周波数偏差を得る方法、あるいは加速度信号として発電機出力の変化分を用いる方法も可能である。

2.5 超速応励磁方式のブロック線図

モデルシステムによる解析の結果得られた超速応励磁システムの要点は次のとおりである。

- (1) 交流励磁機の界磁時定数を0.1~0.2秒とする。
- (2) AVRに励磁機界磁電流フィードバック装置(CFB)を設ける。
- (3) 励磁頂上電圧を7p.u.程度以上とする。
- (4) AVRに系統安定化装置(PSS)を導入する。

更に励磁制御系の諸定数は次の点を考慮して決定する。

- (a) 系統安定化装置を除外した場合でも通常のAVRとして安定していること。
- (b) 系統安定化装置は、系統の固有周波数付近における位相遅れを補償するように決めること。
- (c) AVRのダンピング回路の定数は、静特性と過渡動特性の協調をとるように選定すること。

図7に解析の結果まとめられた超速応励磁方式のブロック図を示す。

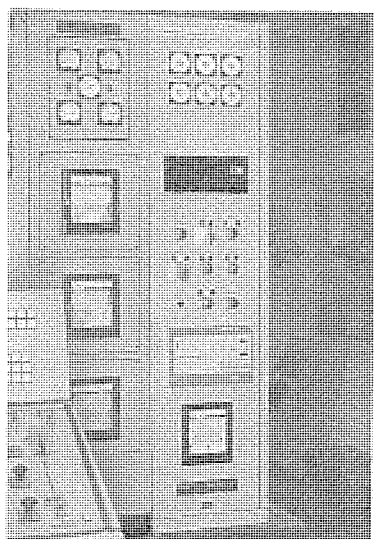


図 8. 操作盤外観

3. 超速応ブラシレス励磁機の開発

従来のブラシレス励磁機では、界磁回路の時定数は0.7～2.0秒、頂上電圧3～4 p.u.程度であったが、これを0.1～0.2秒、7 p.u.程度以上にするためには、CFBの導入に加え次のような対策を行うことが必要である。

(1) 交流励磁機界磁巻線のインダクタンスを低減する。このため極数を増加して磁気回路を短くし、かつ界磁巻線の面積を小さくする。更に磁束変化の遅れを減らすことも無視できない要因であり、このためヨークの積層やダンパ巻線の省略により、磁気回路中でうず電流を発生する部分や電気的回路を形成する部分をなくすようにする。

(2) 励磁機界磁巻線に直列抵抗を接続する。しかしこの結果副励磁機の容量を幾分か大きくする必要が生じる。

(3) 頂上電圧を上げるため、交流励磁機の磁束密度を低くする。超速応ブラシレス励磁方式は主として1,000 MW級以上の大容量機に適用されることを考慮し、その性能を確認するため75 MW発電機と組合せて使用する小形実用機を試作した。

この試作機は、時定数が小さくかつ頂上電圧が高い交流励磁機、大容量ブラシレス励磁機と同一の整流回路部品を使用した回転整流器、軸系に直結した回転計発電機の出力から周波数偏差を用いた系統安定化装置、1,000 MW級プラントと同一構成を採用したAVRなどより構成されている。この機械の仕様は次のとおりである。

ブラシレス励磁機	DC 280 kW, 375 V, 747 A 1,500 rpm 頂上電圧 774 V
回転整流器	280 kW, 375 V, 三相全波整流回路
交流励磁機	320 kVA, 300 V, 三相, 100 Hz
副励磁機	永久磁石発電機 30 kVA, 125 V, 三相, 400 Hz
AVR	MWTA形

図 8. はこの小形実用機の実系統における試験に際し使用する目的で中央制御室へ追設された操作盤の外観である。

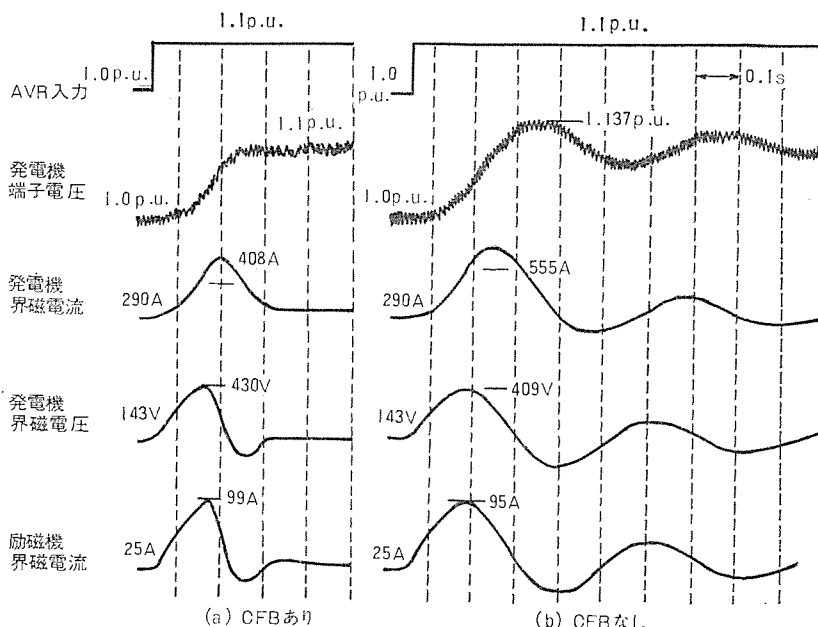


図 9. 過渡応答試験結果 (10%)

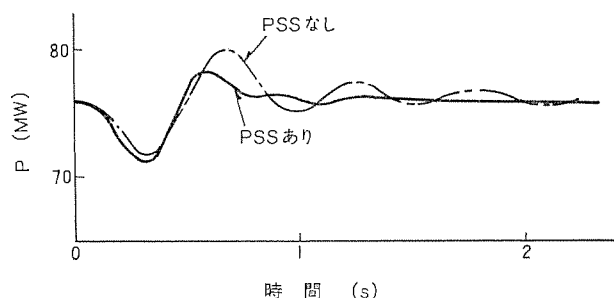


図 10. PSS試験結果 (30 M Var 過渡応答試験)

4. 小形実用機主要試験結果

個々の装置の機能は主として工場試験により設計値通りであることを確認した。ブラシレス励磁機の時定数は界磁減衰法により測定した。

励磁機界磁 開回路時定数 T_{d0}'

設計値 0.161 秒

実測値 0.160 秒(ダンパあり) 0.138 秒(ダンパなし)

発電機界磁と組合せ時の実効時定数

設計値 0.097 秒

実測値 0.092～0.100 秒(ダンパあり)

0.083～0.089 秒(ダンパなし)

この結果1,000 MW級用励磁機に対し0.1～0.2秒の時定数は十分達成できる。

界磁電流フィードバック装置(CFB)により励磁システムの過渡レスポンスが改善された結果を図9.に示す。図9.(a)がCFBあり、(b)がCFBなしの場合のオシロであり、この効果をはっきり示している。

参考のために超速応ブラシレス励磁機小形実用機について、その速応性を通常の速応比によって表わすと頂上電圧を4.5 p.u.にした場合5.8であり、通常の速応比1.0～1.5に比べ良好な特性を持っている。

以上の工場試験は300 MWタービン発電機と組合せて行われた。

更にこの小形実用機は75 MWタービン発電機の励磁装置として約

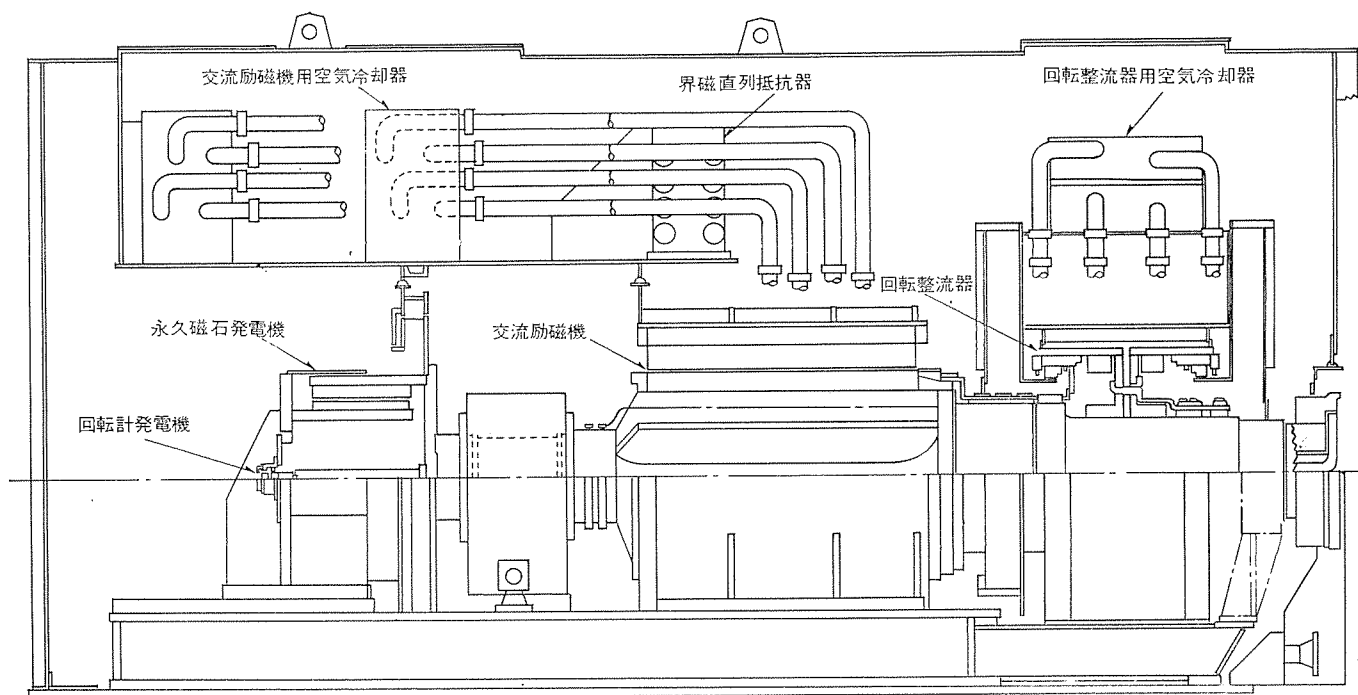


図 11. 1,000 MW 級機用 超速応 ブラシレス 励磁機

1ヵ月間、実系統で運用され実用性が確認された。実系統試験では組合わされるタービン発電機が、既に長年月実系統において使用されてきたものであり、今後の運転にも支障を来さないようにするため経年劣化を考慮して頂上電圧を 4.5 p.u. に制限したが、PSS は順調に動作し電力動揺を効果的に抑制した。図 10. に一例を示す。

工場及び実系統試験によって超速応 ブラシレス 励磁装置小形実用機は、1,000 MW 級装置モデルとしての役割を十分に果たした。

5. 1,000 MW 級タービン発電機の超速応励磁方式

前記のような各種解析・検討・試験結果をもとにし、1,000 MW 級タービン発電機に組合せる大容量超速応 ブラシレス 励磁方式の検討を行った結果次の基本仕様が得られた。

発電機 1,111 MVA, 1,000 MW, 力率 90%, 23 kV 1,500 rpm
s. c. r 0.6

励磁機 4,400 kW, 460 V, 9,560 A, 1,500 rpm

頂上電圧 9 p.u., 時定数 0.15 秒

超速応 ブラシレス 励磁方式の設計上の配電点は次のとおりである。

(1) ブラシレス 励磁機

3章の対策をそのまま採用する。図 11. に組立図を示す。冷却方式は標準形と同一の全閉空気冷却器冷却方式とする。

(2) AVR 関係

(a) 超速応形電圧検出回路の採用

励磁機の時定数を低減したと同様に、従来 0.1 秒程度の電圧検出部の時定数を多相 PT を採用し大幅に縮める。

(b) 励磁制御系の 2 重化による信頼度の向上を計る。

(3) 励磁システム 関係

(a) 励磁装置用電源

1,000 MW 用の副励磁機は主機軸上に直結するが、軸系に対する副励磁機の大きさが問題になる場合には、常時の AVR 励磁用は副励磁機 (PMG) より、急速励磁用は急速励磁用変圧器より電源を供給することにした。

