

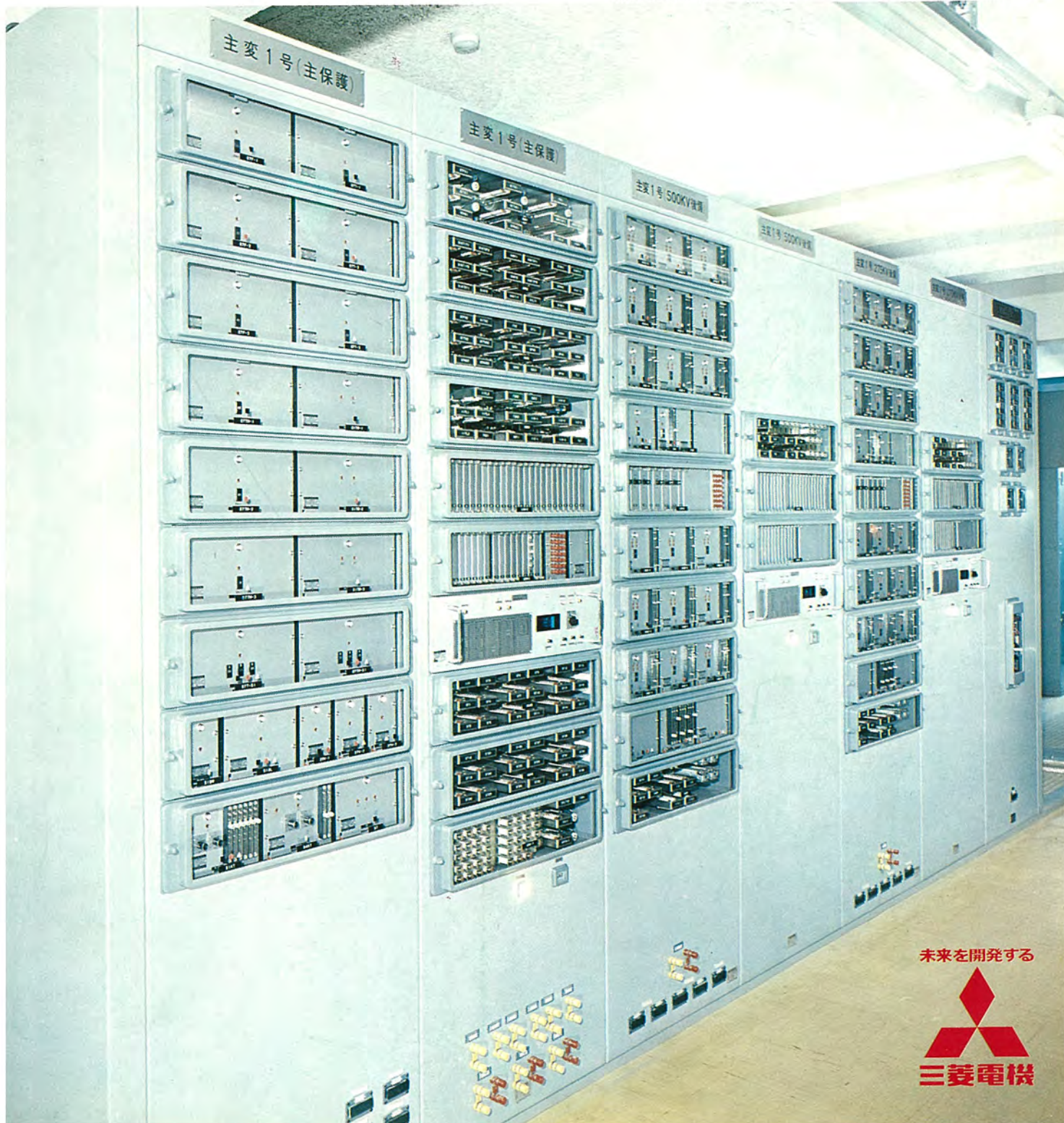
MITSUBISHI DENKI GIHO 三菱電機技報

Vol.46 June 1972

電力保護継電器特集

6

東京電力株房総変電所納め 500kV変圧器保護継電器盤



未来を開発する





電力保護継電器特集

目次

《特集論文》

電力保護継電器特集号に寄せて……………	竹内真一…	627
電力系統保護の展望……………	安達賢一・北浦孝一・古谷昭雄…	628
保護継電装置の自動監視……………	坪井昭・三上一郎・古谷昭雄・鈴木健治・鈴木 愿・海老坂敏信…	635
各種継電方式における循環電流対策……………	鈴木健治・高田信治・菅井英介・中村勝己・中嶋安広・下迫賀生・鈴木 愿…	648
超高圧パイロット継電方式の新技術……………	三上一郎・北浦孝一・古谷昭雄・鈴木健治・菅井英介・中村勝己…	656
保護継電器入力電流のひずみ波形解析と対策……………	高田信治・前田耕二・辻倉洋右・畑田 稔・海老坂敏信…	666
大容量電力用機器保護継電装置……………	天野 恒・畑田 稔・松本忠士・三宅康明…	675
静止形継電装置の構成……………	山内成周・中嶋安広・中村欽一・坂本昌一…	685
全静止形継電装置のフィールド動作実績……………	北浦孝一・古谷昭雄…	690

《普通論文》

タンタル薄膜素子……………	井上康郎・浜中宏一・藤原多計治・羽山昌宏…	701
MELCOM-83 の言語システム……………	桑谷 清・村井 豊・越川武夫…	706
硬化エポキシ樹脂中の硬化剤の同定……………	狩野 勇・井上五郎・小林千枝・今村 孝…	713
MELCOM-7000 シリーズリアルタイムパッチモニタ (RBM) ……	望月純夫・末沢敏裕・竹沢 明…	720

《技術解説》

複雑故障の簡単な解析法……………	三上一郎…	727
------------------	-------	-----

《新製品紹介》

電解バリ取り専用機の完成・新形三菱減速電動機 GM-A 形発売

《ニュースフラッシュ》

東京電力(株)房総変電所向け 500 kV 1,000 MVA 単巻変圧器保護継電装置・東京電力(株)向け高抵抗接地系用母線保護装置・関西電力(株)向け 22 kV 配電線用全静止形継電装置・中部電力(株)向け超高圧用新形位相比較キャリヤリレー・関西電力(株)大阪発電所向け 68,500 kVA ガスタービン発電機・BHB-20 形直流高速度しゃ断器

《特許と新案》

複合特性を有する継電装置・搬送保護継電装置・搬送保護継電装置

《表紙》

表紙 1 東京電力(株)房総変電所納め 500 kV 変圧器保護継電器盤

最近 500 kV 系統用保護継電器の検討が各方面で行なわれているが、この写真は、わが国の最初の 500 kV 実用系統に納入された保護継電器の一つである変圧器保護継電器盤である。

写真の構成は左 2 面が変圧器主保護盤、中間 2 面が 500 kV 側に設置される後備保護盤、右 2 面が 275 kV 側に設置される後備保護盤であり、合計 6 面で変圧器 1 台と系統後備の保護を行なっている。

この変圧器保護継電器盤は全静止形装置であり、常時監視はもとより、交流模擬入力を印加して継電装置の動作・不動作をチェックする自動点検方式を採用し、また一つの継電要素の誤動作によりミストリップをしないフェイルセーフとなる方式を採用したものであり、変圧器保護としては変圧器本体と調整変圧器を別々に差動保護していること、および後備保護として距離継電器を使用していること等を特長としている。

表紙 2 三菱 E 形コントロールセンタ

表紙 3 三菱ダイアックス放電加工機

表紙 4 三菱小形電子計算機 MELCOM-88





SPECIAL EDITION FOR PROTECTIVE RELAYS

CONTENTS

SPECIALLY COLLECTED PAPERS

Outlook of Power System Protection.....	K. Adachi • K. Kitaura • A. Furuya...	628
Automatic Supervision and Inspection of Protective Relaying Systems	A. Tsuboi • I. Mikami • A. Furuya • K. Suzuki • S. Suzuki • T. Ebisaka...	635
Protective Relaying for Systems Bearing Zero-Phase-Sequence Circulating Current	K. Suzuki • N. Takata • H. Sugai • K. Nakamura • Y. Nakashima • Y. Shimosako • S. Suzuki...	648
The Latest Technique of Ultra-High Voltage Pilot Relay Protection Schemes	I. Mikami • K. Kitaura • A. Furuya • K. Suzuki • H. Sugai • K. Nakamura...	656
Analysis of and Countermeasures for Distorted Current of Protective Relays	N. Takata • K. Maeda • Y. Tujikura • M. Hatata • T. Ebisaka...	666
Large Apparatus Protective Relaying Equipment.....	H. Amano • M. Hatata • T. Matsumoto • Y. Miyake...	675
Construction of Solid State Relaying Apparatus.....	S. Yamauchi • Y. Nakajima • K. Nakamura • S. Sakamoto...	685
Field Operation Results of All Transistorized Protective Relaying Systems.....	K. Kitaura • A. Furuya...	690

TECHNICAL PAPERS

Tantalum Thin Film Elements.....	Y. Inoue • K. Hamanaka • T. Fujiwara • M. Hayama...	701
MELCOM-83 Language System.....	K. Kumeya • Y. Murai • T. Koshikawa...	706
Identification of Curing Agent in Cured Epoxy Resins.....	I. Karino • G. Inoue • C. Kobayashi • T. Imamura...	713
MELCOM-7000 Series Real Time Batch Monitor (RBM).....	S. Mochizuki • T. Suezawa • A. Takezawa...	720

TECHNICAL EXPLANATION

Simplified Method of Complex Fault Analysis.....	I. Mikami...	727
--	--------------	-----

NEW PRODUCTS

		742
--	--	-----

NEWS FLASH

		745
--	--	-----

PATENT AND UTILITY MODEL

		699
--	--	-----

COVER :

500 kV Transformer Protective Relay Panels Delivered to the Tokyo Electric Power Company

Studies have been made of late by various quarters on the protective relay for 500 kV power systems. The illustration shows transformer protective relay panels-one arrangement of protective relays delivered to a 500 kV commercial power system for the first time in Japan.

Referring to the picture, the left two units are the main transformer protective panels. The middle two are back-up protective panels installed on the 500 kV side. The two on the right are also back-up protective panels but on the 275 kV side. There are six panels in total. These transformer protective relays used on the panels are of a solid state type. They are not only designed a constant supervisory type but also an automatic inspection type to cheque the operation through the impression of an imitation AC input. They are further built fail safe to prevent false trip by malfunction of one relay element. Their features are separate differential protection for the transformer main assembly and a regulation transformer, and the employment of distance relays as back-up protection.

UDC 621.311.1

電力系統保護の展望

北浦孝一・古谷昭雄

三菱電機技報 Vol. 46・No. 6・P628～634

わが国の電力系統は、ますます大規模化、高度化の一途をたどり、電力供給の信頼性と経済性の向上は、今日の重要課題である。したがって、電力系統保護装置も高信頼度化、総合システム化、無人化、省力化、縮小化の傾向にあるが、これら時代の要請に対処する当社の姿勢とその成果の概要を紹介するものである。



UDC 621.316.925.018.7

保護継電器入力電流のひずみ波形解析と対策

高田信治・前田耕二・辻倉洋右・畑田 稔・海老坂敏信

三菱電機技報 Vol. 46・No. 6・P666～674

静止形保護継電器が本格的に実用されるようになっては10年を経過したが、特に問題となっている課題の一つとして、継電器入力電流に含まれるひずみ波成分の問題がある。こゝでは電流波形ひずみの問題の中から、最近話題となっている次の三つの課題について波形の解析、保護継電器の問題点、保護継電器における対策の3方面から検討を加え紹介することとする。

- (1) C T飽和の問題を母線保護の例で考察
- (2) ケーブル系1線地絡針状波の問題を配電線保護の例で考察
- (3) 負荷電流におけるひずみ波の問題をサイリスタ負荷の例で考察



UDC 621.316.925-7

保護継電装置の自動監視

坪井 昭・三上一郎・古谷昭雄・鈴木健治・鈴木 愿・海老坂敏信

三菱電機技報 Vol. 46・No. 6・P635～647

保護継電装置の高信頼度化と省力化は、最近の電力保護継電器技術面の大きな課題であり、電気協同研究会等で研究されている。

当社は1970年から15件、80面の各保護継電装置に自動監視を付加させ効果をあげている。

本文は、自動監視の動向・構成・新技術を紹介するとともに、電算機により、信頼度計算を行なう方法およびその計算例等について記述する。その結果、装置の信頼度を10～100倍に、人件費節減4分の1に減らすことができる。また、自動監視をつけた保護継電装置の動作実績もきわめて良好である。



UDC 621.316.925/31

大容量電力用機器保護継電装置

天野 恒・畑田 稔・松本忠士・三宅康明

三菱電機技報 Vol. 46・No. 6・P675～684

変圧器および発電機など電力用機器が大容量化されるにともない、事故の際に系統におよぼす影響も大きくなってくる。したがって、それに対する保護継電装置もよりいっそうの高信頼性が要求される。

本文は高信頼度を考慮して現在実施されている保護継電装置の実際を紹介するとともに、最近開発した自動点検監視付き全静止形保護継電装置について、発電機の例、および変圧器の例についてそれぞれ述べている。とくに、東京電力 房総変電所に納入した装置は、対象変圧器と調整変圧器が別置で、かつ、500kV、1,000MVAと記録製品のため、継電装置にも数多くの特長が盛り込まれている。



UDC 621.316.925.014

各種継電方式における循環電流対策

鈴木健治・高田信治・菅井英介

中村勝己・中嶋安広・下迫賀生・鈴木 愿

三菱電機技報 Vol. 46・No. 6・P648～655

多回線共架送電線が保護方式へ与える影響の中、零相第2回路への循環電流対策について、方向比較搬送保護継電装置・回線選択継電装置・表示線保護継電装置ごとに述べた。方向比較搬送保護継電装置は、電流-時間変換による対策を3端子系への適用も含め、回線選択保護継電装置は、交流記憶方式による対策を述べた。表示線保護方式については、飽和比率差動特性の改良について述べた。



UDC 621.316.925.002

静止形継電装置の構成

山内成周・中嶋安広・中村欽一・坂本昌一

三菱電機技報 Vol. 46・No. 6・P685～689

今後継電装置は、超々高圧用継電器などの高性能継電器の要求の増加と、無人省力化にともなう点検、監視の採用、コンパクト化による設備縮小への移行などにより、ますます静止化が進むものと考えられる。本文は静止形継電装置について、高信頼度化、保守点検における省力化、コンパクト化をいかにして実施しているか、また将来の課題は何かについて、主として装置構成および機構面について述べたものである。



UDC 621.316.925.027.8

超高压パイロット継電方式の新技術

三上一郎・北浦孝一・古谷昭雄・鈴木健治・菅井英介・中村勝己

三菱電機技報 Vol. 46・No. 6・P656～665

電力需要の急増によって発生した、長距離送電・重負荷送電・系統の多端子化・ケーブル化・過渡安定度防止のための高速度化等による保護方式上の新しい要求、保護方式の信頼度向上のための複雑事故に対する検出能力の向上等について検討し、これら問題点を整理し、その対策について述べた。



UDC 621.316.925.001.42

全静止形 継電装置のフィールド動作実績

北浦孝一・古谷昭雄

三菱電機技報 Vol. 46・No. 6・P690～697

全静止形継電装置は、昭和39年の可搬式保護装置を第1号に、昭和41年には方向比較キャリア装置のオールトラ化を試み、以後各継電装置にわたってフィールド実績あるもの約700端子、900面に達している。この論文では、これら継電装置全静止化開発の技術的推移を1) オールトラへの指向、2) オールトラへの実用化、3) 高信頼度化と省力化(自動監視、超々高圧、縮小化、省力化等)の3面より紹介し、次にこれらの装置が実系統に適用され、どのような動作実績を示しているか、また自動点検、監視をつけたものではその効果を、また実用面として保守取扱い面の考慮、サージ、トリップSCR化等について記述している。



UDC 539.26: 621.793.1: 669.294

タンタル薄膜素子

井上康郎・浜中宏一・藤原多計治・羽山昌宏

三菱電機技報 Vol.46・No.6・P701～705

4極スパッタリング法によりタンタル薄膜を製作し、その製作条件により膜の構造、特性の違いについて検討した。その結果、安定な製作条件をもたらすプラトー領域を見出した。この領域は、スパッタ中のアルゴンに含まれる窒素素量が15～20%のときに存在する。この領域で成膜できる窒化タンタル膜を用いた抵抗体素子の温度係数、シート抵抗の使用可能範囲、負荷特性、抵抗体の調整法について検討した。シート抵抗20～80Ω/□の範囲で抵抗温度係数は、-80～-100ppm/℃であった。



UDC 621.316.925.01

複雑故障の簡単な解析法

三上一郎

三菱電機技報 Vol.46・No.6・P727～741

多重故障時の継電器設置点の電圧・電流の解析法を説明するため、まず単純故障時の解析を、対称座標法、クラーク座標法で解析し、対称座標法を用いてベクトル図により図示する方法を示し、次に同様の手法で多重故障時の解析、図示方法を述べた。多重故障時の電圧・電流は従来のリレー設計では考慮されていなかったため、この種故障に対する従来のリレーの応動状況を示し、今後これらの問題点を解決する方法にも言及している。



UDC 681.142.01: 007.3

MELCOM-83の言語システム

衆谷 清・村井 豊・越川武夫

三菱電機技報 Vol.46・No.6・P706～712

MELCOM-80シリーズは、昭和43年5月にM-81を発表して以来、昨年2月に至るまでプログラミングはすべて機械語によってきたが、さらにソフトウェアの強化を計るため、昨年3月にはM-83アセンブラを、11月にはACE83を発表した。

ではM-80シリーズのプログラミング言語として、これほど長期間利用された機械語とはどのようなものか、また新たに開発されたランゲージプロセッサとはどのようなものか、以下M-83ランゲージシステムについて説明する。



UDC 543.061: 678.643

硬化エポキシ樹脂中の硬化剤の同定

狩野 勇・井上五郎・小林千枝・今村 孝

三菱電機技報 Vol.46・No.6・P713～719

エビビス形エポキシ樹脂（エビコート828）を14種類のアミン系、および8種類の酸無水物系硬化剤で硬化した樹脂における硬化剤の同定を赤外分析法、熱分解ガスクロマトグラフ法、検知管法、熱重量分析法などで行なった。この結果、赤外分析法と熱分解ガスクロマトグラフ法の併用によりほとんどの硬化剤が同定できた。検知管法はアミン系硬化剤と酸無水物系硬化剤の区別ができ、とくに機器を用いに行なう簡便な分析方法であるため、現場への応用も可能である。熱重量分析法は、硬化剤を同定するには困難であるが種々の知見が得られた。



UDC 681.142.01: 007.3

MELCOM-7000シリーズ

リアルタイムバッチモニタ(RBM)

望月純夫・末沢敏裕・竹沢 明

三菱電機技報 Vol.46・No.6・P720～726

MELCOM-7000シリーズは、バッチ処理・遠隔バッチ処理・リアルタイム処理・タイムシェアリング処理の四次元の使用法を可能とする電子計算機である。リアルタイムバッチモニタ(RBM)は、その内リアルタイム処理、およびバッチ処理を同時に行なうことのできる汎用モニタである。特にそのリアルタイム処理は、高速性かつ使いやすさの点ですぐれている。

ここでは、RBMの適用分野、機能の概要にふれ、さらにRBM応用システム例をあげ、そこでいかに



利用されるかについて解説することとする。

電力保護継電器特集号に寄せて

取締役 重電事業部長 竹 内 真 一



1970年代は、あらゆる面で最高効率を求めて量から質への転換をはかる体質改善の時代であります。今日のわが国繁栄の基盤となつてまいりました電力事業も500kV系統時代、100万kWクラスの大容量機器時代、電力需要密度数10万kW/km²クラスの過密都市時代を迎えて電力系統は、ますます大規模化、高度化の一途をたどり電力供給の信頼性と経済性の向上は、重要な社会問題の一つとして大きくクローズアップされてまいりました。

特に、1965年のニューヨーク大停電事故以来、電力系統の安定度確保と系統運用面の信頼度向上に対するユーザ、メーカー一体の研究開発成果は、まことにめざましいものがあります。

ここに保護継電器特集号を発行し、この重要課題に対する当社の姿勢とその成果の一端を紹介しあわせて常日頃不断のご指導ご尽力を賜っておりますユーザ各位に深甚なる謝意を表する次第であります。

最近の電力系統保護制御に対する当社の姿勢は、次の3項目に要約されます。すなわち

(1) ユーザ、メーカー一体の姿勢

(a) 電気事業連合会、電気協力研究会等のユーザ側主催の管理強化活動に対し全面的に協力し、フィールドの実態を正確には握するとともにユーザ側のご意向、動向を十分にそんたく(忖度)した標準化を推進し、最も効果的な信頼性管理を推進しております。

(b) 各ユーザの具体的問題について協同研究を行ない、その系統に最もマッチしたシステムの開発を進めております。

(c) 「ユーザから見て使いやすい製品を作る」という当社方針実践の一つとして、リレー教室がありますが、昭和43年開講以来すでに90回以上となり、受講された方も800人に達し、この間ユーザ側のご意向を幅広く承り、新製品開発ならびに改良開発に反映させてまいりました。

(2) システム指向の姿勢

最近のエレクトロニクス技術の進歩はまことにめざましく、これにより機能上の要求はすべて満足されうる傾向にあります。

したがって今後の製品の価値は、システム全体としていかにコンパクトに、かつ、センスよく美しくまとめ上げられているか、またSoft Wareの面でもHard Wareの面からいかに使いやすくとめ上げられているかが評価の対象となつてまいります。さらに重要なことは、システム全体としての信頼性管理(信頼度の割りつけ)であり

ますが、これはシステム全体の絶縁協調と同様に今後の重要課題であります。

当社は以上の観点に立ったシステムエンジニアリングの確立を最重要テーマとして取り組んでおります。

(3) Power Electronics 指向の姿勢

系統運用システム開発にあたっては、Demandの感覚がPowerに根ざしSeedの感覚がElectronicsに発想した幅の広い、いわゆるPower Electronics技術が必要となつてまいりましたが、当社は総合メーカーの特長を発揮して、PowerとElectronicsがこん然一体となつて生まれた生命力豊かな新技術としてPower Electronics体制の強化を推進しております。

以上、申し上げた時代の要請とこれをささえる技術の進歩に対応し、当社におきましては制御の面ではMELPAC、EFCOMなどの自動化装置と信号伝送技術の高速化、大容量化、多様化と取り組むとともに保護の面では省力化、高信頼度化の時代に対応して静止化による高性能、高信頼度化および小形化を計りあわせてデジタル技術の活用によって装置の自動監視点検の導入を計つてまいりました。

以上の新製品開発にあたって、技術者のレベルアップ体制強化と並行して品質の向上維持に不可欠なものは設備であります。

すなわち500kV系統用装置開発のため、新たに500kV系模擬送電線設備を増設し275kV～6.6kVケーブル系用装置開発のために275kV模擬ケーブル、針状波発生装置等を新設いたしました。

また品質の安定性を確保するため恒温そう(槽)設備、振動試験設備等を拡充し時代の先端を行く装置においても、伝統ある製品においても所望の信頼性が確保されるように調和のとれた設備拡充を進めてまいりました。

その成果として、たとえば静止化装置について振り返ってみますと昭和35年に静止化第1号製品納入後、現在までに300種類10,000台以上の静止化製品を納入いたしました。この静止化製品の故障率は従来の機械式製品よりもまさるとも劣らぬ成績をあげており、今後の500kV系統用装置のごとく静止化でなくては満足できない装置の実用化に対し、大いにご期待いただけるものと確信しております。

なお、今後いっそうシステム全体として調和のとれた信頼性管理を研究し、最高の信頼度を確保してユーザ各位のご期待にお応えする所存であります。

電力系統保護の展望

安達 賢一*・北浦 孝一**・古谷 昭雄*

Outlook of Power System Protection

Kobe Works

Kenichi ADACHI・Kôichi KITaura・Akio FURUYA

The electric power system in Japan has been on the high road to a larger scale and a higher grade. The elevation of reliability and economy of power supply is a vital problem of today. Accordingly the protective scheme of power system is in the trend of turning to higher reliability, integrated system, unattended operation, labor saving and compactness. The article describes the attitude of Mitsubishi to cope with the requirement of the age and the outlines of the fruits borne by the Company's effort.

1. ま え が き

わが国の電力系統は、500 kV 系統時代、100 万 kW クラスの大容量機器時代、電力需要密度、数 10 万 kW/km² クラスの過密都市時代を迎えて、その重要性はますます高まり、電力供給の信頼性と経済性の向上は今日の重要課題となっている。

当社の電力系統保護技術も時代の要請に対処して向上してきたが、リレー特集号発行にあたり、最近の電力系統保護の動向を展望し、これととりくむ当社の姿勢とその成果の概要を紹介する次第である。

2. 電力系統保護の動向

2.1 電力系統運用の動向

図 2.1 は日本電力調査会が調査された昭和 45 年より 50 年までの各年 8 月における全国最大電力需要バランスの傾向⁽¹⁾を図示したものである。

(1) わが国の電力需要も、供給も約 5～6 年ごとに倍増してゆく傾向にあり、

(2) 電力供給設備は最高に活用され、昨今の供給予備率が約数 % 程度となっていることを示している。

このことは、電力供給面で万一円滑な処理が断たれると、広範囲の電力需要に支障をきたすことを意味し、したがって系統運用関係各位が、系統の安定度確保、系統運用の信頼度向上のため日夜いかに

に努力しておられるか物語っているものである。

このように電力系統はますます大規模化、複雑化の道をたどり、しかも高品質電力の不断の供給を強く要求されているから、電力系統を最も経済的にかつ、安全迅速確実に運用するため、給電所、制御所、変電所、発電所等をシステム的地から一体化して系統を運用する総合システムが必要となりつつある。

一方このような高度化した技術を消化しうる人材が不足する傾向にあり、また人間尊重に基づく創造的業務への指向から電力系統運用面の自動化省力化が強く要望されている。

また新設増設にかかわらずスペースの価値は急とうの傾向にあり装置の縮小化も今日の重要課題の一つとなっている。

要するに最近の電力系統運用技術は

- (1) 高信頼度化の傾向
- (2) 総合システム化の傾向
- (3) 自動化、省力化の傾向
- (4) 装置縮小化の傾向

にあるといえよう。

2.2 当社の姿勢

前記の動向にかんがみ、当社はこれにとりくむ基本的な姿勢として、下記 3 項を指標としている。

- (1) ユーザ、メーカー一体の姿勢
- (2) システム指向の姿勢
- (3) Power Electronics 指向の姿勢

以下これらの具体的活動について述べる。

- (1) ユーザ、メーカー一体の姿勢

(a) 表 2.1 に継電器に関する代表的委員会を掲示しているが、最近の継電器の設計製作に関する基本思想はこれら各委員会が慎重に審議検討された結果に基づいている。

(b) 表 2.2 はユーザと一体で開発した代表的保護装置の例であるが、ご使用される立場から貴重など意見を賜わり、適用系統に最

表 2.1 継電器に関する代表的委員会
Typical study committee concerning protective relay in Japan.

No.	主 催 者	委 員 会 名 称
1	電気事業連合会	リレー強化ワーキンググループ電力メーカー連絡会
2	電気協同研究会	トランジスタリレー性能向上専門委員会
3	電気協同研究会	自動点検監視委員会
4	電力中央研究所	継電方式委員会
5	電 気 学 会	JEC 規格委員会

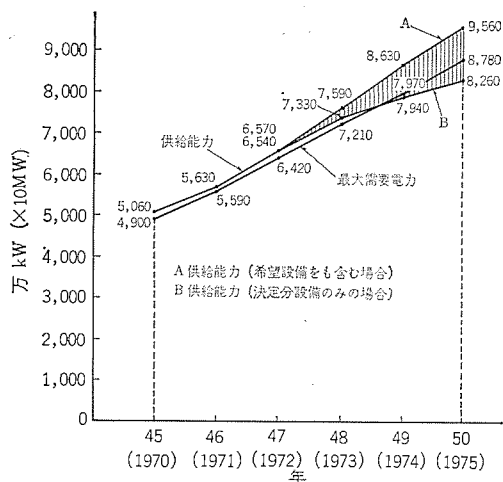
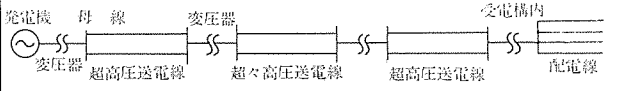


図 2.1 昭和 45 年より 50 年までの各年 8 月における
全国最大電力需給推移
Electrical power demands in Japan.

表 2.2 ユーザと一体で開発した代表的保護装置
Lists of joint study with the users concerning new relay system.

			
NO	保 護 対 象	主たる研究目的	開発について ご指導賜った電力会社
1	発 電 機 保 護	発電業務の省力化 高信頼度化 小形化	東京電力
2	母 線 保 護	超々高压 超高压母線保護 の高信頼度化 省力化	東京電力
3	母 線 保 護	地絡母線保護の高性能化 高信頼度化 省力化	東京電力
4	変 圧 器 保 護	超々高压 変圧器保護の 高信頼度化 省力化	東京電力 関西電力
5	送 電 線 保 護 (キャリヤリレー)	超々高压 超高压送電線 保護の高性能化 高信頼度化 省力化	中部電力 関西電力 九州電力
6	送 電 線 保 護 (可 搬 式)	定検時の送電線保護の 高信頼度化	中部電力 東北電力
7	送 電 線 保 護 (回線選択保護)	並行送電線保護の 高信頼度化 省力化 小形化	関西電力
8	構 内 保 護	77kV構内保護の 高信頼度化 合理化	関西電力
9	配 電 線 保 護 (ミニクラ)	都市配電の近代化 超小形化 高信頼度化	東京電力
10	33kV, 22kV 配 電 線 保 護	都市配電の近代化 22kVケーブル系の 高性能化 高信頼度化	中部電力 関西電力

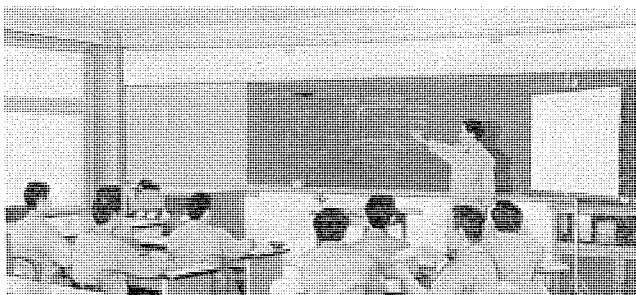


図 2.2 リレー教室
Relay engineering school.

もマッチした保護装置の開発が進められている。

(c) 図 2.2 は当社のリレー教室であるが、昭和 43 年開講以来、すでに 90 回以上となり、受講された方も 800 人に達し、この間ユーザ各位より幅広く承ったご意見は、ご使用者側から見て使いやすい製品を開発するため活用されている。

(2) システム指向の姿勢

図 2.3 は当社の電力系統技術管理システムであるが、前記各種委員会に積極的に参画して、フィールドの実態を正確にはあくするとともに、あらゆる機会にユーザ側のご意向を承り、系統運用面の動向を推察して開発方針を樹立している。

開発の対象となったシステムについては、Soft Ware の面からも Hard Ware の面から最も使いやすいように、かつ、システム全体として、コンパクトに、センス良く、美しくまとめ上げるためシステム解析を行ない、具体的にシステム設計を行なっているが、現在、最も重要

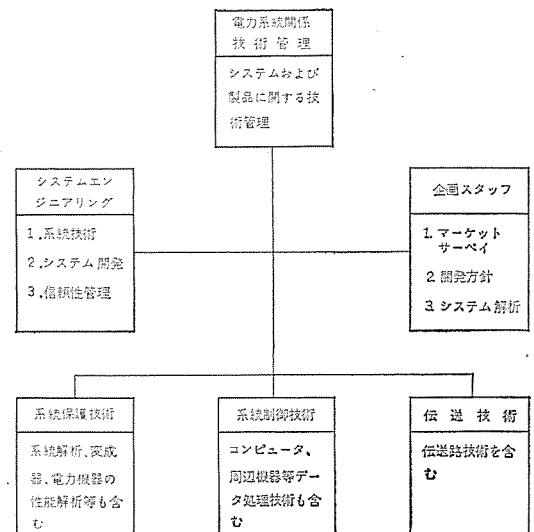


図 2.3 電力系統技術管理システム
Engineering mangement system concerning electrical power engineering.

視しているのは、システム全体として調和のとれた信頼性管理（信頼性の割りつけ）であり、これにより最高の信頼度が確保されるようこの方面の研究を進めている。

(3) Power Electronics 指向の姿勢

(a) 体勢強化

従来は Power に関するシステムは Power の技術者が概括的な設計を行ない、これを具体化する手段として Electronics 技術が必要となった場合には Electronics の技術者がこれを担当し、相互に協力して一つのシステムをまとめ上げるという思想であったが、今日の電力系統運用に関する技術は、他の分野では見られないほどに Power と Electronics がこん然一体となって、一つのまったく新しい生命力豊かな新技術となっている。

たとえば、最近の超々高压、超高压系統保護用のキャリヤリレーでは、伝送システムとリレーシステムとが一体のシステムとなり、FM キャリヤ、レベル切り位相比較等が完成され、従来方式では満足し得なかった非電源対策、多端子対策等を満足している。また、デジタル技術を応用した自動監視あるいはコンピュータリレー等ますます Power と Electronics 一体の分野が展開される傾向にある。このような分野においては製品としてのシステムを設計する以前に、これを考える人間のシステムを設計することが先決であり、この観点に立って体制強化を進めている。

(b) 人材の育成開発

今後の電力系統運用に関するシステムは保護も制御もデータ伝送、データ処理システム等を介して一体化、大形化し、システムの計画から運用に入るまでの期間は長期化する傾向にある。しかもこの間、日進月歩で進展する新技術をタイミングよく活用してゆくため、将来を見通した人材の育成開発こそ今後の電力系統運用システムの開発を担当するに値するか否かの決め手であるといえよう。当社の研修システムも上記時代の要請に対処するものである。

(c) 設備強化

新規のシステムを開発するに当り、体制強化、人材の育成開発と並行して重要な課題は設備の強化である。

図 2.4 は当社の模擬送電線設備の総合ブロック図であるが、この中には 500 kV 系統用装置開発のための 500 kV 系模擬送電線設備

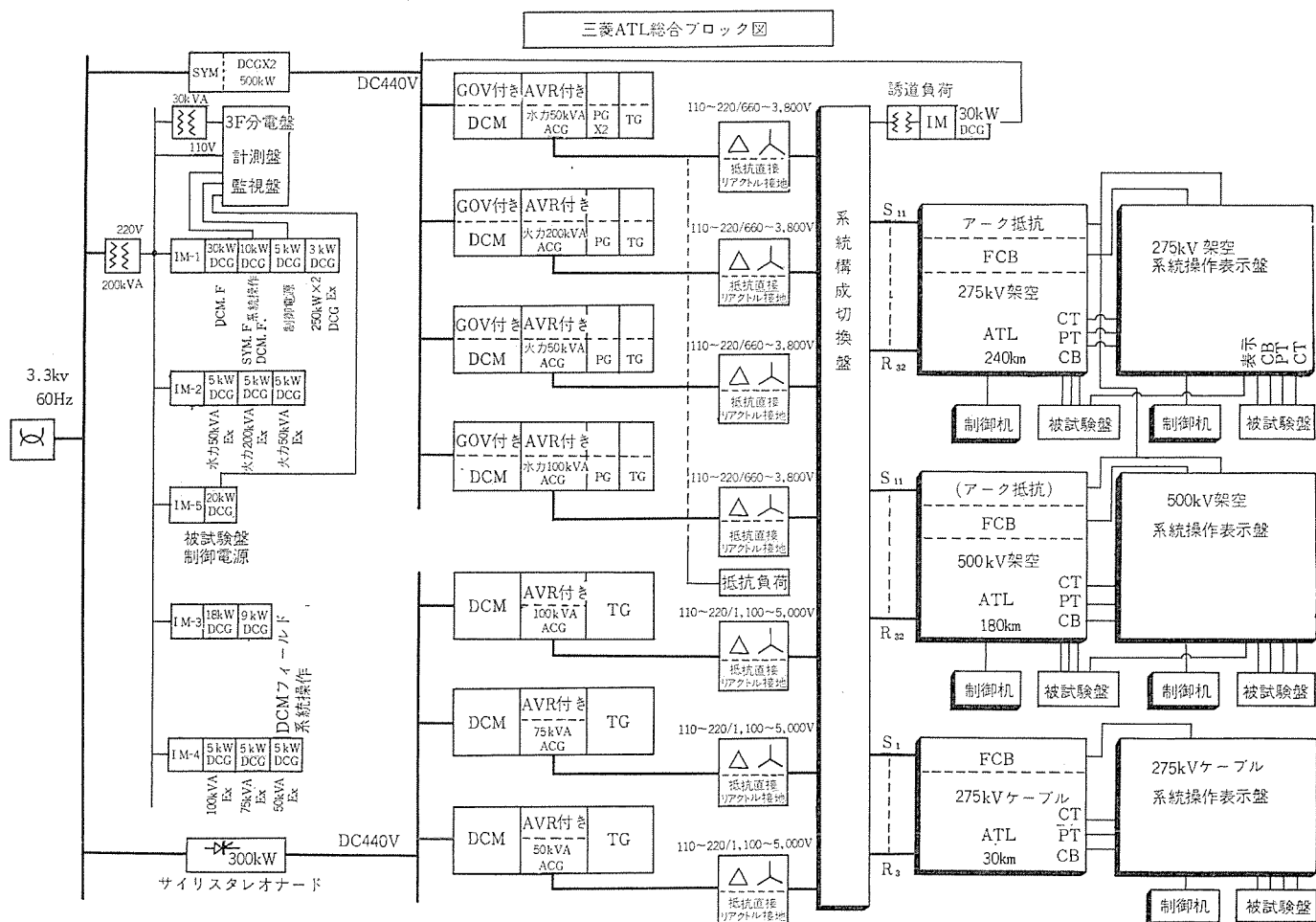


図 2.4 三菱模擬送電線設備総合ブロック図

Block diagram of MELCO model transmission lines.

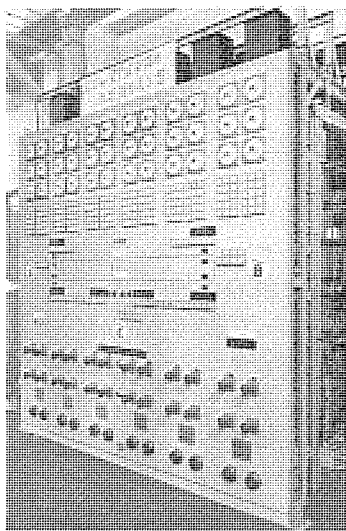


図 2.5 500 kV 用模擬送電線
(625 kVA, 7 unit 500 kV 系統模擬)
500 kV model transmission lines control panel.

(図 2.5), 275 kV~66 kV ケーブル 系統用装置開発に使用する 275 kV 模擬ケーブル装置, および針状波対策を研究する針状波発生装置等が含まれている。この模擬送電線設備は電子計算機, アナログコンピュータとともに, 最近の電力系統の諸問題の解析および開発段階における最適保護システムの検討に貢献しているが, さらに, 完成品の最終品質確認上不可欠の存在となっている。

また品質の安定性を確保するため環境試験装置 (図 2.6), 各種

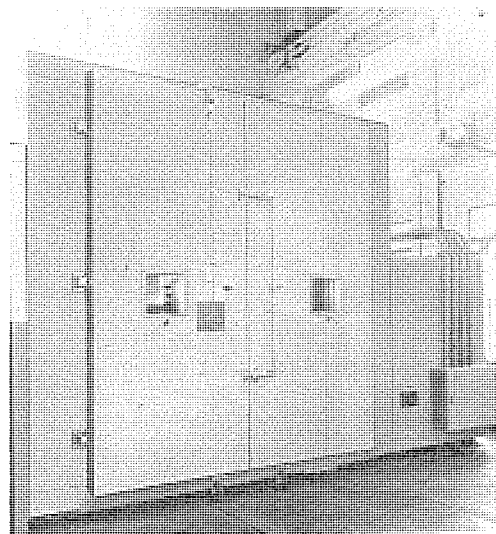
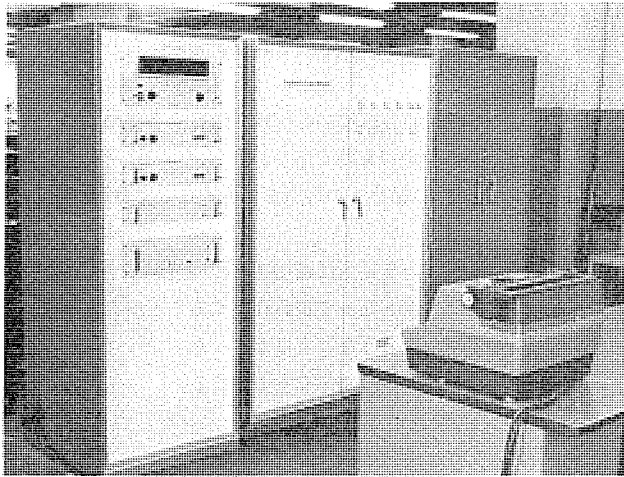


図 2.6 環境試験装置 (大型恒温箱) (3 m × 3 m × 3 m)
Environment test device (large temperature chamber).

の自動試験装置 (図 2.7), 振動試験設備等の品質確認設備のほか, 生産の過程において品質の大半は決定づけられるという観点に立って生産設備の拡充を計っている。特に静止形装置の不良の大半は接合部, 特にはんだ付けにあるという全国的な統計に基づき, 自動はんだ付け装置, 超音波洗浄装置, プリントカード自動試験装置等を拡充し, 静止形装置の信頼度を一けた高めるための研究を進めている。



10台 1度にセットすれば、テストデータが自動的にタイプアウトされる。
タップ値、E-I特性、位相特性、動作スピード等
たとえば遅延時セットしておけば、翌朝にはデータができてあがっている。

図 2.7 距離継電器自動試験装置
Automatic testor for distance relay

表 3.1 三菱リレーの高信頼度化省力化の歴史
History of Mitsubishi relay in stepping to higher reliability and labor saving.

No.	年 代	件 名	関 連 技 術			説 明	備 考	No.	年 代	件 名	関 連 技 術			説 明	備 考
			2重	自動	省力						化	監視	参考		
1	昭和元年	CO形(誘導電流リレー)				三菱リレーのスタート		16	昭和44年	500kV共同研究会スタート	△	△	△	500kVリレーに関する研究が各方面から検討に入る	中部電 関 電
2	35年	KLV形トランジスタリレー(国産第1号)		○		電圧2V以下検出、110V連続トランジスタ回路電流監視	九 電 直コン系	17	45年	500kV用新模倣送電線完成			△	リレーの信頼度向上のため、試験設備の向上を計り、650kVA7台に拡張。この際テストの自動化も計った	
3	36年	異周波方向比較キャリヤリレー		○		打返し点検方式採用		18	45年	火力オールトランジスタ装置	○	○	○	本格的なプログラム式による自動点検採用。2重化、SCR等にも新技術	東 電 横 浜 火 力
4	38年	KKS-2形四辺形特性距離リレー		○		理想特性距離リレーメータによるトランジスタ出力CH	国 鉄 東 海 道 新 幹 線	19	45年	500kV用マイクロキャリヤCPC、FM2方式	○	○	○	相手端、伝送路を含めたプログラム式自動点検。2系列化による2重化	中部電 信 頼 一 高 根
5	38年	KKS-5形故障点検定リレー			○	事故点探索時間の短縮化(アナログリレー)故障区間検定	国 鉄 東 海 道 新 幹 線	20	45年	距離継電器自動試験			○	試験の省力化、製品の均一化のため、テスト無人化、データの自動タイプ化を行なう	
6	39年	PHR可搬式送電線リレー		○	○	リレーロックがしにくくなり、移動式リレーが必要となった		21	45年	275kV用オールトラキャリヤリレー試作	○	○	△	完全2系列、プログラム制御による自動点検(模擬動作による内外動作、再閉路まで含む)スキャンニング式自動監視方式	関 電 城 端 一 北 大 阪
7	40年	KPC-101形オールトランジスタキャリヤリレー		○		オールトラキャリヤ第1号電源監視	154kV フィールドテスト	22	46年	275kV(500kV)用ブスプロリレー	○	○	○	電圧差動(一括)、流出電流対策付位相比較(分括)、1次側からの完全点検、不動作動作各4点CH	東 電 房 総
8	41年	盲点事故対策ブスプロ			○	盲点事故(主として超高压)対策の要求が出た		23	46年	275kV用各相位相比較パイロット	○			山陽新幹線、各相位相比較A、B系列完全2重化	関 電 新 神 戸 一 新 六 甲
9	42年	実用化キャリヤリレーでキャリヤ部のシーケンスをトラ化		○		メカとトラと直列で使用し、トラ化部分の常時監視を行なう	154kV 系	24	46年	トランジスタリレーの性能向上専門委員会			○	トランジスタリレーの信頼度見直しのためユーザー共同の研究スタート	電 気 協 同 研 究 会
10	43年	零先し断、零相循環電流対策付オールトラキャリヤKPC-102	○	○	○	常時監視(シーケンス、主リレーの出力、電源)、2重化(トリップシーケンス部)シーケンスCH機構具備、OSCの接続端子付	154kV 系	25	46年	77kV用オールトラバランス		○	○	4回線分1面収納、リレー動作の自動タイプ、自動点検装置による一括試験自動監視付き	関 電 新 加 古 川
11	43年	U形ケース(横長ケース)		△	○	オールトラ総合装置に適した横形ケースの標準化		26	46年	可搬式過負荷保護リレー			△	可搬式、しかも盤組込み可能、常時監視付き	東 北 電 力
12	44年	TLPS形故障点検定リレー			○	事故点探索時間の短縮化(デジタルリレー)故障点検定	国 鉄	27	46年	継電装置の自動点検監視回路方式の標準化		○	○	基礎カードを決定し、プログラム点検(max 64点)スキャンニング監視の標準方式決定	各 電 力
13	44年	同周波一端常時送出方向比較キャリヤ(万博系統のキャリヤ)		○		周波数割当てがきびしくなり、同周波3端子方式要望。キャリヤ停止点検の採用	関 電 万 博 北 大 阪	28	46年	154kV、275kV 500kV 母線保護装置	○	○	○	154kV 地絡ブスプロ、275kV 500kV 高信頼度母線保護装置に標準点検方式採用	東 京 電 力 房 総 S/S 他
14	44年	22kV縮小形変電所用リレー(ミニクラッド)	○	○		回路2重化、最終接点直列、バンカー一括点検、監視付き	東 電	29	47年	275kV位相比較キャリヤリレー	○	△		位相比較検出部、各相位相比較主保護トリップおよび同し断器引きはげし完全2重化	中 部 電 力
15	44年	リレー自動監視専門委員会スタート	○	○	○	44/9~46/9学会、ユーザ、メーカーで本格的な研究会開かる。当社も積極的に参加する	電 気 協 同 研 究 会	30	47年	500kVトランス保護(後備機も含む)	○	○	○	500kV/275kVトランス高信頼度完全自動点検監視	東 京 電 力

要するに伝統ある製品についても、また、時代の先端をいく製品についても、要求される信頼度が確保されるように調和のとれた体制強化、人材育成開発、設備拡充を進めている。

3. 電力系統保護の新技術

3.1 三菱リレー開発の歴史

当社は、表 3.1 に三菱リレーの高信頼度化、省力化の歴史を示すごとく、昭和35年、最初のトランジスタリレーを完成し、その後各種距離リレー、キャリヤリレー、母線保護リレー等、主要保護リレーの性能向上と高信頼度設計を第一目標として今日までの10余年間に約300種類、10,000台以上の静止化製品を納入している。

一般にトランジスタリレーの信頼度は、機械式リレーの信頼度に劣るのではないかと危(惧)されている節もあるが、この10余年間のフィールドにおける動作実績を省みると、当社の静止形リレーの故障率は、従来から使用されている機械式リレーの故障率に比し、まさ(優)るとも劣らぬ信頼度実績を保有している。

図 3.1 は三菱保護継電装置の納入実績累計カーブであるが、当社

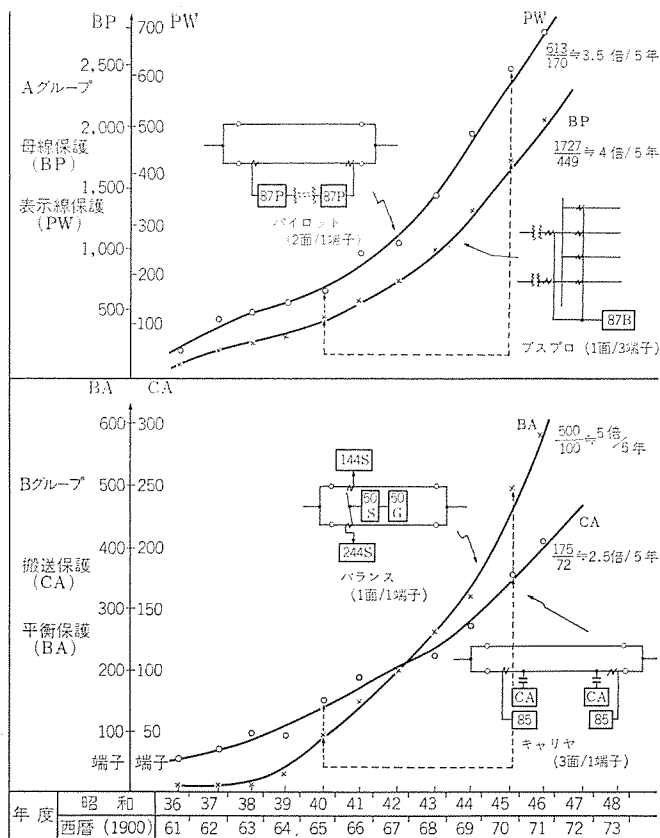


図 3.1 三菱保護継電装置の納入実績累計 カーブ
Aggregate of Mitsubishi relaying system supplied.

の静止形リレーの開発ペースに合わせて納入実績が急上昇している点からもその信頼度実績が示されている。

一方、500 kV 系統の保護継電装置は、従来装置に比し、信頼度、性能面でいっそうの向上が要望されており、たとえば 275 kV 系統保護用 キャリヤリレー では機械式で満足し得たものが、500 kV 系統保護用 キャリヤリレー では

- (a) 高速度 (3 Hz→2 Hz)
- (b) 高感度 (5 A→1.5 A)
- (c) 片端電源対策 (無電流対策, 流出電流対策)
- (d) 自動点検, 常時監視 等

の必要から静止化せざるを得ず、上記当社静止形リレーの信頼度実績とその技術は今後の 500 kV 系統保護装置実用化に対して大いに貢献しうものと考え。

3.2 信頼度向上の基本思想

信頼度向上ということは、リレーにとってきわめて重要なことであるが、地味な努力の積み重ねによって初めて達成できるものである。

その Activity の範囲は、広範囲となるが、その中の主なものを列挙する。

(1) Soft Ware 上の留意点

(a) 電算機, アナコム, 模擬送電線を活用し、適用系統に対する最適保護システムを探索する。

いかなるシステムにも能力限界があるゆえシステム全体としてのマージンを確認する。

(b) 変圧器・しゃ断器・CT・PT, その他各種電力機器の諸特性および電源, 布設ケーブル等の付帯設備の性能がシステム全体の死活を決定することがあるので、関連機器を含めてシステム全体として盲点がないか検討する。すなわち、フィールドの実態を正確に確認す

ることはきわめて重要である。

(c) システム全体としての調和のとれた信頼度を有しているか検討する。

自動監視委員会で進められている信頼度計算も今後の定量的評価基準として大いに活用するものである。

(d) 静止形リレーの場合その長所が欠点になって現われる場合がある。

特に高感度高速度という長所は適用系統の検討が不十分であると、システム全体としては欠点となって現われてくることがある。

「機械式リレーではこのようなことはなかった」というケースはたいていの場合、検討不十分に基づくものである。

(2) Hard Ware 上の留意点

(a) 高信頼度静止化基本回路の採用

基本回路は十分な Derating 設計したものを機能別に標準化し、形式テストにより安定性を確認し、さらに実系統 (一部はフィールドテスト) で十分な検証されたもののみを使用している。

(b) 高信頼度半導体部品の使用

トランジスタは高信頼度大電力三重拡散プレーナ形シリコントランジスタ 2 SC-306 を使用しているが、当社で試算した実績故障率は 90 % 信頼水準において 0.000475 %/10³h であり、抵抗の故障率 (0.0004~0.04 %/10³h) と同等以上である。

その他の部品についても上記標準基本回路設定時に厳選したものののみを採用している。

(c) 機構上の高信頼度化

横長形ケースの採用

標準寸法系列によりユニット化し、引出し機構 (確実な CT 短絡機構) 接栓部を高信頼度化し、組立, 点検しやすい回転フレーム構造としている。

(d) 製造, 検査上の信頼度管理

- (i) プリントカード等の品質管理
- (ii) 主要継電器のヒートショックテスト
- (iii) 自動試験器による高信頼度テスト
- (iv) 大形恒高そう (槽) によるヒートサイクルテスト
- (v) 模擬送電線設備による最終品質管理確認テスト

3.3 性能向上の代表例

静止化あるいはデジタル技術採用により、従来方式では得られなかった諸性能が得られることになったが、そのうち代表的なものを列挙してみる。

(1) 方向比較 キャリヤリレー の一例

静止化により高感度となり、したがって CT・PT の負担 VA も低減し、スペースも縮小され、保守点検が容易となる等の長所が得られるが、表 3.2 は方向比較 キャリヤリレー の一例について、示したものである。

(2) 位相比較 キャリヤリレー の一例

(a) レベル切り位相比較方式 (CPC 形電流極性比較方式) を採用すれば、内部故障で、無電流あるいは流出電流が生ずるような系統であっても高速度非電源トリップが可能となった。

(b) デジタル式伝送遅延補償回路を採用することにより、故障電流の反転, 故障電流の波形乱れに対しても、断続関係が忠実に伝送されることになり、従来の位相比較方式では誤動作するような反転状態であっても誤動作が回避されることになった。

(c) 伝送, 遅延, 判定, 出力回路を And 二重化して、点検時

表 3.2 方向比較 キャリヤリレー における静止化の効果の一例
Effects of solid-state about directional comparison carrier relaying system.

	項目	従来方式 (メカ形)	最近の方式 (トラ形)	備考
1	性能	動作スピード 50ms 感度 5A	※ 動作スピード 50ms 感度 1A	※余裕をもって 50msとしているが 最大33ms(2サイクル) とすることも可能
2	VA	CT 50VA PT 100VA	CT 20VA PT 20VA	1回路1端子分
3	スペース	1L 主保護 後備 2L 共用 主保護 後備	1L 2L 主 主 後 後	
4	保守	単体 ユニット	接点目視	小形リレー内蔵 その接点で 特性チェック行なう
	シーケンス	接点マークによる シーケンステスト	引出形シーケンス チェック機構により シーケンス模倣容易	静止形は、 従来のメカ以上に 保守の簡便さに 留意している
	自動監視	なし	自動監視 自動点検	任意

のトリップロックを不要とし、伝送遅延時間の監視を可能とした。

図 3.2 は上記諸方式を採用した 500 kV 系統保護用 キャリヤリレー の一例である。これら諸方策を採用しない従来の位相比較では、誤動作を避けるため方向制御を加味していたが、従来の方向制御の方向要素についても、適用系統によっては問題があることが発見されている現在、位相比較方式自体の信頼性向上は誠に有意義なことである。

(3) FM 形電流差動方式の一例

図 3.2 の 500 kV 系用 キャリヤリレー は、前記レベル切り位相比較 キャリヤリレー とともに、FM 形電流差動方式を採用した キャリヤリレー を示しているが、これは自端電流波形を周波数変調し相手端へ伝送する電流差動リレー方式である。(I→V→f→相手端へ伝達)。内部故障であるにもかかわらず、無電流あるいは流出電流端が生ずる、非電源端が存在する系統あるいは多端子系統等にも適用しうる方式である。いずれも、フィールドテスト中であるが、好調である。

(4) 距離リレーの一例

超々高圧系統保護では、高速度 (1 Hz) が要求されるが、従来方式のまま高速度化すれば、モーター、ブライダ、リアクタンス、リレーの協調がはずれることになるので、高速度直接・連断続位相比較方式回路を採用し、高速度複合特性化を可能とし、時間協調上の問題を解決した。

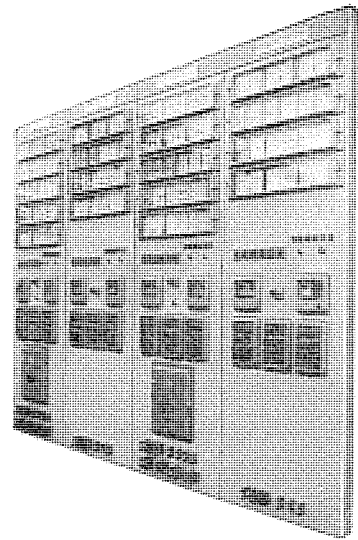
また、直流分を除去して動作時間遅延を回避している。

(5) 平衡保護リレーの一例

図 3.3 は全静止形選択保護継電装置であるが、最近都心部への電力需要増強のため 22 kV~77 kV クラス送電線の保護強化が必要となっているが、このクラスの電気所では盤面スペースの縮小と保守面の省力化が強く要望されている。この全静止化装置では、従来装置と比較して盤面スペースは 1/4、試験時間は 1/15 となりリレー動作の完全自動記録が可能となった。

図 3.3 の右から

○ 4 回線分を収納したリレー装置



左側 CPC 形電流極性比較方式 各 1 対向
右側 FM 形電流差動方式
(自動点検付オールレンジスタリレー装置)

図 3.2 500 kV 用 キャリヤリレー 装置
500 kV carrier relaying system.

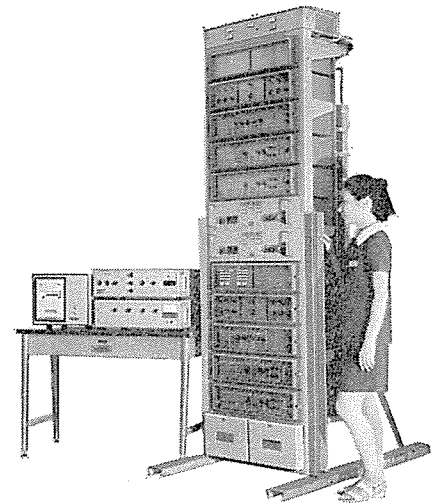
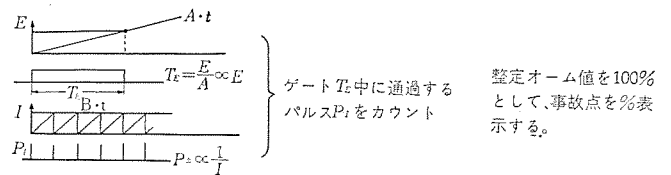


図 3.3 全静止形 回線選択保護継電装置
Solid-state selection protective relaying system.



遠方制御へ接点渡し、表示管 2 けた、入力トランス磁気シールド

図 3.4 デジタル形 故障点検定継電装置 (TLPS 形)
Digital type fault locating relay.

○可搬式自動試験装置

○8回線分の自動表示記録装置である。

(6) デジタル形故障点標定継電装置の例

図3.4はデジタル形故障点標定継電装置の一例であるが、保護監視区間の整定オーム値を100%として事故点までのリアクタンス値、すなわち距離を%表示するものである。リアクタンス値を対象としているので、アーク抵抗の影響を受けない特長がある。これは、系統電流に正比例あるいは反比例する周波数あるいはパルスと、系統電圧に正比例あるいは反比例する周波数あるいはパルスの相互関係により積、商を求める方式を採用したものである。従来電力、インピーダンス、力率等、電圧、電流の積、商で表現される電気量値をデジタル量として、直接的に導出するものがなかったが、今後、この技術は、系統運用関係面で広く活用されるものと期待される。また、使用する周波数を高めることにより精度を向上しうることとは、デジタルリレーの一つの特長である。

(7) その他

(a) 保護継電装置の自動監視

(b) 多回線併架系の循環電流対策

(c) 超高圧パイロット継電方式における新技術

(d) 保護継電器入力電流のひずみ波形対策

(e) 大容量電力用機器保護における新技術

(f) 全静止形継電装置のフィールドテスト実績

(g) 静止形継電装置構成等について

は、それぞれ別稿で紹介することとする。

4. む す び

以上リレー特集号を発行するにあたり、電力系統保護の動向を展望し、これととりくむ当社の姿勢とその成果の概要を紹介したが、前述のごとくこの開発成果は、ユーザ各位から寄せられたご懇篤なご指導ご助言の賜であり、ここに改めて常日頃のご愛顧を感謝するとともに、今いっそう、電力保護リレーの性能向上、信頼度向上についてユーザ各位の期待におこたえする所存である。

参 考 文 献

(1) 最近のトピックス：「電気評論」46, 1 (1971)

保護継電装置の自動監視

坪井 昭*・三上 一郎**

古谷 昭雄*・鈴木 健治*・鈴木 愿*・海老坂敏信*

Automatic Supervision and Inspection of Protective Relaying Systems

Central Research Institute of Electric Power Industries Akira TSUBOI

Mitsubishi Electric Corporation Head Office Ichirou MIKAMI

Kobe Works Akio FURUYA・Kenji SUZUKI

Sunao SUZUKI・Toshinobu EBISAKA

To turn the protective relay equipment to high reliability and labor saving is a serious problem in the electric power technique. It is discussed earnestly in the Society for Cooperative Study of Electric Engineering. Mitsubishi has provided automatic supervisory since 1970, the application being counted up 15 cases and 80 installations and all proving effective. This paper deals with the constitution and new technique of automatic supervisory, and also describes the method of calculating the reliability with electronic computers backed by examples. As a result of such efforts, it is reportedly successful in elevating the reliability of the system to 10-100 times the old one, while reducing the personnel expenses to one quarter. The protective relaying system with automatic supervisory is proved very successful in operation.

1. ま え が き

保護継電装置の高信頼度化と省力化は、最近の電力保護継電器技術面の大きな課題として、昭和44年9月より、電気協同研究会の「保護リレー自動監視専門委員会」により種々検討が進められ、46年10月には「報告書(案)」作成に至っている。その成果は、将来のわが国のリレー技術向上に一つの転機になったものとして高く評価される。

当社は、研究会発足以来、同委員会に積極的に参画させていただき、メーカーサイドとしての基礎資料提出、モデル装置試作等を行ってきたが、同時に、研究会の動きと並行して、具体的な製品に自動点検監視機能を具備させ、その実績を通して効果の検証を進めてきた。

今般、リレー特集号編集を機会に、“保護継電装置の自動監視”という広い視野に立って、研究会で討論された「自動監視の動向」を要約し、その背景のもとに、当社において現在まで開発した自動監視付き継電装置の概要、自動監視に関する最新技術および簡易試験装置の紹介を行なうとともに、それら装置の評価判定として、フィールドでの動作実績および前記研究会で公表された「自動監視適用保護継電装置の信頼度分析プログラム」を使った信頼度計算の実例等について紹介する。

当社における自動監視適用装置の実績としては、本格的採用を試みた昭和45年6月の東京電力火力発電所保護装置を第1号に、中部電力500kV送電線保護用の位相比較、FMキャリヤリレー装置、関西電力275kV送電線保護用の方向比較キャリヤ、そして最近の一連の実用機として、東京電力の66, 154, 275, 500kV母線保護装置およびわが国初の500kV変圧器保護装置など、15件、約80面に及んでいる。

これら装置における自動監視の動作は、現在までの実績より顕著な効果をあげているが、今後の問題として、「標準化の推進」が一

つの課題となっている。紙面を借りて、この方面の進行状況についても触れたいと考える。

2. 自動監視の動向

2.1 自動監視の必要性

“自動監視がなぜ必要になったか”ということのを要約すれば、次の3点に絞られると思う。

(1) 電力供給の信頼度向上という社会的背景によるもの。

(2) 静止化リレーの実用化が急速に進み、使用部品が多くなり、その信頼度維持のため、自動監視の採用を考える必要が生じたこと。

(3) 保護リレーの設備数が飛躍的に増大し、その信頼度維持、保守管理に抜本的解決策が必要になってきたこと。

すなわち、(1)は停電という社会問題と直結しているリレーの宿命として、巨大、複雑化する系統の高信頼度確保のため必然的に浮び上ってきた要請であり、(2)の問題は、現在トランジスタリレー性能向上専門委員会等で真剣な見直しながされているが、個々の部品、構成方法の改善のみでは限界があり、システムとしての見直しを行なおうというものである。なお、自動監視が、静止化装置に比較的適用しやすく、効果が顕著であるということは、その採用に拍車をかける原因ともなっている。

最後に、(3)の設備数増加の問題は、“リレーの潜在不良を皆無とする”ことと、リレー設備が向う5カ年で1.5倍、10カ年で3倍となることが想定され、それに伴う保守業務の節減を計ろうとするものである。

2.2 自動監視の基本的な考え方

保護リレーの自動監視を考えていく上に、まず初めに明らかにしなくてはならない基本問題として、次の3点から考え方を整理してみる。すなわち、

(1) 自動監視の用語の定義から始まって、監視・点検・試験の区分の明確化。

表 2.1 監視、点検、試験の区分
Definition of supervision, inspection and test.

項目	リレーの状態	入力信号	時間	内容
監視	機能を生かしたまま行なう	常用入力またはリレーの応動に支障を与えない範囲の入力	常時またはずい時	リレーの異常を検出
点検	機能を殺して行なう	常用入力または点検用特定入力	定期	リレーの健全を確認
試験	機能を殺して行なう	常用入力または試験用特定入力	定期	リレーの特性を確認

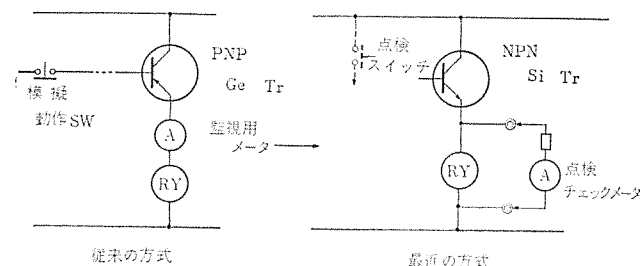


図 2.1 継電器単体の自動監視回路
Automatic supervision of solid state type relay.

表 2.2 系統別の自動監視適用の考え方
Automatic supervision and inspection at various line voltages.

	自動監視の適用方針
500 kV 275 kV	A. すべての範囲の自動監視設置 B. 二重化、誤動作防止の局所的な自動監視付き
154 kV 66 kV	点検を主体とした多重化設計 テスト時の自動化を検討
33 kV 以下 (配電系統)	A. 二重化のみ自動監視組込み込まない。 (押ボタンランタッチによる定期点検付き) B. 完全自動監視による保守の自動化(コスト面が問題)

表 2.3 各継電方式(装置)の自動監視、省力化の考え方
Automatic supervision and inspection on various protective systems.

装置名	自動監視	省力化
キャリア	500 kV, 275 kV クラスは打返し自動点検, スキャンニング監視等を採用して行く。	二重化と点検とを組み合わせ、省力化を計っていく。
ブスプロ	故障検出、一括、分割のAND方式を進め、入力側からの自動点検を積極的に採用していく。なお、2系列化も当分は残る。	二重化と点検とを組み合わせ、省力化を計っていく。
パイロット	現状は、表示線の自動監視が付加されており、さらに動作、不動作点検まで加えることの是非については、慎重に考えて行く必要がある。	全端を含めた試験の簡便化を計っていきたい。
バランス	複雑な点検回路を付加させるよりも簡易な監視を置くだけで、万一、不良時は一括して切り換えるという考え方をとっていく。	表示のラインプリンタ化、一括自動試験器へ切換え等を進めていく。
火力発電所(原子力含む)	単純シーケンスの組み合わせのため、各静止形のメリットは十分生かされない点もあるが、制御と合わせて自動監視を考えていきたい。	自動点検、監視による保守省力化をねらっていく。
水力発電所	単純シーケンスの組み合わせのため、各静止形のメリットは十分生かされない点もあるが、制御と合わせて自動監視を考えていきたい。	自動点検、監視による保守省力化をねらっていく。
配電	装置を単純化し、一括点検という考え方をとっていく。	装置を単純化し、一括点検という考え方をとっていく。

(2) 適用上の考え方として、単体と装置・電源・適用系統・継電方式上の自動監視の考え方。

(3) 技術的問題として、点検中に系統事故が発生した時の事故対応の方法、二重化の範囲と効果、自動監視設計上のポイント等の検討について以下詳細を要約する。

2.2.1 自動監視の定義について

保護リレーの不良発見の方法には、自動点検と常時監視とがあり、前者は主として不動作率(p)の向上に、後者は主として誤動作率(q)の向上に役立っている。従来、われわれはこの両者を合わせて自動点検監視という言い方を取っていたが、自動監視委員会では、この両者の機能を総称して「自動監視」と名付けている。

これら自動監視と従来の試験との区分を明らかにしたものととして、表 2.1 を流用する。

2.2.2 自動監視適用上の考え方について

(1) 単体リレーの自動監視

一般に自動監視は、装置全般として考えているが、電磁形リレーと併用される単体については、静止形リレー部のみに付加させることがある。しかし、トランジスタリレーが設置された初期の考え方と最近の考え方は若干変わってきている。すなわち、当社の例によると、昭和 35 年ごろ初めてトランジスタリレーが開発されたころは、最終段のトランジスタに直列にメータを入れて電流監視を行なったり、模擬 SW による強制試験機構を付加させたりしていたが、トランジスタ自身の信頼度向上により不良はきわめて少なく、むしろ点検試験部に基づく不良が発生、その後はこのような点検機構を取りはずし、必要の場合は出力リレーと並列に高インピーダンスの電圧計を接続して監視する方式に変わってきた。(図 2.1 参照)

なお、特に電気所として一括集中監視を行なっている場合は、個々のリレーに監視用の接点を用意しているものもある。

(2) 直流電源電圧の監視について

総合装置として直流安定化電源を持っている場合は、低電圧リレー(または過電圧リレー)を併用し、電源異常を常時監視しているが、単体リレーとしてはストップリレーと主リレーとを別々の接点に分け、それぞれ別個の安定化電源を持たせ、その部分の電源監視を特に行なわないことを標準としている。

(3) 適用系統上の差について

系統別に自動監視の適用基準を考えてみると、上位系統の保護リレーは信頼度向上を目的として、下位系統の保護リレーは保守の省力化を目的として考えられている。すなわち、各系統電圧別に表 2.2 のような考え方がなされている。

(4) 継電方式上の自動監視適用の考え方

継電方式上、自動監視および省力化についてどう考えて行くかについては決定的なものはないが、当社の考えている一つの進め方を、表 2.3 に示す。

2.2.3 自動監視の技術的な考え方

(1) 事故対応

点検中に系統事故が発生したとき、すばやく、その装置本来の目的に復帰させることが必要である。このことを「事故対応」と称し、系統事故発生後、復帰させるまでの時間は事故対応時間といわれ、100~200 ms 程度に設計されている。この点検中の事故対応については、保護系列の差により考え方が違ってくる。すなわち、1 系列のものでは事故対応は絶対必要であるが、2 系列のものでは 1 系列ずつ点検ということで不要となる。また、事故対応時間の遅延は系

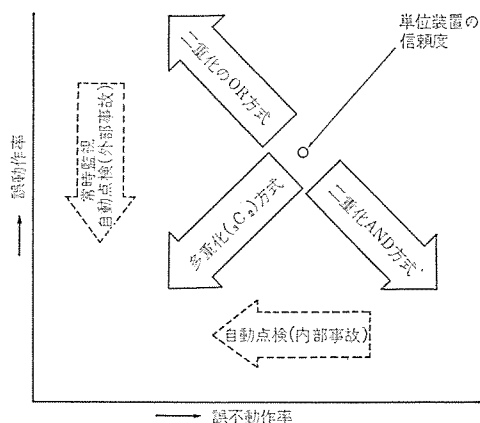


図 2.2 多重化の考え方
How to change the malfunction factor and non-operation factor on various multi-systems.

表 2.4 自動監視を考えた多重化システム
Various multi-protective systems.

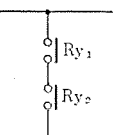
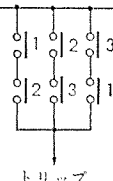
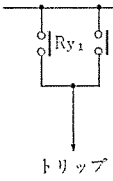
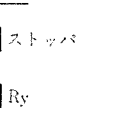
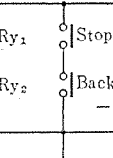
(1)	二重化は、AND方式 (fail no-operation方式)となる。  ○ 誤動作しにくい。 ○ 点検が容易である。 (事故対応しやすい) ○ 経済的にもっとも有利。
(2)	${}_3C_2$ 方式、fail operation方式は実際のでない。  トリップ 経済的に特殊ケースしか適用できない。  トリップ トリップしやすく、点検も不利である。
(3)	結論的には、下記の組合わせに点検を加味してゆく形となる。  ストップ Ry  Ry1 Stopper Ry2 Backup -1 Backup -2

表 2.5 点検、監視の効果比較
Effects of automatic supervision and inspection.

		監視のみつけた時	監視、点検共につけた時
信頼度向上	不動作率 (p)	ほとんど変らない	大幅に低下する (1/10~1/5)
	誤動作率 (q)	大幅に低下する (1/10~1/2)	大幅に低下する (1/10~1/3)
所要盤面		ほとんど変らない	30~50% アップ
コスト比		若干アップ (5~20%)	大幅にアップ (50~100%)
保守省力化の効果		定期テストは必要 (動作チェックのため)	点検の規模にもよるが90%以上の不良発見率が持たせられるから点検の間隔は大幅に広げられる。
装置の直流電源容量		ほとんど変らない	50~100% アップ

統安定度の低下、直接接地系の誘導障害の発生、後備保護との時限協調不良等が問題とされるが、後述のように信頼度計算結果ではこの時間はあまり問題ないようである。

(2) 多重化、二重化のすう勢

理論的には、図 2.2 のように、多重化 ${}_3C_2$ 方式が最もすぐれているが、実際問題として、自動監視を考えたシステムとしては、表 2.4 のごとき、AND 方式 (FAIL NO OPERATION 方式) が最も実際的と考える。なお、多重化設計の考え方として、

(a) 監視を主体とする場合は、1 個の単体不良が直ちにミストリップに結びつかないように、故障検出リレーの直列使用、または同種リレーの 2 個直列使用を考えて行き、

(b) 点検を主体とする場合は、点検中のリレーロックの必要があるため、完全 2 系列化、主保護、後備保護完全分離、部分ロックによる点検実施等を考えていく必要がある。

(3) 自動監視設計 (ハード) 上のポイント

後述の自動監視の効果判定結果をもとにして、自動監視を設計していく上のポイントとして下記があげられる。

(a) トランジスタ回路のみならず、入力部の不良も発見できる自動監視方式を採用していく。

(b) 部品不良は、自動監視で見つけやすいように設計する。

(部品の不良のときは、完全不良になるようにする)

(c) 事故対応時間、点検時間は短い方がよいと考えられるが、効果の点では少々長くなって問題ない。

(d) 自動監視装置自身の信頼度は、本体と同程度のものであればよい。

(e) 自動監視装置と、装置本体との接続部 (境界点) に留意する。

2.3 自動監視の今後の動向

(1) 電磁式とトランジスタ式との差

当然のことであるが、次のことが言える。

(a) トランジスタ式は部品数も多く、自動監視はやりやすく、しかもその効果は顕著であるため、積極的に採用していくべきである。

(b) 電磁式は既設が多く、点検をしようとする複雑となり、その効果も判定しにくい。自動監視よりも定期試験の短縮、簡易試験装置の開発という方向にむかうほうが実際的である。しかし、母線保護装置等で特に高信頼度が要求されるものは、電磁形 (トラ形と併用) でも自動監視を採用し効果を上げている。

(2) 自動監視の経済性

いかにすぐれた方式でも、経済的に成り立たぬものは実用化されにくい。信頼度向上という点からは、監視のみでなく、点検をつけて、 p, q 共に向上させたいが、装置を製作する立場からいえば、設計、工作、試験面のコスト比は大幅に違ってくる。また、装置の直流電源容量もかなり多くなる。こういった点から、今後は「少ない費用で効果の大きい監視が積極的に採用され、特に高信頼度要求の強い所には点検までつける」ということが考えられる。

参考までに、点検、監視の効果とその経済性を比較してみる。

(3) 自動監視回路方式の標準化

現在、われわれメーカーにとって課せられた最大の問題は、標準化の推進である。自動監視は、その開発段階において、

(a) 業界でも新しい分野であり、標準がないため趣味的要因が多く標準化されにくい。

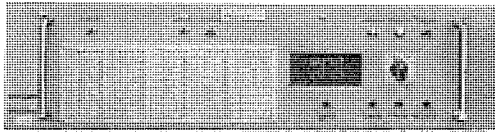


図 2.3 標準化された自動監視架の外観
Standardized automatic supervision and inspection relay unit on various protective relaying schemes.

- (b) このため設計，試験に大幅なマンパワーを必要とする。
(c) 回路方式が安定しにくいためテスト中の改造が多い。
- といった問題にぶつかったが，その経験を参考として次の標準化を計り，現状では装置または適用方式が変わっても同一の方式でいける所まで到達している。
- (i) 点検ポイントを選べるプログラム点検方式の決定
 - (ii) 最も使いやすい監視方式（スキャンニング監視）の確立
 - (iii) サーージに強い IC 回路の決定と標準パターンの決定
- 以上の標準自動監視方式を採用した点検リレーの外観を図 2.3 に，フローチャートを図 3.1 に示す。
- なお点検，監視ポイントとしては，各装置を調査し，最大ポイントとして 64 点を選んでいる。

3. 自動監視の構成

3.1 自動監視付き保護装置の S/W 面の構成

最近開発した自動監視付き継電装置の概要を表 3.1 に示す。

表 3.1 の各装置における自動監視技術の H/W 面の詳細については，3.2 節で詳述することにするが，S/W 面からこれをながめると，点検としては次の三つの思想に分けられる。

- (1) 自局プログラム点検方式
- (2) 相手端を含めたプログラム点検方式
- (3) 系統故障を模擬した点検方式

また監視としては，特に新しいことではないが，上述のプログラム

点検表示の一部を流用した。

(4) スキャンニング監視方式

をあげることができる。以下これらの詳細について述べる。

3.1.1 標準化された装置の自動監視プログラム

先に 2.3 節 (3) で，自動監視回路の標準化について触れたが，表 3.1 の 1, 2, 3 で開発した諸技術を集約して 4, 5 に至って，本格的な標準化を行ない，自局プログラム点検とスキャンニング監視とを特長とした標準方式を樹立した。

そのフローチャートを図 3.1 に示す。

ここで， n は最大 64 点まで可能であり，IC カウンタによる自動起動タイマにより 1 日 1 回（任意に変えられる）の点検を行ない，点検回路の自動歩進チェック，事故対応機能の組み込み，点検ステップのデジタル表示，不良部位のデジタル表示および万一不良箇所発見時のスキップ（飛び越し）操作等の運用面を考慮している。なお，同時にこの装置は常時監視方式として，スキャンニングによる不良部位の自動表示を上述の点検表示と兼用させ，図 3.1 のごとく各監視個所に応じた番号をあらかじめ決めて，各監視点から引き出しておき，一定時間（ T 秒）以上出力信号が出ていれば不良と判断し，不良部位がデジタル表示される。具体的に適用した装置としては，現在までの所，母線保護装置，変圧器保護装置，後備距離継電装置および周波数検出装置等があり，点検入力部のみをその装置特有のものとして与えれば，あらゆる装置に適用できる点，きわめてはん用性の高い方式といえる。

3.1.2 相手端を含めたプログラム点検方式

この代表的な例として，表 3.1 2 の 500 kV キャリヤリレー装置の例を紹介する。この装置は，FM 電流差動方式（以下 FM と称す）およびレベル切り位相比較方式，別名電流極性比較方式（以下，CPC と称す）を採用したもので，潮流および μ 回線を利用して対向点検を行なったものである。

その点検フローチャートを図 3.2 に示す。

表 3.1 最近開発した自動監視付き継電装置の概要
Outlines of recent protective systems using automatic supervision and inspection.