(b) 超速応励磁機界磁抵抗器

試作機ではキューピクル中に収納して自冷式としたが、大容量機の信頼性を考え励磁機の中に収納し強制風冷とする。

6. む す び

超速応 ブラシレス 励磁方式の開発を行ない小形実用機を製作した。このモデルは、工場で 300 MW タービン発電機と組合せて試験を行った後、実系統で 75 MW 発電機と組合せてフィールド試験を行った。一連の試験において満足な結果が得られ、1,000 MW 級大形発電機用超速応 ブラシレス 励磁装置の実現の可能性が確認された。

最後に東京電力(株)と三菱電機(株)の新励磁方式に関する共同研究に参加し、その開発に貢献された多くの方々に謝意を表する。

いて、最も少ない操作で最も効果のある予防措置を自動的に算定する。

2.4 結果の表示

想定事故チェックによるセキュリティ確保度の算定結果、異常のある場合は、その内容及び算定された予防措置の内容などを、オペレータにわかりやすく図形などを用いてカラー CRT 画面上に表示する。

上記オンライン機能のほかに、システムの空時間を用いて次のような各種オフライン機能を行うことができる。

- (1) 重大事故対策の検討……発生ひん度は極めて低いが、系統に与える影響が著しく大きい事故について、系統応動状況の把握とその対策の検討。
- (2) 給電運用計画の検討……夏・冬ピーク時の給電運用上の諸問題についての検討、作業停止計画の検討など。
- (3) 系統設備計画の検討……系統設備の新増設計画を行う場合に生ずる諸問題の検討。
- (4) 訓練用シミュレーション……給電所員の訓練用シミュレータ。

3. 高速計算手法

大電力系統において前述のような多数の想定事故チェックを、刻々変動する系統状態に速応して短時間に行うことは従来手法では不可能であるため、次のような高速計算手法を開発した。これらの手法は東京電力の将来系統に対しても十分適用できることが確認されている。

3.1 高速過渡安定度判別手法

従来の過渡安定度判別は、各発電機の位相角動揺を非線形微分方程式で表しこれを段々法により解き、その動揺状況から人間が安定・不安定を判別するため長時間を要していたが、今回リアプノフ法を用いた新しい判別手法を開発して、系統の過渡安定度判別を高速、かつ自動的に行えるようにした。この方法は次のような特長をもっている。

- (1) 電力系統が安定か不安定かを、事故除去時点で判別することができる。
- (2) 不安定と判別した場合には、どの発電機が脱調して不安定になるのかを知ることができる。
- (3) 安定運転ができる最大許容事故継続時間を求めることができる。

従来のリアプノフ法による大電力系統の過渡安定度判別は、下記の四つの点から精度的に問題があるうえ、大形計算機を用いても、その計算に長時間を要するという欠点があった。

- (1) リアプノフ法は必要十分条件を与えるものではなく、十分条件のみ与えるものであるため、得られる解が正解に対し控え目となる（安定なも

のまで不安定と判別する）。

- (2) 事故除去後の系統の発電機間アドミタンス行列を計算（多元の逆行列計算）しなければならない。

- (3) 多数の不安定平衡点を計算しなければならない。

- (4) 事故発生から事故除去時点までの各発電機の位相角動揺を計算しなければならない。

以下に、図 3. をもとに新しいオンライン過渡安定度判別手法を説明する。

- (1) 初期条件計算……ハイブリッド計算装置を用いて、事故前の潮流状態を高速に計算し、過渡リアクタンス背後の電圧の大きさと位相角を計算する。
- (2) 発電機間アドミタンス行列の計算……事故除去後の発電機間アドミタンス行列を事故発生前のアドミタンス行列にクロンの公式（行列のある要素が変化したときその逆行列がどのように変化するかを与える公式）を適用することにより高速に計算する。
- (3) 事故中の位相角動揺計算……回路網方程式の計算をアナログ部で行い、各ステップの位相角動揺の計算をデジタル部で行うことにより高速に位相角動揺を計算する。
- (4) リアプノフ関数値 W_L の計算……位相角動揺の結果を用いて、事故除去時点のリアプノフ関数値 W_L を計算する。リアプノフ関数としては次式で表される関数を用いている。

$$W = W_1 + W_2 + W_3 + W_4 \dots \dots \dots (1)$$

$$W_1 = \frac{1}{2M_T} \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n M_j M_k \delta_{kj}^2 \dots \dots \dots (2)$$

$$W_2 = -\frac{1}{M_T} \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n (M_j P_{mk} - M_k P_{mj} - M_j G_{kk} E_k^2 + M_k G_{jj} E_j^2) \cdot (\delta_{kj} - \delta_{kj}^s) \dots \dots \dots (3)$$

$$W_3 = -\sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n B_{kj} E_k E_j (\cos \delta_{kj} - \cos \delta_{kj}^s) \dots \dots \dots (4)$$

$$W_4 = \frac{1}{M_T} \int_{\delta_0}^{\delta} \left[\sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \{ M_j \left(\sum_{i=k}^n G_{ki} E_k E_i \cos \delta_{ki} \right) - M_k \left(\sum_{i=j}^n G_{ji} E_j E_i \cos \delta_{ji} \right) \} \right] d\delta_{kj} \dots \dots \dots (5)$$

ここに

M_k : 発電機 k の慣性定数

E_k : 発電機 k の過渡リアクタンス背後の電圧の大きさ (p. u.)

δ_k : 発電機 k の内部位相角 (rad.)

$P_{mk} (P_{ek})$: 発電機 k の機械的入力 (電氣的出力) (p. u.)

$B_{kj} (G_{kj})$: 発電機 k と j の間の伝達アドミタンスのセブタンス分 (コンダクタンス分) (p. u.)

$$M_T = \sum_{i=1}^n M_i$$

δ_{ij}^s : 事故除去後の安定平衡点 (rad.)

W_4 は厳密に積分することができないため次のように処理する。

- (a) 発電機端以外の事故に対しては

$$G_{ij} = 0 \quad (i, j = 1, 2, \dots, n)$$

すなわち $W_4 = 0$ とした式

$$W_A = W_1 + W_2 + W_3 \dots \dots \dots (6)$$

を用いる。

- (b) 発電機端の事故に対しては、 W_4 の積分路を直線と仮定して積分した式

$$W_4 = \frac{1}{M_T} \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \{ M_j W_{4k}(\delta) - M_k W_{4j}(\delta) \} A_{kj} \dots \dots \dots (7)$$

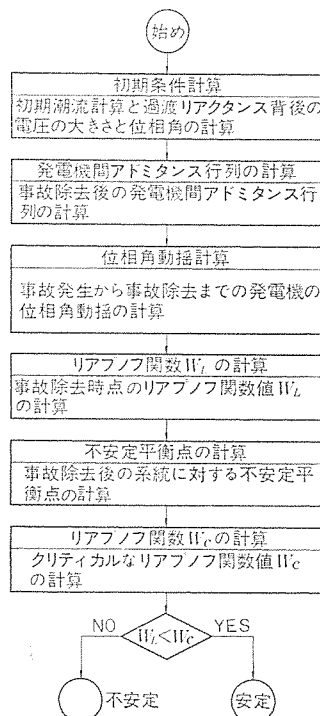


図 3. リアプノフ法による過渡安定度判別

ここに

$$W_{4k} = \sum_{i=k}^n G_{ki} E_k E_i \frac{1}{A_{ki}} \{ \sin \delta_{ki} - \sin \delta_{ki}^s \}$$

$$A_{ki} = \delta_{ki} - \delta_{ki}^s$$

を用い、

$$W_B = W_1 + W_2 + W_3 + W_4 \dots \dots \dots (8)$$

とする。

リアプノフ関数値 W_L は次のようにして求められる。

$t=0$ を事故発生時点として $t=t_1, t_2, t_3 (t_1 < t_2 < t_3)$ の3点について W_A 又は W_B を計算し2次曲線

$$W_L = at^2 + bt + c \dots \dots \dots (9)$$

の係数 a, b, c を求める。上式より任意の事故除去時点 t におけるリアプノフ関数値 W_L を求めることができる。

(5) 不安定平衡点

Newton-Raphson 法により不安定平衡点を求める。このとき Jacobian 行列は対角要素が非対角要素にくらべて十分大きい性質をもっているため、非対角要素を零として対角要素のみ用いることにより逆行列演算を不要としている。

更に不安定平衡点は事故に対し脱調しやすい発電機に関してだけ求めている。脱調しやすい発電機は(3)で述べた位相角動揺から次式で定義される発電機の加速力 A_k を計算し、

$$A_k = \frac{P_{mk} - P_{ek}}{M_k} \dots \dots \dots (10)$$

加速力の大きい発電機を脱調しやすい発電機として選出している。この方法を用いることにより、不安定平衡点とリアプノフ関数の計算を $(2^{n-1}-1)$ ケースから数ケースに絞ることができ、計算時間の大幅な節減が可能となるとともに、つぎに述べるように判別精度を向上させることができる。

(6) クリティカルなリアプノフ関数値 W_C

クリティカルなリアプノフ関数値として多数のリアプノフ関数値のうち、その最小値を採用する従来の考え方では安定・不安定の判別が相当控え目になる場合がある。この手法では(5)で得られた安定判別に価値ある数ケースの不安定平衡点のリアプノフ関数値を加速力 A_k で加重平均した値をクリティカルなリアプノフ関数値として用いた。すなわち

$$W_C = \frac{\sum_i A_i W_i}{\sum_i A_i}$$

i : 加速力により脱調しやすいと選別された発電機

(7) 安定判別と許容事故継続時間

(a) 安定・不安定の判別

指定された事故継続時間を式(9)に代入し、 W_L を求めることにより

$$\begin{aligned} W_L < W_C & \text{ ならば 安定} \\ W_L = W_C & \text{ ならば 安定限界} \\ W_L > W_C & \text{ ならば 不安定} \end{aligned}$$

と判別することができる。

(b) 脱調発電機の選出

式(13)で加速力を計算することにより、その値が大きい発電機を脱調しやすい発電機として選出することができる。

(c) 許容事故継続時間の算定

式(9)の W_L が W_C となる時間 t を求めることにより安定に運転できるための最大許容事故継続時間を求めることができる。24

表 2. 許容事故継続時間の計算結果

(単位 秒)

事故ケース	事故種別	段々法(正解)	リアプノフ法
1	G	0.11	0.110
2	G	0.27	0.253
3	B	0.23	0.230
4	B	0.27	0.260
5	B	0.31	0.266
6	B	0.26	0.255
7	B	0.36	0.347

G : 発電機端事故

B : 母線事故

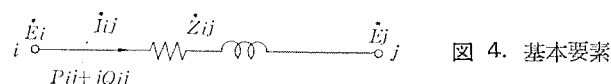


図 4. 基本要素

発電機から成る実規模モデルシステムに対し許容事故継続時間を求めた結果を表 2. に示す。

3.2 潮流計算

オンライン用潮流計算手法としては、一般に計算速度の面から直流法(線形近似モデル)が使用されているが、電圧精度が良くないという欠点がある。このため電力系統の回路網を模擬したアナログ計算機と精度向上のため補正計算を行うデジタル計算機とを組合せたハイブリッド式により高速かつ高精度で潮流計算ができる手法を開発した。