		1	2	3	4	5
装 置 名 称		火力発電所保護装置	500 kV キャリヤ (CPC, FM)	275 kV キャリヤ (方向比較)	154, 275, 500 kV 母線保護装置	500/275 kV トランス保護装置
開 発 完 了 年 月		45.6	45.7	45.12	46.1~46.9	46.12~47.2
製 作 セ ッ ト 数		1	2×2	2×2	24	3×3
監 視 方 式	設定条件からの変化検出	○	○	○	○	○
	相互比較による不一致検出	—	—	○	—	○
	スキャンニングによる不良部位の自動表示	—	—	○ (52 点)	○ (10 点)	○ (30 点/60 点)
点 検 方 式	自端のみのプログラム点検	○ (26 ステップ)	—	○ (34 ステップ)	○ (43~60 ステップ)	○ (30~40 ステップ)
	相手端を含めたプログラム点検	—	○ (7+7 ステップ)	—	—	—
	系統故障を模擬した点検	—	○ (7+7 ケース)	○ (34 ケース)	—	—
	トランジスタ回路の入口から点検入力印加	○	○	○	—	—
	CT, PT の 2 次，入力側から点検入力印加	—	—	—	○	○
	シーケンスタイマの点検	—	—	—	—	○
事 故 対 応		—	—	—	○ (約 140 ms)	○ (約 200 ms)

○印は採用している方式を示す。

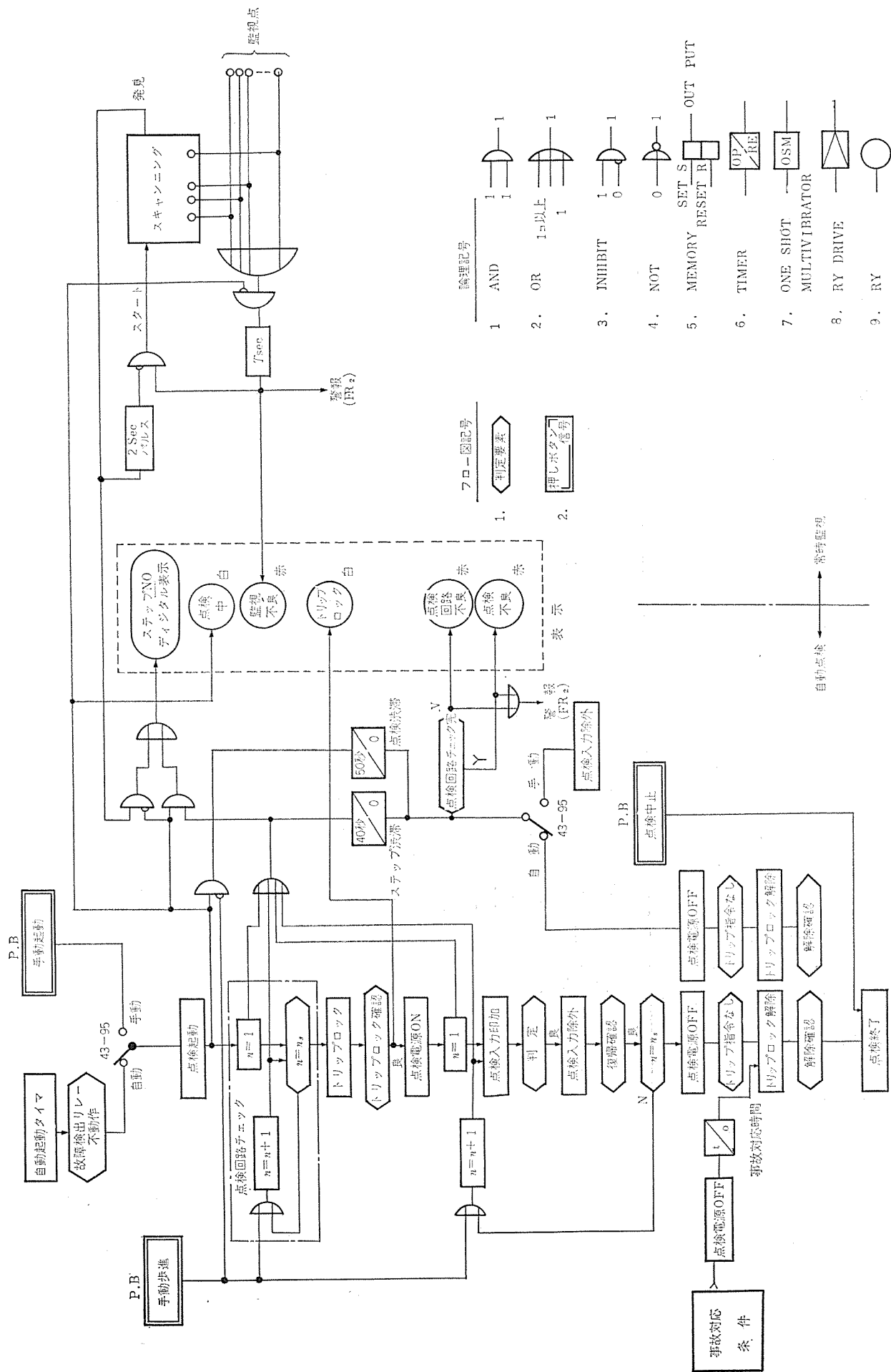


図 3.1 標準化された自動点検, 常時監視方式のフローチャート
Flow chart of standard automatic supervision and inspection.

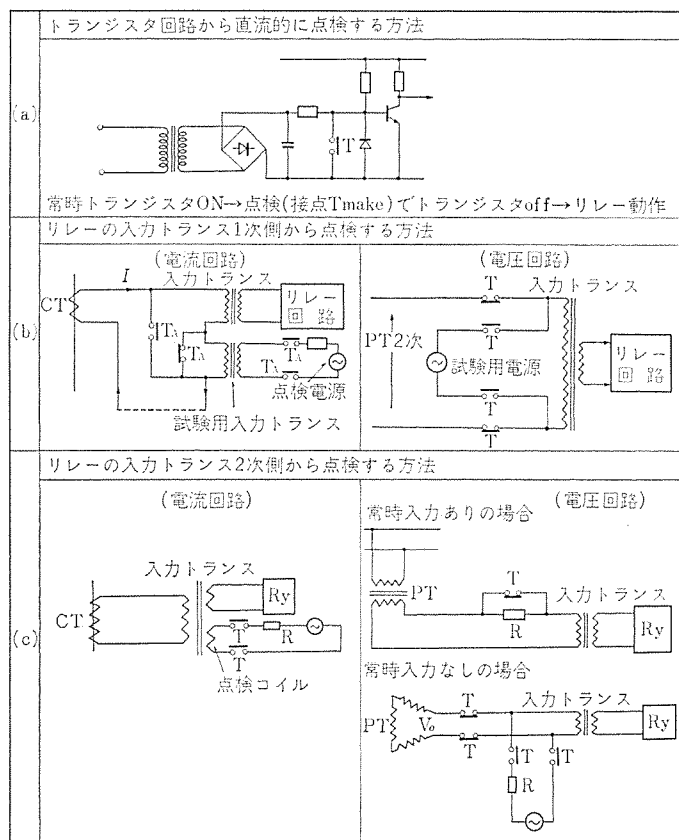
表 3.2 系統故障を模擬した点検方式ステッブ表
Steps of automatic supervision and inspection on 275kV carrier relay systems.

大別	ステッブ	点検内容	検点																								自 キ ャ リ ヤ 端	判定		条件						作 件																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
			入																									TCB	52TX	5	3	4	4	5	6																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
			2	7	φ	A	B	C	A	H	7	2	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B

表 3.3 自動監視方式の分類 (自動監視委員会資料による)
Various automatic supervision and inspections schemes.

監	常時監視専用の回路利用	保護動作信号と区別できる監視用信号を常時印加して監視。
		保護用主回路とは、別の類似の監視用信号伝送路の状態を監視。
視	設定条件からの変化検出	常時の状態が固定している回路の異常を検出。
	相互比較による不一致検出	シーケンス回路の入出力条件を比較し、規定論理の異常を検出。 同種原理の複数回路の応動不一致により検出。 異種機能の複数回路の応動比較により検出。
点	実際のリレー入力利用	動作判定条件を反転。 動作値を切り換える。
	模擬的な入力を印加	トランジスタリレーの低レベル回路の前段から信号を印加。 CT, PT 回路を切換え、故障条件に対応した点検用電流電圧を印加。 トランジスタリレー入力に高周波信号を重ね。

表 3.4 点検入力印加方法
Test inputs of various inspection systems.



流入力を印加して点検できるが、CT 回路の切換え操作が入るため、その点の考慮を要す。

(c) は模擬交流入力が必要とする点では、(b) の方式と同様であるが、CT 回路の切換え操作がない点すぐれている。一方、この方式では、電流入力トランス1次コイルの断線が検出できないが、これは別途、三相アンバランス監視等の常時監視で簡単に発見できる。

以上の各方式のうち、いずれを採用するかは装置(方式)ごとに検討し、最も効果的な方法を採用しているが、以下、各継電方式に実際に適用している点検入力印加方法および巻線監視方法について記述する。

(1) 母線保護装置(一括リレー電圧差動方式の場合)

電圧差動方式を使った一括リレーの場合を図3.3によって説明す

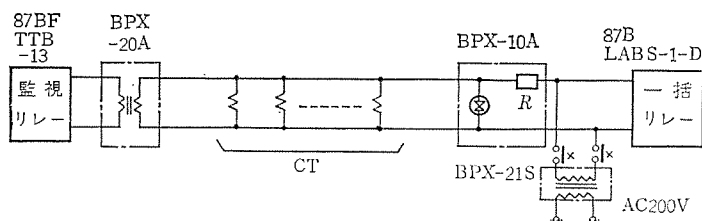


図 3.3 母線保護一括リレー(電圧差動方式)の点検回路構成
Automatic inspection circuit of voltage differential bus protective system.

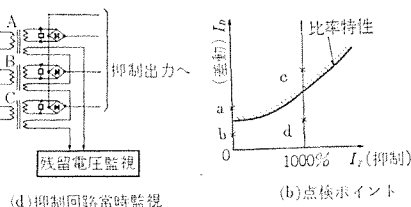
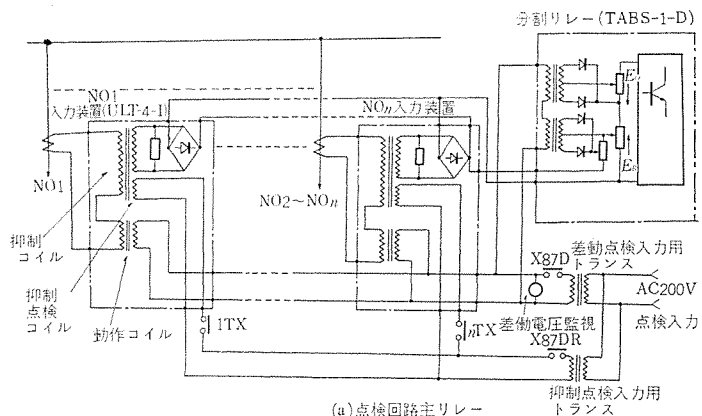


図 3.4 母線保護分割リレー(電流差動方式)点検回路
Inspection circuit of current differential bus protective systems.

る。図は一相分を示している。

(a) AC 200 V の点検電圧により、一相ごとに最小動作値の120% 入力を印加し、リレーの動作を確認する。

(b) 同じく三相同時に最小動作値の80% 入力を印加し、リレー不動作を確認する。

(c) もしCT 回路に短絡あれば、点検入力印加しても監視リレー不動作となり、検出される。また、CT 差動回路の断線の場合も同様である。

(d) CT 2次回路(差動回路を含まない)に断線または開放あれば、常時潮流により誤差電圧が発生し、監視リレー動作し異常を検出する。

(e) なお、以上の点検入力を印加する場所として、CT の2次側に印加すると、10 数回線分になればその励磁インピーダンスが低くなり、大きな点検電源を必要とするため、図3.3のごとく抵抗Rを介して導入する方式を採用している。

(2) 母線保護装置(分括リレー位相比較式電流差動方式の場合)電流差動(位相比較)方式を使った分割リレーの場合を図3.4によって説明する。図は一相分を示している。

(a) 図 3.4 (a) のごとく、差動回路および抑制点検巻線に点検入力を入れ、(b) の a～d、の 4 ポイントチェックを行なう。

- (ア) 最小動作値の 120 % 入力印加 動作確認
- (イ) 最小動作値の 80 % 入力印加 不動作確認
- (ウ) 抑制+高動作入力印加 動作確認
- (エ) 抑制+低動作入力(不動作値)印加 不動作確認

(注) (ウ)、(エ)の抑制入力、は、入力トランス 3 次巻線より 1 端子ごとに印加し、全入力装置をチェックする。

(b) もし、CT 回路に短絡があれば、点検入力印加しても、主リレー不動作となり検出される。

- (c) 分割 CT 差動回路電流が常時流れていないことを監視
(図 3.4 (c) 87 DF)

(d) 分割入力装置 2 次差動回路の電圧が常時発生していないことを監視(図 3.4 (a))、これにより、CT 回路に断線、開放あれば検出できる。

- (e) 分割入力装置の抑制出力が三相平衡していることを、

図 3.4 (d) により、残留回路を作ることにより入力装置の巻線類を常時監視している。

- (3) 変圧器保護用比率差動装置

この場合も、母線保護(電流差動)と同様に、動作コイル、抑制コイルに点検巻線を設け、そこに点検入力を与えて、(表 3.4 (c) の方法で)、図 3.4 (b) と同様、比率特性カーブ上における 500 % 抑制入力での動作、不動作点検を行なっている。

- (4) 距離継電装置

潮流を利用して、距離継電器の動作点検を行なわせるものとして、逆極性ベクトル重畳による強制反転方式と、直接位相弁別時間強制変更方式とがある。この実例として、図 3.5 の円特性外部を動作域にさせるもの、図 3.6 のリアクタンス特性から潮流による動作、不

動作をチェックするため折線特性に変更させるものである。なおこの場合、位相反転をトランジスタ回路部で行なわせる方法が一般にとられているが、図 3.5、3.6 の方法では、入力側から行なわせているため監視範囲が広く取れ、しかも CT 回路 1 次側の操作をいっさい必要とせず、潮流を積極的に利用できる点有利な方式といえる。なお、電流トランスの異常検出を常時の潮流によって監視するため、電流トランスの三相和を比較回路に導き出し、コイル異常に起因する不平衡を見出す方法も合わせて採用している。この場合、過大潮流による誤動作防止のため、潮流に比例した DC バイアスで、検出感度を制御させる対等を付加させている。

3.2.3 その他の新技術

従来、自動監視の盲点といわれた下記について最近製品化に成功している。

- (1) シーケンスタイマの点検

タイマ整定部を二重化し、動作不一致を検出させる。

- (2) 長時間タイマの点検

点検時間を自動的に短縮し、しかも整定抵抗の断線検出が可能な方式を開発。

- (3) 常時電流、電圧がかからず異常発見困難部分の監視

PT の V_0 巻線・CT 残留回路巻線・比率差動リレーの差動巻線の監視等についても、線電圧、線電流をリレー内に引き込みリレー内で残留を作る方法等により解決している。

3.3 簡易試験装置

保護継電装置の点検業務を低減する手段として、自動監視は大いに効果のある方法であるが、別の考え方として、「装置としては、監視のみを付加させ、外部引込み端子のコネクタ(完全二重化されている)をはずし、仮リレーに CT 側を接続した後、別置きの簡易試

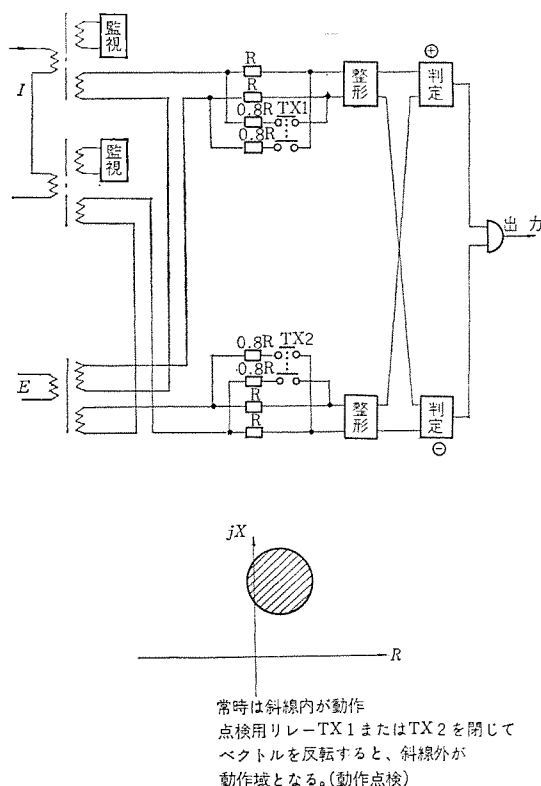


図 3.5 逆極性ベクトル重畳強制反転点検方式
Automatic inspection method of distance relay.

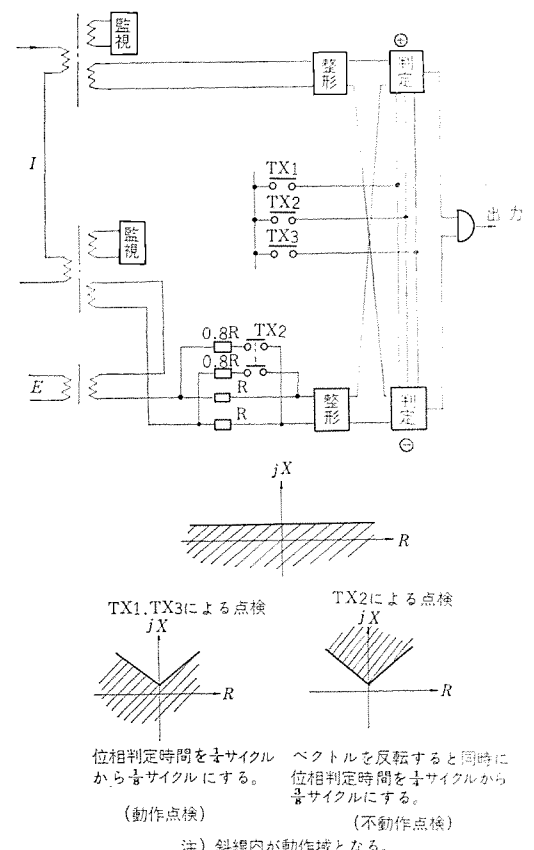


図 3.6 直接位相弁別時間強制変更点検方式
Automatic inspection method of reactance relay.

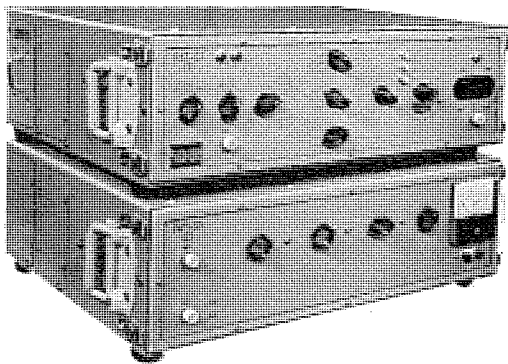


図 3.7 PAT 形可搬式自動試験装置
Type PAT portable type auto-tester for balance protective relaying system.

表 3.5 PAT 形テスト装置モグテスト入力、ベクトル図
ならびに電源印加方法
Vector diagram of PAT_{testor}.

項目 (SWZ)	ベクトル図	電流印加 方法	項目 (SWZ)	ベクトル図	電流印加 方法
1 50S			5 50G 67G (PD3次 不使用)		
2 44S1 44S2		同上	6 50G 67G (PD3次 使用)	同上	同上
3 44S3	同上	同上	7 27 (PD3次 不使用)	同上	同上
4 60		電流は 印加せず			

条件 (1) 1Lライン側コンモン……SW7
(2) 1L内部方向故障……SW3
(3) AB相故障……SW4
(短絡の場合のみ)

試験装置で一括テストする」という考え方も実用化されている。

今般、全静止形平衡保護装置と組み合わせて開発した PAT 形可搬式自動試験装置は、その一例といえる。その外観を図 3.7 に示す。

以下、PAT 形簡易試験装置の概要を紹介する。

この装置は、平衡保護継電装置、2 回線、90 項目のテストを従来、準備 1 時間、テスト 5 時間要したものが、準備 10 分、テスト 10~15 分で可能とするものである。

この装置は、AC 220 V 三相入力を利用して、特に移相器をつけずに表 3.5 のような、各入力ベクトルを与えることができ、50 S, 44 S1~3, 50 G, 67 G, 27, 60 の各リレーのテストが可能となる。すなわち SW 操作だけで、上記各リレーについて、1 L 内部、1 L

外部、2 L 内部、2 L 外部の故障に相当した、2 φ S, 1 φ S, PD 故障時のテスト電圧・電流をワンタッチで印加させることができる。テスト入力範囲として、

短絡については、 $I_F=2.5, 5, 10 \text{ A}$, $Z_F=0.1\sim23.6 \Omega$

地絡については、 $V_0=110 \text{ V}$, $I_0=0\sim1 \text{ A}$

と変化させることが可能である。これにより、各リレーの単体動作、タップ値チェックが可能であり、この他に内蔵の時限カウンタにより時限チェック、シーケンスチェックも可能としている。

4. 自動監視の評価

自動監視の評価として、以下、信頼度計算の考え方、自動監視を施した代表装置についての「自動監視適用保護継電装置の信頼度分析プログラム」による信頼度計算例およびフィールドにおける自動監視の動作状況等を紹介する。

4.1 保護装置信頼度計算の考え方

4.1.1 信頼度計算項目

次の各項目を上記のプログラムにより求めることができる。

(1) 装置故障率 λ (1 時間当り)

これは、全装置の故障率を求めるものである。なお、図 4.1 のごとく自動監視を付加させることにより、定検による修復の度合は少なく、定検見落しも小さくできるため、全体として装置の誤動作率、不動作率を小さくすることができる。

(2) 自動監視の不良発見率 β

$$\beta = \frac{\text{自動監視される部分の故障率}}{\text{装置全体の全故障率}} \times 100 \% \quad \dots\dots\dots (4.1)$$

で表わされるもので、この数字は 100 に近いほど自動監視の効果が大きいことになる。なお、この値は後の 4.1.2 項 (1) 記載の A, B, C, D インプット導入の結果により決まるもので、A (常時監視でわかる)、または B (自動点検でわかる) の部分が多く、C (定期点検でわかる) または D (全然わからない) の部分が少ないことが要因となる。ここで、必要に応じてはそれぞれの故障率をたとえば、ARAMDA ($A\lambda$), BRAMDA ($B\lambda$), ……として求めることができる。

(3) 常時誤動作発生率 (λ_q)

装置の常時の誤動作発生率を $\lambda_q(1/h)$ 、自動監視なしの場合を $\bar{\lambda}_q$

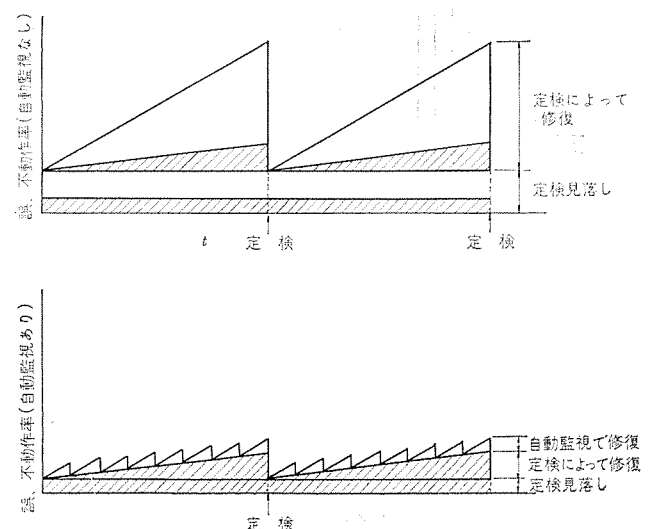


図 4.1 継電装置の誤、不動作率と点検との関係
Failure rate λ of protective relaying systems using or not using automatic supervision and inspection.

表 4.1 系統事故率 (自動監視委員会報告による)
Fault rates of various lines.

設備別	種 類	1 LG	2 LG	2 LS	3 LG(S)	合 計
架空送電線	275 kV 1 回線事故 (件/年/100 km)	0.443	0.0086	0.0302	0.0086	0.491
	275 kV 2 回線事故 (件/年/100 km)	0.0474	0.0345	0	0.0086	0.0905
	154 kV 1 回線事故 (件/年/100 km)	0.963	←	0.164	→	1.127
	154 kV 2 回 線	0.158	←	0.243	→	0.401
	55~66 kV (SSR 用)					6.1
母線	275 kV (件/年)	0.0362	0	0.003	0.006	0.045
	154 kV (件/年) (計 算 に 使 用)	0.012	0.0015	0.0015	0.0092	0.0242
配電線	架 空 (件/年/100 km)					12.1
	地 中 (件/年/100 km)					17.6

で知ることができる。

(4) 各故障別不動作率 $P(n)$

たとえば, $P(1)$, $P(2)$, $P(3)$, $P(4)$ としてそれぞれ, $1\phi G$, $2\phi G$, $2\phi S$, $3\phi S$ の内部故障に対しての不動作率を求めることができる。また, $\bar{P}(1)$, $\bar{P}(2)$, $\bar{P}(3)$, $\bar{P}(4)$ として, 自動監視のない時の不動作率を知ることができる。これらの数値は, パラメータとして 51 ケース変化させることができる。たとえば, 点検の周期を 1 日~10 日~100 日と変えてその変化を見ることができる。

(5) 各故障別誤動作率 $Q(n)$

不動作率の場合と同じく, 外部故障時の誤動作率を求めることができる。ここで, $n=1\sim 4$ は前方外部の $1\phi G$, $2\phi G$, $2\phi S$, $3\phi S$ を, $n=5\sim 8$ は背後故障の場合を示している。その他は P の場合と同じである。

(6) 年間不動作事故発生件数 (SP)

$$SP = F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5 \dots (4.2)$$

で表わされる。

F_1 =定検中の人為ミスに起因する年間不動作回数

F_2 =自動監視アラームにより修理中の年間不動作回数

F_3 =点検中の年間不動作回数

F_4 =定検中の年間不動作回数

F_5 =リレー不良の年間不動作回数

これらは, $[F^{(1)} + F^{(2)}] \cdot L$ に比例するもので, 表 4.1 のごとく与えられる。

ただし, $F^{(1)} = 1$ 回線 系統事故率

$F^{(2)} = 2$ 回線 系統事故率

L =保護区間こう(亘)長 (km)

を表わす。

なお, 装置が 1 系列, 2 系列の別, 自動監視有無の別により, $SP1I$ (自動監視あり, 1 系列), $SP0I$ (監視なし, 1 系列), $SP1II$ (自動監視あり, 2 系列), $SP0II$ (監視なし, 2 系列) 等を求めることができる。

(7) 年間誤動作事故発生件数 (SQ)

$$SQ = G_0 + G_1 + G_2 + G_3 + G_4 \dots (4.3)$$

で表わせる。

ここで,

G_0 =リレー不良常時の年間誤動作回数

G_1 =定検中の人為ミスに起因して外部事故に誤動作する年間誤動作回数

G_2 =自動監視アラームにより修理中の年間誤動作回数

G_3 =定検中の年間誤動作回数

G_4 =リレー不良外部事故時の年間誤動作回数

なお, ここで, G_2 , G_3 は $F^{(1)} \cdot L$ に比例し, G_1 , G_4 は $[F^{(1)} + F^{(2)}] \cdot L_0$ に比例する。ただし, L_0 は自端リレーが応動する外部区間総こう長を示す。この場合も SP と同様に

$SQ1I$ (自動監視あり, 1 系列), $SQ0I$ (監視なし, 1 系列),

$SQ1II$ (自動監視あり, 2 系列), $SQ0II$ (監視なし, 2 系列)

等を求めることができる。

(8) 動作信頼度向上係数 (ρ_1)

自動監視をつけたことによる装置の動作信頼度向上係数は, 不動作率に関しては,

$$\rho_1(P) = \frac{k_1 \bar{P}_1 + k_2 \bar{P}_2 + k_3 \bar{P}_3 + k_4 \bar{P}_4}{k_1 P_1 + k_2 P_2 + k_3 P_3 + k_4 P_4} \dots (4.4)$$

により求められる。

k_1 : 1 LG 事故発生割合

k_2 : 2 LG 事故発生割合

k_3 : 2 LS 事故発生割合

k_4 : 3 LS 事故発生割合

また, 誤動作率に関しては,

$$\rho_1(Q) = \frac{\sum_{i=1}^4 k_i (\bar{Q}_i + \bar{Q}_{i+1})}{\sum_{i=1}^4 k_i (Q_i + Q_{i+1})} \dots (4.5)$$

で表わされる。

(9) 運用信頼度の向上係数 (ρ_2)

$$\rho_2(P) = \frac{SP_0}{SP_1} \dots (4.6)$$

$$\rho_2(Q) = \frac{SQ_0}{SQ_1} \dots (4.7)$$

で算出できる。

具体的には, 装置が 1 系列, 2 系列の別, 自動監視の有無の別により,

$\rho_2I(P) = 1$ 系列不動作, $\rho_2II(P) = 2$ 系列不動作

$\rho_2I(Q) = 1$ 系列誤動作, $\rho_2II(Q) = 2$ 系列誤動作

の場合を求めることができる。

(10) 省力化向上係数 (ρ_3)

$$\rho_3 = \frac{\text{自動監視なしの総人件費}}{\text{自動監視ありの総人件費}} \dots (4.8)$$

4.1.2 信頼度計算インプット手順

以上の各項目を求めるためのインプット導入手順および所要時間(例)を下記に示す。

(1) 主リレー回路分析……(所要時間 15~30 h)

主リレー回路部品すべてについて, オープン, ショートのケースについて, A (常時監視でわかるか), B (自動点検でわかるか), C (定期点検でわかるか), D (全然わからないか)を検討し, その結果をインプットする。

(2) 論理回路分析……(所要時間 1~8 h)

論理回路部品についても, 同様のことを行なう。

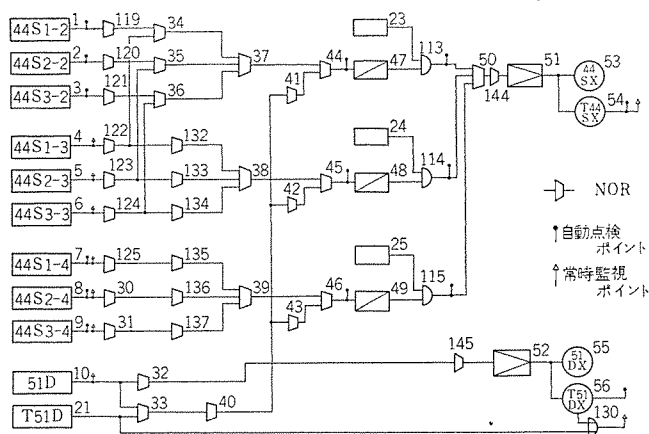


図 4.2 信頼度計算 シーケンス 結線図採番の例
Example of break down of sequence input about reliability calculation.

表 4.2 各構成部品の故障率
Failure rates of various parts.

部 品 名	故 障 率 $\times 10^{-9}/h$				参考データ (幹 4) (Earles その他) $\times 10^9/h$
	短絡故障	開放故障	特性変化	全 故 障	
ト ラ ン ジ ス タ	2.15	1.83	0.75	4.73	500
ダ イ オード	1.33	0.98	0.21	2.51	150~200
抵 抗	0	0.344	0	0.344	40~45
コ ン デ ン サ	0.70	0.56	0.56	1.82	50~300
補 助 リ レー	1.71	4.27	0	5.98	
ト ラ ン ス	3.45	2.59	1.72	7.76	150
S C R	7.34	0	0	7.34	
プ リ ン ト 板 (1 故 当 り)	3.35	2.01	0	5.36	
ハ ン ダ 付 け (ハンダ端子当り)	0	0.88	0.013 (断線)	0.201	

表 4.3 継電器種類ごとの故障率
Failure rates of various relay units.

リ レー 種 類	故 障 率 $\times 10^{-6}/h$		
	不 動 作 故 障	誤 動 作 故 障	全 故 障
過 電 流 OC	0.120	0.040	0.160
不 足 電 圧 UV	0.064	0.192	0.256
過 電 圧 OV	0.327	0.490	0.817
地絡過電圧 OVG	0.074	0.074	0.147
短絡距離方向 DZ	0.187	0.173	0.360
地 絡 方 向 DG	0.193	0.022	0.215
位 相 比 較 Ph	0.146	0.583	0.729
周 波 数 UF	0.804	0	0.804
電 圧 平 衡 VB	0.145	0.145	0.289
電 圧 調 整	0.588	0.375	0.963
同 期 投 入	0.249	0.125	0.374
タ イ マ TLR	0.0251	0.0240	0.0491
表 示 線 PW	0.0933	0	0.0933
母 線 保 護 BP	0.215	0.154	0.369
配 電 線	0.418	0	0.418
シーケンス	0.508	0.102	0.610
再 閉 路	0.710	0.395	1.105

(3) シーケンス 結線導入……(所要時間 1~8 h)

図 4.2 の例のごとく、シーケンス 各部に仮番号をつけ、結線順にしたがってインプットする。

(4) 常時監視 ポイント 導入……(所要時間 1~2 h)

常時監視でわかる個所のデータを(たとえば図 4.2 の論理要素番号で示す)そう入する。

(5) 自動点検項目導入……(所要時間 4~5 h)

自動点検項目を、前記 シーケンス 論理要素番号で入力条件と動作条件を表わしたものとして与える。

(6) 境界条件導入……(所要時間 2~8 h)

常時、内部、前方外部、背後について、1 LG, 2 LG, 2 LS, 3 LG の時の リレー 動作状態をインプットする。

(7) 部品故障率および部品はんだ付け端子数 インプット……(所要時間 1~2 h)

表 4.2 に自動監視委員会で決められた各部品の故障率を、また、メモリでは表 4.3 を与える。

(8) リレーシステム 運用条件 データの導入……(所要時間 2~3 h)

各運用 データ を、所定の約束にしたがってインプットする。

(9) 総合 チェック……(所要時間 4~5 h)

(10) 計 算……(電算機 数 10 min)

以上のインプットデータ用紙は、一例では、A 4, 15 枚 (コラム, 300 行), アウトプット A 3, 50~80 枚程度となる。

なお、以上の全所要時間を集計すると、1 件について 30~70 時間程度となっている。

4.2 信頼度計算例

以上、4.1 節で述べた「自動監視適用保護継電装置の信頼度分析

表 4.4 信頼度計算結果算出例
Examples of security calculation on 500 kV protective system.

	評 価 項 目	記 号	500 kV ブス ブス装置	500 kV 距離 装置
1	自動監視される部分の故障率	$\sum \lambda$ (点検・監視)	1.135×10^{-5}	0.501×10^{-5}
2	装置の全故障率	$\sum \lambda$ (全)	1.147×10^{-5}	0.512×10^{-5}
3	自動監視の不良発生率	β	98.9 %	97.9 %
4	常時の誤動作率 (監視有)	λ_q	0.1190×10^{-7}	0.2957×10^{-7}
	常時の誤動作率 (監視無)	$\bar{\lambda}_q$	0.1197×10^{-7}	0.2964×10^{-7}
5	内部故障不動作率 (監視有)	$P(1) 1 \phi G$	0.856×10^{-3}	0.239×10^{-3}
	内部故障不動作率 (監視無)	$\bar{P}(1) 1 \phi G$	0.992×10^{-2}	0.303×10^{-2}
	内部故障不動作率 (監視有)	$P(4) 3 \phi S$	0.664×10^{-3}	0.244×10^{-3}
	内部故障不動作率 (監視無)	$\bar{P}(4) 3 \phi S$	0.308×10^{-2}	0.277×10^{-2}
6	外部故障誤動作率 (監視有)	$Q(1) 1 \phi G$	0.188×10^{-3}	0.753×10^{-4}
	外部故障誤動作率 (監視無)	$\bar{Q}(1) 1 \phi G$	0.155×10^{-1}	0.115×10^{-2}
	外部故障誤動作率 (監視有)	$Q(4) 3 \phi S$	0.188×10^{-3}	0.142×10^{-3}
	外部故障誤動作率 (監視無)	$\bar{Q}(4) 3 \phi S$	0.155×10^{-1}	0.702×10^{-3}
	外部故障誤動作率 (監視有)	$Q(5) 1 \phi G$	0.284×10^{-7}	0.412×10^{-4}
	外部故障誤動作率 (監視無)	$\bar{Q}(5) 1 \phi G$	0.855×10^{-5}	0.141×10^{-2}
	外部故障誤動作率 (監視有)	$Q(8) 1 \phi G$	0.284×10^{-7}	0.419×10^{-4}
	外部故障誤動作率 (監視無)	$\bar{Q}(8) 1 \phi G$	0.855×10^{-5}	0.716×10^{-3}
7	年間不動作事故発生回数 (監視有)	$SP 1 II$	0.367×10^{-7}	0.309×10^{-7}
	年間不動作事故発生回数 (監視無)	$SP 0 II$	0.160×10^{-5}	0.194×10^{-5}
8	年間誤動作事故発生回数 (監視有)	$SQ 1 II$	0.214×10^{-3}	0.869×10^{-3}
	年間誤動作事故発生回数 (監視無)	$SQ 0 II$	0.648×10^{-3}	0.752×10^{-3}
9	動作信頼度 (不動作)	$\rho_1 (P)$	0.855×10	0.130×10^2
10	動作信頼度 (誤動作)	$\rho_1 (Q)$	0.822×10^2	0.201×10^2
11	運用信頼度向上係数 (不動作)	$\rho_2 II (P)$	0.437×10^2	0.627×10^2
12	運用信頼度向上係数 (誤動作)	$\rho_2 II (Q)$	0.303×10	0.865×10
13	省 力 化	ρ_3	0.261×10	0.391×10

※ 点検期間 10 日に 1 回

△ 定検は 5 年に 1 回

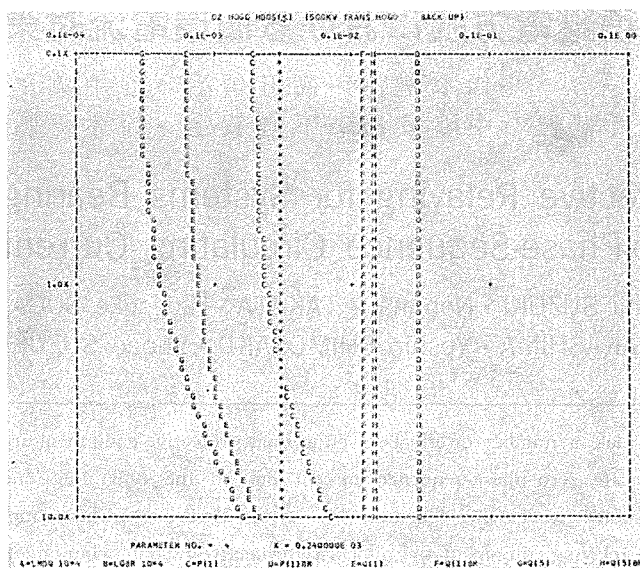


図 4.3 点検周期を考えた時の故障率の変化状況
How to change the failure rates in various
periodes of inspection.

プログラム」により、具体的に 500 kV 母線保護装置および 500 kV 変圧器後備保護距離継電装置について、信頼度計算を、4.1.1 項の各項目について、4.1.2 項の手順によってインプットを与えて求めた結果を、表 4.4 に示す。

また、 $P(1)$, $\bar{P}(1)$, $Q(1)$, $\bar{Q}(1)$, $Q(5)$, $\bar{Q}(5)$ について点検周期を 240 時間 (10 日間) に 1 回を中心として、最小 1 日に 1 回、最大 100 日に 1 回と変化させた時の変化の状況について、自動タイアウトされた結果を図 4.3 に示す。

表 4.4、図 4.3 より次のことが言える。

- (1) 自動監視の不良発見率は、99~98%ときわめて高い。
- (2) 自動監視をつけることにより、誤不動作を 10~20 分の 1 に減らすことができる。
- (3) 自動監視をつけることにより、誤動作を 100 分の 1 に減らすことができる。

すことができる。

(4) すなわち、不動作信頼度は 10 倍、誤動作信頼度は 100 倍にあげることができる。

(5) 人件費節減 (省力比の効果) は、自動監視をつけることにより 3~4 分の 1 に減らすことができる。

(6) 自動点検の周期は 10 日に一度程度でよい。

4.3 自動監視装置の動作状況

自動監視を本格的に採用したものとして、1 章にあげた各装置の動作実績を検討すると、昭和 45 年以来、2 年未満の実績ではあるが、その効果は顕著に出ている。

特にフィールド試作機として、その効果判定を行なったものについては、本特集号中に収められている「全静止形継電装置のフィールド動作実績」に詳述してあるので参照いただきたい。

これによると自動監視の動作状況は予想よりかなり少ない、換言すると、最近の総合装置の不良率はきわめて低いことがいえる。

しかし自動監視付加により、事前に不良発見したものも数件発見されており、その中には未前に事故防止に効果あったものも少なくない。なお、それぞれの装置の性格により一概にはいえませんが、大がかりな点検をつけなくても、監視をつけるだけでも実質的な効果はかなりあるといえる。

5. む す び

以上、保護継電装置の自動監視について、その動向、構成、評価について記述したが、その成果は各電力会社関係者の皆様の絶大なご支援、ご協力によるものであり、誌上を借りて厚く謝意を述べる次第である。

また、本稿作成に当り、種々の資料を利用させていただいた電気協同研究会「保護リレー自動監視専門委員会」の委員各位および、信頼計算を行なって下さった開発計算センタの関係各位に深く感謝の意を表する次第である。

各種継電方式における循環電流対策

鈴木 健治*・高田 信治*・菅井 英介*

中村 勝己*・中嶋 安広*・下迫 賀生*・鈴木 愿*

Protective Relaying for Systems Bearing Zero-Phase-Sequence Circulating Current

Kobe Works Kenji SUZUKI・Nobuharu TAKATA・Hidesuke SUGAI

Katsumi NAKAMURA・Yasuhiro NAKASHIMA・Yoshio SHIMOSAKO・Sunao SUZUKI

In the installation of multi circuits transmission lines on a common rack, a number of effects given to their protective equipment are observed. The following is one of them. When one circuit stops to operate, zero-phase-sequence current due to the remaining one circuit circulates on the other circuits and causes faulty function to the protective relaying scheme. This article describes in this connection directional comparison carrier protective relaying equipment, balance relaying equipment and pilot wire protective relaying equipment. As for the directional comparison protective equipment, description covers a countermeasure by the use of current-time conversion relaying applied to a three terminal system. As to the balance relaying equipment, an AC memory method is used for a countermeasure. Regarding the pilot wire protective relaying equipment improvement on saturation ratio differential characteristics are explained.

1. ま え が き

電力需要の急増と用地事情の悪化によって、多回線共架送電線が普及し、最近では、超高圧系・超々高圧系までその範囲が広がりつつある。併架系統も同系統併架から異系統併架へと広がり、保護方式上各種の問題が発生している。そのおもなものは、1回線停止時の零相第2回路への誘導電流と、直接々地系、抵抗接地系併架時の直接々地系地絡時の抵抗接地系零相第1回路への誘導電流である。前者は、抵抗接地系の方向地絡継電器の動作を誤らせ、方向比較搬送保護継電装置では、内部事故で誤不動作を、回線選択保護継電装置では、誤選択を発生し、さらに、表示線保護継電装置でも、循環電流が大きいと内部事故で誤不動作を発生する。後者は、抵抗接地系の地絡過電圧継電器、方向地絡継電器を誤動作させ、方向比較搬送保護継電装置を誤動作させる。

上記問題のうち、前者の零相第2回路への誘導電流に対して、各装置ごとに対等を完成し実系統ですでに運転にはいっているのを、これを紹介する。また後者の問題については、現在、検討・試作段階にあるので、別の機会に報告する。

2. 搬送保護継電装置における循環電流対策

多回線共架送電線において、たとえば図2.1(a)のように共架送電線の中の1回線が停止されると、残り1回線の負荷電流により、2回線運転中の回線に零相循環電流が流れる。残存回線が抵抗接地系の場合、その大きさが与える地絡保護への影響ははなはだしい。図2.1(b)のように故障発生により NGR 電流が流れても、零相循環電流との和が各端の継電器入力となるので零相電流の大きさいかによっては、B端の電流が流出し、故障方向をあやまって保護できなくなる。しかし、この場合図から明らかなように、

外部故障のとき、|流入電流|≒|流出電流| ……………(2.1)

内部故障のとき、|流入電流|>|流出電流| ……………(2.2)

の関係がある。それゆえ“各端それぞれが自端電流の大きさをなんらかの形で相手端に伝送し、両端電流値による差動方式”を行なわ

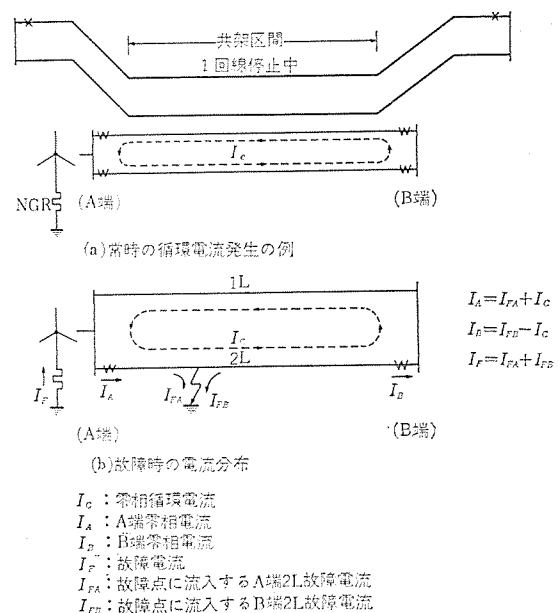


図 2.1 零相循環電流と故障電流
Zero-phase-sequence circular current and fault current.

せれば、循環電流の影響を除き故障の内外の判定ができる。

電流の大きさを相手端に伝送する手段として種々考えられるが、時間に変換して相手端に伝送する方法で実用化しているのでその原理を述べる。

2.1 電流一時間変換リレーによる循環電流対策

この方式の特長は図2.2のように、搬送送信用要素として外部方向検出要素のほかに、各端おののに零相電流の有効分 $I_0 \cos \theta$ に比例して動作する限時要素を併置し、各端搬送波の送出時間(送出周期)を制御することによって、故障回線は必ずトリップ、健全回線は誤動作せず、しかも零相循環電流のないときは従来方式とまったく変わらない保護を行なうものである。循環電流対策を施すためには、図中破線部分を従来装置に追加すればよい。

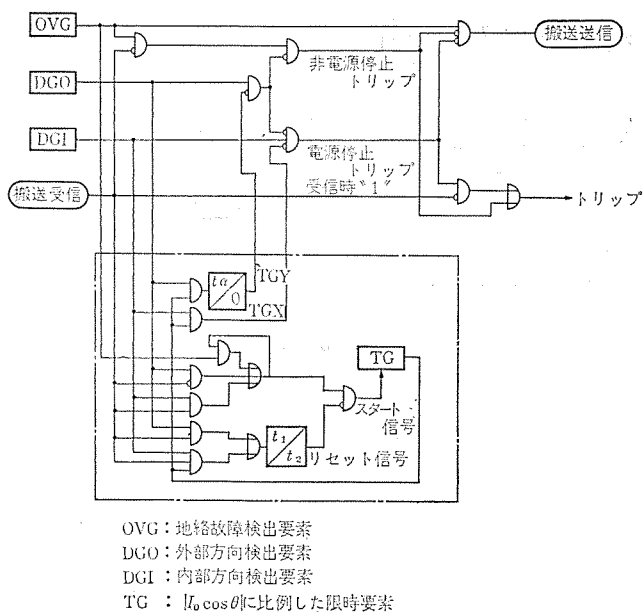


図 2.2 零相循環電流対策回路 シーケンス
Sequence on the circuit of zero-phase-sequence
circular current measure.

2.1.1 周期伝達方式の原理

図 2.2 にこの方式のシーケンスを示す。

図 2.2 において、流入端は DGI 動作、搬送受信を条件に、流出端は DGO 動作、搬送波受信停止を条件にして自端の TG をスタートさせる。TG は有効分故障電流 $I_0 \cos \theta$ に比例した時間後動作し、流入端は DGI の動作を無効にして搬送再送信を行なう。流出端は DGO の動作を無効にして搬送送信を停止させる。流入端は TG 動作後相手端より搬送受信しておれば、TG 動作をリセットするとともに相手端の TG もリセットする。故障継続しておれば両端の TG はふたたびスタートし、故障継続中この動作をくり返す。図 2.3 はこれらの応動時間関係図を示している。(a) と (b) とを比較すれば両者には下記のとおりの違いがある。

(1) 流入電流 = 流出電流のときは、両端の TG の動作時間が等しいが流入電流 > 流出電流のときは流出端の TG が流入端の TG より早く動作する。

(2) その結果 図 2.3 (a) では、流入端は TG の動作に同期して搬送波送出・停止をくり返すが、流出端は余裕時間 t_{α} が動作するまでに TG がリセットされるため連続搬送送出となりトリップ回路が形成されることはない。図 2.3 (b) では流出端の TG が流入端の TG より早く動作するので、両端共搬送送出停止の期間が生じトリップ回路を形成する。なお図では何らかの理由でトリップできず、流入端の TG が動作したことにより両端の TG がリセットされ再度スタートがかかった場合を示しているが、通常は第 1 回目のトリップ条件で断器は開放される。以下各ケースにおける具体的な動作を述べる。

(a) 故障回線のトリップ動作

A 端は OVG 動作、DGI 動作、搬送受信によって TG がスタートする。B 端は OVG 動作、DGO 動作、搬送受信停止によって TG がスタートする。両端の TG の動作時間差は $I_A - I_B = I_F$ に比例した時間だけ B 端が早い。故障発生後ただちに A 端は DGI により搬送停止、B 端は DGO により搬送送出となりトリップロックされているが、上記のように $t_B + t_{\alpha}$ 後 B 端の DGO 動作を無効にするので B 端搬送停止により両端搬送停止し、トリップ回路が形成される。

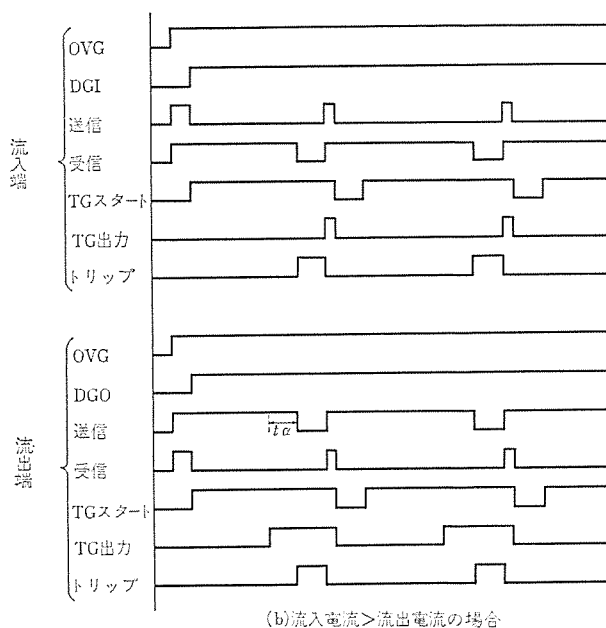
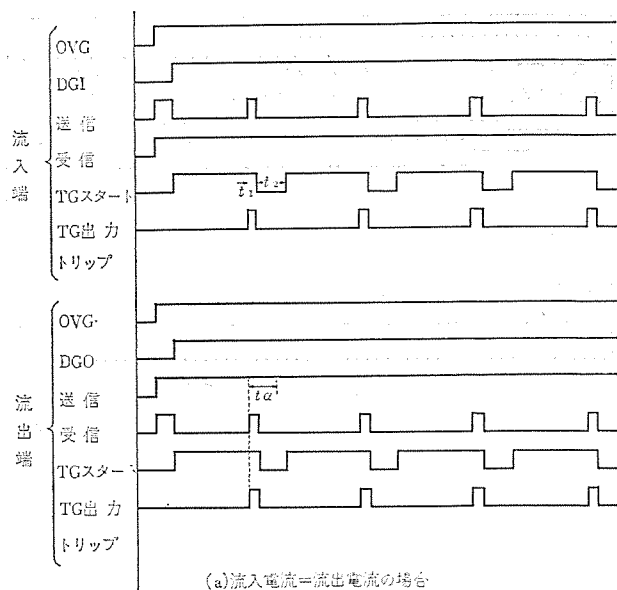


図 2.3 応動時間関係
Operation time chart.

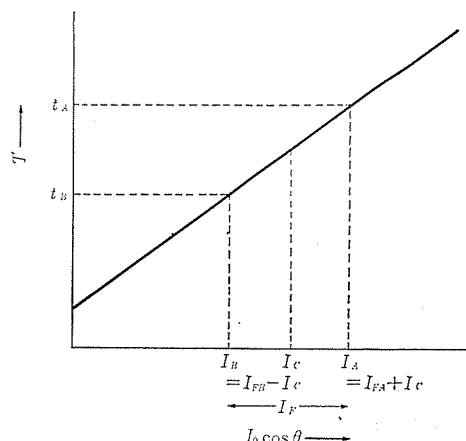
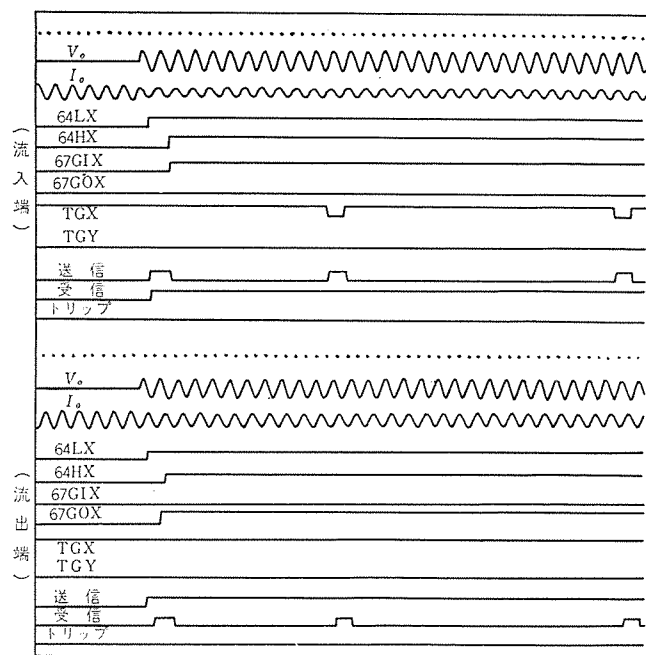


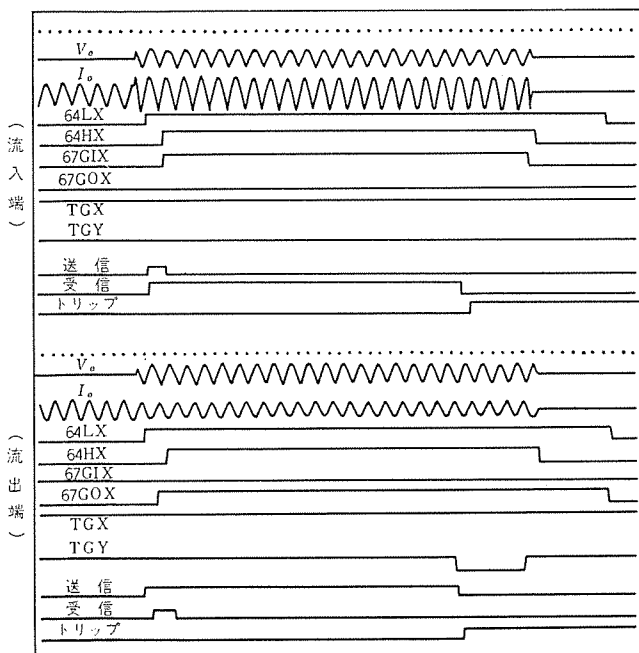
図 2.4 零相電流比例限時タイマ 限時特性
Time-limit characteristic of zero-phase-sequence
current proportional timer.

(b) 健全回線の動作 ロック

健全回線の 1L をながめると、両端同一電流が貫通しているから



(a) 流入電流=流出電流の場合



(b) 流入電流>流出電流の場合

図 2.5 循環電流あるときの地絡故障時動作 オシロ
Oscilloscope of ground fault operation when there is circulating current.

両端の TG は同時に動作し、余裕時間 ta を適当に選べば、必ず流入端 (B 端) の DGI 動作を無効にしたことにより、搬送停止解除よりあとから流出端 (A 端) の DGO 動作を無効とする搬送停止が行なわれようとするから誤動作することはない。

(c) 区間外故障の場合

この場合は上記健全回線の動作とまったく同一である。

(d) 零相電流がない場合

この場合は DGO が動作する流出端は生じないから TG がいないのと同じ動作になる。なお流入端の TG 動作により DGI 動作を無効にするまでには、少なくとも 50 ms 以上かかるから、そのためトリップ不能になることはない。図 2.5 に動作オシロを示す。なお NGR 電流/零相循環電流=1/10, 最大零相循環電流=リレー換算 6A まで

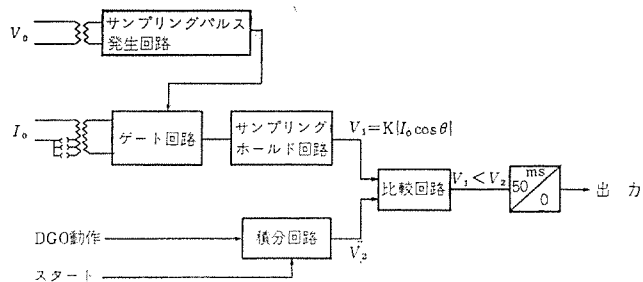


図 2.6 比例限時タイマ構成
Construction of proportional timer.

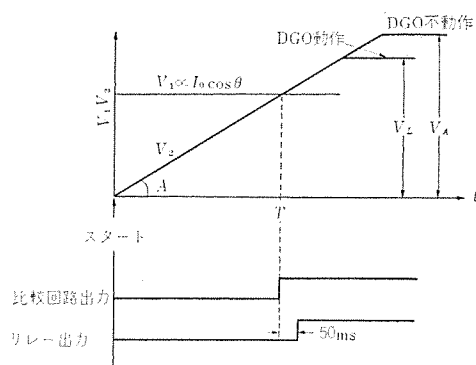


図 2.7 比例限時タイマ出力波形
Output wave form of proportional timer output.

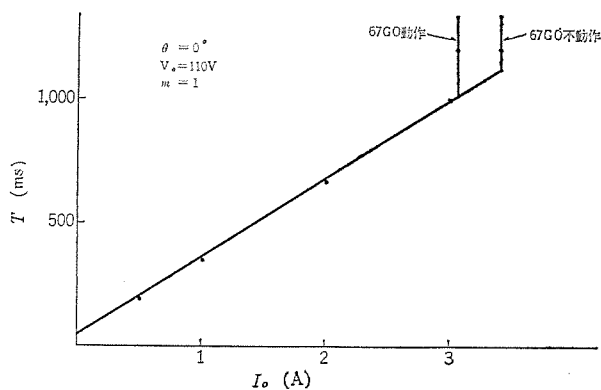


図 2.8 I_0 - T 特性 I_0 - T characteristic.

保護可能であることを確認した。

2.1.2 $I_0 \cos \theta$ 比例限時継電器の原理動作

この継電方式に使用する比例限時継電器の構成を図 2.6 に、動作関係を図 2.7 に示す。この継電器は零相電流 I_0 の零相電圧 V_0 との同相成分 $I_0 \cos \theta$ に比例した動作時間を有し、搬送波の送出、停止制御信号として使用するもので、以下図によってその動作を説明する。 V_0 が最大値になったとき、サンプリングパルスにて I_0 回路のゲートを開き、 I_0 の波形をサンプリングし、サンプリングホールド回路に蓄える。この電圧 V_1 は $I_0 \cos \theta$ に比例した直流となる。

一方、積分回路にスタート信号を与え、時間に比例して増加する電圧 V_2 を発生させて、 V_1 と V_2 を比較回路に導入し大小比較する。比較回路は $V_1 < V_2$ となったとき出力電圧を発生し、動作遅延タイマ動作後出力信号を出す。結局この継電器の動作時限は V_2 が V_1 より大きくなるまでの時間 T にタイマ (50 ms) を加えたものとなる。積分回路の積分特性は一定なので、 I_0 が大きいほど動作時限が長くなる。

なお、 I_0 入力大のときトランスの飽和等による誤動作をさけるた

め V_g は V_L または V_H の値以上にならないようにし、かつ、DGO 動作したときは DGI 動作したときより必ず小電流で不動作となるように $V_L < V_H$ に積分回路を制御している。図 2.8 に UKG-1-K 形継電器の入力時間特性を、図 2.9 に位相-時間特性を示す。

2.2 3 端子系への応用

零相循環電流のある 3 端子系 (多端子系) でも、2.1 節で述べた方法を若干変更することにより保護ができる。すなわち端子数に関

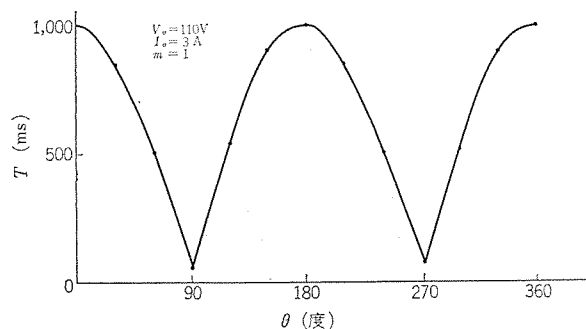


図 2.9 θ - T 特性 θ - T characteristic.

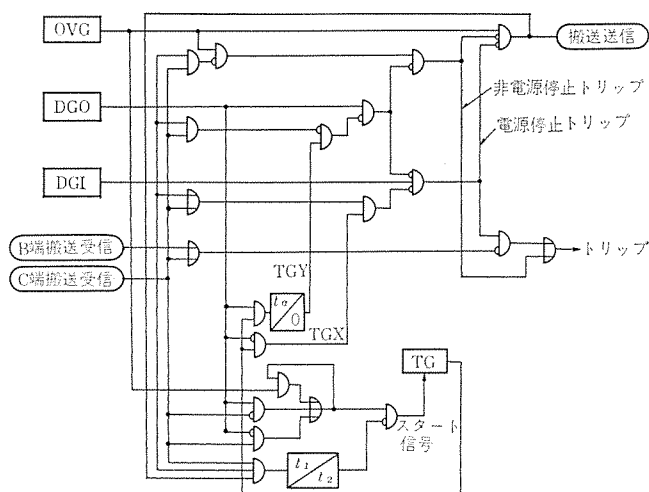


図 2.10 3 端子循環電流対策回路 シーケンス (A 端の場合)
Sequence on the circuit of zero-phase-sequence circulating current scheme using three terminal system (showing A terminal).

表 2.1 故障状態と TG スタート状態
Table of fault state and TG start.

NO.	故障状態			TG 起動ルート		
	A端	B端	C端	A端	B端	C端
1	○	○	×	瞬時 (TGXA)	A端搬送受信後 (TGXA+TGXB)	瞬時 (TGYC)
2	×	○	○	瞬時 (TGYA)	瞬時 (TGXB)	B端搬送受信後 (TGXB+TGXC)
3	○	×	○	C端搬送受信後 (TGXC+TGXA)	瞬時 (TGYB)	瞬時 (TGXC)
4	○	×	×	瞬時 (TGXA)	瞬時 (TGYB)	B端搬送停止後 (TGYB+TGYC)
5	×	○	×	C端搬送停止後 (TGYC+TGYA)	瞬時 (TGXB)	瞬時 (TGYC)
6	×	×	○	瞬時 (TGYA)	A端搬送停止後 (TGYA+TGYB)	瞬時 (TGXC)
7	○	×	×	C端搬送受信後 (TGXC+TGXA)	瞬時 (TGYB)	瞬時 (TGXC)
8	×	○	×	瞬時 (TGYA)	瞬時 (TGXB)	B端搬送受信後 (TGXB+TGXC)
9	○	○	○	循環電流対策によらずトリップ		
10	○	○	○	循環電流対策によらずトリップ		
11	○	○	○	循環電流対策によらずトリップ		
12	○	○	○	TG 起動するのみで搬送送出のまま停止できない		

○: 流入端 ブランク: 無判定端 (無電流端)
×: 流出端 () 内: TG 動作後の信号と時間を表す

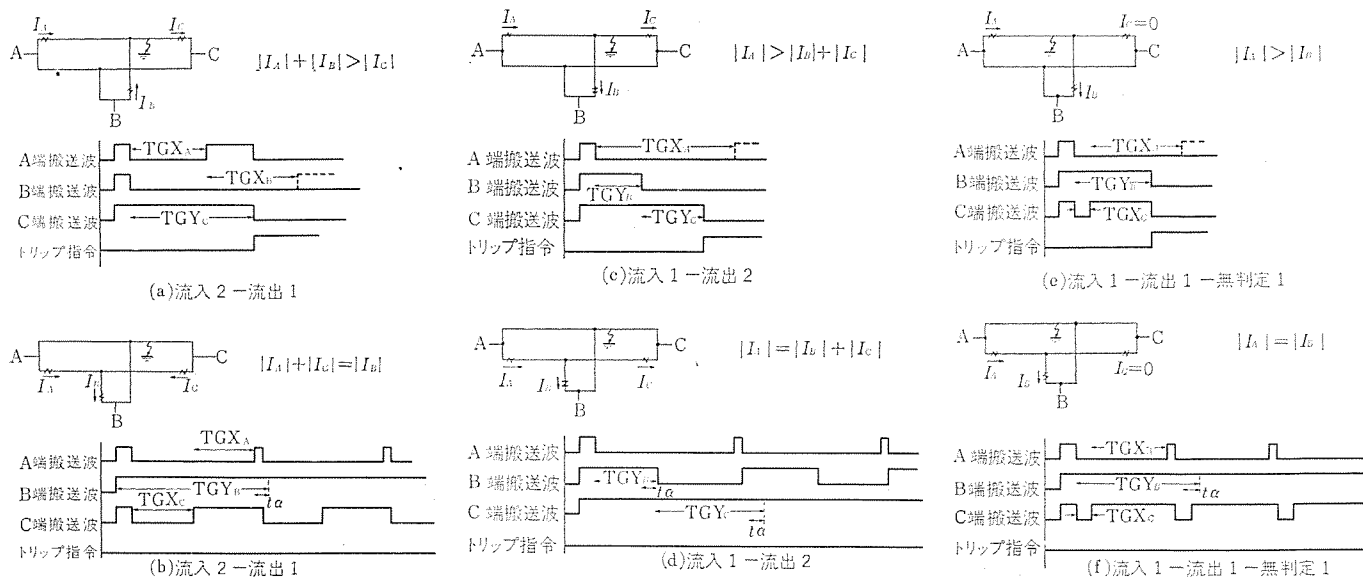


図 2.11 応動時間関係 Operation time chart.

係なく前記式(2.1), (2.2)が成立することを利用し, 流入電流, 流出電流それぞれを時間に変換して加算し, いずれの電流が多いかを検出する。図 2.10 にシーケンスを示す。3 端子系で起こり得る流入, 流出の状態は表 2.1 に示す 12 とおりであるが, いずれの場合も内部故障時はトリップ, 外部故障時は誤動作しない。図 2.11 に応動時間関係を示す。

3. 回線選択保護継電装置における循環電流対策

3.1 回線選択保護における循環電流の問題点

搬送保護においては, 零相循環電流が存在すれば, リレー装置として内部事故時に不動作となる場合があるので, 対策を施してトリップ可能とすることが問題となった。回線選択保護においては, 以下に述べるように, 外部事故時に零相循環電流により誤し断するおそれが生じるので, 外部事故時に誤し断しない方法を施すことが問題となる。

図 3.1 は循環電流 I_E が存在する系統で, 外部 1 線地絡事故 (1φG) が発生した時の各端子の零相電流を示す。一般の回線選択リレー (地絡用) の入力電流は, 表 3.1 のように保護回線の零相電流から隣回線の零相電流を引算した差電流であり, これと母線の零相電圧の位相とを比較して, 零相電流 (有効分) が流入のときに動作するようになっている。表 3.1 によれば, 循環電流 I_E がほぼ中性点電流 I_N と同相付近のときには, 図 3.2 のように P 端 1 号線 (1L) と Q 端 2 号線 (2L) の選択地絡リレーが誤動作して誤し断し, P 端と Q 端の連絡は完全に断となり, 全停 (供線障害発生) となる。したがって回線選択リレーにおいては, このような誤動作を発生させない対策が必要であり, 以下, この具体的方法について説明する。

3.2 和電流方向地絡リレーによる循環電流対策

表 3.2 は図 3.1 における 1L と 2L の和電流値を示す。すなわち中性点電流のある P 端 (電源端) は有効分電流 I_N が流入し, 非電源端 Q では I_N が流出する。

これらのことを考えると, P 端には和電流が流入のとき動作する内部検出リレー DGI を設置し, Q 端には和電流が流出のとき動作する外部検出リレー DGO を設置することが考えられる。図 3.3 は, 和電流リレー DGI, DGO を用いた場合のシーケンス回路図で, 電源端 P においては回線地絡選択リレー 1 HSG (1L 用), 2 HSG (2L 用) の動作に, 和電流流入検出リレー DGI 動作を条件としてし断指令を出すように構成し, 非電源端 Q においては選択リレー 1 HSG, 2 HSG の動作に和電流流出検出リレー DGO 不動作を条件とすることを

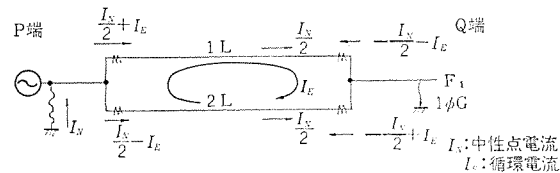


図 3.1 各端子の電流
Relay input current.

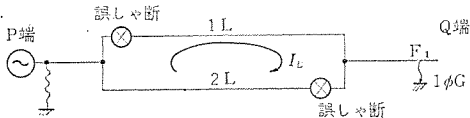


図 3.2 循環電流による誤動作
Malfunction by zero-phase circulating current.

示している。

このようにすれば, 図 3.4 の 1φG 事故 F_1 点に対しては P 端の DGI 動作, Q 端の DGO 動作となるので, 表 3.3 に示すように, P 端 1L のみ誤し断されるが, 2L は P, Q 端ともにし断信号なく P 端と Q 端の連系は保持されることとなる。同様に, 図 3.4 の F_2 点 1φG に対しては, P 端の DGI 不動作, Q 端の DGO 不動作となるので表 3.3 のように図 3.2 の Q 端 2L はし断されるが, P 端 1L はし断指令なく, 1L によって P 端と Q 端の連系は保持されることとなる。

このように和電流による対策を施した場合には, 2 回線のうち 1 回線は誤し断されるおそれがあるが, 連系は残りの 1 回線で保たれることになり, 一般の選択リレーの場合 (図 3.2) と比較すれば, かなり実用的対策であると考えられる。

3.3 電流変化量検出による循環電流対策

平行 2 回線の選択リレーにおいては, 循環電流がある時の外部 1φG で, 一般の場合は 2 回線ともにし断される場合があり, 和電流リレーにより対策を施す場合には, 1 回線のみし断される場合がある。

系統運用上からは, 循環電流の有無にかかわらず外部 1φG で誤し断することは 1 回線のみといえども好ましくない。このような目的で開発されたのが, 電流変化量検出による循環電流対策である。

電流変化量検出方式の原理は, 前記の表 3.1 における 選択地絡

表 3.1 回線選択リレー (地絡用) の入力電流
Input current of balanced relaying.

リレー	入力電流導入方法	P 端入力	Q 端入力
1L 用	1L-2L 電流	$2I_E$	$-2I_E$
2L 用	2L-1L 電流	$-2I_E$	$2I_E$

表 3.2 和電流のリレー入力
Relay summation current of 1L & 2L.

P 端入力	Q 端入力
I_N	$-I_N$

表 3.3 和電流リレーによる効果
Effect of summation current relay.

事故点	回線名	P 端	Q 端
F_1	1L	誤し断	×
	2L	×	×
F_2	1L	×	×
	2L	×	誤し断

×印: 不動作

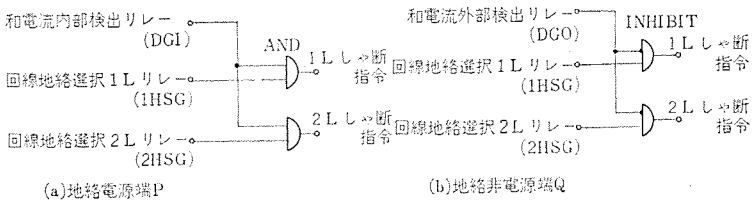


図 3.3 和電流を用いたシーケンス回路
Protective sequence using summation current.

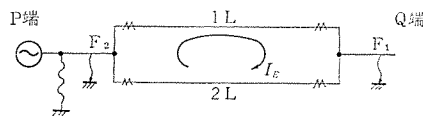


図 3.4 1φG 事故系統
Diagram of ground fault.

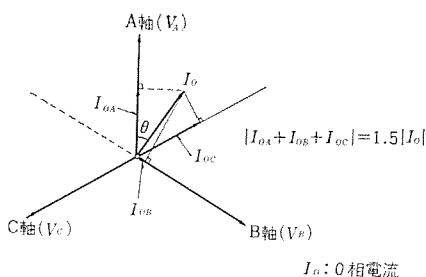


図 3.5 基準軸
Standard axis of vectors

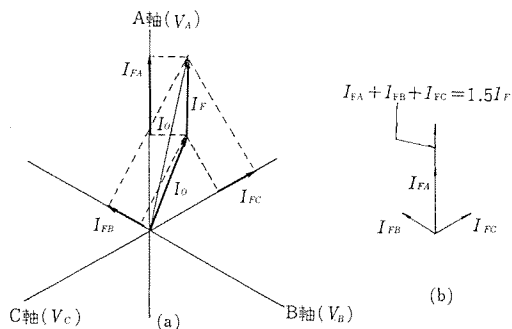


図 3.6 変化分導出のベクトル
Method to get displacement current.

リレーの入力 $2I_E$ と $-2I_E$ が、外部 $1\phi G$ の発生以前から存在していることを利用するものである。すなわち、外部 $1\phi G$ 発生時に $1L$ と $2L$ の差電流のうちから変化量を導出すれば 0 となるので、 $1L \cdot 2L$ とともに選択地絡リレーは不動作である。

図 3.5 は、常時の循環電流を記憶するための基準軸 A, B, C を示す。 $1\phi G$ はどの相に発生するか不明なので、常時の零相電流 I_0 (A 軸より θ おくれとする) を A, B, C の 3 軸に分けて交流的に記憶しておき、事故発生後の零相電流 I'_0 の A, B, C 軸成分と記憶量の差をもって事故電流 I_F と判定させるものである。図 3.5 より次の式が得られる。

$$\left. \begin{aligned} \text{A 軸成分 } I_{0A} &= I_0 \cdot \cos \theta \\ \text{B 軸成分 } I_{0B} &= I_0 \cdot \cos(120^\circ - \theta) \cdot \varepsilon^{-j120^\circ} \\ \text{C 軸成分 } I_{0C} &= I_0 \cdot \cos(60^\circ - \theta) \cdot \varepsilon^{-j90^\circ} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (3.1)$$

三角関数の式

$$\left. \begin{aligned} \cos(\alpha + \beta) &= \cos \alpha \cdot \cos \beta - \sin \alpha \cdot \sin \beta \\ \varepsilon^{j\theta} &= \cos \theta + j \sin \theta \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (3.2)$$

を用いて式 (3.1) を分解して加算すれば次式となる。

$$I_{0A} + I_{0B} + I_{0C} = I_0 \cdot (\cos \theta - j \sin \theta) \cdot 1.5 \dots\dots\dots (3.3)$$

$$\therefore |I_{0A} + I_{0B} + I_{0C}| = 1.5 \times |I_0| \dots\dots\dots (3.4)$$

すなわち、任意の電流 I_0 を A, B, C 軸成分に分解して加算すれば、式 (3.3), (3.4) から判明するように、 I_0 の 1.5 倍の交流電流となる。

循環電流 I_0 、事故後の零相電流、事故にもとづく発生電流、 I_F の関係を図 3.6 に示す。図 3.6 のように変化量を導出する原理回路を図 3.7 に示す。

A 軸成分は、 $1\phi G$ のときも健全時とほぼ同一である EA 電圧のうちから V_{BC} を用いて導出する。入力量 I_0 の A 軸成分は、図 3.7 のように A 軸に対応した直流に変換される。この直流を応答時間のおそいメモリ回路で記憶し、その後電圧 V_A (すなわち V_{BC} を 90° 進めた値) でチョップ回路を制御してく(矩)形波 I_{0A} に変換する。この

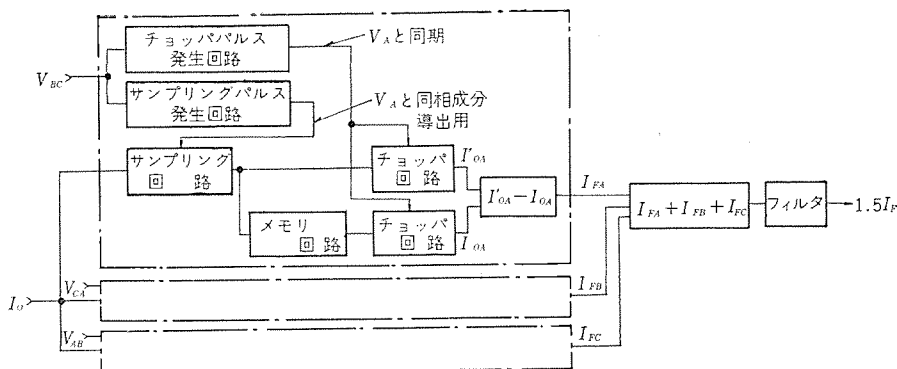


図 3.7 変化分導出の原理回路
Circuit diagram showing the principle to get displacement current.

出力を基本波フィルタを通せば、基本波の交流量として記憶された A 軸成分が得られるが、フィルタがたくさん必要となるので、図 3.7 のようにフィルタは最後に一つだけ設ける。

他方メモリ回路を通さない入力量の直流値を V_A でく形波 I_{0A} に変換し、 I_{0A} と I_{0A} の差 $I_{FA} = I_{0A} - I_{0A}$ をとれば、A 軸上における変化量が交流的に (く形波の差であるが) 導き出されたことになる。同様に B, C 軸の成分 I_{FB} , I_{FC} を導出して 3 軸の出力を加算すれば、 $I_{FA} + I_{FB} + I_{FC}$ は変化量の交流分に相当することになり、出力としてはフィルタにより基本波として取り出す。

回線地絡選択リレーとしては、この零相成分の変化量 $1.5 I_F$ と系統の零相電圧の位相比較を行ない動作・不動作を判定する。このようにして作られた継電器の仕様は、次のとおりである。

- (1) 形名 TRX-1-U 形
- (2) 定格 線間電圧 110 V (三相) 1 A, 50 Hz/60 Hz
制御電圧 DC 110 V
- (3) タップ値 0.1~1 A
- (4) CT 負担 零相 1Ω 以下
- (5) PTVA 正相分 1 VA, 0 相分 2 VA 以下 (110 V 時)
- (6) 動作時間 100 ms
- (7) 循環電流 (リレー入力はこの 2 倍) は整定タップの 5 倍以内に使用する

以上、継電器単体を主に説明したが、トリップ回路としては地絡検出の OVG リレー、短絡優先の UVR リレー等と組合せて使用する。またシケンス的特長としては、交流変化量導出回路を用いることにより接地相検出は不要であり、従来の回線選択リレー盤に前述の TRX-1-U 形リレー (幅 640×高さ 160×奥行 350 mm) を 1 台追加するだけで循環電流対策が可能となる。

4. 表示線保護継電装置における循環電流対策

電流循環式表示線継電装置について循環電流の影響、およびその対策結果について述べる。図 4.1 電流分布図 (a) に示すように循環電流そのものは同一回線両端で見ると、1 端で流入するのに対し

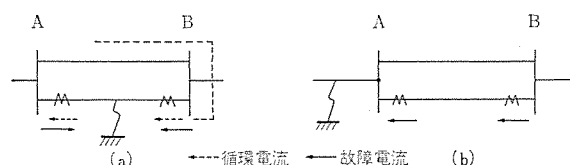


図 4.1 電流分布
Current distribution.