以下に計算手法の概要を述べる。回路網は図 4. の基本要素の組合せで表される。図において P_{ij} 及び Q_{ij} は次式により与えられる。

$$P_{ij} + jQ_{ij} = \dot{E}_i \cdot \dot{I}_{ij}^* = \dot{E}_i \left(\frac{\dot{E}_i - \dot{E}_j}{Z_{ij}} \right)^* \dots \dots \dots (11)$$

ここで

\dot{E}_i, \dot{E}_j : それぞれノード i, j の電圧

P_{ij}, Q_{ij} : それぞれブランチ (ij) の i 側における有効、無効電力

Z_{ij} : ブランチ (ij) のインピーダンス

* : 複素数の共役

式(11)において

$$\left. \begin{aligned} \dot{E}_i &= E_i e^{j\theta_i} \\ \dot{E}_j &= E_j e^{j\theta_j} \\ Z_{ij} &= Z_{ij} e^{j\theta_z} \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (12)$$

とし実部、虚部を分ければ

$$\left. \begin{aligned} P_{ij} &= \frac{E_i^2}{Z_{ij}} \cos \theta_z - \frac{E_i E_j}{Z_{ij}} \cos (\theta_i - \theta_j + \theta_z) \\ Q_{ij} &= \frac{E_i^2}{Z_{ij}} \sin \theta_z - \frac{E_i E_j}{Z_{ij}} \sin (\theta_i - \theta_j + \theta_z) \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (13)$$

となり、電力系統の特性から近似的に次式が成立する。

$$\left. \begin{aligned} P_{ij} &\simeq \frac{O_i - O_j}{X_{ij}} \\ Q_{ij} &\simeq \frac{E_i - E_j}{X_{ij}} \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (14)$$

上2式を用いれば式(13)は

$$\left. \begin{aligned} P_{ij} &= \frac{O_i - O_j}{X_{ij}} + \varepsilon_{ij}^P \\ Q_{ij} &= \frac{E_i - E_j}{X_{ij}} + \varepsilon_{ij}^Q \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (15)$$

となる。ここで、 ε_{ij}^P 及び ε_{ij}^Q は補正項と呼ばれ、式(13)及び式(15)

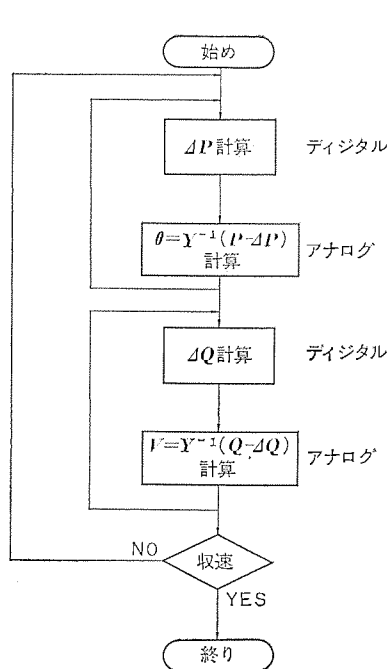


図 5. 潮流計算

より計算できる。式(15)を nodal form で表せば次のようになる。

$$\left. \begin{aligned} P_i &= \sum_{j=1}^n P_{ij} = \sum_{j=1}^n \frac{1}{X_{ij}} (O_i - O_j) + \sum_{j=1}^n \varepsilon_{ij}^P \\ Q_i &= \sum_{j=1}^n Q_{ij} = \sum_{j=1}^n \frac{1}{X_{ij}} (V_i - V_j) + \sum_{j=1}^n \varepsilon_{ij}^Q \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (16)$$

更に matrix form では

$$\left. \begin{aligned} P &= Y\theta + \Delta P \\ Q &= YV + \Delta Q \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (17)$$

となり、 Y は X_{ij} をブランチ (i, j) の抵抗値とする抵抗回路網のアドミタンス行列と同じである。式(17)を繰り返し計算で解くことにより解 V, θ を得ることができる。ここで $Y\theta$ (あるいは YV) はアナログ計算機により計算され、 $P - \Delta P$ (あるいは $Q - \Delta Q$) はデジタル計算機により計算される。図 5. に概略の流れを示す。

3.3 周波数動揺計算

大電源脱落時の系統周波数の動揺状況と周波数低下リレーの動作状況などを高速で求める手法を開発した。この手法は電力系統を1機にまとめ、各発電機のガバ動作を個々に模擬してリミッタ効果を考慮する方法であり、従来の動揺方程式を解く方法に比べ非常に高速である。

3.4 各種予防措置の算定

過負荷、電圧異常のほかに従来困難とされていた過渡安定度異常のおののに対する予防措置を高速に算定する手法を開発した。これらはハイブリッド計算装置により感度係数を計算し、これを利用して最も効果のある機器(発電機、調相設備等)を選び、その機器の最も少ない調整操作により異常を解消するものである。

4. 試作システム

前述の高速計算手法を含めたセキュリティ自動監視方式の総合的な機能を検証するため、4発電機15母線から成る系統をモデルにしたセキュリティ自動監視システムを試作した。その結果、所期の機能を有することを確認した。このシステムのハードウェア構成を図6.に、各ブロックを構成する装置と分担する機能を表3.に示す。計算部はアナログ計算機《EFCOM》とデジタル計算機(ミニコン、《MELCOM》70)

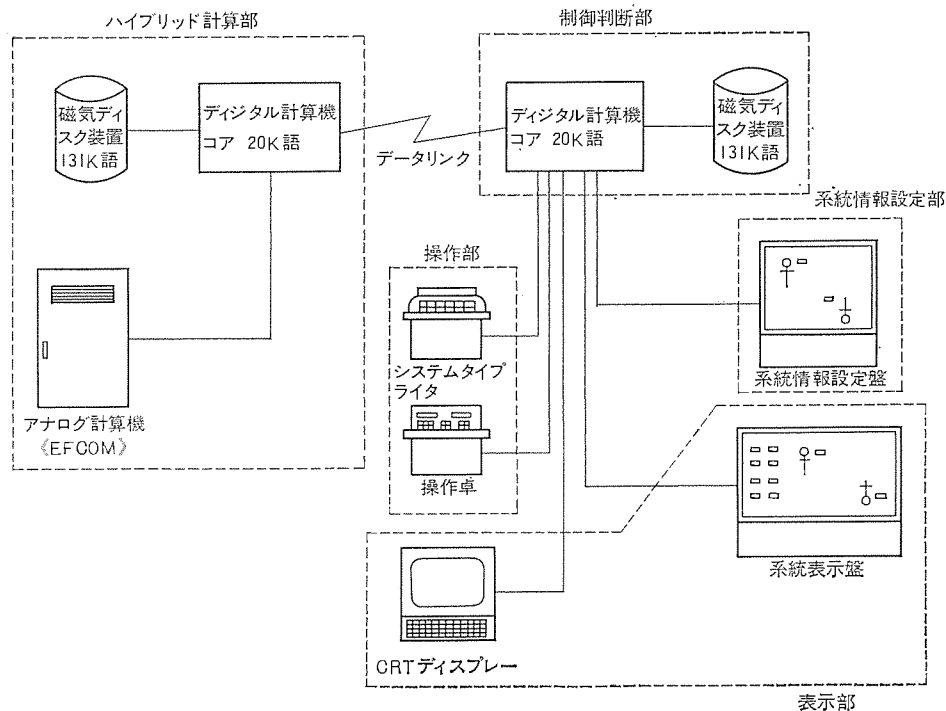


図 6. システムの構成

表 3. 試作装置と概略機能

No.	ブロック	装置	機能
1.	アナログ計算機	機種《EFCOM》	(1) 潮流計算 (2) 短絡容量計算 (3) 事故中の回路網計算 (4) 予防措置計算
	デジタル計算機	機種《MELCOM》350-7	(1) 潮流計算のための補正量計算 (2) 過渡安定度判別 (リアプノフ法, 段々法) (3) 周波数動揺計算 (4) セキュリティ・インデックスの計算 (5) 想定事故チェック (6) 予防措置の算定
2.	制御判断部	機種《MELCOM》350-7	(1) オンラインデータの収集, 評価 (2) 運用目標値チェック (3) ハイブリッド計算部への指令 (想定事故チェック, 予防措置算定) (4) 操作員との対話(表示, 記録, 設定)
3.	系統情報設定部	設定盤	(1) 系統情報の設定
4.	操作部	操作卓 カラー CRT ディスプレーのライトペン システムタイプライタ(M-271)	(1) システムの動作モードの設定 (2) 系統構成, 運転条件の設定 (3) 計算条件の設定
5.	表示部	カラー CRT ディスプレー(M-395) 系統表示盤	(1) 系統構成と運転状態の表示 (2) 想定事故チェック結果の表示 (3) セキュリティ・インデックスの表示 (4) 予防措置結果の表示

を一体化したハイブリッド方式を採用しており、操作部は、操作卓とカラー CRT ディスプレーのライトペンから構成され、表示部は、系統表示盤及び CRT ディスプレーから構成されている。系統表示盤は運転員が常時系統全体のセキュリティを総合的には握するため、また CRT ディスプレーは系統全体及び部分系統のセキュリティを詳細には握るために用いられる。図 7. にシステムの全系を、図 8. に《EFCOM》を、図 9. に CRT 表示例を示す。この試作システムの検証結果及びデジタルシミュレーションの結果から推定した実規模モデル系統での性能を表 4. に示す。

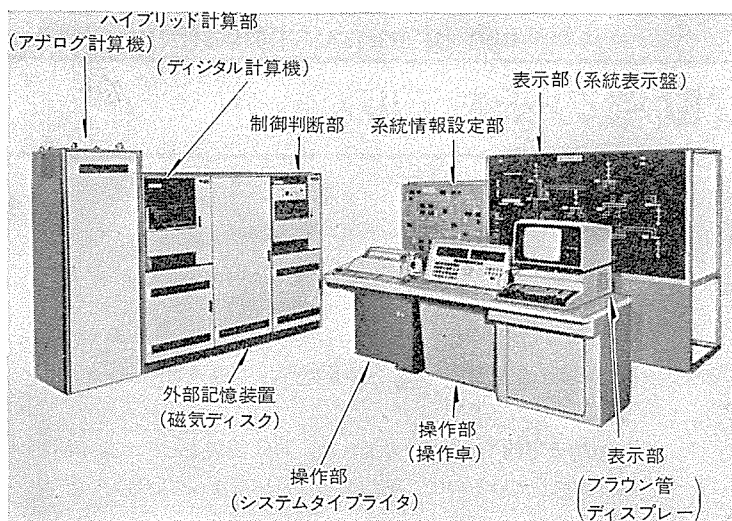


図 7. システムの全景

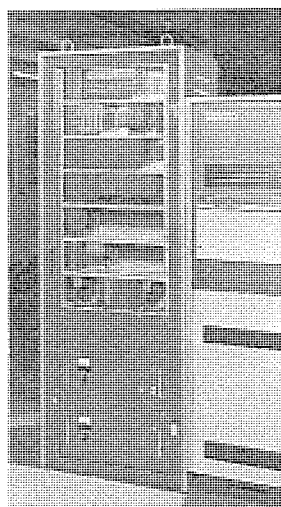


図 8. アナログ計算機《EFCOM》

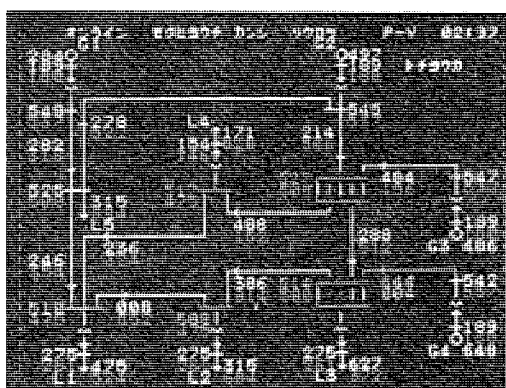


図 9. (a) 系統図の表示例

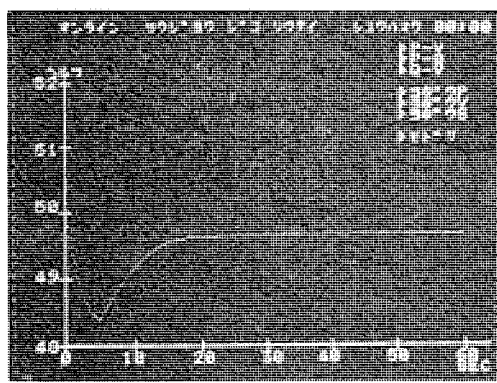


図 9. (b) 周波数動揺の表示例

表 4. システムの性能

項 目	計 算 時 間		計 算 精 度
	試 作 系 統	実 規 模 系 統	
系 統 計 算	過渡安定度判別	1 秒以内	3 ~ 4 秒
	潮流	"	2 ~ 3 秒
	周波数動揺	"	1.3 ~ 2.5 秒
計 算	過渡安定度向上	2 秒	5 秒
	過負荷解消	2 秒	4 秒
	電圧異常解消	2 秒	4 秒
想定事故 1 ケースのセキュリティチェック		4 秒	8 ~ 9 秒
全想定事故のセキュリティチェック		1.5 分 (50 ケース)	12 分 (150 ケース)