他端では必ず流出の条件となる。したがって(b)のごとく循環電流のない外部貫通事故に相当し、各端でそれぞれ単独に方向継電器にて判定すれば不動作方向となることは明らかである。しかし表示線継電器を用いた場合、通常比率差動特性を備え、両端相互間で電気量の伝送が行なわれるために各端子では両端合成電流が検出され、内部故障では両端合成電流は事故電流に等しく、外部事故では0となるので、原理的に大きな循環電流が存在しても正動作となる。したがって表示線継電器は多回線併架系、循環電流対策としては絶対的有利な条件を備えていることとなる。

2端子系表示線継電器を用いて循環電流の影響を図4.2等価回路にて述べる。インピーダンスをそれぞれ抑制要素 Z_{RC} 、動作要素 Z_{0C} 、表示線 Z_{RP} とし、 $Z_{RC} \ll Z_{0C}$ の条件より Z_{RC} インピーダンスは無視し、 I_A, I_B 電流が流入した場合の電流は下記となる。

$$A \text{ 端抑制電流 } I_A \quad \dots\dots (4.1)$$

$$A \text{ 端動作電流 } I_A \times \frac{2Z_{RP} + Z_{0C}}{2Z_{0C} + 2Z_{RP}} + I_B \times \frac{Z_{0C}}{2Z_{0C} + 2Z_{RP}} \quad \dots (4.2)$$

$$B \text{ 端抑制電流 } I_B \quad \dots\dots (4.3)$$

$$B \text{ 端動作電流 } I_A \times \frac{Z_{0C}}{2Z_{0C} + 2Z_{RP}} + I_B \times \frac{2Z_{RP} + Z_{0C}}{2Z_{0C} + 2Z_{RP}} \quad \dots (4.4)$$

いま、内部故障により両端よりそれぞれ $1/2 I_F$ の故障電流が流入し、さらに図4.2の破線の向きに循環電流 I_C が存在する場合の電流は下記となる。

$$I_A = \frac{1}{2} I_F - I_C, \quad I_B = \frac{1}{2} I_F + I_C \quad \dots\dots (4.5)$$

したがって

$$A \text{ 端抑制電流 } \frac{1}{2} I_F - I_C \quad \dots\dots (4.6)$$

$$A \text{ 端動作電流 } \frac{1}{2} I_F - \frac{Z_{RP}}{Z_{0C} + Z_{RP}} \times I_C \quad \dots\dots (4.7)$$

$$B \text{ 端抑制電流 } \frac{1}{2} I_F + I_C \quad \dots\dots (4.8)$$

$$B \text{ 端動作電流 } \frac{1}{2} I_F + \frac{Z_{RP}}{Z_{0C} + Z_{RP}} \times I_C \quad \dots\dots (4.9)$$

循環電流は、抑制電流としては式(4.6)、(4.8)に示すごとくそのまま影響する。動作電流には式(4.7)、(4.9)に示すごとく $\frac{Z_{RP}}{Z_{0C} + Z_{RP}}$ 倍で影響を受けるため、この値を小さく選ぶことで解決できる。

図4.3の比率差動特性において、 I_A, I_B をそれぞれ図示の右向の方向を正方向とすると、循環電流のない場合の内部事故では故障電流 I_{AF} および $-I_{BF}$ がそれぞれ流入する。したがってその場合の動作域は第3象限F点となる。しかし、いま、循環電流 I_C がある場合(特に I_C 電流を誇張して大きく示している)の内部事故の場合は、同一内部事故電流にもかかわらず、比率差動特性上、第1象限FC点に故障点が移動する。したがって、第2、第3象限のみを動作域とする特性であれば、このような内部事故で誤不動作となる。比率差動特性上、循環電流対策のみの観点からは、第1、第3象限の動作域の狭いことが有利であるが、実際には、これと相反する傾向を必要とするCT誤差対策、および同じリレーを3端子系に使用するための次の比率差動特性を考慮して決定されている。

図4.4 3端子比率差動特性において、3端子系の電源端、非電源端の電流分布を考え、最も条件のきびしい両極端は図示(a)(b)の2ケースとなる。すなわち(a)2端子貫通の時のC端リレーは、電流0となることから抑制電流がなく特性カーブは不動作域が狭くな

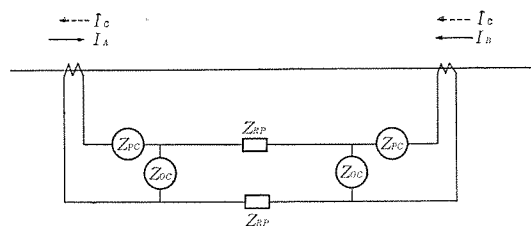


図 4.2 電流循環式等価回路
Equivalent circuit of current circulating pilot-wire relay system.

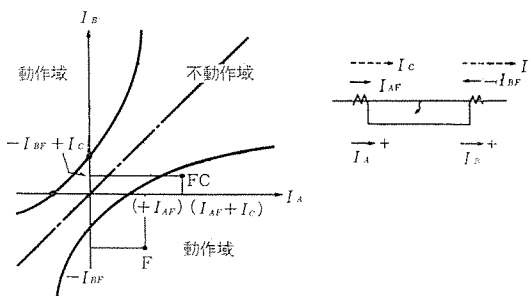


図 4.3 循環電流比率差動特性
Ratio-differential characteristics of circulating current.

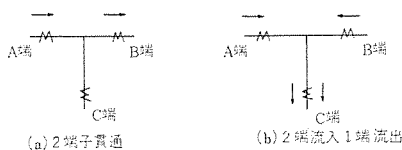
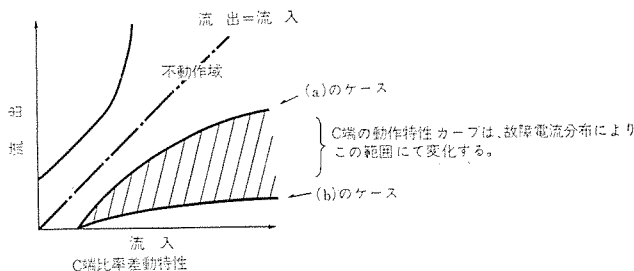


図 4.4 3端子比率差動特性
Ratio-differential characteristics of three terminals.

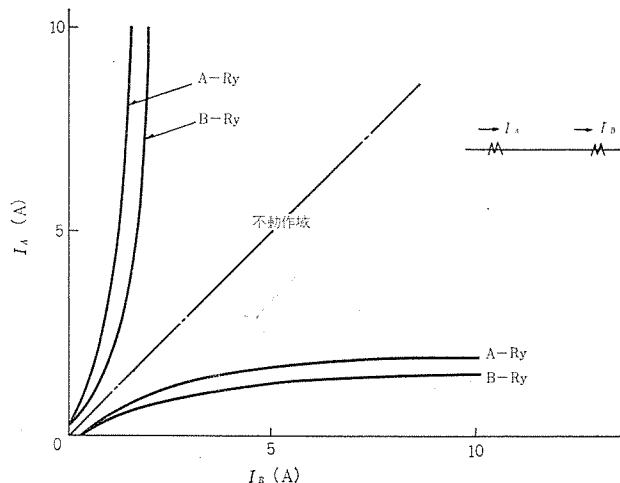


図 4.5 HCB形標準比率差動特性(地絡)
Ratio-differential of standard "HCB" relay.

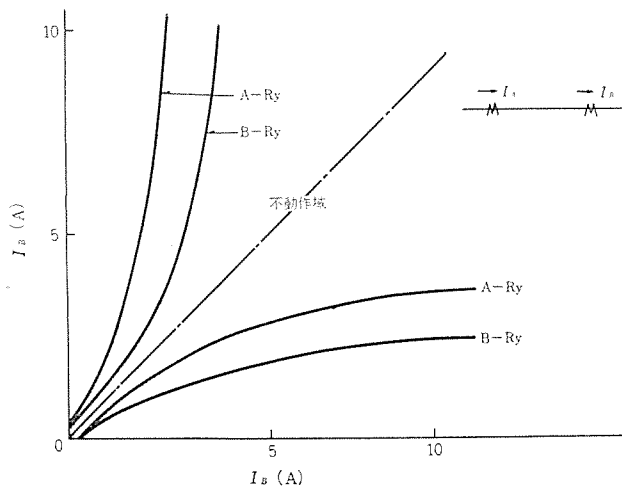


図 4.6 循環電流対策付き HCB 形比率差動特性 (地絡)
Ratio-differential characteristics of "HCB" relay with countermeasure for circulating current.

る傾向にあり、一方、(b) 2 端子流入 1 端子流出の場合は抑制力が大きくなり、不動作域が大きくなる特性を示す。

a) ケース 2 端子貫通 → 差動特性へ

b) ケース 2 端子流入 1 端子流出 → 方向比較特性へ

3 端子比率差動特性では、同じ C 端のリレーでありながら電流分布により特性が異なる傾向を示すこととなる。循環電流対策としては a) ケースの場合は有利な方向になり、b) ケースの場合は相反する方向となる。したがって当社のリレーは、以上の条件をすべて加味して比率差動特性の決定が行なわれている。

図 4.5 に HCB 形の標準比率差動特性を、図 4.6 に循環電流対策付きを施した HCB 形の特性を示す。このリレーは 154 kV 系に納入され実用化されている。

なお、零相循環電流対策 (地絡) について述べたが、この対策を短絡表示線保護リレーに施せば、そのまま流出電流のある内部故障

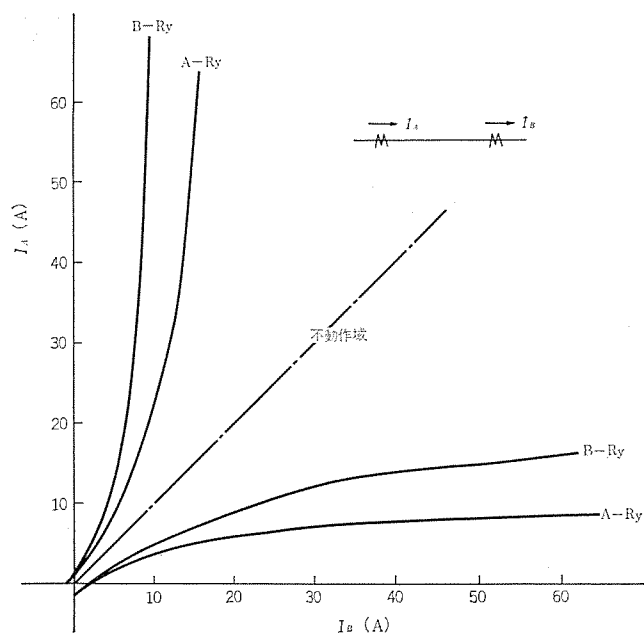


図 4.7 LAWS-3 各相比較形 比率差動特性
Ratio-differential of phase comparison "LAWS-3" pilot relay.

の応動対策と同一になる。したがって図 4.7 に超高压保護に主として使用される LAWS-3 形リレーの特性を示すので参照されたい。

5. む す び

以上の各種装置は、いずれもフィールドで順調に運転されている。これら保護方式上の対策は、用地難・鉄塔の新設等を考えれば、多大な利益をもたらすことは明らかであるので、今後とも改善に努めていく所存である。

終りに、この装置の開発に終始ご指導をいただいた中部電力(株)、東京電力(株)の関係各位に感謝する。

超高压パイロット継電方式の新技术

三上一郎*・北浦孝一**・古谷昭雄*
鈴木健治*・菅井英介*・中村勝己*

The Latest Technique of Ultra-high Voltage Pilot Relay Protection Schemes

Head Office Ichirō MIKAMI

Kobe Works Kōichi KITAURA・Akio FURUYA

Kenji SUZUKI・Hidesuke SUGAI・Katsumi NAKAMURA

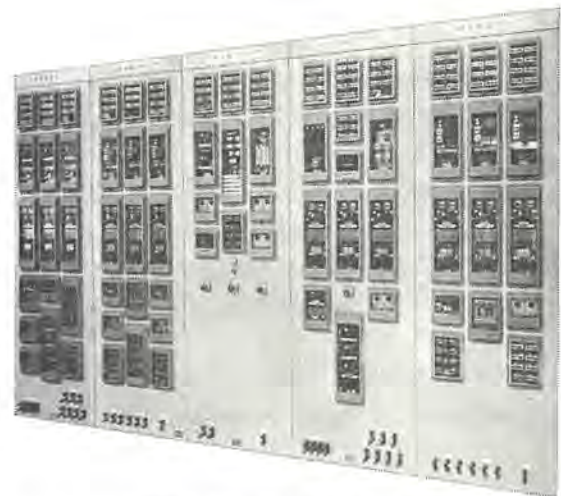
Demand for electric power has been increasing enormously of late. In line with the trend long distance transmission lines with heavy loads on them have come into being. The systems have become complicated calling for multi terminals, the power cables lines have been made use of protective measures have come in necessity against excessive safety, and high speed operation is required in every respect. As a result, the reliability of protective equipment is to be elevated, making it inevitable to improve detective ability for complicated faults. This article discusses this subject tries to arrange the problems in proper shape, and describes the countermeasures for the drawback.

1. ま え が き

電力需要の急増に対処して、500 kV 送電の準備が進められているが、従来の超高压系統も含めて、送電容量の増加が行なわれつつある。このため長距離・重負荷送電線の出現、系統の複雑化、過渡安定度の低下等が発生し、従来の系統保護技術のままでは、誤動作・誤不動作となる系統が出てきた。また系統容量の増加に伴って、保護リレーの系統へ与える影響も拡大し、保護リレー自身の信頼度向上以外に、複雑事故等に対する保護方式上の信頼度向上も必要となってきた。当社は、これら系統保護上の新しい問題点とその対策について、各種の製品・試作品の模擬送電線による試験を通して検討してきたので以下紹介する。

2. 超高压系統用各種保護方式の比較と適用

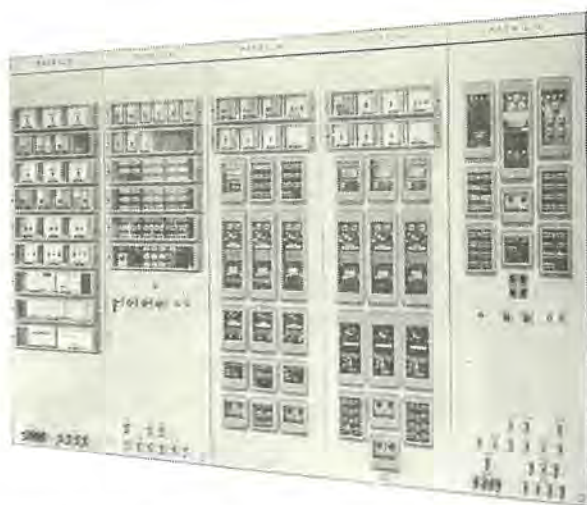
現在、超高压以上の系統で計画、実用化されている送電線の保護方式には、表 2.1 のように各種の方式がある。各相 FM 波形伝送方式は、現在フィールドテスト中で実用化はされていないが、特殊系統



(甲系列 左3面, 乙系列 右2面)
図 2.1 275 kV 用方向比較搬送保護継電装置
275 kV directional comparison carrier protective relaying scheme. (A=lefthand 3 panels, B=right hand 2 panels).

表 2.1 各種方式の比較 Comparison of carrier protective relaying methods.

方 式	構 成		信 号 数 (1 sect 当り)	性 能		特殊系統への適用			特 長
	メカ・トラの区別	盤 面 数		スピード c/s	多重事故	3端子系	ケーブル系	直コン系	
方 向 比 較	メカ	3 (後備付)	電報, マイクロ 1	3	△	△	△	×	信号数が1本でよい
位 相 比 較	各相位相比較	トラ	1	マイクロ 3	1.5	○	×	×	スピードが早い 構成が簡単
	方向制御 各相位相比較	トラ	2 (後備付)	マイクロ 3	2	△	×	×	誤動作率が小さい
	各相位相比較 + 方向比較	トラ	3 (後備付)	マイクロ 4	1.5	△	×	×	誤動作率が小さい スピードが早い 信号数が一番多い
	方向制御 標本量位相比較 (正相→逆相)	トラ	2 (後備付)	電報, マイクロ 1	2	シリーズトリップ のケースあり	×	×	信号数が1本でよい 切換が必要
電 流 差 動	各 相 パイロットワイヤ	メカ	3 (後備付)	ワイヤ 3	3	○	○	×	方式上信頼度が高い
	各 相 FM 波形伝送	トラ	1	マイクロ 3	1.5	○	○	○	適用範囲が広い



(主保護方向制御位相比較 左2面, 後備保護方向比較右3面)
 図 2.2 275 kV 用方向制御各相位比較搬送保護継電装置
 275 kV directional control and phase comparison carrier
 protective relaying scheme.



(主保護中央面, 後備保護甲左1面, 後備保護乙右1面)
 図 2.3 275 kV 各相表示線保護継電装置
 275 kV pilot wire relaying scheme

への適用範囲が広いため、そのテスト結果が期待されている。

その他各方式はいずれも実用化されているもので、各電力会社の方針によって方式が決定されている。これら実用化されているものを比較すると、スピードの点では各相位相比較、各相位相比較+方向比較、多重事故に対しては方向リレーのない各相位相比較、パイロットワイヤリレーがすぐれている。また3端子系、ケーブル系への適用はパイロットワイヤが、直列コンデンサ補償系へは各相位相比較がすぐれている。位相比較の方向制御、方向比較ストップは、いずれも誤動防止のためのもので、系統保護上、誤動作防止に重点が置かれるとき使用される。その他、長距離・大容量送電・片端電源系統における問題は、各方式ごとに検討していく必要がある。

図 2.1 に方向比較、図 2.2 に方向制御各相位相比較、方向比較、図 2.3 に各相パイロットワイヤリレーを示す。

3. 超高圧系統保護における基本的問題点とその対策

3.1 長距離、重負荷送電線

(1) ブラインダリレー

故障検出リレーとして使用していたモー特性の距離継電器は、長

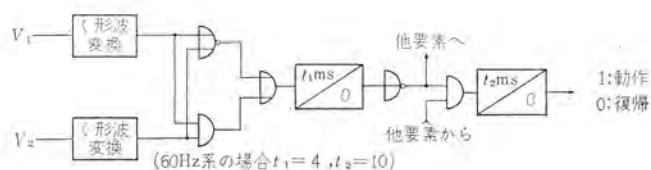


図 3.1 直接連続位相比較回路
 Phase comparison circuit (time measuring and
 continuous detecting).

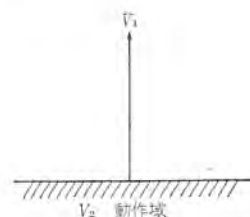


図 3.2 直接連続位相比較回路の位相特性
 Phase characteristic of phase comparison circuit.

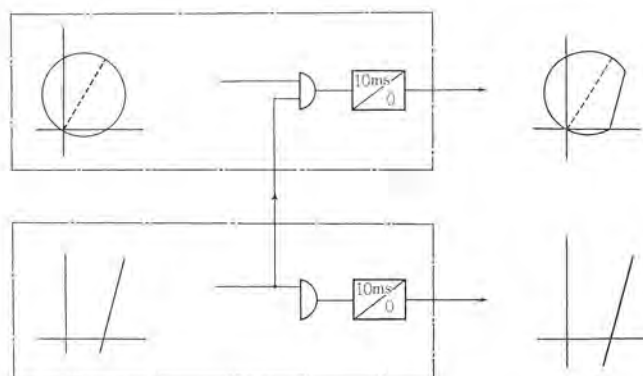


図 3.3 距離継電器の複合特性構成法
 Construction of compound characteristic of distance relay.

距離、重負荷送電線に対しては、整定を大きくする必要があるためますます潮流で動作してしまう。このため潮流に反応しない ブラインダリレーを併用して、モーリレー・ブラインダリレーともに動作を条件に故障検出を行っていたが、長距離、重負荷送電線系統が増加するにつれ、過渡安定度が低下してきたため高速度故障検出が必要となってきた。しかし、モーリレーが常時潮流で動作している状態から、背後事故が発生した場合

モーリレーの復帰時間<ブラインダリレーの動作時間

さらに背後事故が除去されて、元に戻る場合

ブラインダリレーの復帰時間<モーリレーの動作時間

等の時間協調が必要となるが、内部故障検出の高速度のためには、動作時間を短くする必要がある。したがって、復帰時間はさらに短くする必要がある。従来のリレーは、通常、直接位相比較回路を使用していたため、上記条件を満足させることが困難であった。

そこで図 3.1 に示すような従来の直接位相比較の動作側の信号を抑制側に使用し、抑制信号がないことを一定時間 (t_2) 判定した後、動作信号を得る回路を用いることによって、動作スピードを遅くしないで、時間協調が原理的に不要な高速度複合特性を得ることができた。この回路の位相特性は、図 3.2 のように V_1 と V_2 が逆極性のとき動作となる。すなわち図 3.3 のように抑制信号の状態、モーとブラインダの信号を結合し、両抑制信号がともになくなったことを判定すれば、モーおよびブラインダの複合特性が得られ、上記問題を解決することができた。

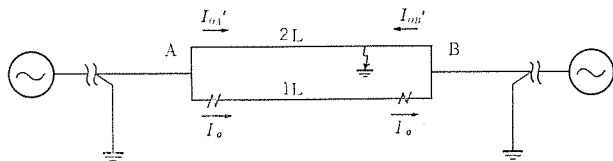


図 3.4 ブラインダの零相補償
Zero phase compensation of blinder.

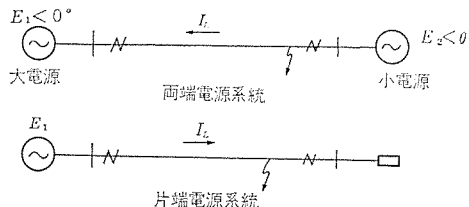


図 3.5 内部事故時流出電流の発生する系統
Current flow-in system in case of internal fault.

表 3.1 内部事故時の流出電流
Outflow current in case of internal fault.

系統条件	故障種類	相電流		正相電流		ベクトル図
		θ	I_1/I_{1F}	θ	I_1/I_{1F}	
$1 < 60^\circ$ I_L $1 < 0^\circ$	1φG (a)	60°	1	120°	1	
	2φS (bc)	65°	1.67	96°	1	
	2φG (bc)	60°	1	84°	1	
1 I_L $\sqrt{3} \times$ 0.5 I_a I_b	2φS (bc)	155°	4.5	140°	2.65	

さらにブラインダリレーを方向制御、方向比較等の方向検出要素としてモリレーと組み合わせて使用する場合は、内部検出リレーと外部検出リレーの動作域の協調をとるため、地絡ブラインダリレーについては、他回線零相電流補償をうけることができない。すなわち図 3.4 のように、2L の事故時に 1LA 端内部検出リレーの入力は、

$$I_a + k3I_0 + k'3I_{0A}$$

1LB 端リレーの外部検出リレーの入力は

$$I_a + k3I_0 - k'3I_{0B}$$

となり、外部検出リレーのほうがアンダーチとなって、外部事故で誤動作となる故障点が発生する。また、自回線零相電流補償についても 1 回線単相再閉路中に、健全回線の潮流の増加の他に見かけ上の零相電流の増加もあるため、重潮流の場合には健全回線のブラインダリレーが誤動作しないように、自回線電流補償度と整定を検討してお

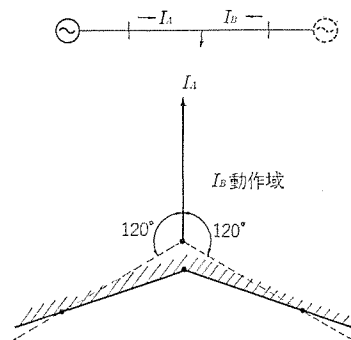


図 3.6 位相比較リレー位相特性
Phase characteristic of phase comparison relay.

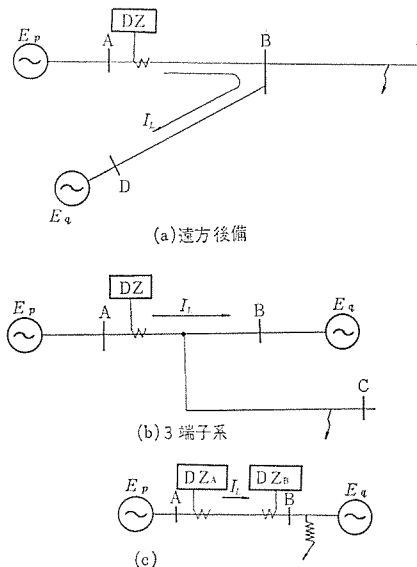


図 3.7 分流効果の発生する系統
System with branch effect.

く必要がある。

(2) 故障電流の低下

送電線の長距離化に伴って、特に 1 線地絡電流が低下し、従来の感度 (5A 以上で測距誤差 ± 5%) の距離継電器では保護不能となってきた。このため、く (矩) 形波変換回路を高感度化し、CT・PT の VA を極度に増加させることなく、0.7A で -10% の測距性能を得ることができた。

(3) 内部事故時の流出電流

重潮流系統になると、内部 1φG、2φG、2φS 事故時、両端の電流の位相が流出位相となり、位相比較は動作しにくくなってきた。これは図 3.5 のように両端電源系統の場合も、片端電源の場合も検討する必要があり、重潮流モデル系統について両端の相電流と正相電流を計算すると、位相差と大きさの比は表 3.1 のようになる。相電流については、片端電源の 2φS のときの位相差が大きくほぼ流出位相となり、両端電源のときは両端電源の内部位相差程度となる。正相電流については、片端電源の 2φS では相電流の場合と同程度の流出位相となり、両端電源の場合は、2φG、2φS、1φG の順で流出しやすくなる。2φS、2φG については進み相側のほうが流出しやすいので、進み相側の値を示した。

このため、位相比較リレーの位相特性を図 3.6 のようにオフセットして、流出位相の電流でも動作できるようにするとともに、無電流でも動作できるようにした。

なお表 3.1 から明らかなように、相電流位相比較のほうが正相

電流位相比較より潮流の影響は少なく、さらに1φG, 2φS, 2φGについては、逆相電流位相比較を行えば潮流の影響はまったくなくなる。

(4) 分流効果

共通インピーダンスに異なった電源から電流が供給されるとき、一方の電源からこの共通インピーダンスを見た場合、他の電源の大きさや位相によって、インピーダンスの大きさと角度が変化する。具体的には、図3.7(a)に示すように E_p から E_q へ潮流を送っているとき、B-C間の故障に対して遠方後備保護を行なう場合、B-C間のインピーダンスが変化して、A端にて検出するのが不可能になる。また図3.7(b)のような3端子系においても、A端からB端へ重潮流を送っている場合、C端近くの故障をA端から検出しにくくなる。さらに図3.7(c)のようにB端近くの外部アーク故障で、アーク抵抗のインピーダンスが、 E_q 電源の影響を受けてA端の DZ_A 1段がオーバーレシしたり、B端のA端方向のリレーが誤動作したりする。これらの現象は、いずれも従来からあったものであるが、潮流の増加によってその傾向が激しくなってきた。

この分流効果を図3.8の2端電源について、リレー設置点から Z_L を見たインピーダンスは、

$$Z = nZ_P + Z_L + Z_L \frac{-K_L(1-k\angle\theta) + K_P k\angle\theta}{K_L(1-k\angle\theta) + 1} \quad (3.1)$$

ただし、

$$\frac{E_q}{E_p} = k\angle\theta, \quad \frac{Z_L}{Z_q} = K_L, \quad \frac{Z_P}{Z_q} = K_P$$

となる。さらに、 $K_L = K_P = k=1$ とすれば、

$$Z = nZ_P + Z_L + Z_L \frac{2\angle\theta - 1}{2 - \angle\theta} \quad (3.2)$$

となり、図3.9のようになる。 K_P が1より大きくなると、図3.9の円の直径が大きくなるとともに、 $E_p \sim E_q$ 間の潮流が大きくなると θ が大きくなると、 Z_L の見かけ上のインピーダンスの大きさ、位相とも変化する。

さらに、アーク故障について図3.10から、 DZ_A リレーの見るインピーダンスを求めると、式(3.1)において、

$$Z_L = R, \quad K_L = \frac{R}{Z_q} \neq 0$$

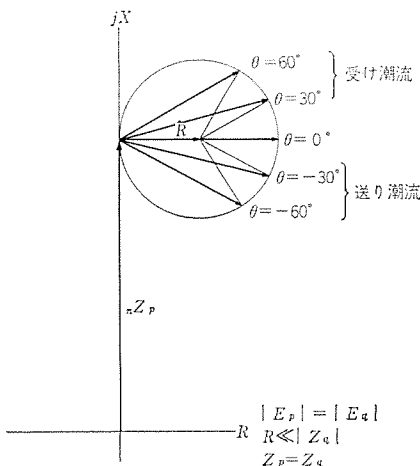


図 3.11 距離継電器 DZ_A の見るアーク抵抗インピーダンス
Arc impedance for DZ_A distance relay.

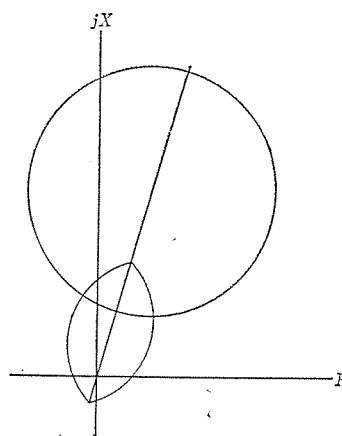


図 3.12 遠方後備保護用距離継電器の位相特性
Phase characteristic of distance relay for a long way back-up protection.

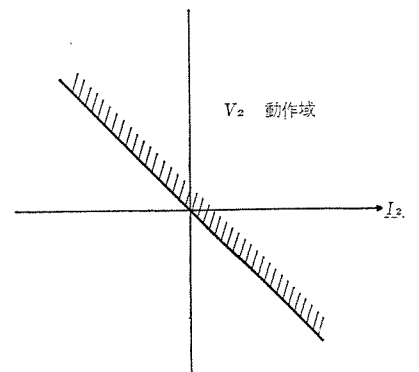


図 3.13 逆相方向継電器の位相特性
Phase characteristic of negative phase-sequence directional relay.

とおくと、

$$Z = nZ_P + R + RK_P k\angle\theta \quad (3.3)$$

となり、 $K_P = k=1$ とすれば、

$$Z = nZ_P + R + R\angle\theta \quad (3.4)$$

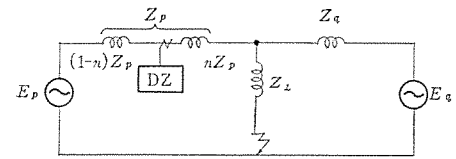


図 3.8 3端子系の等価回路
Equivalent circuit of three terminal system.

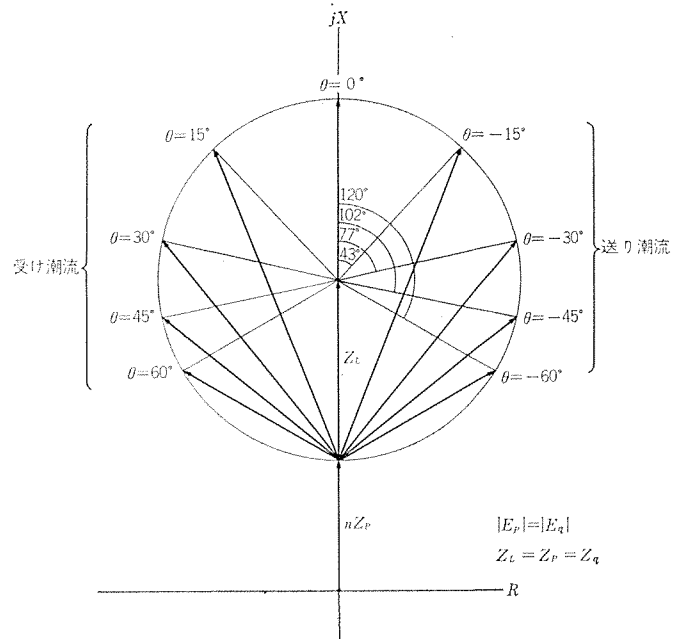


図 3.9 距離継電器の見る3端子系の故障インピーダンス
Fault impedance for distance relay in three terminal system.

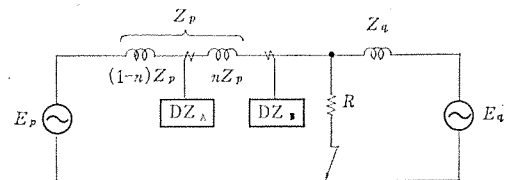


図 3.10 アーク抵抗故障の等価回路
Equivalent circuit in case of arc fault.

となる。これは図 3. 11 のようになり、受け潮流の場合は誘導性に、送り潮流の場合は容量性のインピーダンスとなる。

これらの問題点の対策として、遠方後備保護に対しては図 3. 12 に示すような、レンジ特性とオフセットモーリレーの組み合わせによって常時の潮流で応動しない、図 3. 9 のように見える遠方の故障インピーダンスを検出できるようにした。さらに、逆相電圧、逆相電流を利用して、1φG・2φS・2φGの故障方向を検出する図 3. 13 のような逆相方向リレーや、逆相リアクタンスを測定できる図 3. 14 のような逆相リアクタンスリレーを開発中である。これらはいずれも正相電流を使用しないので、原理的に潮流の影響を受けないものである。

(5) 正相位比較リレーへの影響

常時監視の適用、多重事故検出能力の増大のため、標本量位比較方式として、1φG のときだけ逆相位比較、2線以上の故障時および常時正相位比較方式が採用されつつあるが、2線以上の故障における両端正相電流の位相差は、表 3. 1 から明らかなように片端電源における2φSが一番大きい。この場合の潮流の大きさによる影響を表 3. 2 のモデル系統について検討すると、

$$I_{1A} = \frac{R - j(2X + \frac{R^2}{X})}{2(X^2 + R^2)} \quad (3.5)$$

$$I_{1B} = \frac{-R + jX}{2(X^2 + R^2)} \quad (3.6)$$

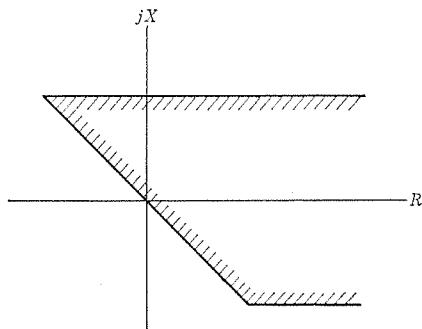


図 3. 14 逆相リアクタンス継電器の位相特性
Phase characteristic of negative phase-sequence reactance relay.

表 3. 2 2φSにおける正相位比較の潮流と流出電流の関係
Relation between load current and flowout current in case of two phase short circuit.

R	I_{R0S}/I_L	θ	$ I_{1A} / I_{1B} $
$\sqrt{3}X$	2	140°	2.65
$3X$	3.3	124°	3.6
$4X$	4.1	116°	4.5
$5X$	5.1	111°	5.3

$$\theta = 180^\circ - \tan^{-1} \frac{XR + \frac{R^3}{X}}{2(X^2 + R^2)} \quad (3.7)$$

となり、潮流の大きさ I_L と内部3φS電流 $I_{F3\phi S}$ の比

$$\frac{I_{F3\phi S}}{I_L} = \sqrt{1 + \left(\frac{R}{X}\right)^2} \quad (3.8)$$

に対する θ と $|I_{1A}|/|I_{1B}|$ を求めると表 3. 2 のようになり、 I_L が大きくなるにつれ、流出電流が増加する。

従来、正相位比較は上記問題のため3φS以外には使用できなかったが、図 3. 6 に示したレベル切り位相比較リレーを使用することによって、2φSへの適用限界が増加し、上記正相位比較の長所を生かすことができるようになった。

3. 2 高速化

(1) 系統故障電流の直流分対策

過渡安定度の向上のため、特に500kV送電線ではリレーの高速化を要求されているが、系統の時定数が大きくなってきたため、故障電流中に発生する直流分の影響が大きくなってきた。特に高速化のために、位相比較リレー・距離リレーとも、故障電流の基本波成分の半波によって判断を行なう必要があるため、直流分を除去する必要がある。

このため、電流入力はすべてDC分除去フィルタを通してから各種

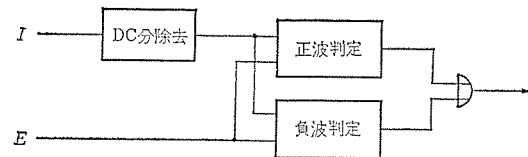


図 3. 15 高速度距離継電器の構成
Construction of high speed distance relay.

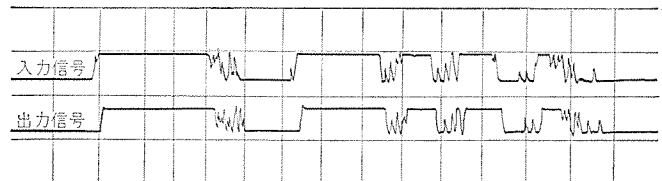


図 3. 16 伝送遅延補償回路の追従性能 オシロ (遅延時間 1.6 ms)
Oscillogram of following ability of transmission delaying compensative circuit (Time delay=1.6 ms).

表 3. 3 正相非電源系統の2φS・2φGの等価回路とベクトル図
Equivalent circuit and two vector diagram in case of two phase short circuit and two phase ground.

系統図	等価回路	ベクトル図

の判定を行なうようにした。たとえば距離継電器の場合、図 3. 15 のように電流入力側に キャップ付きトランスを使用して、モー・ブライнда・リアクタンスリレーを構成した。

(2) 位相比較リレーの伝送遅延補償回路

位相比較リレーを高速度化する場合、故障発生時の位相急変を忠実に相手端へ伝送しないと誤動作のおそれがある。

このためデジタル式伝送遅延回路を使用して、分解能 2° 程度の忠実性をもって伝送させることができ、あらゆる位相の急変があっても、絶対誤動作しない位相比較リレーを構成できた。図 3. 16 にデジタル遅延回路の入出力特性を示す。

3. 3 正相非電源系統

(1) $2\phi S \cdot 2\phi G$ に対する地絡距離リレーの応動

表 3. 3 の系統図に示すような片端電源において、 $2\phi S \cdot 2\phi G$ が発生したときの正相非電源側に設置された距離リレーの応動を検討すると、表 3. 3 のベクトル図に示すように、故障相電流が同相となり、電圧も a, b, c 相が 1 直線になる。一般に地絡距離リレーは、b 相については、

$$V_1 = E_b - ZI_b \quad (Z \text{ のインピーダンス角} = 60^\circ)$$

$$V_2 = E_{ab}$$

の位相を判別し、 V_1 が V_2 より遅れたとき動作という判定を行なっているため、表 3. 3 のような電圧に対しては、 I_b 、 I_c が斜線領域に入ったとき、それぞれ b 相の外部方向リレー、c 相の内部方向リレーが動作となる。 $2\phi S$ の I_b 、 I_c は負荷電流の $1/2$ の大きさであるが、 $2\phi G$ の I_b 、 I_c は負荷電流の約 $1/3$ 程度と背後の零相インピーダンスで決まる零相電流とを合成したものである。したがって $2\phi G$ の

表 3. 4 正相非電源系統の問題点
Problems of system with positive-phase-sequence power source one-sided.

系統図	内部方向性要素電流の符号 (+は外部方向性電流、-は内部方向性電流)				問題点		
	A端		B端		方向比較	地絡距離1段	方向制御
	b相	c相	b相	c相			
	○	×	×	○	両端とも内部判定して誤動作する	A端b相はリアクタンス要素も動作してb相1段誤動作する	3相一括の場合方向制御の効果なく位相比較単独となる
	○	○	×	○	—	—	各相別制御の場合B端b相が外部検出してトリップ不能となる

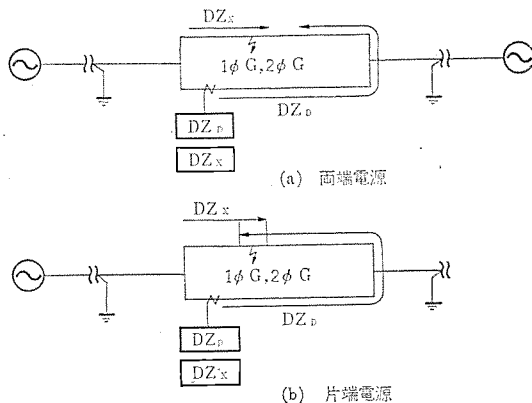


図 3. 17 地絡距離継電器の他回線補償
Compensation of ground fault distance relay for another circuit.

場合は、負荷電流がなくても上記のような動作となる。

この結果、表 3. 4 に示すように故障点が保護区間の電源側背後の場合と、保護区間内の場合とで A 端、B 端の地絡距離リレーの動作が表のようになり、影響の現われ方が違ってくる。すなわち電源側背後事故の場合、方向比較は内部優先となっているため誤動作、地絡距離 1 段が誤動作、3 相一括方向制御は誤動作して位相比較が許容される。内部事故の場合は、各相方向制御に対して、進み相側が外部検出するため誤不動作となる。

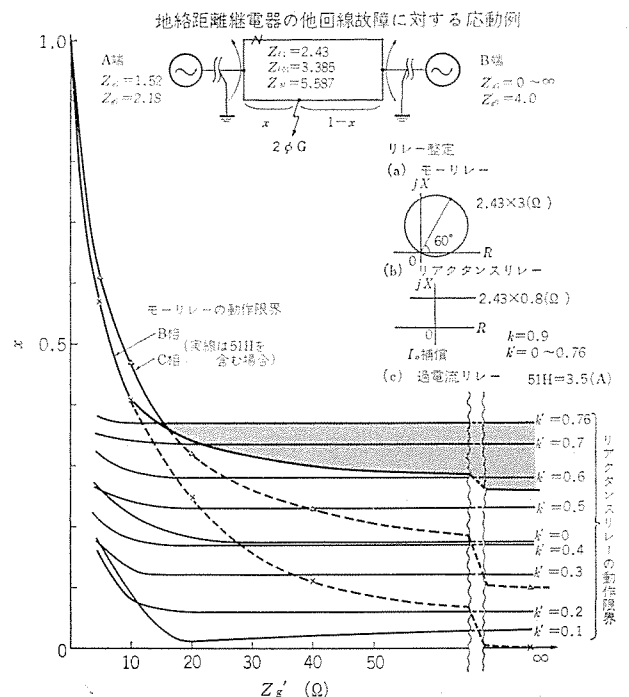
これらの対策として、地絡距離リレーの各相ごとに相電流ストッパを設けて、上記 I_b 、 I_c では動作しないようにする方法もあるが、地絡距離リレーの電流感度をかなり悪くすることになる。そこで I_b と I_c が同相であることに着目して、 $(I_b - I_c)$ の過電流ストッパを b 相の地絡リレーに設ける方法、遅れ相の相電圧低下で進み相の地絡リレーをロックする方法、遅れ相の外部検出リレーで進み相の内部検出リレーをロックする方法等によって、地絡距離リレーの誤判定を防止することができた。

(2) 他回線事故に対する地絡距離リレーの応動

回線間相互インピーダンスによるアンダーリチの防止のため、地絡リアクタンスリレーには通常他回線零相補償をかけている。このため、他回線近端の $1\phi G \cdot 2\phi G$ によって自回線の地絡リアクタンスリレーが動作するが、図 3. 17 (a) のように両端電源の場合は、地絡方向要素 DZ_D の動作域とリアクタンス要素 DZ_X の動作域とが重なる点がないため問題はない。しかし図 3. 17 (b) のように相手端の正相電源がなくなると、 DZ_D の動作域が広くなり、 DZ_X と重なる地点が発生し、この点の $1\phi G \cdot 2\phi G$ で自回線が誤動作してしまう。

これを防止するためには、自回線内の $1\phi G \cdot 2\phi G$ のアンダーリチを許容して、他回線の零相補償を小さくする必要がある。また、 DZ_D に相電流ストッパを設けて DZ_D の他回線動作域を小さくすることもできるが、検出電流感度が低下する。表 3. 5 に相手端背後正相インピーダンスに対する DZ_D と DZ_X の動作域の変化の一例を示す。

表 3. 5 片端電源系統における最適な他回線零相補償度
Most suitable zero phase sequence compensation in another circuit in single source system.