5. そ の 他

(1) 自己診断機能

この装置にはシステムの信頼性確保のために、自動的に行う次の 2 種の自己診断機能が付加されている。

(a) 《EFCOM》1 次診断

オンラインデータを読み込む際に自動的にあらかじめ定めた数ケースのテストデータを用いて、潮流計算を行い計算結果を真値と比較する方法で EFCOM を含むハイブリッド計算部全体を高速に総合的に診断

するものである。この結果、異常があると診断された際には、次の 2 次診断を行う。

(b) 《EFCOM》2 次診断

EFCOM を構成するユニット（発電機、線路、負荷ユニットなど）を個別に詳細に診断するもので、自動的に 1 日 1 回程度あるいは給電所員の要請により実施する。この診断結果からどのユニットのどのカードのどの部分が異常であるかを直ちに握し、保守することができる。

(2) 増設変更機能

システムの拡充に伴う機器の増設変更に対しては、ユニットカードのそう（挿）入と簡単な結線変更で行えるように配慮されている。また系統変更の検討などに対しては、発電機、負荷、送電線などを 1 セットとしたはん（汎）用ユニットを組み込み、系統

の任意の箇所にジャック式のリード線で簡便に接続できるようになっている。

6. む す び

このシステムは、電力システムのセキュリティをオンラインで自動的に監視する機能のほか、オフラインで系統計画、給電運用計画、作業停止計画及び重大事故対策の検討、訓練用シミュレーション等に簡便に活用でき、省力化と設備投資の合理化に貢献するところが大きい。

終わりに、開発に貢献された、東京電力(株)及び三菱電機(株)の多数の方々に感謝する。

参 考 文 献

- (1) O. Saito, et al.: 'Security Monitoring Systems Including Fast Transient Stability Studies', IEEE, PES Winter Meeting, 1975, T 75085-6
- (2) 斉藤ほか：電力システムのセキュリティ自動監視方式，電気学会(全国)，昭 50-4
- (3) 上村ほか：リアプノフ法による過渡安定度判別法，電気学会(全国)，昭 50-4
- (4) 上村ほか：電力システムのエネルギー積分関数の近似について，電学誌，昭 47-12
- (5) 三井ほか：電力流通コンピュータ《EFCOM》について，電学誌昭 45-6

圧延補機及びクレーン用直流電動機の新モデル

高橋 啓一*

1. ま え が き

1965年に米国規格 AISE (Association of Iron and Steel Engineers) Standard No. 1 DC Mill Motor Standards が改訂され、従来の 600 番シリーズが 800 番シリーズに変更された。これは従来の 600 番シリーズとの取付け互換性を保ちながら、平均 1.35 倍の容量アップを行い、温度上昇は 75 deg C に押さえている。このためにトルクあたりの GD^2 は、600 番シリーズと比べて減少するので、制御性能が大幅に向上した。

当社では、AISE の No. 1 に準拠した国内規格 JEM 1109 に基づき、800 番シリーズを完成する一方、制御技術の進歩に伴う低慣性モータの要求に答えて 900 番シリーズ (800 番と同一寸法で、同一トルクを得ることができる低慣性モータを当社では 900 番と称している) を完成し、既にそれらの製作台数は 2 千台を数えており、使用者からも好評を得てきた。

近年の制御する側からの電動機に対するシビアな使用条件、低慣性モータの要求、保守点検に対する客先からの新たな要求、より一層の信頼性の向上などに答えるため、最近の新しい技術を取り入れて今回、新 800 番・新 900 番のシリーズ化を完成した。

一方低速度で使用される電動機としては、800 L シリーズを準備して標準 800 番シリーズに加えた。ここにこれら新シリーズ電動機について紹介する。

2. 三菱新 800 番直流電動機

2.1 構造

(1) F 種絶縁の採用

電機子コイル・界磁コイルともに F 種絶縁を採用している。特に電機子コイルは、一体成形コイルに耐熱有機材及びガラステープで絶縁を施した後、鉄心スロットにそう入し、F 種無溶剤エポキシワニスを真空含浸して鉄心と完全に一体固化しているので、絶縁層は機械的にも、電気的にも極めて強固になっている。

そのうえ、電機子コイルは高強度の絶縁体ウエッジ及びガラスバインド (コイルエンド部分) によって強固に保持されているので、衝撃及び急加減速に対して十分な強度を有している。

(2) 整流子

整流子は、アーチバウンド式構造にしてあり、製作途中において加圧・加熱による十分なシーズニング作業を行い、機械的に強固なものになっている。

ライザと電機子コイルとの接続は、TIG 溶接 (タングステン 不活性ガス溶接) にしているので、熱的弱点は皆無になっている。

(3) 円形ヨーク

ヨークは、鋼板製の円形ヨークで、水平面で 2 分割でき、分解・点検が容易に行える。わく番 810 以上のものは、特に磁束応答の速応性の高いものが要求される傾向にあるので、これらのわく番に対してラミネートヨークを採用し、急しゅんな電流変化に対する補極磁束の遅れを防いで整流の改善を図っている。

ラミネートヨークは、ヨークの内側のヨーク厚の約 60 % に相当する部分について行い、外側はソリッドにしてあるので、積層構造による強度低下もなく、過酷な使用に十分に耐えるフレーム強度をもっている。

(4) 補償コイル

わく番 810 以上には、電機子反作用を打ち消し、速度垂下特性を持たせるために補償コイルを採用している。フレームは上下に 2 分割できるようにしてあるので、通常の補償コイルの結線方法では、上下フレームにまたがるつなぎ部分を極めて多数のポイントで切り離さないと、フレームを上下に分割できず、また、上フレーム・下フレームでそれぞれ独立した結線方法を行うと、過大な軸電流が発生するという問題がある。三菱新 800 番シリーズ電動機では、補償コイルに特殊な結線方法を採用してこれらの問題を解決し、補償コイルを有しながら容易にフレームを 2 分割できるようにしてある⁽¹⁾。

補償コイルは、主極鉄心に設けたスロットにエポキシワニスによって強固に固定するとともに、コイルエンドの部分もフレームに完全に固定し、振動・衝撃に十分に耐える構造にしてある。

(5) バランス結線

812 番以上のわく番に対しては、その過負荷整流性能を向上させるため、各極アームに補極コイルを直接接続して各極アーム電流をバランスさせている。

(6) ブラシ保持器

ブラシ保持器は、つまきばねを使用し、ブラシと整流子との接触及びしゅう (摺) 動特性の改善を図っており、ブラシの摩耗によるばね圧の調整も不要である。また、ブラシバネはデッドポイントを持っている

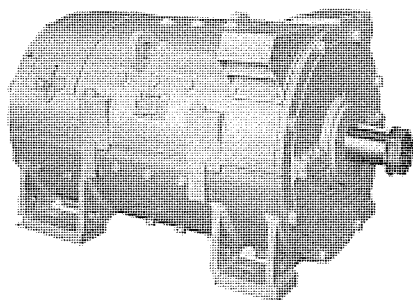


図 1. 三菱新 800 番電動機

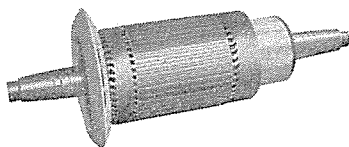


図 2. 電機子外観

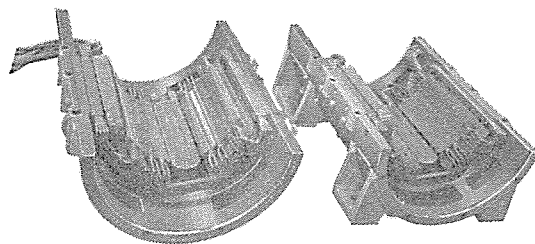


図 3. 静止部外観

るので、ブラシの取換えも容易に行える。

(7) 軸受

軸受は、整流子側・反整流子側ともに同一寸法の NJ 形ころ軸受で、分解・組立が容易なカートリッジ構造にしてある。給油は、グリースニップルによるグリース潤滑にしている。

2.2 性能

(1) GD^2

GD^2 は、図 4. のように JEM 1109 規格の最大値に対して大幅に減少しており、制御性能はそれだけ向上している。

(2) 速度特性

分巻電動機では、電機子反作用による減磁作用のために過負荷領域・弱め界磁領域・倍電圧領域で電流の増加に伴う速度上昇を生じやすい傾向にある。これを防止するために 808 番以下の小形機では、主極鉄心端の適当なけあけ加工や、界磁アンパターンをできるだけ大きくとる方法で十分な効果を得ているが、810 番以上の大形機ではこれだけでは十分でないので、補償コイルを設けて電機子反作用を打ち消し、完全な速度垂下特性を持たせている。したがって、通常の運転条件では、電源側に何らの処置を施さなくても極めて安定した制御特性が得られる。

(3) 整流性能

最近の圧延用補機電動機の使用条件は、過電圧・弱め界磁状態での過負荷使用が要求されつつある。三菱新 800 番シリーズは、特にこの点に留意して次のような方法を採用することにより、整流性能を著しく改善している。

- (a) 補極鉄心の積層
- (b) 810 番以上はヨークの積層
- (c) 電機子コイルの巻数の減少
- (d) 大形機では電機子回路にバランス結線の採用

したがって、全巻く番を通じて十分な整流能力を有しており、平滑な直流電源はもちろんのこと、サイリスタによる脈流運転の場合でも、極めて良好な整流が得られる。

(4) 過渡整流性能

上記の対策は、同時に過渡整流性能の改善にもつながり、起動時及び発電機としてのブレーキ電流の立上がり時などに電機子電流変化は、最大 $di/dt=200$ ユニット/秒まで許容できる。

2.3 適用

(1) 形式

次の 3 種類がある。

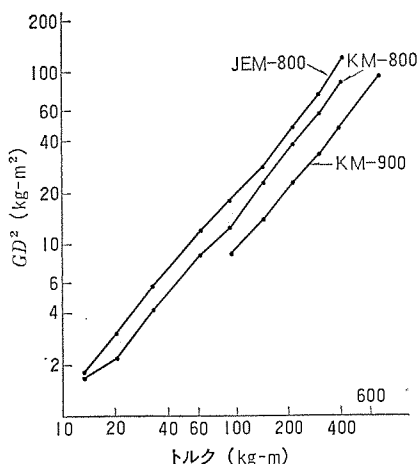


図 4. KM モータの GD^2 比較

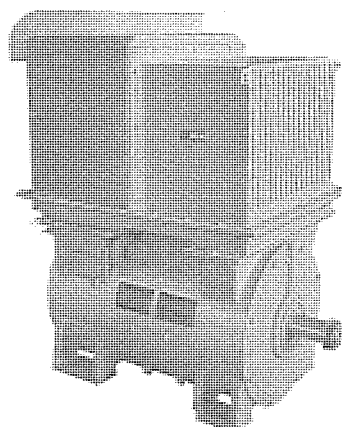


図 5. 熱交換器付電動機の外観

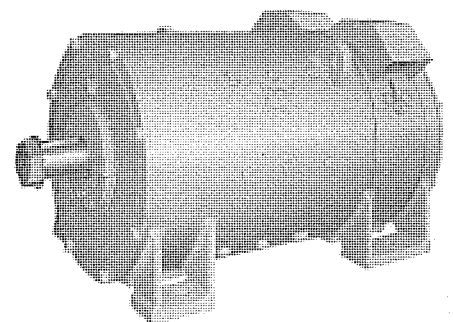


図 6. 三菱 800 L 形の外観

- (a)全閉自冷形 KM-E (b)防滴他力管通風形 KM-CD (c)防滴他力通風形 KM-CF

これらは互いに給排気孔の開閉、冷却ファンの交換・追加・除外、フレームの加工等によって比較的簡単に転用することが可能である。

その他加熱炉回りなどの比較的ダクト配管が難しく、また環境条件の悪い所や、増設等によって風量が得られない用途に対しては図 5. に示すような熱交換器をとう(搭)載した全閉形 (KM-EX) が開発されており、今後の需要に十分に答えられるものと確信している。

(2) 励磁方式

次の 4 種類がある。

他励磁 励磁電圧は 220 V が標準

安定分巻

複巻 直巻度は、全閉 1 時間定格で約 50 % が標準である。ただし、定電圧スクリューダウン用は、約 25 % を標準としている。

直巻

(3) 定格、寸法

三菱 KM モータは、定格、外形寸法ともに日本工業規格 (JEM 1109) に準拠している。

(4) 可変電圧制御

電動機は、サイリスタレオナードのようなリップル電源では、最高 500 V まで可変電圧制御が可能であり、この場合の電源としては、三相 50 Hz 又は 60 Hz で 6 アム 制御結線 (300 Hz 又は 360 Hz 脈動周波数) と等価なものとする。

(5) 絶縁の種類及び温度上昇

絶縁は F 種絶縁とし、温度上昇限度としては JEC 54 に示される B 種なみの温度計法で巻線 75deg C、整流子 85deg C (周囲温度 40°C 以下) を採用しているため、信頼性・寿命が著しく向上している。

3. 三菱 800 番形低速度用直流電動機 (800 L シリーズ)

熱間圧延の前後面 テーブル・フィードローラ等は、低速度で正逆転をひん繁に繰り返すことが多い。このため当社では、低速度専用の電動機を標準 800 番シリーズとは別に低回転 800 L 形シリーズとして 800 番に加えた。

3.1 特長

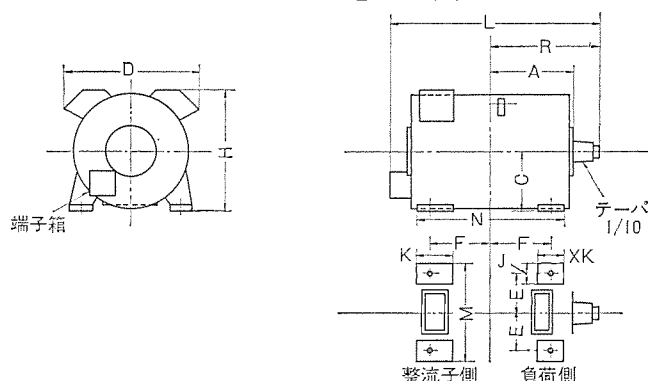
(1) トルクを標準 800 番シリーズと同一とし、回転数を標準の 1/4~1/5 に下げている。このため、標準シリーズの電圧を下げて使用に比べて効率が良く、また、電流値も小さくなるので経済的である。

(2) 外形寸法は表 2. のとおりであり、実際の用途を考慮して片軸で端子箱を反負荷側端面に設けてある。用途上、多量の水がかかることが多いので、防水構造を標準にしているため、一体円ヨーク、軸受ラビリンス

表 1. KM 800 L形 低回転系列の定格

わ く 番	出 力 (kW)	電 圧 (V)	回 転 速 度 (rpm)
KM 804 L	3.8	220	181
KM 806 L	5.5	220	162
KM 808 L	7.4	220	115
KM 810 L	10.4	220	110
KM 812 L	15	220	103
KM 814 L	22	220	100
KM 816 L	30	220	96
KM 818 L	37	220	87

表 2. 低回転形電動機寸法表



単位 mm

わ く 番	A	C	R	D	H max	L
KM 804 L	367	228	495	480	500	1,020
KM 806 L	394	251	537	540	550	1,080
KM 808 L	445	285	604	600	610	1,210
KM 810 L	475	311	638	660	670	1,270
KM 812 L	520	339	698	720	730	1,390
KM 814 L	590	374	771	780	800	1,540
KM 816 L	659	406	857	860	875	1,710
KM 818 L	698	450	896	940	970	1,790

わ く 番	E	F	J	K	XK	N
KM 804 L	190	240	80	200	150	648
KM 806 L	210	265	90	210	150	698
KM 808 L	238	315	100	220	150	795
KM 810 L	260	330	100	230	150	825
KM 812 L	285	362	115	260	180	915
KM 814 L	318	405	125	310	210	1,055
KM 816 L	342	445	140	330	220	1,188
KM 818 L	380	495	155	370	250	1,265

表 3. KM 900 番系列定格一覧及び GD^2

わ く 番	出 力 (kW)	回 転 速 度 (rpm)	GD^2 (kg-m ²)
KM 910	52	550/1,650	8.8
KM 912	75	515/1,300	14.0
KM 914	110	500/1,250	22.8
KM 916	150	480/1,200	33.5
KM 918	185	435/1,100	48
KM 920	280	390/ 975	95
KM 922	370	360/1,080	179

構造にしてある。

(3) 絶縁は F 種絶縁とし、ソリッドヨークである。低速度定格であるので、内部抵抗降下が大きく、速度は垂下特性を持っているので補償巻線は設けられていない。

4. 三菱低慣性直流電動機 (三菱新 900 番シリーズ)

近年、制御性能の向上や、ミルの能力を最大限に発揮させるため、スクリュウ、ダウン等の GD^2 が非常に重要視されてきた。しかし、現在の 800 番シリーズでは、外形寸法・温度上昇限度が規格で押さえられているので GD^2 の大幅な低減は不可能である。当社ではこの問

題を解決するため、従来の JEM 1109 とは別に新 900 番シリーズを系列化した。これは、温度上昇限度を規格の F 種 75 deg C から H 種 110 deg C にあげて GD^2 の大幅な低減を可能にした。わく番は、用途より考えて 910~922 を標準にしている。

4.1 特長

(1) ヨークは、耐振性を考慮して非分割ラミネートヨークにしてある。外形寸法は 800 番と同一である。

(2) 補償巻線に採用している。

(3) 電機子回路は バランス 結線にしている。

(4) 定格出力・電圧・回転数は、すべて 800 番と同一で、温度上昇限度だけが異なる。時間定格は、連続定格・強制通風形を標準とし、風量は 800 番の 2 倍の風量にしている。

(5) 取付け寸法は 800 番と同一で、取付けの点では両者は完全な互換性を有する。このため、既存機の電動機に対し、 GD^2 の低減を要求される場合などには有効な手段になる。

(6) H 種絶縁を採用した

電機子径を下げて GD^2 を小さくしているので、電機子の電気装荷が大きくなり、熱的に苦しくなる。このため、絶縁階級を 1 ランクあげて H 種絶縁とし、温度上昇限度を 110 deg C まであげている。

(a) カプトン絶縁を主体とした H 種絶縁構成としている。

(b) フニスは H 種フニスで、温度上昇限度に十分に耐えうる。

(c) 過負荷耐量は、全速度範囲にわたって常用最大 250 % を保証している。

(d) 整流子に銀入銅を採用しているので、機械的強度が大幅に向上し、温度上昇限度も上昇した。

4.2 性能

(1) 補償巻線の採用

900 番は、800 番と比べて GD^2 を下げるために電機子の電気装荷を大きくとっている。このため、800 番より電機子反作用が大きく、負荷電流の増大に伴う速度上昇が大きくなる。これに対処するため、900 番には補償巻線を設けて完全な速度垂下特性を持たせている。

(2) バランス 結線の採用

電機子回路に バランス 結線を採用することにより、過負荷における整流能力を向上させた。

(3) ラミネートヨークによる過渡性能の向上

以上の (1)~(3) の採用によって過渡整流を大幅に向上させ、発電機として運転する場合でも di/dt が 300 ユニット/秒まで許容できる。

5. む す び

以上述べたように、三菱新系列 800 番・800 L 番・900 番は、従来の 800 番系列の長所を引継ぎながら、客先の新たな要望を加味し、最近の新しい技術を導入して系列化したものである。

特に、三菱新 900 番は、超低慣性用圧延補機電動機で、現在の設計・工作技術の最先端を駆使して完成したもので、 GD^2 の低減だけでなく、耐振性の向上、過渡整流の向上など数多くの長所をもち、必ず ユーザ 各位の好評を得ることができると確信している。既にか(稼)動開始後約 3 年の実績をもち、その高性能・高信頼性については、国内はもちろん、海外でも高く評価されている。

・ 参 考 文 献

- (1) 国内特許 特公昭 44-18105
- (2) 米国特許 801984

三菱データ集配信システム《MELCOM PENTA-NET》

高橋文平*・斉藤靖彦**・高橋忠悦**・水野忠則***・井手口哲夫***

1. ま え が き

現在我が国で稼働中のコンピュータシステムは、バッチ的なデータ処理では高度化されているが、データ処理に至る原始データの収集・伝送・前処理・及び処理後のデータの配布・活用といったインフォメーションハンドリングの面では大きな進展が見られず、企業活動のなかで、管理サイクルと情報の流れとの間の不調和が指摘されて来ている。

こうした問題の解決策として当然オンライン化が考えられるが、実際にユーザがバッチとオンラインの両方の機能を兼ねた、コンピュータシステムを導入すると、費用の面やプログラム開発等の手間の面で負担が膨大となり、容易には導入に踏み切れないのが実情である。

三菱データ集配信システム(MELCOM PENTA-NET)は、こうしたユーザの悩みを解決する手段として開発したもので、ミニコンピュータMELCOM 70をセントラルプロセッサとして使用したオンラインシステムであり、以下に示すような特長を有している。

(1) 既存のバッチ業務用コンピュータシステムをそのまま使用し、単にインフォメーションハンドリング機能を分担するMELCOM PENTA-NETを付加することにより、総合的なオンラインシステムが短期間に実現できる。

(2) ユーザは、システムの適用業務に依存したユーザプログラムのみを作成し、それをMELCOM PENTA-NETオペレーティングシステム(OS)に登録するだけでシステムが完成するので、従来障害となっていたオンラインプログラム作成の負担が大幅に軽減される。

(3) MELCOM PENTA-NETは、既存のバッチ業務用コンピュータシステムとは基本的に独立しているため、ホストコンピュータが故障しても縮退運転が容易であり、トータルシステムのダウンを防止することができる。

(4) MELCOM PENTA-NET OSにより、オンライン処理の前に行うオフライン処理も実行できるため、ホストコンピュータとは全く独立した業務も、同時に行うことができる。

(5) 現場のニーズに合わせた多種類の端末機器が用意されており、特に生産管理用のデータ入力装置として、オペレータガイダンス機能を持った、インテリジェントな端末装置を利用できる。