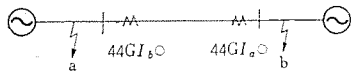


図 3.18 外部～外部の多重事故
Multi-fault, external～external.

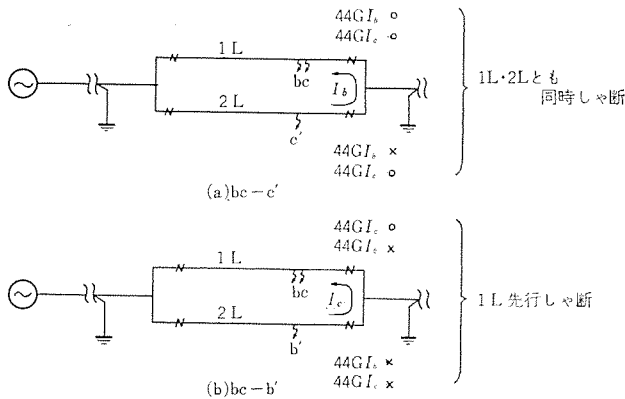


図 3.19 両回線多重事故 (2線故障)
Multi-faults extending over both circuits (two-phases).

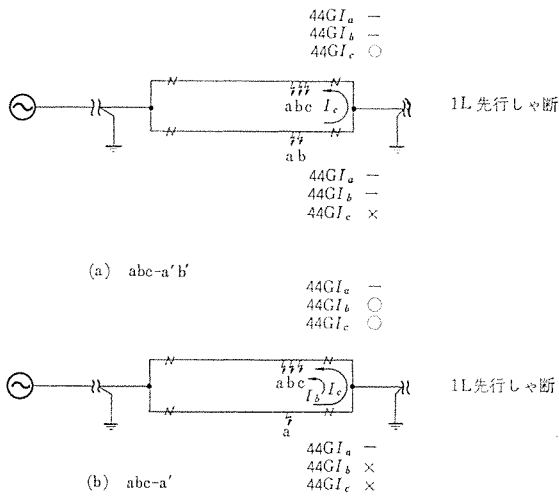


図 3.20 両回線多重事故 (3線故障)
Multi-faults extending over both circuits (three phases).

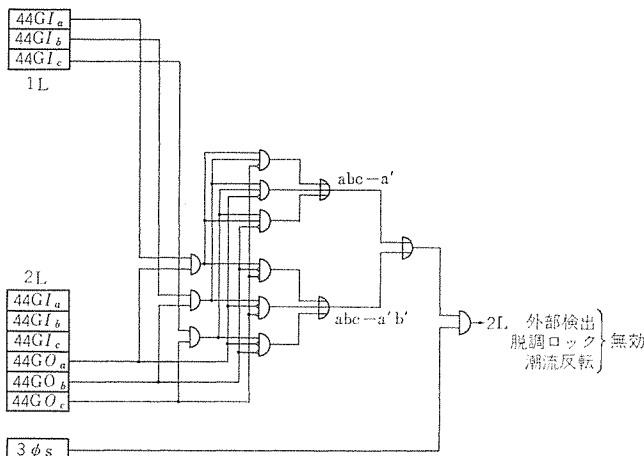


図 3.21 方向比較における3線にまたがる多重事故対策
Multi-fault countermeasure of directional comparison method (extending over three phases).

Z_g' が ∞ のときは, DZ_x の k' は 0.5 以下にする必要があることがわかる。

3.4 多重事故

(1) 方向比較

方向比較は, 図 3.18 のような外部～外部の多重事故には誤動作

表 3.6 標本量位相比較の多重事故に対する応動
Operation of sampling phase comparison method in case of multi-faults.

故障	回線	$I_{1A} \sim I_{2B}$	$I_{1A} \sim I_{2B}$	$I_{1A} \sim I_{2B}$
1L	1L	$\begin{matrix} \circ & \times \\ I_{1A} & I_{2B} \end{matrix}$	$\begin{matrix} \circ & \times \\ I_{1A} & I_{2B} \end{matrix}$	$\begin{matrix} \circ & \times \\ I_{1A} & I_{2B} \end{matrix}$
	2L	$\begin{matrix} \times & \circ \\ I_{1A} & I_{2B} \end{matrix}$	$\begin{matrix} \times & \circ \\ I_{1A} & I_{2B} \end{matrix}$	$\begin{matrix} \times & \circ \\ I_{1A} & I_{2B} \end{matrix}$
	1L	$\begin{matrix} \circ & \times \\ I_{1A} & I_{2B} \end{matrix}$	$\begin{matrix} \circ & \times \\ I_{1A} & I_{2B} \end{matrix}$	$\begin{matrix} \circ & \times \\ I_{1A} & I_{2B} \end{matrix}$
	2L	$\begin{matrix} \times & \circ \\ I_{1A} & I_{2B} \end{matrix}$	$\begin{matrix} \times & \circ \\ I_{1A} & I_{2B} \end{matrix}$	$\begin{matrix} \times & \circ \\ I_{1A} & I_{2B} \end{matrix}$
2L	1L	$\begin{matrix} \circ & \times \\ I_{1A} & I_{2B} \end{matrix}$	$\begin{matrix} \circ & \times \\ I_{1A} & I_{2B} \end{matrix}$	$\begin{matrix} \circ & \times \\ I_{1A} & I_{2B} \end{matrix}$
	2L	$\begin{matrix} \times & \circ \\ I_{1A} & I_{2B} \end{matrix}$	$\begin{matrix} \times & \circ \\ I_{1A} & I_{2B} \end{matrix}$	$\begin{matrix} \times & \circ \\ I_{1A} & I_{2B} \end{matrix}$
	1L	$\begin{matrix} \circ & \times \\ I_{1A} & I_{2B} \end{matrix}$	$\begin{matrix} \circ & \times \\ I_{1A} & I_{2B} \end{matrix}$	$\begin{matrix} \circ & \times \\ I_{1A} & I_{2B} \end{matrix}$
	2L	$\begin{matrix} \times & \circ \\ I_{1A} & I_{2B} \end{matrix}$	$\begin{matrix} \times & \circ \\ I_{1A} & I_{2B} \end{matrix}$	$\begin{matrix} \times & \circ \\ I_{1A} & I_{2B} \end{matrix}$

する。これは, 3 相一括して方向比較を行なっていることと, 内部事故時誤不動作がないように内部優先を行なっているため原理上避けられない。

一端が正相非電源系統における非電源端近くの多重事故では, 電源端からの回り込み電流と非電源端からの零相電流の影響で, シー・ストリップとなるケースがある。すなわち図 3.19 に 2 相またがる両回線多重事故を示すが, (a) bc-c' のケースは, 2L b 相が電源端から 1L への回り込み電流で外部検出するが, 2L c 相は表 3.4 の内部事故時の B 端 c 相リレーと同様に内部検出するので, 両回線同時しゃ断が可能である。しかし (b) bc-b' のケースは, 2L c 相は回り込み電流で外部検出, 2L b 相は表 3.4 の内部事故時の B 端 b 相リレーと同様に外部検出して, 2 相とも外部検出してしまうためシー・ストリップとなる。また図 3.20 に 3 相にまたがる両回線多重事故を示すが, (a) のケースは c 相が回り込み, (b) のケースは b 相・c 相の 2 相が回り込んでいずれもシー・ストリップとなる。

これらの対策の一例として, 3 線にまたがる多重事故の対策を図 3.21 に示す。これは 3 線故障時, 2L から 1L へ回り込む電流が 1 相または 2 相あって, 他の相の外部検出リレーが動作していないとき 2L には故障が発生していると判断して, トリップさせようとするものである。

(2) 位相比較

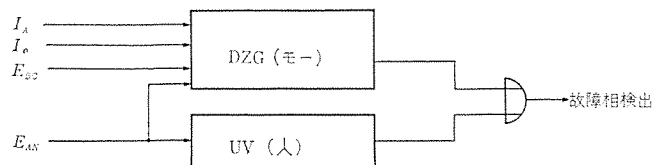
各相位相比較は, 原理的に多重事故に対して 100 % の保護能力を持っている。

標本量位相比較の場合, その方式によって多重事故の検出能力が異なってくる。標本量として

- (a) $I_1 + kI_0$ 比較
- (b) I_2 比較, 3 ϕ S 時 I_1 比較
- (c) I_1 比較, 1 ϕ G 時 I_2 比較

について比較検討すると, 片端非電源系統で, 非電源端近点の 3 線にまたがる多重事故に対して著しい差が発生する。すなわち, 電源

端側の電流成分は I_1 が主体となり、(b)方式では電源端のリレーは $3\phi S$ と判断して I_1 比較となる。このため各方式を比較すると、表 3.6 のように×印の回線が動作不能となる。この表から明らかなように、(a)、(b)方式では、bc-a, abc-ab, abc-ca, abc-a で 2L 側が先行しゃ断となつて、故障相数の多い回線のトリップが遅れるとともに ab-bc, bc-ac, ca-ab では、いずれかの回線が先行しゃ断となつて他の回線がシリーストリップとなる。しかし(c)方式では、故障相数の多い回線が先行しゃ断するとともに、3相にまたがる2相-2相の故障では非電源対策によって両回線同時しゃ断することができる。したがって(c)方式は(a)、(b)方式より多重事故に対して



(A相リレーの入力を示す)

図 3.22 故障相検出継電器
Fault phase detection relay.

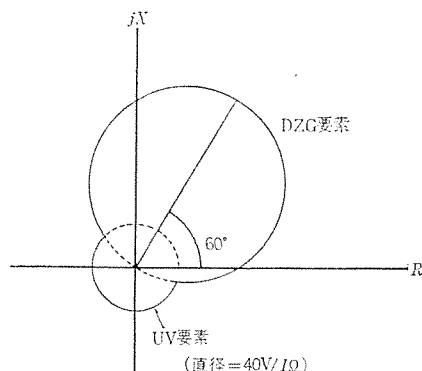


図 3.23 故障相検出継電器の位相特性
Phase characteristic of fault phase detection relay.

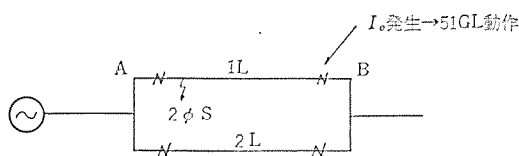
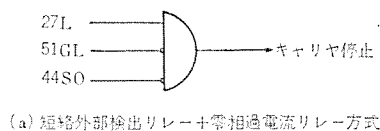
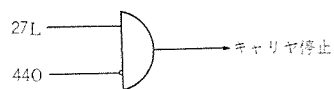


図 3.24 短絡非電源トリップ不能のケース
Case of impossible tripping at one-side zero phase-sequence power source.



(a) 短絡外部検出リレー+零相過電流リレー方式



(b) 短絡・地絡共用外部検出リレー方式

図 3.25 短絡非電源 キャリア 停止条件
Carrier signal stopping condition on system with one-side zero phase-sequence power source.

すぐれている。

3.5 不完全故障

(1) 故障相検出方式

単相、3相再閉路の区別を判定する故障相検出リレーに要求される性能は、保護区間内の $1\phi G$ に対して故障相のみ動作し健全相は絶対動作しないこと、保護区間内の $2\phi S \cdot 2\phi G \cdot 3\phi S$ に対して故障相は必ず動作すること、至近端事故でも上記動作は連続すること等が必要である。これらの要求を満足する方法として、図 3.22 のように、インピーダンス測定要素 DZG と不足電圧要素 UV とを組み合わせた。DZG の動作式は、A 相については、

$$V_1 = E_{AN} - Z(I_A + I_0)$$

$$V_2 = E_{BC}$$

の位相比較によるモ-特性で、UV は E_{AN} の電圧低下を検出するもので、総合特性は図 3.23 のような原点を動作域に含んだ特性となる。DZG 要素、従来方式にくらべ、 $2\phi S \cdot 2\phi G$ に対する故障検出能力を向上するとともに、UV 要素は至近端事故に対する DZG 要素の欠点を補うためのものである。

(2) 方向比較の非電源端対策の性能向上

方向比較における短絡非電源端対策として、図 3.25 (a) に示すような、短絡外部検出 44SO 不動作、零相過電流リレー 51GL 不動作と短絡故障検出 27L 動作を条件に内部に短絡事故が発生したと判断する従来方式は、図 2.24 のような $2\phi S$ で 2L から 1L へ回り込む電流にアンバランスが生じて I_0 が発生すると、51GL が動作して 1L はトリップ不能となる。

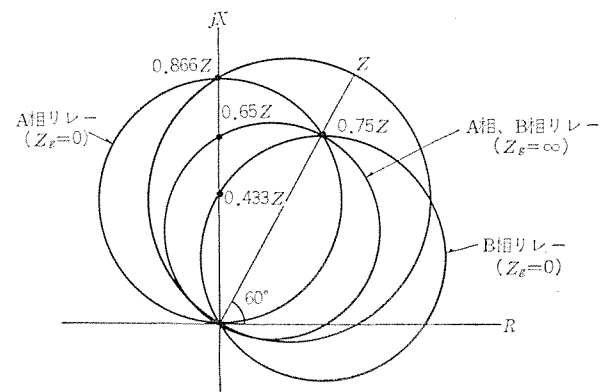


図 3.26 地絡モ-リレーの $2\phi S$ に対する位相特性
Phase characteristic of ground fault mho relay for $2\phi S$.

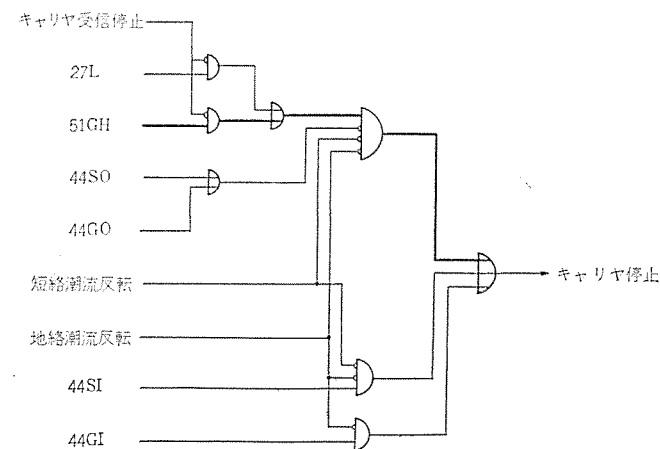


図 3.27 方向比較の地絡非電源対策
Block diagram of directional comparison relay on one-side zero phase-sequence power source.

この対策として、外部検出リレーに短絡外部検出リレー44SOの代りに、地絡距離リレー入力の外部検出リレー44Oを短絡・地絡共用の外部検出リレーとして使用し、図3.25(b)のように構成すれば誤不動作を防止できる。この場合、44Oは3相ORとして使用するの、電源端の地絡内部検出リレーはもちろん、短絡内部検出リレーとも協調をとる必要があるが、図3.26のように2φSに対して44Oの動作域は広がり、75%のアンダーチを考慮すれば容易に協調がとれる。

また、地絡についても長距離送電線で送電線の零相インピーダンスが大きくなってくると、非電源を考慮する必要が出てきた。故障検出を零相電流51GHで行なった場合の一例を図3.27に示す。地絡非電源ルートを太線で示してあるが、外部至近端3φSで51GHが動作してもオフセットした44SOによってロックし、誤動作防止できるようにした。

3.6 3端子系

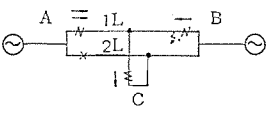
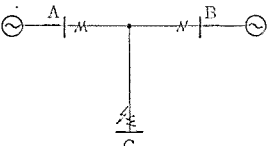
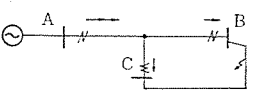
電力需要の増大、用地難・建設費の低減から超高圧系統においても3端子化の必要性が増してきた。位相比較は原理的に適用不可能のため、方向比較・電流差動について検討する。

(1) 方向比較

方向比較を3端子へ適用する場合のおもな問題点は、表3.7のとおりである。

内部事故時の流出電流はA端2L OFFで、1LB端至近端事故時、1LC端から発生し、分岐点からC端までのインピーダンスが小さい

表 3.7 3端子方向比較の問題点
Problems of directional comparison method in three terminal system.

No.	項目	問題点
1	内部事故時の流出電流	 B端至近端事故でC端から流出発生
2	分流効果	 A端、B端リレーから見ると分岐点と故障点間のインピーダンスがA端、B端背後のインピーダンス、A端、B端間の潮流によって大きさ、位相が変化する
3	キャリヤビート	同周波では2端送出時ビートが発生し、他端の受信がとぎれる
4	休止端	休止端となったとき、他端へ連絡して、休止端からのキャリヤ受信を無効にする必要がある
5	電流協調	 外部事故時の電流協調 流入端51Hの整定>2×流出端51Lの整定

ほど大きく、A・B端いずれかの1段リレーの動作によってシリーズトリップとなる。

分流効果は距離リレーを使用するため、前記のように重潮流のときの影響が大きい。

キャリヤビート対策、休止端、電流協調が必要なのは、従来の3端子キャリヤと同様である。

(2) 電流差動

3端子系の保護は、電流差動が原理的にすぐれている。パイロットワイヤリレー、FM電流差動リレーの3端子系への適用上の問題点は表3.8のとおりである。

従来のパイロットワイヤリレーは抑制力に自端の電流を使用しているが、3端子へ適用する場合は、2端子貫通・2端流入1端流出の両ケースに対して飽和特性と抑制率を適当な値に選定して、適用可能にできた。さらに、3端子はもちろん4端子にも適用可能なようにするため、最大端子電流を抑制力に使用する新形パイロットワイヤリレーを開発中である。これは、3端子へ適用した場合も従来方式より制約が少なくてすむ。

FM電流差動は、各端の波形を全端へ信号伝送するもので、母線保護と同様に各端子の電流を処理できる。多端子へ適用する場合は、2端子のように飽和特性を持たせることができず、瞬時値を忠実に伝送する必要があるため、ダイナミックレンジの検討が必要である。

3.7 ケーブル系

都心部の電力需要増大に伴い、超高圧ケーブルの引き込みが行なわれているが、ケーブル系は比較的短距離のためパイロットワイヤリレーが適用されている。

保護方式上の問題点としては、充電電流とケーブルのCによる振動

表 3.8 パイロットワイヤリレー・FM電流差動リレーの3端子系への応用

Application to three terminal system protection with pilot wire relay and FM differential relay.

方 式	動 作 式	特 長
パイロット ワイヤリレー	$I_D = \Sigma(I_A + I_B + I_C)$ $I_R = k I_A $	1. 実績がある 2. 3端子が適用限界 3. 適度の飽和特性と抑制率が必要
	$I_D = \Sigma(I_A + I_B + I_C)$ $I_R = k \text{Max}(I_A, I_B, I_C) $	1. 多端子への適用が可能 2. 全端同一の特性が得られる
FM電流 差動リレー	$I_D = \Sigma(I_A + I_B + I_C) $ $I_R = k \Sigma(I_A + I_B + I_C) - \text{Max}(I_A, I_B, I_C) $	1. 飽和のない波形伝送が必要 2. 内部事故時抑制力が零となる

表 3.9 ケーブルの充電電流
Charging current of underground cable.

$f=60\text{ Hz}$

電 圧	断 面 積 $\square$	$\mu\text{F/km}$	A/km
275 kV (OF)	1,000	0.31	14.8
	1,500	0.35	16.8
	2,000	0.37	17.7
500 kV (POF)	1,400	0.22	17.2
	2,000	0.25	19.0

表 3.10 相電圧による充電々流補償時のベクトル図
Vector diagrams of charging current compensating by V_L voltage.

故障点	P端ベクトル図	系 統	Q端ベクトル図
健全時			
外部事故			
内部事故			

電流である。

超高圧系のケーブルの充電々流は、表 3.9 のように 1 km あたり 15～20 A 程度となり、健全時および外部事故時の誤動作防止のため、充電々流補償が必要となる。表 3.10 に相電圧で補償した場合のベクトル図を示す。 I_c は系統の充電々流、 I_{cp} 、 I_{cq} はそれぞれ相電圧 V_p 、 V_q に比例した補償充電々流で、健全時および外部事故時は、斜線の面積と $V_p \sim V_q$ を辺とする四辺形の面積とが等しくなり、それぞれ $I_{cp} + I_{cq}$ 、 I_c に対応し、

$$I_c = I_{cp} + I_{cq}$$

となって完全補償が可能となる。

ケーブル系の振動電流については、動作要素と並列に基本波フィルタをそう入して、振動電流に含まれる高調波を除去するとともに直流分も除去するという従来技術を用いて、容易に対処できる。

4. む す び

電力系統の拡大・送電容量の増大に伴って、従来の系統保護技術のままでは対処できない各種の新しい問題点を列挙し、その現象の解析と対策を述べた。今後も系統はますます大規模化し、系統保護技術もより高度なものを要求されてくるので、鋭意、これらの研究開発に務めていく所存である。

終りに、これらの問題の提供と対策の検討に終始ご指導をいただいた各電力会社の関係各位に感謝する。

保護継電器入力電流のひずみ波形解析と対策

高田 信治*・前田 耕二*・辻倉 洋右*・畑 稔*・海老坂敏信*

Analysis of and Countermeasures for Distorted Current of Protective Relays

Kobe Works Nobuharu TAKATA・Koji MAEDA・Yousuke TUJIKURA
Minoru HATATA・Toshinobu EBISAKA

Almost ten years have elapsed since the solid state type protective relays have come into regular use. One of special problems imposed is a subject of distorted wave components contained in the input current of the relay. Of them, the undermentioned three points are particularly in the limelight. In this connection an analysis of waveforms, questions of protective relays, and countermeasures for this trend with these relays are discussed. The three points referred to are :

- (1) Consideration on the problem of CT saturation based on the example of bus protection.
- (2) Consideration on the question of one line grounded needle shaped wave on cable systems according to the example of distribution line protection.
- (3) Consideration on the subject of distorted waveforms in load current in reference to the example of thyristor load.

1. ま え が き

電力保護継電器にトランジスタ等の半導体が本格的に応用されるようになって、すでにほぼ10年を経過し、現在では500kV用保護継電器から配電線用保護継電器まで広く、その利点を活用して使用される時代になっている。

トランジスタ等を利用した静止形保護継電器を実用するに際して、特に問題となったものの一つとして、継電器入力電流に含まれるひずみ波成分の問題がある。この電流波形ひずみの問題は、トランジスタ性能向上専門委員会（第一小委員会）で目下検討されているが、ここでは波形ひずみの問題につき、最近話題になっているものからすでに成果として実用中下記のものを波形解析、保護継電器の問題点、保護継電器における対策の3方面から検討し紹介することとする。

(1) 事故時の問題

(1-1) CT飽和時の問題……母線保護を例とする。

(1-2) 系統上の問題……配電線保護を例とする。

(2) 負荷時の問題

サイリスタで制御される電力機器等を負荷とするものを例とする。

なお上記以外にも、たとえばCT構成上の問題として和CTの誤差電流(500kV系用)、ケーブル系統の振動現象等があるが、これらについては研究中であり、別途成果が明確になって発表することにする。

2. 母線保護リレーにおけるCT過渡現象

2.1 CT過渡現象の解析

2.1.1 CT過渡現象の説明

系統短絡故障電流中には、図2.1に示すように線路、変圧器等のインダクタンスによる直流分が含まれ、この減衰時定数 T は0.1秒にも達することがあり、CTの過渡応動に影響を与える。

一般にCT等価回路は図2.2のように表わされ、CT1次電流 i_1 、2次電流 i_2 、励磁電流 i_{ex} は

$$i_1 = i_{ex} + i_2 \quad (2.1)$$

の関係にある。

今、CT1次電流として直流分のみを印加したばあいを考えると、図2.3(a)に示すように励磁電流 i_{ex} は R_2 、 R_s および2次励磁インダクタンス等で決る時定数で立上り、1次電流直流分の減衰とともに減衰するような波形となる。したがって図2.1のような故障電流がCT1次に印加されたばあい、直流分により鉄心磁束密度が上昇し、鉄心透磁率が下がるので、交流分電圧を発生するための励磁電流が図2.3(b)のように大きくなり、CT2次出力電流に影響を与

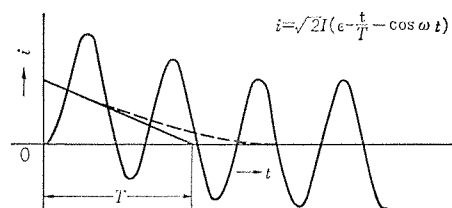


図 2.1 故障電流波形
Fault current wave form.

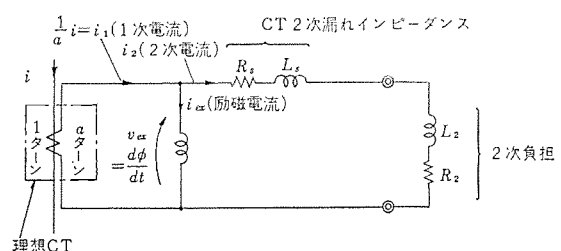


図 2.2 CT等価回路
Equivalent circuit of current transformer.

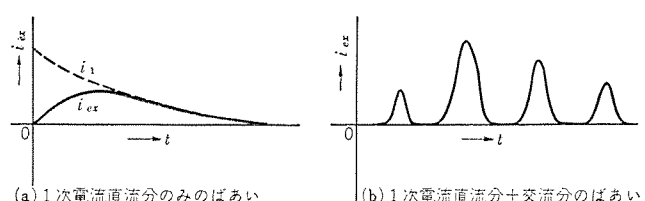


図 2.3 励磁電流波形
Exciting current wave form.

える。

2.1.2 CT 過渡現象の計算機による解析

前記のような CT 過渡現象は、鉄心の磁化特性が非線形であるため数式により解析することは困難であるので、デジタル 計算機により数値計算を行なった。

図 2.2 の CT 等価回路より下記となる。なお記号は図 2.2 を参照のこと。

$$i_1 = \frac{\sqrt{2}I}{a} (\varepsilon^{-\frac{t}{T}} - \cos \omega t) \quad (2.2)$$

ここに $\sqrt{2}I$ は交流分ピーク値、 T は時定数である。

$$i_2 = i_1 - i_{ex} \quad (2.3)$$

$$\begin{aligned} v_{ex} &= (R_S + R_2) i_2 + (L_S + L_2) \frac{di_2}{dt} \\ &= R i_2 + L \frac{di_2}{dt} \quad (2.4) \end{aligned}$$

$$v_{ex} = \frac{d\phi}{dt} \quad (2.5)$$

式 (2.4), (2.5) より

$$\phi = \frac{R}{S} i_2 + L i_2 \quad (2.6)$$

また式 (2.5) より

$$v_{ex} = \omega \cdot \phi \quad (2.7)$$

CT 2 次励磁特性より

$$i_{ex} = f(v_{ex}) \quad (2.8)$$

式 (2.2), (2.3), (2.6), (2.7), (2.8) をブロック図で表わせば図 2.4 のとおりとなる。

すなわち 1 次電流 i_1 を外乱関数とし、CT 2 次回路を非線形要素および積分要素を含む制御系として表現したもので、これをデジタル 計算機により時間関数として Runge-Kutta 法を用いて i_2 , i_{ex} 等の数値計算を行なった。

解析結果の一例を図 2.5 に示す。これより故障電流中に直流分を含むばあい、励磁電流は故障発生後、鉄心の磁束密度が飽和磁束

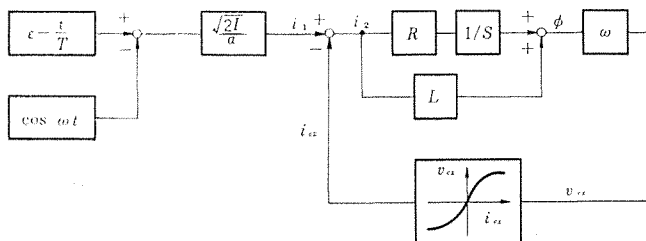


図 2.4 CT 過渡現象解析ブロック図
Block diagram of CT transient phenomena.

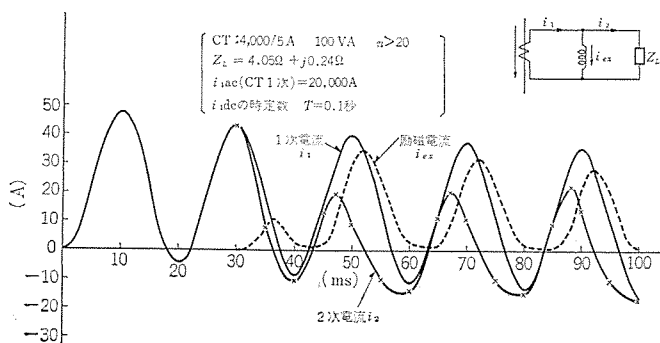


図 2.5 CT 過渡現象解析結果 (計算機による)
Result of CT transient phenomena analysis with
electronic calculating machine.

密度に達すると急激に大きくなり、故障電流中直流分の減衰とともに減衰する様子がわかる。また図 2.5 の例のように負荷がほとんど抵抗分であれば、CT が飽和したばあいにおいても励磁電流と 2 次電流はピーク値においてほぼ 90° 位相差がある。

2.2 比率差動特性の検討

母線保護 リレー においては下記理由により、上記 CT 過渡応動が問題となる。

(a) 母線内部に故障電流を制限するインピーダンスがないので、外部事故時母線貫通電流が大きい。

(b) 母線に接続される端子数が多く、外部事故時流入端、流出端の CT 1 次電流の大きさに差があり、誤差電流が大きくなる。

すなわち母線保護 リレー においては、一般に図 2.6 のように差動保護が行なわれるが、この際差動電流 i_D は下記で表わされる。

$$\begin{aligned} \left. \begin{aligned} i_1 &= \frac{1}{a} I_1 - i_{ex1} \\ i_2 &= \frac{1}{a} I_2 - i_{ex2} \\ &\vdots \\ i_n &= \frac{1}{a} I_n - i_{exn} \end{aligned} \right\} \quad (2.9) \\ \therefore i_D = i_1 + i_2 + \dots + i_n \\ = \frac{1}{a} (I_1 + I_2 + \dots + I_n) - (i_{ex1} + i_{ex2} + \dots + i_{exn}) \quad (2.10) \end{aligned}$$

$I_1, \dots, I_n$: CT 1 次電流
 $i_1, \dots, i_n$: CT 2 次電流
 $i_{ex1}, \dots, i_{exn}$: CT 2 次励磁電流
 a : CT 変成比

したがって図 2.7 のように外部事故時、事故端子に電流が集中し、この端子の CT が飽和するので誤差々動電流は下記となる。

$$i_D \approx -i_{exn}$$

すなわち外部事故時誤差々動電流は、事故端子 CT の 2 次励磁電流にほぼ等しくなる。

この誤差々動電流により誤動作しないよう、母線保護 リレー においては通常抑制回路を設け比率差動方式としており、抑制の与え方により下記のような方式がある。

最大抑制方式……通過電流中最大のもので抑制をかける。

スカラー抑制方式……通過電流のスカラー和にて抑制をかける。

一方、母線保護 リレー においては、図 2.8 のような通常の内部事故および図 2.9 のような流出電流のある内部事故において、確実に動作することが必要であるので上記各抑制方式における抑制量の

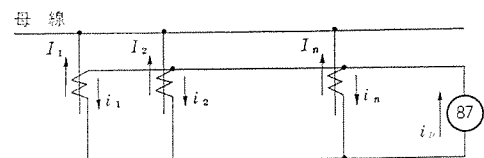


図 2.6 差動方式原理
Principle of differential protection.

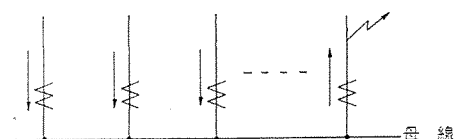


図 2.7 母線外部事故
Diagram of external fault.

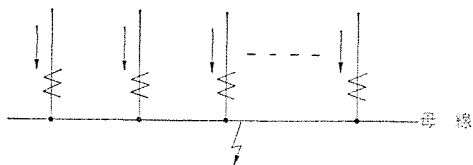


図 2.8 母線内部事故 (流入電流のみの場合)
Diagram of internal fault without outflow current.

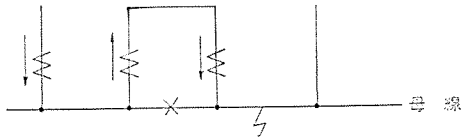


図 2.9 母線内部事故 (流出電流ある場合)
Diagram of internal fault with outflow current.

表 2.1 従来方式の性能限界

Performance limitation of bus protection in the conventional method.

項目	方式	最大抑制方式	スカラー和抑制方式
原理		動作力 $I_D = I_1 + I_2 + \dots + I_n$ 抑制力 $I_R = \text{Max} \{ I_1 , I_2 , \dots, I_n \}$ 動作式 $I_D - \eta I_R \geq \text{一定}$	動作力 同左 抑制力 $I_R = I_1 + I_2 + \dots + I_n $ 動作式 同左
故障時 レール入力	内部事故 (1端流入) 	$I_D = I_f $ $I_R = I_f $ $\therefore I_D = I_R$	$I_D = I_f $ $I_R = I_f $ $\therefore I_D = I_R$
	内部事故 (流入2, 流出1) 	$I_D = I_f $ $I_R = I_f $ $\therefore I_D = I_R$	$I_D = I_f $ $I_R = 3 I_f $ $\therefore I_D = \frac{1}{3} I_R$
	外部事故 	$I_D = I_{ex} $ $I_R = I_f - I_{ex} $ (流出端CT 2次励磁電流)	$I_D = I_{ex} $ $I_R = I_f + I_f - I_{ex} $ $= 2I_f - I_{ex} $
差動電流対抑制電流 (I_D) 比率特性			
性能限界	内部事故時動作するためには $\eta \leq 1$ $\eta = 1$ とすると外部事故時誤動作しないためには $\eta = \frac{I_D}{I_R} = \frac{I_{ex}}{I_f - I_{ex}} < 1$ $\therefore \frac{I_{ex}}{I_f} < \frac{1}{2}$ が限界	流出する内部故障に動作するためには $\eta \leq \frac{1}{3}$ $\eta = \frac{1}{3}$ とすると外部事故時誤動作しないためには $\eta = \frac{I_D}{I_R} = \frac{I_{ex}}{2I_f - I_{ex}} < \frac{1}{3}$ $\therefore \frac{I_{ex}}{I_f} < \frac{1}{2}$ が限界	

大きさが制限される。

各方式の性能限界は表 2.1 に示すとおり、いずれのばあいも CT 出力が 1/2 以上が限界である。

2.3 対策

上記のとおり CT 過渡時の誤差を考慮したばあい、従来の比率差動方式では十分であるとは言えず、さらに保護能力のすぐれた方式が要求される。これを解決するものとして、母線内外故障時の各端子電流と差動電流の位相関係の相違を利用することが考えられる。

すなわち

(a) 母線内部事故時 (流入電流のみのばあい)

差動電流 I_D と端子電流は同位相である。

(b) 母線内部事故時 (流入2, 流出1)

差動電流 I_D に対し、端子電流は同位相または逆位相である。

(c) 母線外部事故時

CT 飽和して誤差電流 (=CT 2次励磁電流) が発生するば

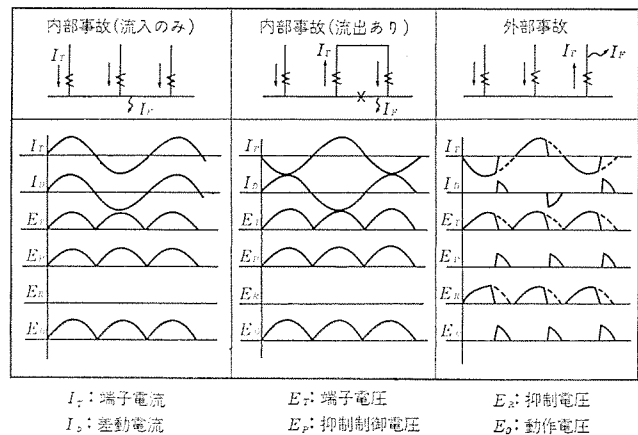


図 2.10 TABS 方式原理説明
Explanation on the principle of the type TABS relay

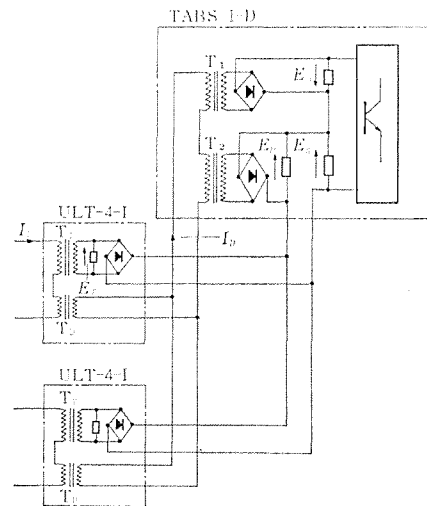


図 2.11 TABS 方式回路構成
Block diagram of the type TABS relay.

あい、図 2.5 に示すとおり、差動電流 i_{ex} と端子電流 i_2 (CT 2次電流) とは 90° 位相差がある。

したがって端子電流 I_T による抑制力を差動電流 I_D により各瞬時に比較制御すれば、図 2.10 に示すとおり内部事故時抑制電圧 $E_R = 0$ により低比率特性 (η が小)、外部事故時 E_R 大により高比率特性 (η が大) とすることができる。

TABS 形位相比較比率差動方式は、この原理によるもので図 2.11 に回路構成を示す。また本方式の性能限界は表 2.2 に示すとおりで、流出ある内部故障のばあいでも、上記原理により抑制力を消去し確実に動作可能なので、外部事故に対する抑制比率 η (同一入力電流に対する E_R/E_0) を 500% と高比率とでき、従来方式にない高い信頼性を持っている。

また本方式の基本波による2端子比率特性、多端子比率特性は図 2.12 に示すとおりで、多端子流入、1端子流出時、比率特性が下がってくるが、不要動作の限界は下記のとおりである。

$$\text{動作力} : I_D = I_1 - I_2 \dots \dots \dots (2.11)$$

$$\text{抑制力} : I_R = I_2 - \eta_P (I_1 - I_2) \quad (\eta_P = 2) \dots \dots \dots (2.12)$$

$$\text{制方式} : I_D - \eta I_R > 0 \quad (\eta = 5) \dots \dots \dots (2.13)$$

$$\therefore (I_1 - I_2) - 5 \{ I_2 - 2(I_1 - I_2) \} > 0$$

$$\therefore I_2 < \frac{11}{16} I_1 = 0.69 I_1 \dots \dots \dots (2.14)$$

すなわち基本波入力するとき、流出端出力 I_2 が流入電流 I_1 の 70

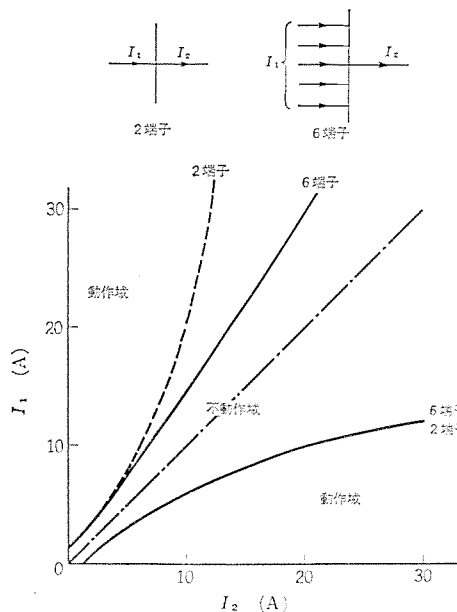


図 2.12 TABS 方式同相比率特性
Ratio characteristics in-phase of the type TABS relay

表 2.2 TABS 形 位相比較比率差動方式の性能限界
Performance limitation of the type TABS with phase-ratio characteristics.