本文では、MELCOM PENTA-NETシステムの概念、ソフトウェア及びハードウェアの構成と機能について記述する。

2. 《MELCOM PENTA-NET》システムの概念

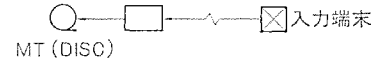
2.1 システムの機能

このシステムには基本的に次の五つの機能があり、ユーザはこれらの基本機能を組合せることにより、各種のオンラインシステムを構成することができる。

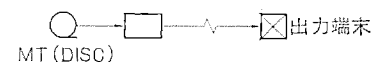
(1) データ集信機能——原始情報を集め、コンピュータ処理用データに加工する機能

(2) データ配信機能——コンピュータで処理されたデータを、必要な部

(1) データ集信機能



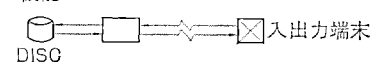
(2) データ配信機能



(3) メッセージ交換機能



(4) 問合わせ機能



(5) コンピュータ結合機能

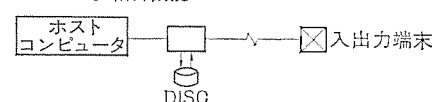


図 1. 《MELCOM PENTA-NET》システムの基本機能

門に情報として配る機能

(3) 情報交換機能——情報発生部門より、その情報を必要とする部門へ送る機能

(4) 問合わせ機能——必要な情報を中央の情報ファイルに問合わせる機能

(5) コンピュータ結合機能——ホストコンピュータ等、他のコンピュータシステムと結合する機能

以上の基本機能を図式化すると、図 1. のようになる。

2.2 システムのデータ処理形態

このシステムでは、トランザクションオリエンテッドデータ処理方式を採用している。一般にオンラインリアルタイムシステムでは、データがランダムに発生し、コンピュータではそれに応じてランダム処理が行われ、処理方式としてはトランザクションデータごとにプログラムが起動される形態をとる。

そこで、処理されるべきトランザクションデータと、処理すべきプログラムとの間に何らかの関係づけが必要となり、データ中にデータ識別子となるトランザクションコードを用意することで、これを行う。コンピュータは受信したトランザクションデータ中のトランザクションコードを識別し、対応するプログラムを選択し、起動をかけてデータ処理を行う。以上の処理形態を図式化すると、図 2. のようになる。

このシステムではトランザクションコードは、入力データ媒体に付加されることを通常とするが、オペレータが付加したり、データの入力時に端末機器が自動的に付加することも可能であり、このようなトランザクションオリエンテッドデータ処理方式を採用することによって、オンラインリアルタイムシステムにおけるトランザクション処理プログラムの変更、追加を容易にしておき、トランザクション処理の優先処理も可能にしている。

2.3 システムの運転方式

このシステムは、データ集配信処理を中心に構成される専用システムであり、したがって運転方式としては、朝オンライン処理の準備(システ

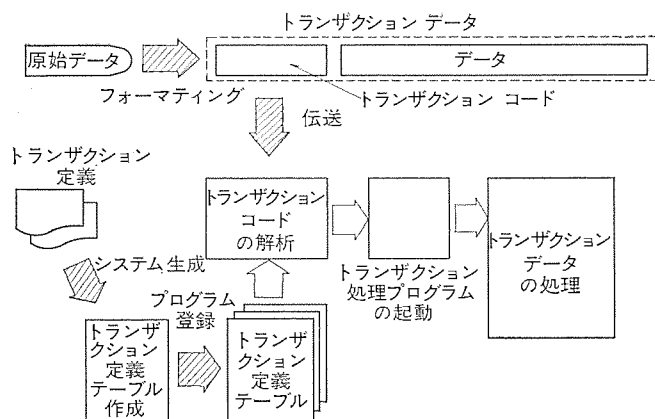


図 2. 《MELCOM PENTA-NET》システム の データ 処理形態

ム オープニング) を行い、以後 オンライン 処理を自動的にに行い、(システム ランニング)、夕方 オンライン 処理を閉そく(塞) (システム クローキング) するという形態が一般的となる。

(1) システム オープニング——オンライン 業務を スタート 可能な状態にするため、システム インシャイズ、周辺及び端末装置の チェックアップ、 端末装置への オープニング メッセージの出力などの準備作業を行う。この処理を終え、データの送受信が可能となる。

(2) システム ランニング——入力されたデータ中の トランザクション コードによって、あらかじめ対応づけられた処理 プログラム を スケジュール し、トランザクション 処理を行う。

(3) システム クローキング——オンライン 業務を終了させるため、 端末装置への クローキング メッセージの出力、入力データの受信停止、統計資料の出力、システム の ターミネット などの処理を行う。この処理を終え、データの送受信を行うことはできなくなる。

2.4 システムの適用分野

MELCOM PENTA-NET は、非常に広範囲な分野への適用が可能であるが、その代表的な利用分野を考えると次のようなものがある。

- (1) 販売管理——受注出荷処理(伝票発行処理)、顧客管理、製品在庫管理、納期管理
- (2) 生産管理——資材入出庫管理、工程進捗管理、外注管理、在庫管理、原価管理
- (3) サービス業務——予約業務、受付業務、会計業務
- (4) 物流管理——自動倉庫 ロケーション 管理、配車計画
- (5) メッセージ 交換業務

3. 《MELCOM PENTA-NET》システムのソフトウェア

3.1 ソフトウェアの概念と特長

このシステムのオペレーティングシステム(OS)は、ミニコンピュータ MELCOM 70 のベーシックソフトウェアである、リアルタイムディスクモニタ(RDM)を基本に構築されており、遠隔地に散在する端末装置と、センタのコンピュータシステム間でのデータの送受信制御や、受信データ中のトランザクションコードに対応する処理プログラムのスケジュール、及び実行の監視などのオンラインネットワークシステムの管理を中心に作成されたソフトウェアである。したがってオンラインリアルタイムシステム特有の機能を備えているばかりでなく、オンライン業務の事前、事後のオフライン業務を制御する機能も備えており、以下のような特長を持ったオペレーティングシステムとなった。

- (1) モジュール化、テーブル化により、利用システムに応じた最適なシ

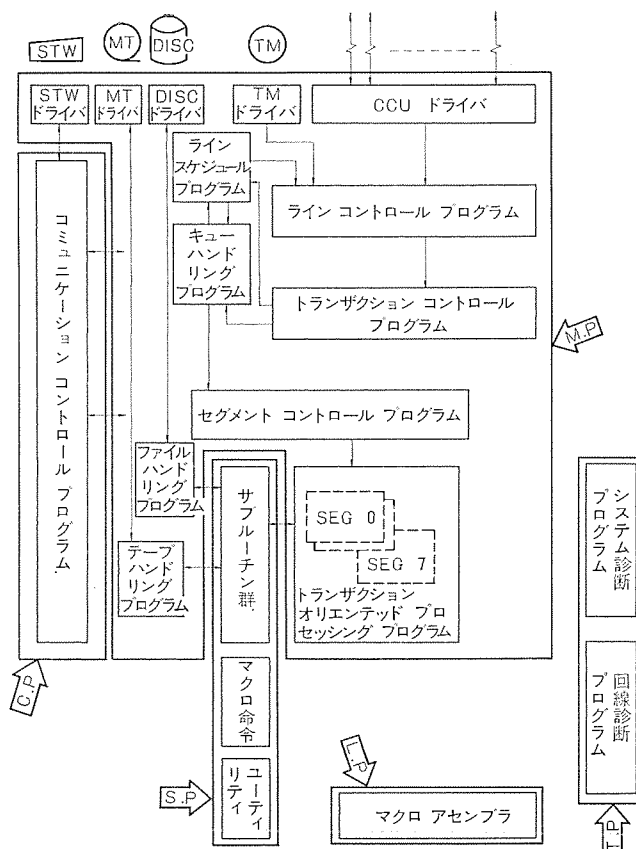


図 3. 《MELCOM PENTA-NET》オペレーティングシステム 構成

ステムを構築することができる。

- (2) 多数のデータ処理プログラムを同時に動かすことができ、かつオーバレイ構造にすることができる。
- (3) 高性能なキューイング技術を用い、通信回線使用の効率化をはかっている。
- (4) システムとオペレータとのコミュニケーション用プログラムが充実している。
- (5) 各種の統計資料が出力される。

3.2 ソフトウェアの構成と機能

このシステムのオペレーティングシステムは、図 3. に示すように五つのパッケージから構成されている。

- (1) メイン・パッケージ (M・P)

送受信データのコントロールから処理までをつかさどるプログラム群であり、そのプログラムエレメントと機能は次のとおりである。

- (a) ラインスケジュールプログラム——通信回線及び端末装置の入出力スケジュールを行う。
- (b) ラインコントロールプログラム——通信回線の制御手順に従い、端末装置に対するデータの送受信を行う。
- (c) キューコントロールプログラム——通信回線使用の効率化とデータ処理の効率化を図るため、データを一時的に記憶する。
- (d) トランザクションコントロールプログラム——端末装置からのトランザクションデータを解析し、対応処理プログラムを見つけだす。
- (e) セグメントコントロールプログラム——入力データ中のトランザクションコードに対応する処理プログラムをスケジュールし、実行の監視を行う。
- (f) ファイルハンドリングプログラム——データファイルに対するデータアクセス処理を行う。
- (g) テープハンドリングプログラム——磁気テープに対する入出力処理

(h) トランザクション オリエンテッド
プロセッシング プログラム——ユーザの
適用業務 プログラム と、 システム が
提供する プログラム から成る、 ト
ランザクション データ の処理 プログラム
である。

(2) コミュニケーション パッケージ (C・P)

このシステムの運転をセンタオペレータが制御、監視するために用意された、オペレータとシステムとのコミュニケーションを行うプログラム群である。

(3) テスティング・パッケージ (T・P)

このシステムを診断するために用意されたプログラム群である。

(4) サークル・パッセージ (S・P)

システムの生成や運営、維持を、効率よく簡便に行うために用意されたプログラム群である。

(5) ランゲージ・パースージ (L・P)

トランザクション 処理 プログラム を作成するための、ランゲージ トランスレータ 群である。

4. 《MELCOM PENTA-NET》システムのハードウェア

4.1 ハードウェアの構成と特長

このシステムは、ミニコンピュータ MELCOM 70 を中心としたセンタサイドと、MELCOM 9550 ターミナルコントローラ (TC) を端末制御の中核とする端末サイドと、この両者を結びつけるコミュニケーションネットワークとから構成されており、これらを図示すると図4.のようになる。

特にこのシステムでは各種端末装置の制御に TC を使用することにより、従来のセントラルプロセッサによるシステム機能の集中管理方式から、データ発生現場でこれを管理する機能分散方式が可能となり、次のような点でシステム能力及び効率の向上を図ることができた。

(1) 原始データ入力用の端末装置に、インテリジェント機能を付加することにより、オペレータガイダンス、通番発行等のフルプルーフ制御が可能となり、入力データの信頼性が向上するとともに、端末サイドに専用のオペレータが不要となった。

(2) センタにデータを送り出す前に、端末サイドで操作ミス、入力ミスなどによる各種のエラーを排除することにより、通信回線及びセントラルプロセッサが不要のデータ処理に時間をとられることがない。

(3) 端末サイドで不要項目のスキップ等の編集を行ってからセンタにデータを送り出すため、伝送効率が著しく高くなる。

(4) TC 1 台で、異種の端末装置を同時に複数台制御できるため、セントラル プロセッサ の回線制御の負担が大幅に軽減される。

4.2 センタサイドのハードウェア仕様

機器構成はシステムの処理内容に応じて変化するが、基本構成及びオプション機能は、表 1. のとおりである。1 構成例の装置外観を、図 5. に示す。

4.3 端末サイドのハードウェア仕様

4. 3. 1 《MELCOM》9550 ターミナル コントローラ

この装置のハードウェアは図 6. に示すように、マイクロプロセッサ、メモリ (ROM, RAM), 入出力制御部及び回線制御部より構成されており、

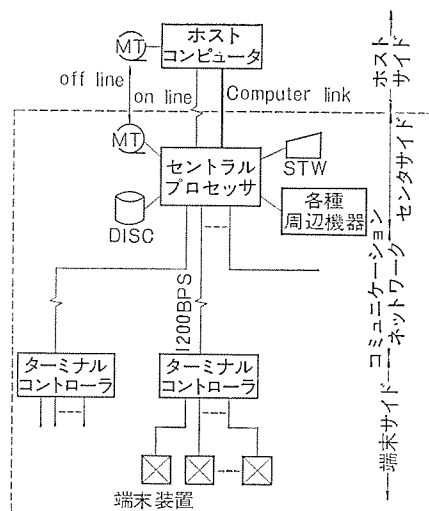


図 4. 《MELCOM PENTA-NET》ハードウェアシステム構成

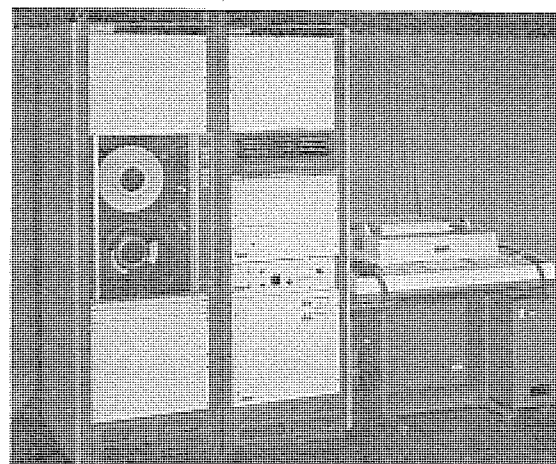


図 5. センタサイド[®] 機器外觀 (一例)

表 1. センタサイドのハードウェア仕様

項 目	基 本 構 成	オ プ シ ョ ン 又 は 拡 張 機 能	備 考
メ モ リ 容 量	16K ワード (32K バイト)	4 K ワード単位で増 設	最大 32K ワード
データ集配信用デ バイス	磁気テープ 9トラック, 800BPI	磁気テープ 7トラック, 800BPI	
システム ファイル	固定ヘッド磁気デ ィスク 64K バイト	—	
デ ー タ ファ イ ル	—	カートリッジ磁気デ ィスク 10Mバイト×2	一部をシステム ファイルとして使 用可
コ ミ ュ ニ ケ ー シ ョ ン チャンネル	1 チャンネル (1,200 BPS)	1 チャンネル単位で 増設	最大 8 チャンネル
ホ ス ト イ ン タ フ ェ ー ス	オフライン (磁気テープベース)	オンライン	
周 辺 機 器	STW	LP (300 行/分) PTR (400 字/秒) PTP (100 字/秒) CR (300 枚/分) CP (12 枚/分) etc.	
電 源	単 相 100 V	同 左	電源容量は基本構 成で 2.5kVA
環 境 条 件	15~30°C 40~70% RH	同 左	

データ入出力用の各種端末装置は入出力バスに接続される。

端末装置のベーシックな制御は、ROMに収容された制御プログラムにより行われるが、トランザクションによって変化する制御プログラムはトランザクション変更の都度、センタからRAMにロードされて装置を制御する。この装置の仕様を表2に、装置外観を図7に示す。

4.3.2 データ入出力用端末装置

このシステムで標準的に用意している端末装置とその概略仕様を、表 3. に示す。

4.4 コミュニケーション ネットワークの仕様

セントラル プロセッサ の コミュニケーション チャンネル と 端末 サイド の TC は、以下の仕様により接続されている。

- (1) 通信速度——1,200 BPS 又は 200 BPS
- (2) 同期方式——調歩同期式
- (3) 通信方式——半 2 重通信方式又は全 2 重通信方式
- (4) 接続応答形式——ベーシック コンテンション 又は ベーシック ポーリング
- (5) 使用符号——JIS 6220 準拠 7 単位符号
- (6) 誤り検出方式——VRC 及び LRC チェック

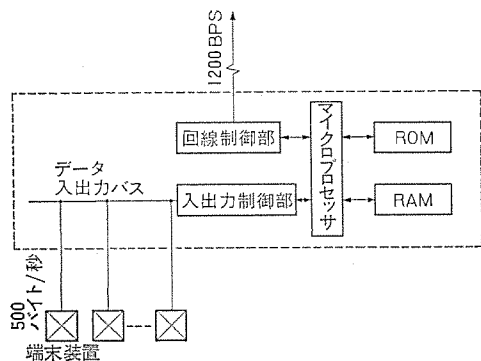


図 6. 《MELCOM》9550 ターミナルコントローラのハードウェア構成

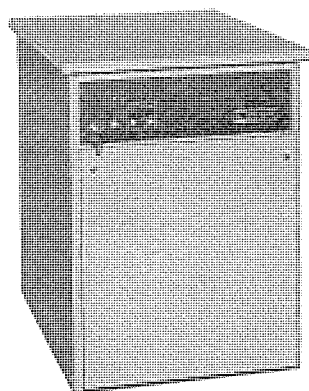


図 7. 《MELCOM》9550 ターミナルコントローラ

表 2. 《MELCOM》9550 ターミナルコントローラの仕様

項 目	基 本 構 成	オプション又は拡張機能	備 考
メモリー容量	ROM 4K バイト RAM 2K バイト	2 K バイト単位で増設	最大 16K バイト
データ入出力バス最大転送速度	500 バイト/秒 (割込モード)	—	5K バイト/秒 (バーストモード)
データ入出力バス端末装置接続可能数	MAX. 6	MAX. 13	
端末装置接続延長距離	MAX. 200m	—	MAX. 1 km 可 (by Coaxial Cable)
電 源	単 相 100V	同 左	電源容量は基本構成で450VA
環 境 条 件	5~35°C 30~80% RH	同 左	

表 3. 端末装置一覧

形 名	装 置 名	概 略 仕 様	電 源	環 境 条 件
M 261	キーボードプリンタ	15インチ プラテン ASR 20文字/秒	100V +5V -10V 800VA	5~35°C 30~80% RH
M 263	受信プリンタ	15インチ プラテン RO 20文字/秒	100V +5V -10V 750VA	同 上
M 340	キャラクタディスプレイ	40字×16行 表示 7色表示	100V±10V 250VA	5~40°C 30~80% RH
M 482	紙テープリーダー	100 文字/秒	100V±10V 200VA	5~35°C 30~80% RH
M 571	カードパンチ	20カラム/秒 ホッパ/スタッカ 500枚 オフラインせん(穿)孔可	100V±10V 450VA	5~35°C 30~70% RH
M 941	マークシートリーダー	A4, A5, B5 シートの自動 給送形 60枚/分 ホッパ/スタッカ 500枚	100V±10V 450VA	同 上
M 951	データ入力装置	オペレータ ガイダンス機能 トランザクション 15種 テンキー/カードリーダー	100V±10V 450VA	5~40°C 30~80% RH

- (7) 誤り訂正方式——再送要求による自動再送
 (8) 電文長——最大 200 バイトの可変長電文
 (9) 回線インタフェース——直流 データ伝送方式 (公社 B 規格相当)
 又はモデムインタフェース

5. インテリジェント データ入力装置

5.1 インテリジェント データ入力装置の必要性と機能

このシステムの大きな適用分野の一つである生産管理業務において、原始データの入力に関して特に問題となるのは、生産現場で発生する情報が多種多様であり、かつ専門のオペレータをおかず、生産にたずさわっている人が直接データの入力を行うと、入力ミスや操作ミスが発生しやすく、入力データをそのままセンタに収集したのではシ

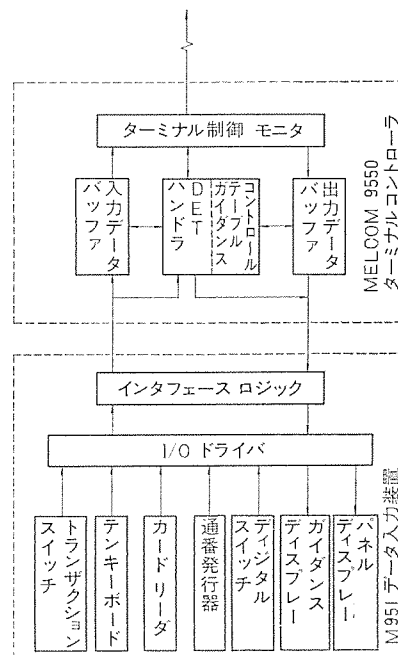


図 8. インテリジェント データ入力装置構成

ステムの効率が悪くなることである。また原始データを扱っているために、エラーデータに対するチェックをバッチ的に行ったのでは処置が非常に面倒となるため、エラー発生時点で即刻オペレータにフィードバックする必要がある。

こうした問題を解決するものとして、インテリジェント データ入力装置を開発した。この装置の機能は次のとおりである。

- (1) 業務に対応したオペレータガイダンス用プログラムテーブルを、センタに要求する。
- (2) センタよりロードされたプログラムテーブルに従って、装置の操作手順を誘導する。
- (3) オペレータが、ガイダンス指示に従って入力したデータのフォーマットチェックを、アイテム単位に実行し、エラーの場合はその旨即刻オペレータに知らせる。
- (4) 正しいデータのみ順次バッファリングし、クリーンデータとしてセンタに送出する。
- (5) センタからのメッセージを、ディスプレイできる。

5.2 装置の構成と制御方式

装置は図 8. に示すように、TC とこれに接続される M 951 データ入力装置 (DET) が一体となって、インテリジェントな機能をはたすように構成される。装置外観を図 9. に示す。1 台の TC には複数台の DET が、他のデータ入出力端末機器と同時に接続可能である。DET に実装されているデータ入出力用デバイスの仕様を表 4. に示す。

インテリジェント データ入力装置は、図 8. に示す TC の制御プログラムの管理のもとで、図 10. のような動作を示す。

6. システムの導入効果

このシステムを導入することにより期待される効果を考えてみると、次のようなものがある。

- (1) 適用業務での管理サイクルと情報の流れが一致することにより、タイムリーな情報の把握と正確な管理が可能となる。
- (2) 必要な情報だけを、必要な時点でのみ取扱うことにより、事務処理の簡素化をはかることができる。

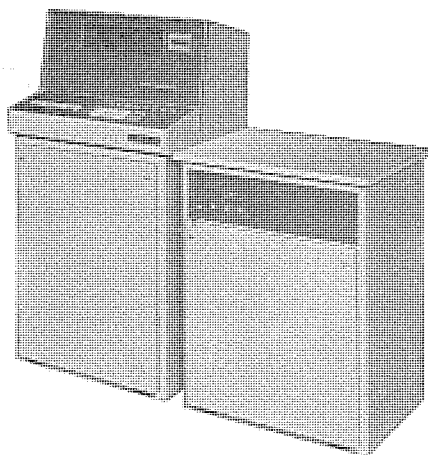


図 9. インテリジェント データ 入力装置

表 4. M 951 データ 入力装置の構成機器一覧

	デ バ イ ス	機 能	備 考
デ ー タ 入 力 用 デ バ イ ス	トランザクシ ン スイッチ	8 コ 15種の業務登録が可能	
	テンキー ボード	データ 0～9 及び信号 5 種 けた数 MAX. 9 けた/ア イテム	指定けた数以上の入 力チェック
	カード リーダ	使用カード 80欄カード 取扱文字 英数記号及びカナ 読取速度 2 秒/枚	カード位置チェック コードの検出
	通 番 発 行 器	0～9 の数字, 4 けた	正常送信時のみイン クリメント
	デジタル スイッ チ	0～9 の数字, 5 けた	
デ ー タ 出 力 用 デ バ イ ス	ガイダンス ディ スプレー	ガイダンスパターン 12種×2 カラー表示	センタからのダイレ クト指定も可
	パネル ディスプ レー	表示文字数 16行×4 段 取扱文字 英数記号(カナ) 表 示 色 緑	