原 理		動作力 $I_0 = I_1 + I_2 + \dots + I_n $ 抑制力 $I_R = \text{Max} \{ I_1 , I_2 , \dots, I_n \} - \eta_p I_0 \ (\eta_p > 1)$ 動作式 $I_0 - \eta I_R \geq \text{一定}$
故障時リレー入力	内部事故(1端流入) 	$I_0 = I_1 $ $I_R = 0 \ (\because \eta_p > 1)$
	内部事故(流入2, 流出1) 	$I_0 = I_1 $ $I_R = 0 \ (\because \eta_p > 1)$
	外部事故 	$I_0 = I_{0s} $ (流出端 CT 2次励磁電流) $I_R = I_1 - I_{0s} - \eta_p I_{0s} $ (流出端 CT 2次励磁電流) $= I_1 - I_{0s} $
特 性	比率特性 位相特性 	
性能限界	$\eta = 5$ とすると $\frac{I_{0s}}{I_1 - I_{0s}} < 5$ $\therefore \frac{I_{0s}}{I_1} < \frac{5}{6}$ が限界	

% 程度になるまでは問題ない。

しかし上記は I_1, I_2 が基本波の正弦波で同相のばあいであって、実際の外部事故において CT 飽和により誤差が発生するばあいは、差動電流と流出端 CT 2 次電流とはピーク値においても 90° 位相差があり、式 (2.12) における抑制打消の効果はないので限界はもっと大きくなり、表 2.2 に示したように流出端 CT 2 次出力の限界は $1/5$ 程度となる。

このように位相特性を考慮した比率特性として図 2.13 に示す。すなわち I_1 対 $I_2(\theta=0)$ の関係は図 2.12 と同一であるが、 I_2 の位相を変化させれば不動作域が広がることを示している。

なお本リレーは、図 2.14 に示すとおり実系統用 CT と組み合わせ

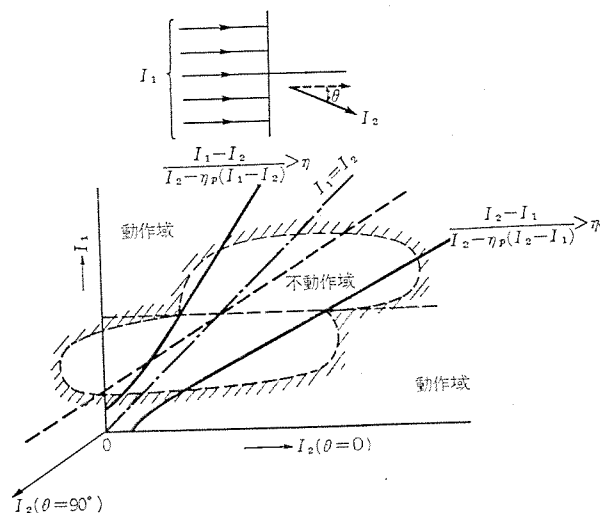
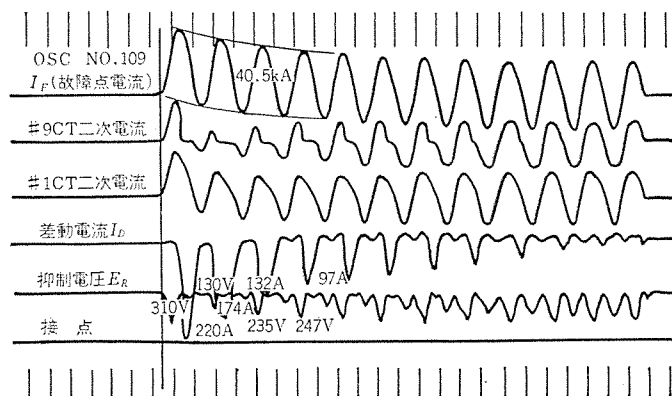
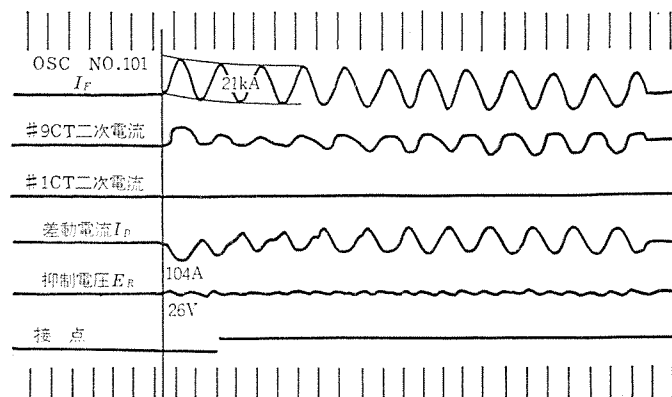


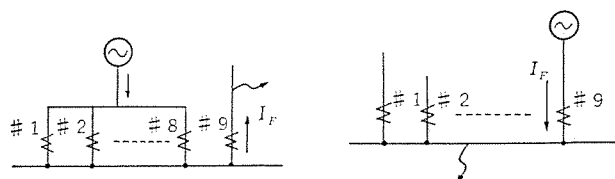
図 2.13 TABS 方式位相比率特性
Phase-ratio characteristics of the type TABS relay



(a) 外部事故時のオシロ



(b) 内部事故時のオシロ



CT : 2,000/5 A 40 VA $n > 20$ 巻線抵抗 1.35 Ω
CT 2 次負担 : 4.8 Ω CT 2 次リード : 0.55 Ω リレータップ : 2 A

図 2.14 TABS 形 母線継電器大電流試験
Oscillograms of the type TABS relay in the heavy current test

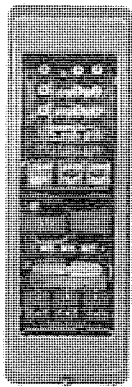


図 2. 15 TABS-I-D 形
母線継電器
Photo of the type TABS relay.

て大電流試験（約 50 kA）を行ない十分な保護能力と十分な動作速度（装置として約 2 サイクル以下）を有することを検証している。

図 2. 15 に上記対策を施した TABS 形継電器の外観を示す。

以上、要するに母線保護 リレーにおける CT 過渡時の誤差は、リレーの誤動作入力として作用する。このことは一般に差動継電器全般についていえることであるが、差動電流、端子電流等の大きさのみでなく、入力の位相関係も利用することにより対策をとることが可能である。

3. 配電線リレーにおける地絡事故現象

3. 1 地絡事故時の波形解析

配電線なかでもケーブル系配電線の地絡故障時、その電圧電流波形は地絡部の絶縁回復特性のため異常な波形になることが知られており、その異常な波形のため波形ひずみ対策のない地絡保護 リレーは誤動作、誤不動作になるケースがあった。ここでは 6 kV 配電線のみならず、最近注目されている 22 kV または 33 kV 都市配電（地中ケーブル+架空線）の地絡事故現象も合わせて検討し、リレー動作との関連を明確にするものである。

3. 1. 1 針状波形の発生原因

図 3. 1 は実際のケーブル系配電線 1 線地絡時の代表的な波形を示したものであり、零相電流は針状波形、零相電圧はく（鉅）形波に近い波形を示している。零相電流が針状波になる理由としては、ケーブルの絶縁回復特性によるものと考えられ、図 3. 2 に示すように故障相電圧がある一定電圧値以上になった時絶縁破壊して地絡電流が流れ、故障相電圧が低下するとまた絶縁回復して地絡電流をしゃ断するためにパルス状の波形になると思われる。したがって故障をしばらく継続すれば絶縁物の破壊は進み、最後にはメタリック故障の波形に変わるが、6 kV 系のように非接地の場合には、故障電流が少ないために絶縁物の破壊が急速には進まず比較的長く針状波電流波形を継続するものと考えられる。

また零相電圧が針状波零相電流に同期して立上り、く形波状の波形を示す理由は図 3. 3 の非接地系配電線 1 線地絡時等価回路から容易に推察できる。すなわち故障点の絶縁物破壊でパルス状の電流が流れ、零相電圧はその瞬間印加されて大地キャパシタンス C を充電し、絶縁回復でパルス電流がなくなった後も零相電圧は大地抵抗 R（非接地系の場合約 10 kΩ）を通して放電するが、その放電時定数 RC が商用周波半サイクルの時定数より長いため、半サイクル間ではほとんど放電せずその電圧を維持しているが、次の半サイクルで逆極性の

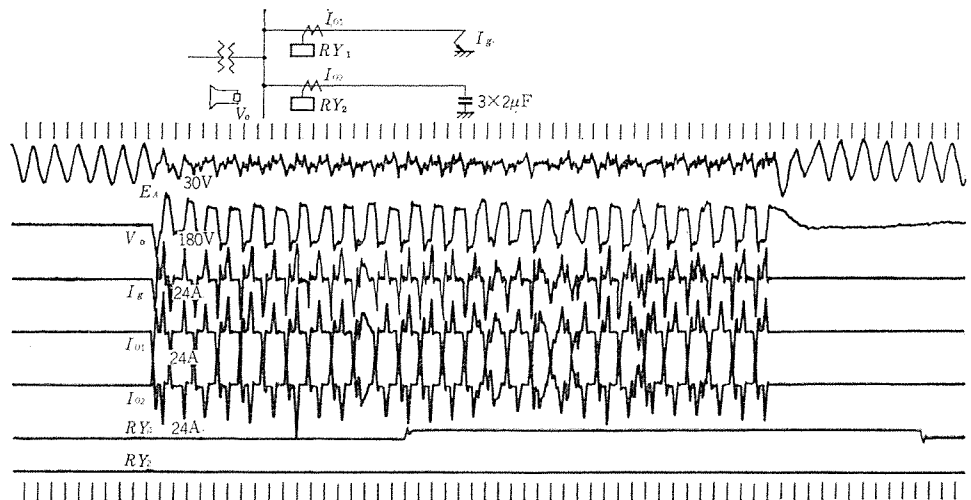


図 3. 1 ケーブル系の間欠地絡とリレー動作（メタリックギャップ）
Oscillogram of ground fault.

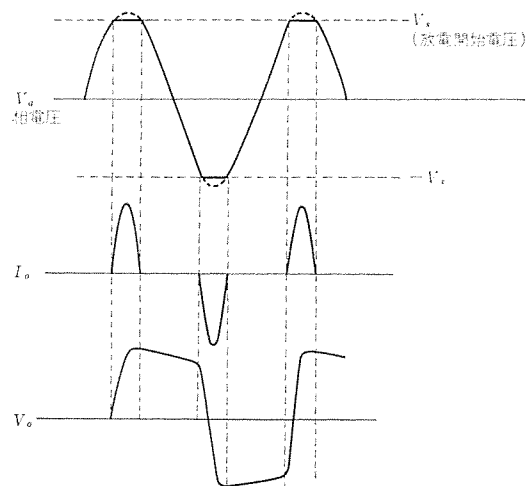


図 3. 2 一線地絡時の針状波現象
Explanation diagram of ground fault with needle-like current wave form.

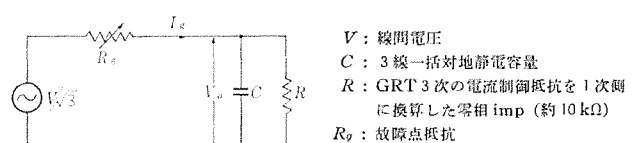


図 3. 3 非接地系配電線一線地絡等価回路
One line ground equivalent circuit of non-grounded distribution line.

パルス電流が流れるため零相電圧は一瞬に放電し、さらに逆極性に充電されて以下同様の現象をくりかえすためく形波に近い電圧波形を示すものである。

次に図 3. 4 に示すように零相電流が正負いずれかの一方しかなく、零相電圧がきょ（鋸）歯状となる故障状態があるが、これに対してはまだ明解な現象解析はなされていない。しかし推測としては、第 1 に故障点の形状によって片極性のパルス電流が発生しやすいと考える考え方であり、これは社内の 6 kV 模擬配電線の人工試験でも、図 3. 5 に示す針状平板の故障では片極性のパルス電流波形がやすく、球対球の故障では片極性パルス電流波形がほとんど出ないことから、ある程度納得できるものとする。また第 2 には GPT の飽和によるものとする考え方であり、これは GPT のある相で飽和が起り、そのため故障相の対地電圧が一方の極性の時には放

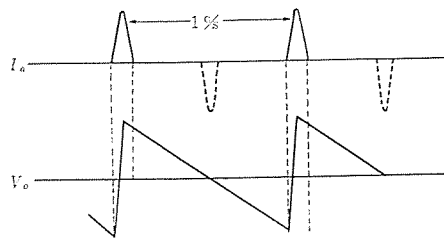


図 3.4 片極性針状波形
Needle-like current wave form with one polarity.

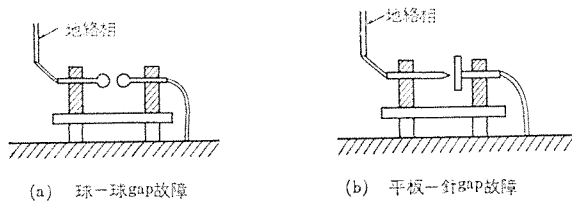


図 3.5 6 kV 模擬配電線故障点条件
Fault point condition of 6 kV imitation distribution line

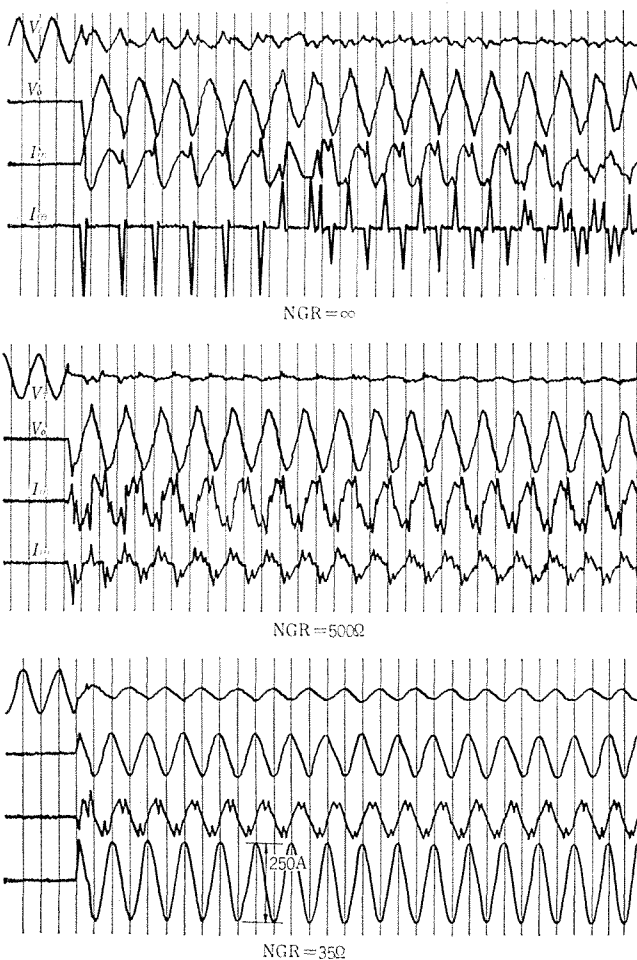


図 3.6 NGR 値と波形ひずみ
Neutral grounding resistance and wave form distortion.

電が起こり、他の一方の極性のときには放電開始電圧まで上昇せず、放電が起こらないと考えるものである。

次に零相電圧が零相パルス電流に同期してきょ歯状波形になるのは、前記したく形波状零相電圧と同様な考え方にもとづくが、電流パルスが1サイクルに1回しか出ないため、両極性パルスの時の2倍の放電時間があり、かなり放電した時次のパルスがきて充電され、零相電圧はきょ歯状波形になると考えられる。

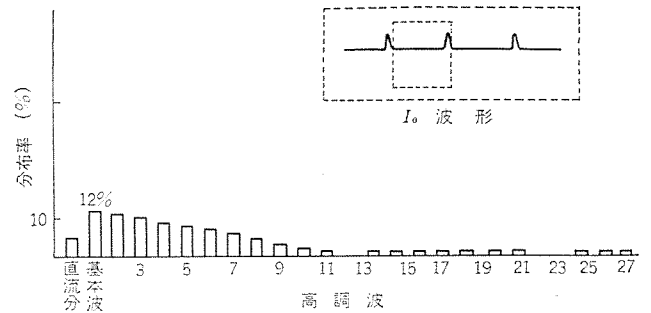


図 3.7 片極性針状波 波形分析例
Example of analysis of one sided polarity needle shape waveform.

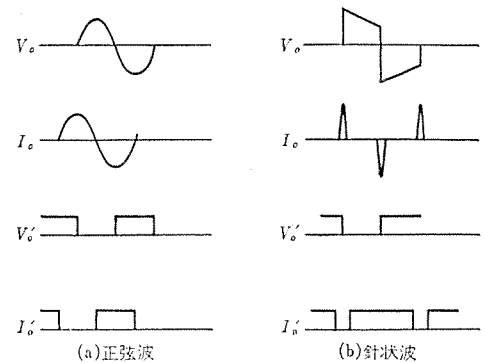


図 3.8 く形波変換
Output of the converter of square waves from the inputs V_0 , I_0 .

3. 1. 2 NGR 値と波形ひずみ

6 kV 配電線は非接地系で運転されているが、22 kV, 33 kV 都市配電系においては、異常電圧抑制の見地から非接地運転は行わず NGR をそう入するが、逆に高低圧混触時の低圧側電位上昇抑制の見地からは、NGR 値は大きいほうが良く、相反する条件になるため系統、系統保護等を考えて適当な値にする必要がある。

これについては、過去電中研赤城山実験場等において関西電力や中部電力の主催で人工故障試験が行なわれており、その結果や、実系統の記録からも NGR 値と波形ひずみの関係は、図 3.6 にも示すように NGR 値が小さいほど針状波形が出にくいといえる。この理由は前記したとおり、ケーブル絶縁破壊が故障電流が大きいためほとんど瞬時に進行してメタリック故障に移行するため、波形ひずみが少ないものと考えられる。したがって保護継電器側からいえば NGR 値が小さいほど確実な動作が期待できるといえる。

図 3.7 は 6 kV 系 1 線地絡時の最もシビアな片波パルス電波の調波分析を行なったものであり、基本波は全体のわずか 12% でリレーにとっては非常にきびしい波形であるといえる。

3. 2 地絡方向リレーの特性検討

3. 2. 1 地絡方向リレーと波形ひずみ

従来の電磁型地絡方向継電器は、その動作原理が零相電流 I_0 と零相電圧 V_0 のベクトル積に比例したトルク $T = k \cdot V_0 \cdot I_0 \cos \theta$ で動作するため比較的波形ひずみの影響は受けにくい、零相電流が針状波になるとそれに含まれる基本波成分が非常に少なくなり、動作トルクが減少して感度上動作しなくなる傾向にある。

これに対してトランジスタ形継電器は、電磁形に比較して非常に高感度であるため、針状波電流に対して感度上で問題にならない反面、動作原理が図 3.8 に示すように V_0 , I_0 波形をく形波に変換して、そのラップ位相を見て動作判定を行なう直接位相比較方式を取って

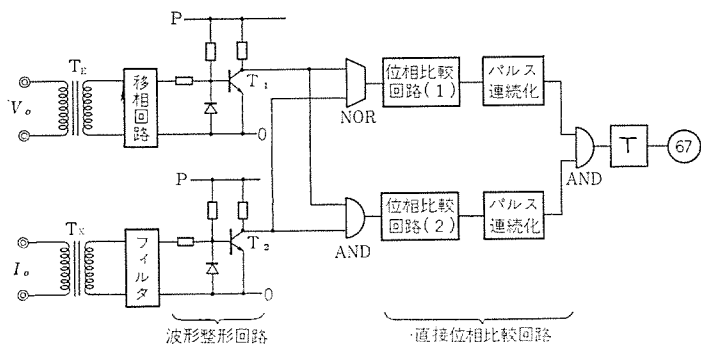


図 3.9 トランジスタ形 DGR 原理ブロック図
Block diagram showing the principle of solid state directional ground relay.

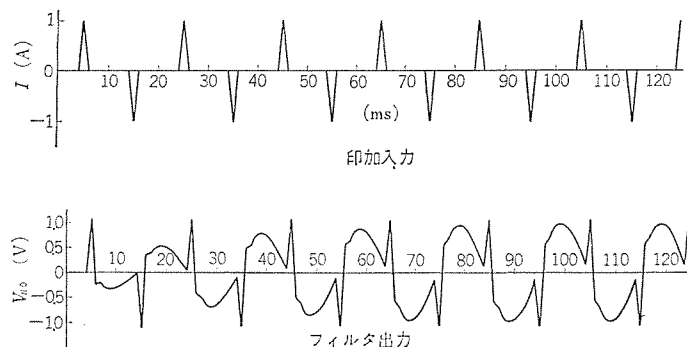


図 3.10 計算機によるフィルタの解析例
Example of the filter analysis with electronic calculating machine.

いるため、 I_0 波形が針状波になるとパルス状のく形波しか出ないため位相判定を誤るおそれがある。そこで現在では図 3.9 に示すように I_0 回路にフィルタ回路を設け、針状波から基本波分を取り出して位相比較する方式を取っている。

ひずみ波形対策のリレーとして、このフィルタ方式の他に各種原理のトランジスタ形継電器が考えられ、6kV 模擬配電線を使用して試験を行なった結果、フィルタ方式が最も安定した動作を行なうことが確認された。

現在 V_0 回路にはフィルタをそう入していないが、これは、 I_0 電流がどんな針状波形になっても前記した系統の RC 放電によって零点をよぎる V_0 波形に位相ずれが生じないことを利用したものである。

3.2.2 地絡方向リレーのフィルタ

フィルタ方式が最も安定していることは前記のとうりであるが、実系統で予想されるあらゆる針状波電流に対して、いかなるフィルタが最適であるかが重要な決め手である。

フィルタの Q が小さいと高調波成分を十分取り除くことができないし、針状波電流をよりよくひろうために、 Q を大きくすればするほどフィルタの時定数は長くなって動作速度が遅くなったり、系統現象の急変に追いつけない欠点が出るため、必要以上に Q を高く取ることには問題がある。

このため計算機等を使用してフィルタの Q と各種針状波の関係を解析し、最も適切な Q の選択を行なった。

図 3.10 は計算機による計算結果の一例を示したものであり、 I_0 はインプットした針状波電流、 VR_0 はインプット電流に対応したフィルタ回路出力である。ここでフィルタ出力が完全な正弦波でなく、針状波が重畳された波形になっているが、リレーのく形波変換回路は零点をよぎる位置が正しければ、位相比較上何ら問題はなく、6kV、22kV 等の人工試験および数百台にのぼる納入実績がこれを裏づけている。

以上、針状波について検討してきたが、一般的にいって継電器の動作速度を考えてフィルタを適当に設計していくことが、今後発生する各種リレーにおける針状波対策であると考えらる。

4. 負荷電流におけるひずみ波形の問題

4.1 ひずみ波形の解析

最近では位相制御される工業プラントが増大しつつある。これの一例としてサイリスタ負荷についてひずみ波の問題を考察することとする。

工業機械制御では、シリコン整流器の飛躍的発展により出力の制御、無電弧切換え、機器の小形軽量化、さらに無保守化の目的でサイリス

タ制御が行なわれる場合がある。

これを保護継電器の側からみれば、系統条件によっては図 4.1 のように負荷電流中の高調波分の存在、すなわち事故電流と高調波電流の重畳——波形ひずみが問題となってくる。

スカラー量を用いたリレーでは、波形ひずみに対してあまり問題がないため、位相比較リレー特にトランジスタ形のリレーについて考察するものとする。

基本波入力のみを対象として製作されたリレーでは、高調波分の重畳位相によって動作域が縮小または拡大し、不動作または誤動作の可能性があり、十分その特性を解析しておくことが必要である。

サイリスタ制御では、通電位相角を制御するため高調波特性は負荷電流に対して変動することになる。

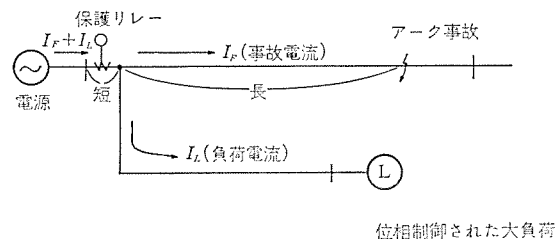


図 4.1 波形ひずみの可能性がある系統例
Example of the system having possibility of distorted wave forms.

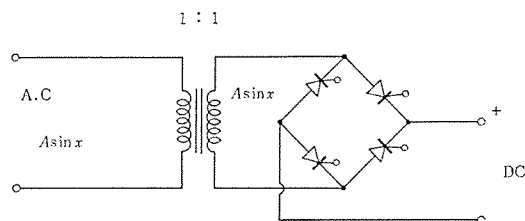


図 4.2 1 分割サイリスタ整流回路
Rectifier circuit of thyristors.

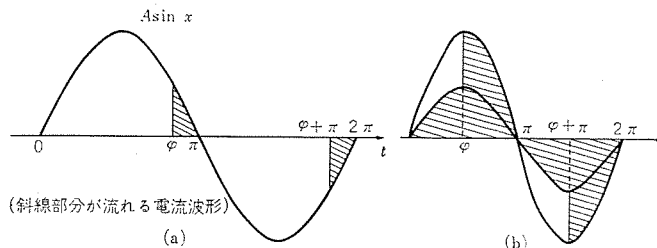


図 4.3 サイリスタ整流回路の交流側電流波形
AC side current wave forms of thyristor rectifier

この特性を解析するにあたり、図 4.2 に示すサイリスタ整流回路において、サイリスタ点弧角 ϕ (通電開始) から π まで図 4.3(a) に示す電流が交流側に流れたものとする。

図から明かなように対称波であるから、これをフーリエ級数に展開すれば、奇数調波のみから構成されることになる。

正弦項の一般項を a_n 、余弦項の一般項を b_n とする。対称波であるから $b_0=0$ となる。

$n \neq 1$ の場合は

$$a_n = \frac{2A}{\pi} \int_0^\pi \sin x \sin nx dx$$

$$= \frac{2A}{(n^2-1)\pi} (n \sin \phi \cos n\phi - \sin n\phi \cos \phi) \dots\dots\dots (4.1)$$

$$b_n = \frac{2A}{\pi} \int_0^\pi \sin x \cos nx dx$$

$$= \frac{-2A}{(n^2-1)\pi} (n \sin \phi \sin n\phi + \cos \phi \cos n\phi - 1) \dots\dots\dots (4.2)$$

したがって、 n 次調波 A_n の大きさは

$$|A_n| = \sqrt{a_n^2 + b_n^2}$$

$$= \frac{2A}{(n^2-1)\pi} \sqrt{2-2\cos(n-1)\phi + (n^2-1)\sin^2\phi} \dots\dots\dots (4.3)$$

となる。

$n=1$ の場合は

$$a_1 = \frac{A}{\pi} \left(\pi - \phi + \frac{\sin 2\phi}{2} \right) \dots\dots\dots (4.4)$$

$$b_1 = \frac{A}{\pi} \left(\frac{\cos 2\phi}{2} - \frac{1}{2} \right) \dots\dots\dots (4.5)$$

$$|A_1| = \frac{A}{\pi} \sqrt{(\pi - \phi)^2 + (\pi - \phi) \sin 2\phi + \sin^2 \phi} \dots\dots\dots (4.6)$$

となる。

したがって、実際にリレーの特性を検討するにあたり、点弧角 ϕ を変化したとき高調波次数の含有率が必要となり、これがどの程度

表 4.1 サイリスタ整流回路による交流側のひずみ率
Distortion factor on AC side of thyristor rectifier circuit.

		(%)					
ϕ	n	0	30	60	90	120	180
1	1	100	100	100	100	100	0
3	3	0	8.5	28.2	60	76.5	0
5	5	0	7.7	10.9	17.9	44	0
7	7	0	5.9	9.4	17.9	21.2	0
9	9	0	4.5	7.5	10.7	64	0

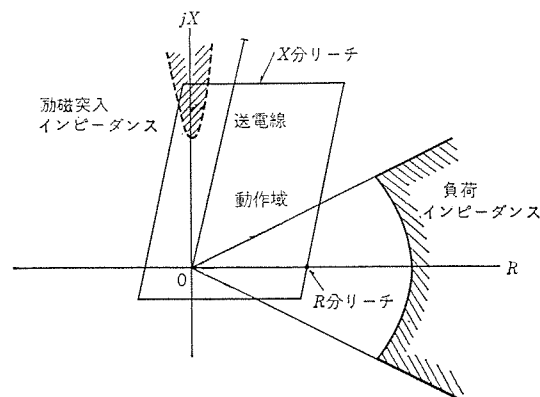


図 4.4 継電器特性例
Example of relay characteristics.

になるかを調べたのが表 4.1 であり、多い時は数十 % 以上になることがある。このとき含有率は $\left| \frac{A_n}{A_1} \right|$ により求めたものである。

またこのとき出力側の直流は、図 4.2 の整流回路から図 4.3 (a) の波形図の負波を正側に折り返したものとなっていることはいうまでもない。実際の運用に当っては、図 4.3 (b) のような多分割サイリスタ整流として使用したり、受電側にフィルタが設置されたりするため表 4.1 よりひずみ率はかなり改善されたものとなる。

4.2 保護リレーの特性検討

4.1 節で検討したように、リレー入力としてひずみ入力を常に考慮する必要がある。重負荷系統を対象とした保護リレーの特性としては、保護域を理想的に含有する図 4.4 に示した、常時の負荷インピーダンスで応動しない四辺形リレーが望ましいことはいうまでもない。

ひずみ入力の考慮のなされていないリレーでは、前述のとおり、高調波重畳位相により動作域が拡大したり縮小したりする。これは不要動作、不動作の要因となるため、ひずみ入力に対する考慮がどうしても必要となってくる。

ひずみ入力に対する方策としては次のことが考えられる。

(1) ひずみ入力により動作域の拡大するものに対しては、ひずみの有無を検出してこれの動作をロックする。

(2) 基本波入力のみで動作するリレーとする。

ここで(1)方式でリレーを製作した場合、図 4.1 に示すように位相制御された大きな負荷があるとき、相手端近傍のアーク事故を考えれば、事故電流 I_F (基本波) と負荷電流 I_L (高調波を含有) の和がリレーに印加される。このため保護リレーとしては不適當である。

(2) の方式で製作すれば、ひずみ入力に対して若干動作域が縮小する程度でほとんど動作域の変化しないリレーが得られる。

4.3 対策

4.2 節に述べた事柄を具体化すれば、図 4.5 のごとくなる。これは電圧および電流回路に基本波フィルタを設け、高調波分を阻止したものである。レベル検出器 (HOC) はリレーの最小動作値を規定すると同時に、入力消滅時の両フィルタの出力遅れによる不要動作を防止するためのものである。突入電流が大きな値となる可能性のある系統では一般の場合には不要であるが、高調波対策回路を付加することもできる。図 4.4 の前方リーチ X 分整定が大きいとき、過大励磁突入電流中に含まれる基本波分によりリレー動作の可能性がある。

この対策回路は、基本波および高調波分の差動出力 (高調波出力 > 基本波出力) が所定レベル以上ある場合四辺形特性要素をロックし

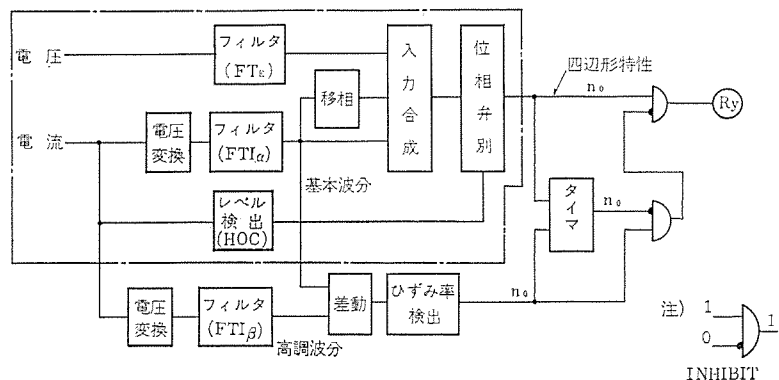


図 4.5 具体的ブロック図
Block diagram of the distance relay with countermeasure for distorted inputs.

ている。このことは、図 4. 1 に示した事故例の場合、最悪上述回路により ロック されるおそれもあるので、四辺形要素および対策回路がともに動作していることを条件に所定時間後 ロック が解除 されるよう考慮して、永久しゃ断不能となることを防止している。この回路およびフィルタを付加しても、基本波分入力が非常に大きいときには、従来の基本波形のみを対象とした リレー とまったく同一の特性を得ている。

以上、サイリスタ制御された工業プラントを例として、ひずみ波形入力がある場合の継電器に対する影響と、保護機能を理想化する方策

について検討してきたわけであるが、このことは今後必要になるものと考えている。

5. む す び

以上、継電器のひずみ電流入力について、最近話題になっているものから CT 飽和、配電線の針状波、サイリスタ 負荷の三つの話題を選定して、波形の解析から継電器における対策まで紹介した。

これらの成果は、各電力会社ならびに日本国有鉄道の関係者各位のご指導とご協力によるものであり、ここに深く感謝の意を表する。

大容量電力用 機器保護継電装置

天野 恒*・畑田 稔*・松本 忠士*・三宅 康明*

Large Apparatus Protective Relaying Equipment

Kobe Works Hisashi AMANO・Minoru HATATA・Tadashi MATSUMOTO・Yasuaki MIYAKE

With the enlargement of the capacity of electric apparatus such as transformers and generators, the effect on the system in case of failures become serious. Accordingly, protective relaying equipment used for the machinery is demanded of much higher reliability. This article introduces actual protective relaying schemes put in practice, and also describes solid state protective relays with automatic inspection and supervision that have been developed recently by quoting examples of application to generators and transformers. Of them, the one supplied to the Tokyo Electric Power Company is applied to a transformer of an epochal capacity of 500 kV 1,000 MVA and provided with a separately installed regulating transformer, so the relay equipment has a number of distinctive features.

1. ま え が き

電力需要は今後も安定した増加が期待され、それにともない電力設備もいよいよ大形化されるのは必然の結果である。すでに当社においても変圧器については 500 kV, 1,000 MVA のものが納入済みであり、タービン発電機では、単機容量 1,000 MVA 級のものを製作中である。これら機器が大形化するにつれ、それを保護する継電装置も従来以上に高信頼度のものが要求されるに至っている。

筆者らは、本誌昭和 41 年、第 4 号「保護継電器特集号」に、同期機および変圧器の保護について紹介したが、本文ではこれら大容量化された電力用機器のうち、タービン発電機と変圧器の保護継電方式のその後のすう勢を述べるとともに、最近開発した全静止形自動点検付き継電装置の例を紹介する。

2. 保護継電方式の検討

大容量化されたために機器の仕様が変わり、そのため保護方式を変えるということはあるが、機器が大容量になっただけでは保護方式そのものが根本的に変わるということは考えられない。ただ信頼度についていえば改めて考慮する必要がある。信頼度を上げるについて

- (1) 従来形継電器に他のものを追加するか、または改良する。
- (2) 静止形にして点検監視を付加する。

などが考えられる。

機器保護では、全静止形装置は一部のとくに高信頼度を要求されたもの以外はまだ一般的でなく、したがって当分は従来のものを信頼度を上げるよう検討して使用されると思う。

2.1 発電機保護継電方式

(1) 電機子巻線保護

電機子巻線の短絡保護には、従来から図 2.1 に接続を示す HA G-2-D 形継電器による比率差動継電方式を採用している。この方法は、外部故障時に発生する直流分や、CT 飽和による高調波分などには応動しないよう考慮されており、運転実績も十分であり信頼のおける方式である。最近、さらに耐震性向上をはかる目的で差動回路に故障検出継電器を入れることを検討している。これは図 2.2 に示すように、耐震性のある高速度高感度の電流継電器、たとえば LO-1 B-D 形継電器(図 2.3) のような有極継電要素を使用したもの、あるいは静止形継電器などの接点を比率差動継電器の接点と

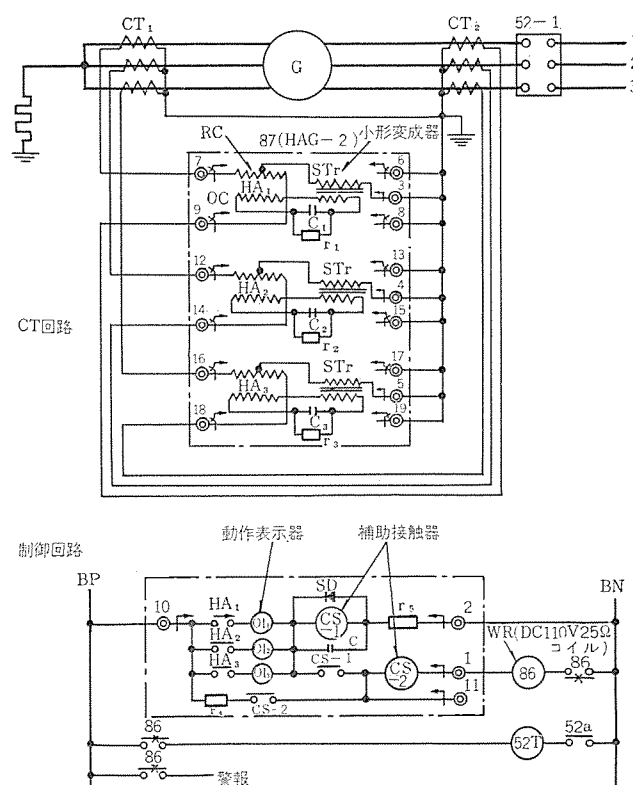


図 2.1 HAG-2-D 形比率差動継電器接続
Connection diagram of type HAG-2-D ratio differential relay.

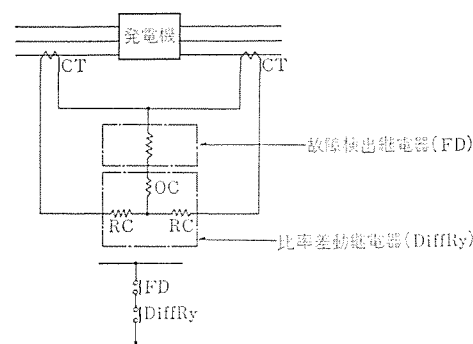


図 2.2 発電機差動保護継電方式
Generator differential protective relay system.

直列に接続して使用するものである。

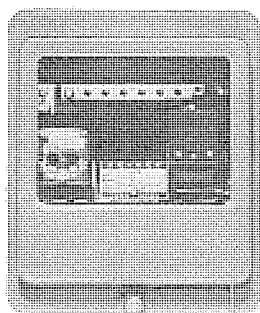


図 2.3 LO-1 B-D 形 継電器
Type LO-1 B-D relay.

地絡保護は中性点接地方式により左右されるが、大容量発電機では変圧器接地方式で、かつ変圧器と発電機がユニットになっているのが通常である。したがって地絡保護においては電機子巻線内部のみに限定しなくても、変圧器より発電機側全般の地絡を検出すればよいことになる。ここでは中性点の接地用変圧器の2次側に地絡過電圧継電器を接続して保護している。

この地絡過電圧継電器の動作を、線路側一線地絡事故による移行電圧で応動しないように高圧側零相電圧で抑制する方法もあるが、大容量機では抑制は不要と考える。通常このような大容量機は超高压系以上に接続されるため、線路側故障は高速度で除去されるので時限協調で十分保護することができる。それよりも保護方式を複雑にするデメリットのほうが大きいので、抑制のないものを標準としている。なお発電機回路が高インピーダンス接地系統のため、発電機誘起電圧に含まれる高調波分で零相回路に第3高調波が誘起されるので、これには応動しない特性としている。

(2) 回転子保護

発電機が接続されている系統で、2線短絡など逆相分電流を含む故障が発生すれば、発電機内部に同期速度で逆方向に回転する磁界が誘起され、回転子が過熱されることはよく知られている。すなわちこの磁界は、回転子に対し同期速度の2倍の相対速度となるため回転子表面に2倍周波数の電流を誘起することになる。熱放散を無視するとこの電流による回転子温度上昇 T は

$$T \propto i_e^2 \cdot \rho \cdot t \dots\dots\dots (2.1)$$

i_e ……回転子表面に流れる電流
 ρ ……回転子の固有抵抗
 t ……継続時間

で示すことができる。大容量機では、一般に内部冷却機を採用しているので、従来の水素冷却機よりも逆相分電流による回転子過熱に対してはきびしい条件になる。これは、内部冷却機は発電機容量に対する回転子体積の比が普通冷却機よりも小さいため、熱放散を考慮しない短時間の過熱には過酷となるからである。

式(2.1)より、 i_e は電機子回路に流れる逆相分電流に比例し、 ρ は発電機形式が決まると一定と考えられることから、逆相分電流による過熱の許容限界は K という定数で表わすことができる。

すなわち

$$K = \int_0^t i_2^2 \cdot dt = I_2^2 \cdot t \dots\dots\dots (2.2)$$

i_2 ……単位法で表わした逆相分電流の各瞬時の実効値
 I_2 ……単位法で表わした等価逆相分電流

$$I_2 = \frac{\sqrt{\int_0^t i_2^2 dt}}{t}$$

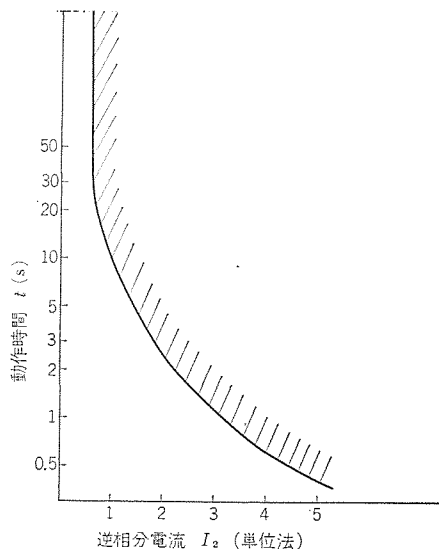


図 2.4 COQ-D 形逆相分過電流継電器特性 ($K=10$ の場合)
Type COQ-D negative phase sequence component relay characteristics.