- (3) 管理システムへのデータ入力作業の省力化がはかれ、データ加工費用の低減を実現できる。
- (4) 入力データの誤りを入力時にチェックすることにより、データの正確性が保持されるだけでなく、誤りに対する責任が明確になり、入力データの精度向上につながる。
- (5) 現場のニーズに合わせた端末装置を設置することにより、現場に対するサービスを向上させることができる。

7. む す び

以上、MELCOM PENTA-NET システム全般にわたり、その特長と機能について述べたが、このシステムは既にいくつか実か動しており、コンピュータシステムの企業システムに合わせた機能分散と組織化が進むにつれて、今後ますます導入数が増すものと期待している。ユーザのシステム機能及び構成に対する要求を最大限に満たせるべく、

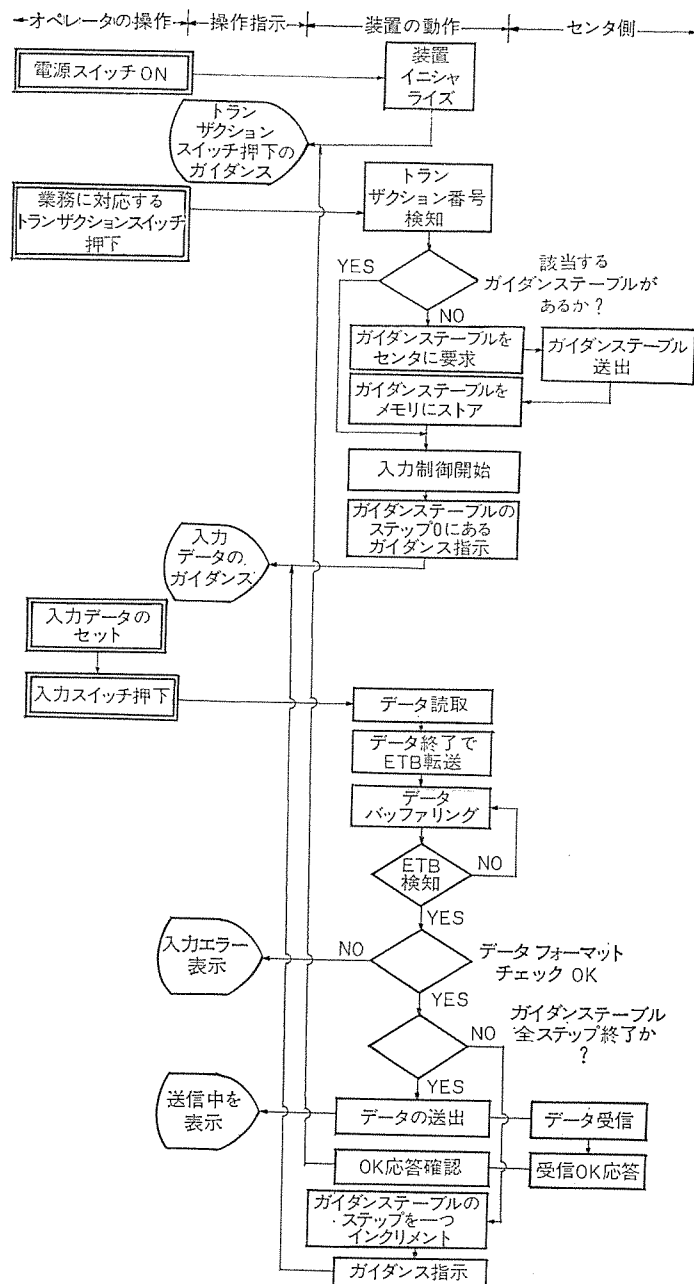


図 10. インテリジェント データ 入力装置の動作

現在ソフトウェア及びハードウェアコンポーネントの拡充をはかっており、更にオンラインシステムの導入過程・運用過程において、システムをとりまく人々にコンピュータでありながら、コンピュータを感じさせないシステムの実現、例えばプログラム開発の簡素化、オペレータコミュニケーションの容易性などを追求することが、今後の課題であると考えている。

終わりに、システムの開発にあたってご教示、ご協力いただいた関係各位に深く感謝の意を表する。

登録番号	名 称	考 案 者	登録番号	名 称	考 案 者
1055759	炭酸ガス導入装置	藤永 敦・鳥取 浩	1057021	視窓の防塵装置	佐伯義行
1057000	溶接機用ワイヤ送給装置	{馬場幸夫・後藤洋治 竹岡 修	1057022	スクリュードライバ	弘瀬 潔・中山卓義
1057001	電動噴霧器	{武井久夫・服部信道 岩田尚之・森田清司	1057023	熱交換器	元古 暲
1057002	電動噴霧器	{武井久夫・服部信道 岩田尚之・森田清司	1057024	プラスチック船底付気体膨張式ボート	森浩 晃・樋口昭義
1057003	電気接続装置	早川隆昭	1057025	圧縮機	石田武徳
1057004	扇風機	酒井勝正	1057026	電力用トランジスタの駆動回路	藤井 学・高橋 修
1057005	気体膨張式浮舟	宇川 彰	1057027	誘導加熱装置のスキッドレール	喜多村弘明・松尾 茂
1057006	回転圧縮機	戸崎保弘	1057028	斜走エレベータの扉装置	三矢周夫・藤田 明
1057007	押ボタンスイッチの作動具	小泉 鉄一・森 宗雄	1057029	トランジスタ保護装置	{牧田秀之助・丹羽喜一 木村健治
1057008	密閉式無給油圧縮機	保坂征宏	1057030	昇降機の安全装置	新田弘毅
1057009	密閉式無給油圧縮機	保坂征宏	1057031	電熱器具の温度ヒューズ装置	川合 輝一
1057010	回転電機の端子装置	岩城良之	1057032	継手機構	安坂吉生・佐藤正昭
1057011	回転圧縮機の起動装置	松尾正孝	1057033	作業用浮舟	河島 清・大久保貫一
1057012	熱電対取付装置	稲垣義男	1057034	作業用浮舟	河島 清・大久保貫一
1057013	半導体集積回路の構造	忍足 博・畑 末吉	1057035	作業用浮舟	河島 清・大久保貫一
1057014	冷蔵庫の霜取装置	荒野 祐也	1057036	回転整流装置	吉田久光・高橋良治
1057015	水スクラパー	安生三雄・水野久隆	1057037	レーザ装置	中村泰而・福家 皎
1057016	熱交換器	保坂征宏	1057038	コイル極性判別装置	佐々木秀二
1057017	蛍光灯器具	{保田智行・今井 将 松沢久行	1057039	氷削り器	{服部信道・森田清司 黒沢勝治
1057018	電動かな	田中 実	1057040	蓄熱暖房器	赤羽根正夫・桜井信捷
1057019	調整つまみ	岩村清志郎	1057041	電気掃除機の延長管	加藤 悟
1057020	扇風機スタンド	糸魚川佐富	1057042	空気清浄機	{神谷昭美・吉野昌孝 小栗 敦

〈次号予定〉 三菱電機技報 Vol. 49 No. 11 研究所創立40周年記念特集

特集論文

- 研究所創立40周年に寄せて
- 電力系統における新しい安定問題
- 色彩図形認識とそのソフトウェア
- 真空スイッチの開閉異常電圧
- 三軸制御中高度衛星の姿勢制御
- 液体燃料の予混合燃焼特性
- 多重反射鏡型アンテナの等価パラボウ表示とその応用
- 電子腕時計 C-MOS LSI
- マイカエポキシ複合絶縁組織の熱劣化機構
- 生産自動化のための新技術
- 冷凍・空調設計用ソフトウェア

三菱電機技報編集委員				三菱電機技報 49 巻 10 号		昭和50年10月22日印刷 昭和50年10月25日発行	
委員長	松岡 治	常任委員	三輪 進	定価	1部300円 (送料別)	無断転載を禁ず	
副委員長	神崎 遼	"	吉山裕二	編集兼発行人	松岡 治		
"	武藤 正	委 員	飯田春吉	印刷者	高橋 武夫		
常任委員	伊藤一夫	"	大田重吉	印刷所	東京都新宿区市谷加賀町1丁目12番地		
"	宇佐見重夫	"	粕谷一雄		大日本印刷株式会社		
"	北川和人	"	久保博司	発行所	東京都千代田区丸の内2丁目1番2号 (〒100)		
"	祖父江晴秋	"	熊本 永		菱電エンジニアリング株式会社内		
"	塚本信雄	"	橋爪 基		「三菱電機技報社」 Tel. (03) 218局2494		
"	久松章三	"	林 昇寿	発売元	東京都千代田区神田錦町3丁目1番地 (〒100)		
"	日野雅行		(以上50音順)		株式会社 オーム社書店		
"	本間吉夫				Tel. (03) 291局0912, 振替口座 東京 20018		
10号特集担当 森 健							

小形で使い易い、民生機器用電磁接触器 〈C-800形〉

工業用電磁接触器はAC 3級0号0種(開閉ひん度1800回、電氣的寿命100万回以上、機械的寿命1000万回以上)の高ひん度・長寿命に耐えるよう設計されています。しかし、民生機器の分野では、電氣的寿命が10~25万回あれば充分でむしろ信頼性・経済性(小形・安価・取扱い容易)に重点が置かれています。ここに紹介するC-800形は、上記のような要求をふまえ、空調、冷熱機および事務機械などの民生機器用モータの開閉器用として開発された小形で軽量の電磁接触器です。



〈特長〉

- (1)小形(外形29×68×54mm)で軽量(116g)。三相220V、1.5kWの電動機の開閉が可能です。
- (2)差し込み接続子により電線の接続が容易、取扱いも簡単です。
- (3)接点構成は4a、3a1b、2a2b、3aの4種類です。
- (4)支点形電磁石を使用。機構部にはねじを使用していないので構造が簡単になり、動作信頼性も高くなりました。
- (5)動作音が小さく低騒音です。

さらに取り扱い易く、安全になった新形端子台 〈TE-K形〉

従来のTE形端子台を、より安全により取り扱い易く改良した新形の端子台です。仕様の多様化にも充分対応できるようになりました。



〈特長〉

- (1)安全カバーの追加が簡単。端子台に設けてある取付部へはめ込むだけです。
- (2)圧着端子の短絡防止用回り止め、裏面地絡防止壁など絶縁距離の増加と共に形状も考慮、安全に力を入れた設計です。
- (3)4極端子、1.25フレーム、ラッピング、差込、断路付など、豊富な機種を用意。各種用途や配線の多様化に対応できるようになりました。

〈主な仕様〉

- フレーム種類 1.25~400(電線サイズ表示)10種
- 定格絶縁電圧 AC, DC 660V
- 定格通電電流 10~800A

専用ICを採用した新形タイマ 〈DRB/DRC形リッドステートタイマ〉

三菱タイマシリーズに、新開発のDRB/DRC形が加わりました。従来のSRS/RPS/RDT形ソリッドステートタイマ、SRT形ニューマチックタイマと合わせて6機種15種類に増加。適用範囲がさらに広がりました。



〈特長〉

- (1)タイマ専用ICとタンタルコンデンサを採用し、精度・信頼性をさらに高めました。
- (2)構造には表面形・埋込形の2形態を、時限方式にはオンディレイ方式・オフディレイ方式の2種類を、さらに瞬時接点内蔵形も用意。機種構成は豊富です。
- (3)タイマ専用ICの採用と標準化により、価格がグッと経済的になりました。
- (4)取り扱い、取り付けが簡単です。外形寸法・取付寸法および端子配列はJISC4551「モータタイマ」に合わせて完全な互換性があります。また、ソケットの保持機構はフック式の採用でスペースを取らずに取り付けることができます。
- (5)オンディレイ方式は、すべてLED(発光ダイオード)による出力表示付です。