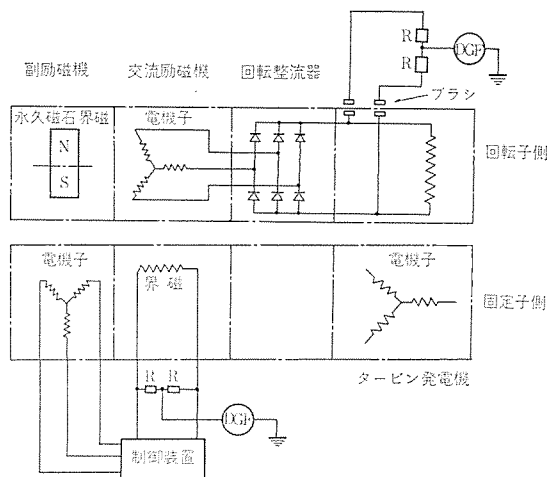


図 2.5 ブラシレス 励磁回路の地絡保護継電方式
Ground protective relay system of brushless excitation circuits.

t ……逆相分電流の継続時間(秒)

K の値は内部冷却機では10を採用している。図2.4にCOQ-D形逆相分過電流継電器を使用し、 $K=10$ として保護した場合の特性を示す。

また、COQ-D形継電器は図2.4からもわかるように逆相分電流が単位法で0.6以下では動作しないようになっている。これより小さな逆相分電流に対しては、別に0.1P、Uより検出する継電器を設け、1~10秒程度の時限をもって警報させるようにしている。

(3) 界磁回路保護

大容量機に限らず、最近の発電機ではほとんどブラシレス励磁方式を採用しているため、界磁回路の地絡保護方式は、従来とは若干異なったものとなっている。主界磁回路はすべて回転子内にあるので、この部分の地絡を検出するため、とくにブラシを設けて端子を外部に引き出せるようにしている。この場合、ブラシといっても電流量は小さくてよいので、いわゆる界磁回路のブラシのようなものは必要でない。引き出した外部では従来と同じようにDGF形界磁地絡継電器で保護できる。このブラシは常時接触させておく方式と、常時は離しておき保護すべき時のみ一定時間接触させる方式の2種類が実用されている。また大容量機では、交流励磁機の界磁回路にも地

界磁喪失保護は、従来どおり発電機の端子からみた内部インピーダンスの変化を検出する方式が十分信頼性のある方式で、トリップはさらに不足電圧検出要素の接点を直列に接続しているので、信頼性の上からも十分と考えている。

後備保護用の過電流継電器は、不足電圧起動のものを使用して定格電流以下の故障電流にも応動できるようにしている。大容量機では短絡比が 0.58 以下と従来に比べて小さく、このため、従来 5 A 定格で 2～6 A の整定範囲であった COV-6-D 形不足電圧起動過電流継電器を、とくに 1～2 A の整定範囲としたものを製作している。

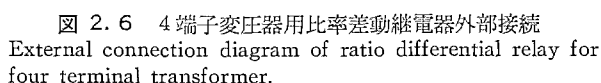
麥圧器が大容量になったことで考慮すべき点として

(2) 単巻変圧器、多重巻コイルなどの採用により、内部層間短絡事故時の故障電流が小さくなる。

(4) 500 kV 系統ではとくに高速度動作が要求される。

などがあげられ、これに先にも述べたように、よりいっそうの信頼度向上が要求される。

これに対し、HUB-2-D 形 第 2 高調波抑制付比率差動継電器は超高压系の数十万 kVA 級の変圧器にも十分満足な保護実績を有している。すなわち上記(1)については、励磁突入電流の抑制として一番確実な第 2 高調波抑制方式を採用することで解決し、(2)については定格電流の 30% の最小動作を有し、十分な保護能力を有している。また、20 ms 以下で動作する瞬時差動電流検出要素を設けて、大電流域での高速度動作を満足させ上記(4)に対処している。したがって米国においては、500 kV 系、1,000 MVA 級の変圧器にも HUB-2-D 形相当の継電器を使用し、とくに信頼度向上の目的で



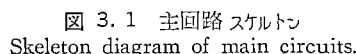
変圧器保護においては以上のように従来形継電器の組合せ、あるいは一部改造することで大容量化に対処できるのであるが、わが国の 500 kV 系では信頼度向上を考えて、全静止形自動点検付きの保護継電器装置が採用される傾向にある。この場合、別置調整変圧器など特殊な例を除けば、静止化されても第 2 高調波抑制付き比率差動継電方式が採用されることには変わりない。

この装置は、発電所保護継電装置に対する保守点検業務の大幅な省力化と高信頼度化をはかる目的で、東京電力と共同開発を行なったもので、昭和45年8月より昭和47年3月まで東京電力横浜火力発電所でフィールドテストを実施し、所期の目的を達成したものである。

(1) 保護範圍

(2) 発電機保護における全静止形継電装置

まず第1に、送配電線では雷撃、異物接触などでその系統故障発生確率が高いのに対し、機器の故障率は非常に小さく、したがって



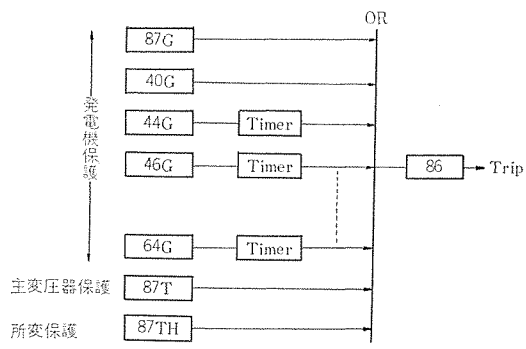


図 3.2 従来の発電機、変圧器トリップ回路
Trip circuit of conventional generator and transformer.

継電器の動作する機会も非常に少ないといえる。また従来の電磁形リレーの実績からも誤不動作よりも誤動作事故が多いことから、全静止形継電装置では直列2重化、2系列化などの方法で、誤動作に対する信頼性をあげることに重点をおいた継電方式とする必要がある。

第2には、送配電線保護装置は1組のCTと1組のPTより継電装置の入力をとっているのに対し、発電機関係の継電装置は図3.1に示すように多くのCT電流を入力としているため、系統からのサージ侵入回路が多く十分なサージ対策が必要となる。

第3に、送配電線保護装置が複数個の継電器接点が直列でしゃ断器引きはしを行なっているのに対し、発電機関係では図3.2に示すように1個の継電器動作により直ちにしゃ断器引きはしを行なっている。したがって全静止形継電装置を適用するにあたっては第一の場合と同様、直列2重化、2系列化などを考慮して、1個の継電器の誤動作では決して誤しゃ断に至らないシーケンスを組む必要がある。

3.2 自動点検付き全静止形保護継電装置

(1) 装置概要

この装置は、表3.1に示す各継電器のほかに、電源装置、論理シーケンス回路、SCRトリップ回路、自動点検監視装置などを内蔵し、しかも図3.3に示すように700×2,300mmの標準配電盤1面に収納したコンパクトタイプとなっている。

(2) 信頼性向上対策

この装置の信頼性向上への対策として、2重化と自動点検監視装置がある。このうち、自動点検監視については項を改めるとして、ここでは2重化の実施例について述べる。前記考察にもとづき2重化は誤動作しにくく、かつ点検監視のやりやすい直列2重化を基本思想としている。

(a) 完全2重化を行なった継電器

主継電器で単相のもの 該当継電器 64G

(b) トランジスタ回路部以降の2重化を行なった継電器

後備保護継電器 該当継電器 44G, 40G
46G, 59G

(c) 三相継電器において二相動作で2重化を行なった継電器

主継電器で三相のもの 該当継電器 87G, 87GT
87AT, 51AT

(d) 2重化を行っていない継電器

直接トリップに関係しないもの 該当継電器 60G

上記のように、継電器についてなんらかの形で2重化を行なってもシーケンスが静止化されていると、トリップに直接関係する素子が不良となれば直ちに誤動作の可能性がでてくる。したがってこの装置

表 3.1 継電器一覧
List of relays.

器具番号	名 称	定 格	仕 様	備 考
87 G	比率差動継電器 (UAG-1-K)	AC 5 A, 50 Hz DC 12 V	最小動作感度 10% 固定	
87 T	比率差動継電器 (UAT-2-K)	AC 5 A, 50 Hz DC 12 V	2.9-3.2-3.5-3.8-4.2 -4.6-5.0-8.7	第2高調波抑制
40 G	界磁喪失継電器 (UZF-1-K)	AC 5 A, 110 V, 50 Hz DC 12 V	前方 5~50 Ω } 2% 後方 0.4~4 Ω } ステップ	
46 G	逆相過電流継電器 (UOQ-1-K)	AC 5 A, 50 Hz DC 12 V	$I_2=0.1$ PU $I_2=0.6$ PU	アラーム トリップ
64 G	地絡過電圧継電器 (UVG-1-K)	AC 110 V, 50 Hz DC 12 V	感度 5%-8%-10%	第3高調波抑制付き 線路側電圧抑制付き
44 G	短絡距離継電器 (UZS-1-K)	AC 5 A, 110 V, 50 Hz DC 12 V	前方 3-30 Ω 2%ステップ 後方 3 Ω 固定	
59 G	過電圧継電器 (UV-2-K)	AC 110 V, 50 Hz DC 12 V	120-125-130-135- 140 V	
60 G	電圧平衡継電器 (UO 3-1-K)	AC 110 V, 50 Hz DC 12 V	$\Delta V=10\%, 20\%$	
51 T	過電流継電器 (UO 3-1-K)	AC 5 A, 50 Hz DC 12 V	51 L: 4~5-6-8-10 A 51 H: 51 L の 200%	
50 GW	過電流継電器 (UO 3-2-K)	AC 5 A, 50 Hz DC 12 V	4-5-6-8-10 A	界磁予熱時 短絡保護
64 GW	地絡過電圧継電器 (UVG-2-K)	AC 110 V, 50 Hz DC 12 V	感度 5%-8%-11%	界磁予熱時 地絡保護

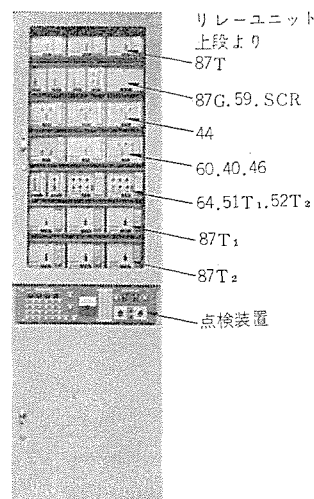


図 3.3 自動点検監視付き全静止形発電所保護継電装置
All solid state power station protective relay with automatic inspection and supervisory scheme.

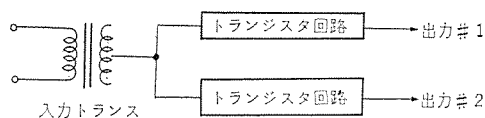


図 3.4 トランジスタ回路の2重化
Doubling of transistor circuits.

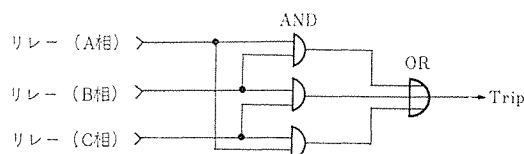


図 3.5 三相リレーの2重化
Doubling of 3 phase relay.

では、図 3.6 に示すようにシーケンス回路も完全に2重化して2ルートとし、SCRトリップ素子も直列2重化して誤動作に対する信頼度をあげている。

(3) 自動点検監視

誤動作防止の手段としては常時監視機能を、また誤不動作防止の

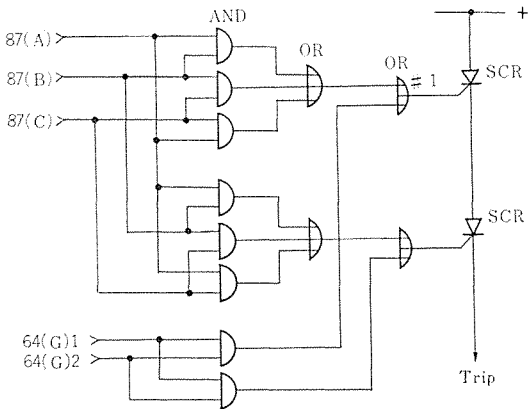


図 3.6 シーケンス、トリップ回路の2重化
Doubling of sequence trip circuits.

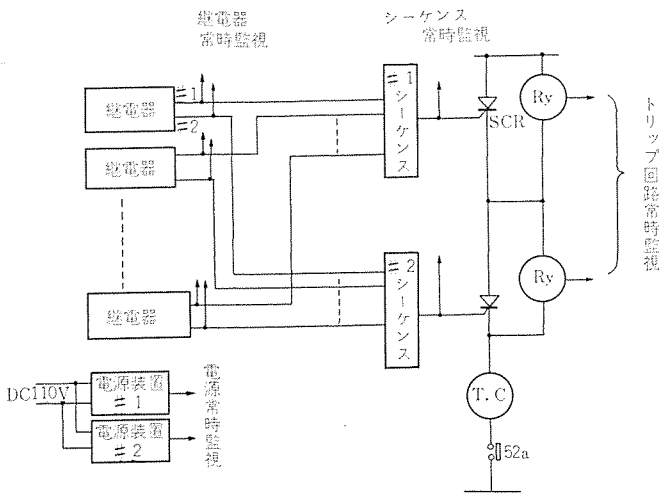


図 3.7 常時監視回路ブロック
Block diagram of constantly supervising circuits.

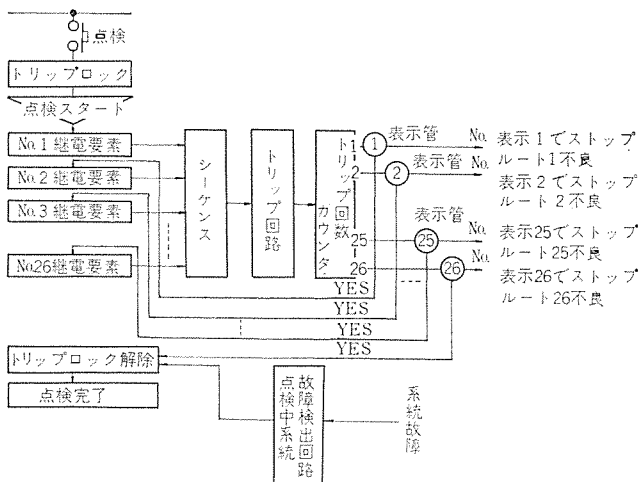


図 3.8 自動点検回路ブロック
Circuits block diagram of automatic inspection

手段としては自動点検機能をそなえて、常に装置が正常であることを確認している。図 3.7 は常時監視のブロック回路図で、全継電要素、シーケンス回路、SCRトリップ回路、電源装置それぞれを監視しており、不良があれば警報すると同時に、何が悪いかわらう表示で判定できる方式となっている。点検はトランジスタ回路初段より点検入力を入れることにより行なっている。図 3.8 はその自動点検のブロック回路図であり、一度点検押ボタンを押すだけであとは自動的にあらかじめ定められたプログラムに従って順番に点検され、全継電要素、シーケンス回路、SCRトリップ回路に至るまで点検可能であり、不良部分があればどの要素、あるいはどのルートが悪いかを表示管によって簡単に発見可能である。万一一点検中に故障が発生した場合でも、自動的にトリップロックが解除されてトリップすることができる。

3.3 継電器

継電器の種類と定格は表 3.1 に示したとおりであり、各継電器は保守運用を考慮して従来の電磁形継電器と同様に引出し可能なユニット形としている。また継電器制御電源は、DC-DCコンバータによって DC 110 V から降圧された DC 12 V を使用し、継電器出力は電圧レベルの論理信号である。

継電器の特性は、従来の電磁形とほぼ同じ特性となるようにしているが、トランジスタ回路で組むと非常に複雑になる反限時特性については、経済性、信頼性の面から2段階特性でこれに代えている。以下、簡単におもな継電器について述べる。

(1) 変圧器保護用比率差動継電器 (87T)

変圧器の内部短絡保護用3巻線形比率差動継電器で、交流比整合用補助変流器を内蔵している。また変圧器の励磁突入電流に対しては第2高調波抑制回路を設け、突入電流中には第2高調波の比率が基本波に対して15%以上含まれることを検出して、比率差動回路をロックしている。

(2) 地絡過電圧継電器 (64G)

発電機主回路の地絡保護用継電器で、5%-8%-10%の高感度検出を行なっている。もちろんこの感度を得るために常時発生している第3高調波による残留零相電圧除去用フィルタを内蔵させ、さらに試みとして、主変圧器の巻線間容量結合による移行電圧での誤動作防止のため、線路側零相電圧による抑制を加えた継電器としている。

(3) 逆相分過電流継電器 (46G)

回転子過熱保護用で、定格電流の10% (0.1 P.U.) で定限時動作する警報要素と、60% (0.6 P.U.) で定限時動作するトリップ要素から

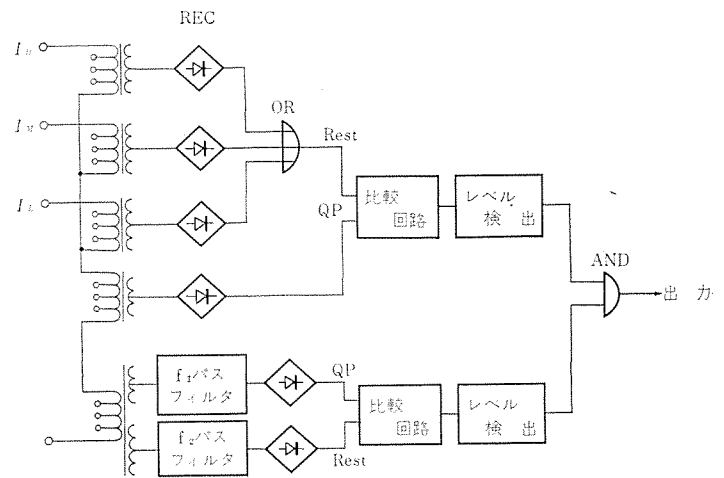


図 3.9 変圧器保護用比率差動継電器
Ratio differential relay for transformer protection

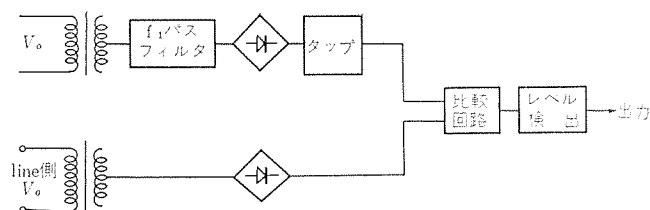


図 3.10 地絡過電圧継電器
Grounding overvoltage relay

構成されている。従来の反限時特性ではなく、定限時特性として回路の簡素化をはかっている。

(4) 界磁予熱時保護継電器 (50GW, 64GW)

大容量タービン発電機では回転子予熱運転のため、界磁電流を与えて定格回転数の数分の一より定格回転数までの間、相当長時間の単独運転を行なう場合があり、その間、電機子回路の短絡、地絡保護が必要となる。短絡保護用には 50GW、地絡保護用には 64GW で、20 Hz~50 Hz の間で特性保証を行なっている。

4. 500 kV 単巻変圧器保護継電装置

わが国初の 500 kV 系用 1,000 MVA の記録的大容量単巻変圧器の保護継電装置として、自動点検監視付き全静止形継電装置を東京電力と共同検討により開発し、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たのでその概要を紹介する。

4.1 被保護 500 kV 単巻変圧器概要

(1) 被保護変圧器仕様

- | | |
|-----------|--|
| (a) 形式 | 外鉄形 単相単巻変圧器送油風冷式 |
| (b) 容量 | 一次 1,000/3 MVA
二次 1,000/3 MVA } ×3/Bank
三次 300/3 MVA |
| (c) 定格周波数 | 50 Hz |
| (d) 定格電圧 | 一次 500/√3 kV
二次 275/√3 kV
三次 63 kV |
| (e) 定格電流 | 一次 1,155 A
二次 2,390 A |

(2) 主変圧器と調整変圧器

被保護変圧器は図 4.1 に示すごとく別置調整変圧器付きで、主変圧器の中性点側に設置された別置調整変圧器により、500 kV 側電圧が 477.7 kV から 527.7 kV の間の変動に対して、275 kV 側の電圧を一定に保つようになっている。

4.2 500 kV 単巻変圧器保護方式概要

前に述べたように 500 kV 系で変圧器が大容量になったからといって、保護方式そのものが根本的に変わることはない。しかし、今回の 500 kV 単巻変圧器保護の場合、

- 変圧器本体と調整変圧器が別タンクに収納の別置形である。
- 従来以上の高信頼度保護が要求される。

などのため、従来の保護方式とは違って下記に示すような世界でも初めての新方式を開発し採用した。すなわち

(1) 主変圧器と調整変圧器とを別個に分けて保護する。

主変圧器と調整変圧器を一括して差動継電器で保護すると、図 4.2 に示すごとく調整変圧器の保護が検出感度、動作速度の両面から不十分である。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

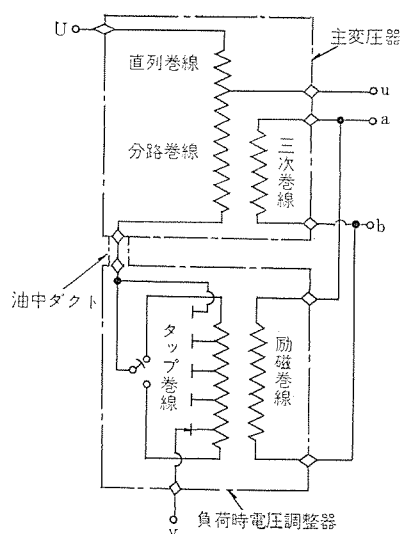


図 4.1 主変圧器と調整変圧器
Main transformer and regulating transformer.

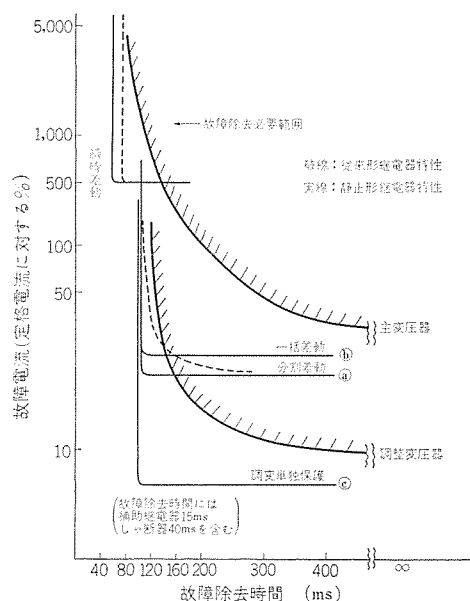


図 4.2 500 kV 主変圧器および調整変圧器
故障電流一括許容時間特性 (500 kV 側電流に換算)
500 kV main transformer and regulating transformer

た動作としているからである。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、次の 4.3 節で述べる。

(2) 主変圧器と調整変圧器および 3 次側母線 (63 kV) を一括して保護する継電器を設置する。

調整変圧器には、主変圧器の三次巻線 (63 kV) から励磁するため 63 kV 母線が必要となり、この部分を保護する必要がある。この場合、変圧器も保護範囲に入れると変圧器保護の 2 重化もはかれるので、63 kV 母線と変圧器を一括とした一括差動継電器を設置することにした。

(3) 主継電器に別入力の故障検出継電器を組合せて保護する。

CT 回路および継電器部を一重で構成すると、CT 回路の断線などの不良や、継電器の不具合がそのまま 1,000 MVA 変圧器のミストリップにつながるため、別入力 (CT および PT 回路) の故障検出継電器を組合せた 2 重構成として誤動作の防止をはかった。またこれによりシンプルの自動点検監視が可能となった。

(4) 後備保護として距離継電方式を採用した。

図 4.3 に示すように、シャ断失敗をとまなう線路事故、CT と

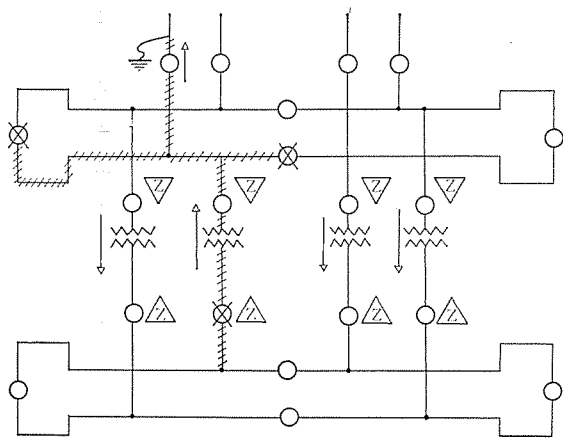


図 4.3 後備保護距離継電方式
Back up protective distance relay system.

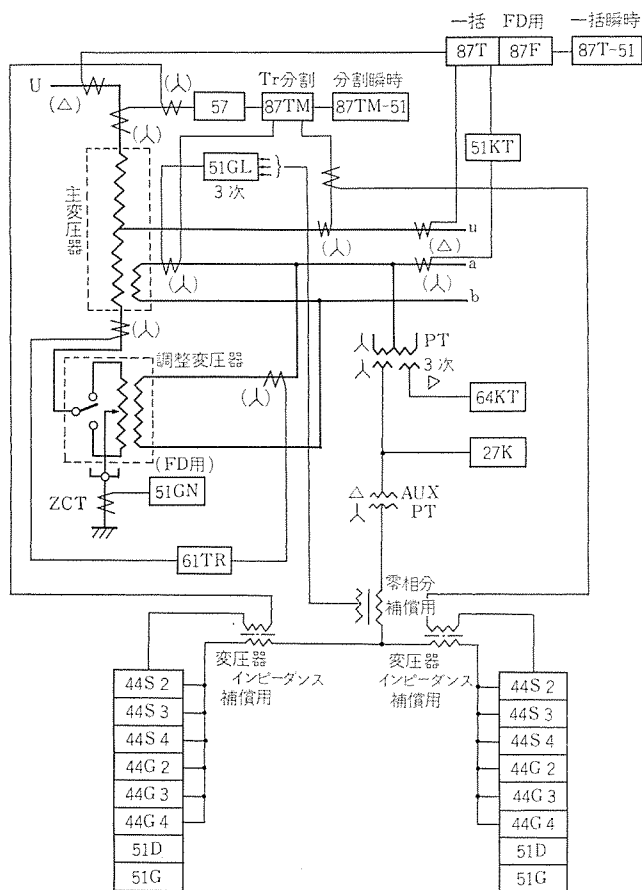


図 4.4 500 kV 単巻変圧器保護装置 スケルトン
Skeleton diagram of 500 kV autotransformer protective equipment.

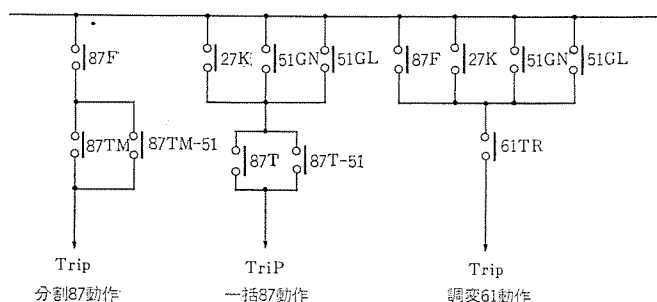


図 4.5 主保護動作シーケンス
Main protective operation sequence.

CBの間の盲点事故、しゃ断器事故および母線事故でバスプ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、関係変圧器の停止のみですみ波及を最小限に食い止めることができる。

(5) 継電器電圧として三次側 PT 電圧を使用した。

変圧器一次側および二次側の電圧に母線 PT を使用すると切換ミス、ヒューズ断など不具合が発生した場合、全継電器に影響すること、また各変圧器に PT を設置するには費用、場所などからむずかしく、変圧器ブッシング PD も着装できなかったことから、三次側 PT 電圧に変圧器インピーダンスによるドロップ分を補償してこれに代えている。この詳細については 4.4 節で述べる。

(6) 自動点検監視付き全静止形継電装置とした。

調整変圧器単独の保護継電器が特性、動作速度の点から静止形継電器にする必要があり、また、装置そのものの信頼性をよりいっそう高めるためにも静止形として自動点検監視付きとした。

以上(1)～(6)を具体化してスケルトンに示したものが図 4.4 である。

4.3 変圧器主保護継電方式

(1) 主変圧器差動保護

主変圧器のみを分割して保護すれば、図 4.2 の破線で示す従来の継電器でも故障除去必要範囲を十分カバーすることができる。

本装置では、前に述べた理由により、すべて静止形継電器を用いているがその感度、動作速度は図 4.2 の実線 a のとおりである。

(2) 調整変圧器保護

主変圧器と調整変圧器の保護を分離した結果、調整変圧器の電流はタップ変動にともない $\pm 100\%$ 変動するため差動保護は適用できず、別な新しい保護方式の開発が必要となった。すなわち調整変圧器の調整(共通)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、健全時およ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、健全時および外部故障時には同相または 180° 位相差付近にあり、内部故障時には 90° または 270° のほうに移動することも明らかとなった。これらのことより、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(61TR)を開発した。この継電器の感度、動作速度は図 4.2 の実線 c のとおりである。

(3) 主変圧器、調整変圧器一括差動保護

前に述べたように、変圧器 63 kV 側 Δ 接続母線の保護と変圧器保護を含めるとともに、変圧器保護の 2 重化をはかるために、第 2 高調波抑制付き比率差動継電器を設けた。この継電器の特性は図 4.2 の実線 b のとおりである。

以上(1)～(3)をまとめてシーケンス表示したものが図 4.5 である。

4.4 変圧器後備保護継電方式

変圧器後備保護は 4.2 節で述べた理由により、500 kV 側、275 kV 側のおおの、短絡距離継電器および地絡距離継電器を使用している。

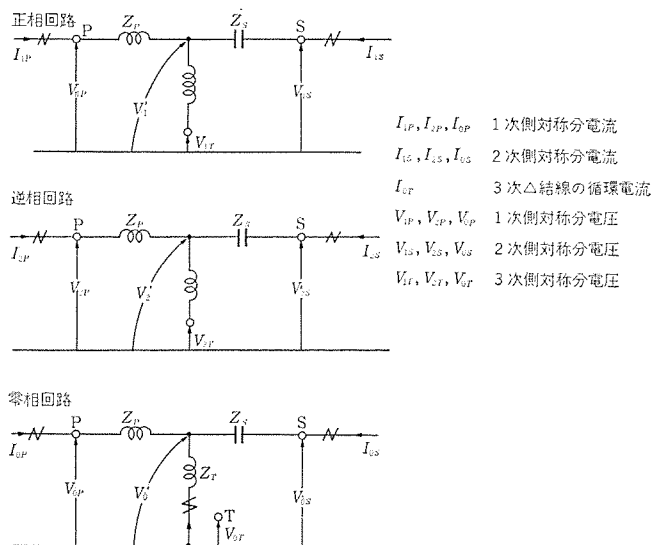


図 4.6 変圧器等価回路 (対称分)
Transformer equivalent circuit (symmetrical component).

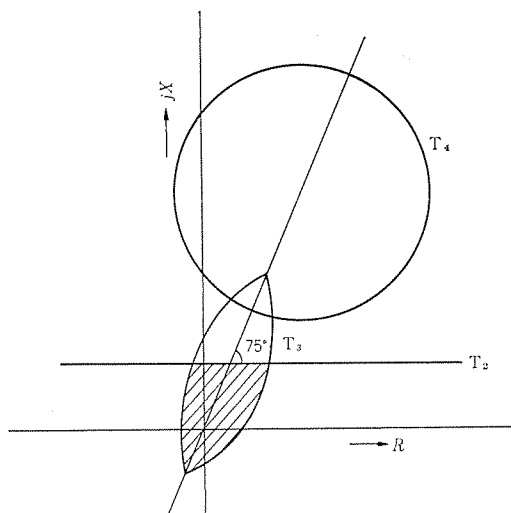


図 4.7 後備保護用距離継電器位相特性
Distance relay phase characteristic of back-up protection.

(1) 距離継電器電圧補償

距離継電器の電圧には、主変圧器三次側 PT 電圧に一次側電流、二次側電流で変圧器インピーダンスのドロップ分を補償したものを使用しているが、零相分についてはさらに主変圧器三次巻線に環流する零相分電流で補償するようにしている。図 4.6 は変圧器の対称分等価回路であり、三次側の正相、逆相分電流を無視すれば

$$\left. \begin{aligned} V_1' &= V_{1T} \\ V_2' &= V_{2T} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (4.1)$$

となり、一次側の対称分電圧は

$$\left. \begin{aligned} V_{1P} &= Z_P \cdot I_{1P} + V_1' = Z_P \cdot I_{1P} + V_{1T} \\ V_{2P} &= Z_P \cdot I_{2P} + V_2' = Z_P \cdot I_{2P} + V_{2T} \\ V_{0P} &= Z_P \cdot I_{0P} + V_0' = Z_P \cdot I_{0P} - Z_T \cdot I_{0T} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (4.2)$$

一次側の相電圧を V_{AP} , V_{BP} , V_{CP} 、相電流を I_{AP} , I_{BP} , I_{CP} とし、三次側の相電圧を V_{AT} , V_{BT} , V_{CT} とすれば、一次側相電圧は

$$\left. \begin{aligned} V_{AP} &= V_{1P} + V_{2P} + V_{0P} = Z_P \cdot I_{AP} + V_{AT} - Z_T \cdot I_{0T} \\ V_{BP} &= a^2 V_{1P} + a V_{2P} + V_{0P} = Z_P \cdot I_{BP} + V_{BT} - Z_T \cdot I_{0T} \\ V_{CP} &= a V_{1P} + a^2 V_{2P} + V_{0P} = Z_P \cdot I_{CP} + V_{CT} - Z_T \cdot I_{0T} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (4.3)$$

となり、三次側の電圧に相電流補償と、三次Δ巻線に環流する零相

分電流補償を施せば正しく補償された相電圧を得ることができる。

(2) 距離継電器位相特性

位相特性は図 4.7 に示すとおりであり、 T_2 が直線、 T_3 がレンズ形、 T_4 が円で、このうち距離 2 段は T_2 と T_3 でカバーされる範囲で変圧器を介しての母線の後備保護、距離 3 段は T_3 に含まれる範囲で 2 段より前方の送電線を含めての後備保護、距離 4 段は T_4 の範囲で相手端の母線まで含めての後備保護を行っており、いずれも適当な時限をもって動作するようになっている。

なお、後備保護も主保護と同様にレンズ形や 4 段の円特性が得やすいという理由で全静止形としており、加えて点検監視を行なっている。

4.5 自動点検監視付き全静止形変圧器保護継電装置

(1) 装置構成

装置は 1 Bank あたり、主保護盤 2 面、500 kV 側後備保護盤 2 面、275 kV 側後備保護盤 2 面および補助変成器箱 1 架の計 6 面 1 架で構成され、東京電力房総変電所に納入したものを図 4.8 に示す。

(2) 継電器

継電器は図 4.4 のスケルトン、および図 4.8 の盤面図により概要を示しており詳細説明は省略するが、最も特長のある下記 2 種の継電器を簡単に紹介しておく。

(a) 電流比較継電器 (61TR) 調整変圧器単独保護用継電器として開発したもので、動作原理ブロック図を図 4.9 に示す。

(b) 電流変化幅継電器 (51D) 後備保護短絡距離継電器のストップとして使用しているもので、重負荷長距離送電線では普通の過電流継電器に代る有力な継電器である。図 4.10 にその動作原理を示す。

(3) 自動点検監視

主保護、後備保護おのおの独立して自動点検装置を内蔵しており、原則として継電装置の不良は常時監視で検出するものとし、常時監視で検出できない不良に対して自動点検でカバーする設計となっている。

(a) 常時監視 各継電器の出力、シーケンス部出力、三相アンバランス出力、差動回路出力などを幅広く常時監視し、不良が出た場合には、デジタル表示で不良箇所を簡単に検出できるようにしている。

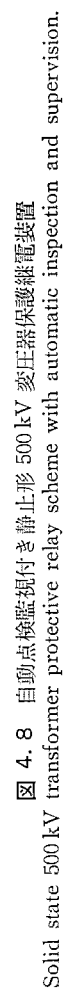
(b) 自動点検 主保護においては各継電器の入力トランスに点検用巻線を設け、入力トランスをも含めて全系が点検できるようにしている。また比率差動継電器を中心とする主継電器の点検は、点検入力 (AC 200 V 使用) を適宜に変換して自動的に特性チェックも行う方式としている。

また後備保護においては、点検用巻線による点検の他に、主継電器の距離継電器では、潮流を利用してベクトル反転などを行なって簡単に継電器の点検ができる方式を開発している。

5. む す び

大容量機器の保護継電装置として、従来に比べて考慮した点を述べ、それに今後、信頼度向上をはかる目的で本格的な採用が予想される自動点検監視付き全静止形継電装置を発電機および変圧器についてのおおの実施例を紹介した。

今後、発電機における水冷却方式などのように、機器そのものの進歩も著しいものが予想される。また大容量分路リアクタ、直列コンデンサなどの普及も考えられる。これらに対処する保護方式の研究も、



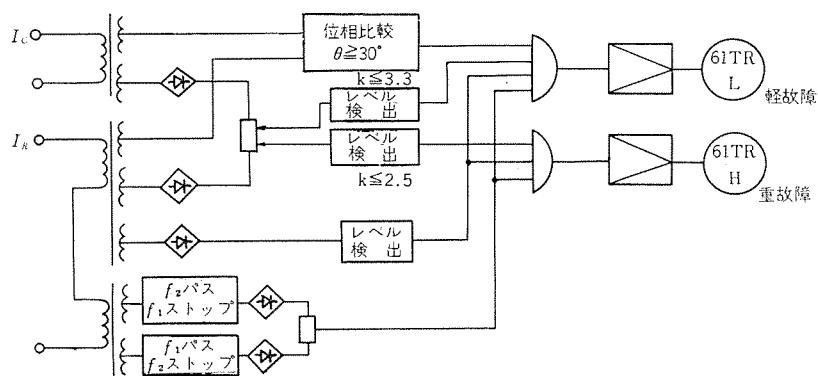


図 4. 9 電流比較継電器 (61 TR) ブロック
Block diagram of current ratio comparison relay (61 TR).

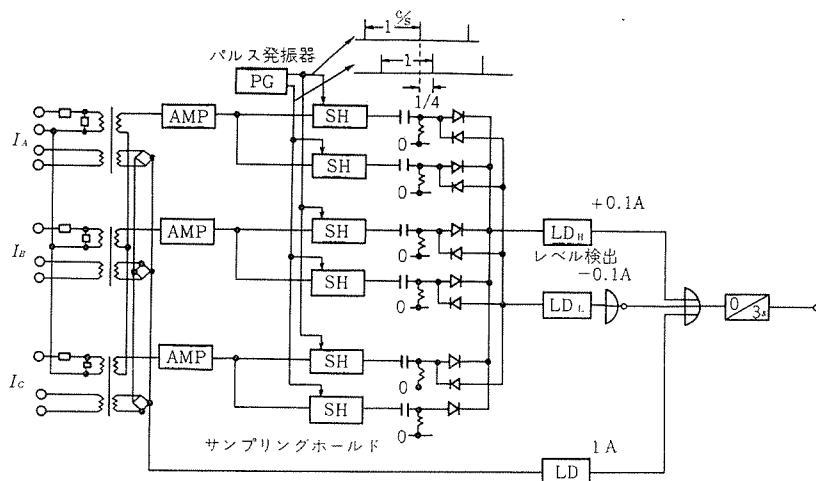


図 4. 10 電流変化幅継電器 (51 D) ブロック
Block diagram of current variation width relay (51 D).

今回は紙数の都合で発表できなかったが、決しておろそかにしているものではない。

終わりにあたり、これら装置の検討および製作にご援助下さった

東京電力(株)の関係者のかたがた、およびその他の電力会社の関係者のかたがたに厚くお礼を申上げる次第である。

静止形継電装置の構成

山内 成周*・中嶋 安広*・中村 欽一*・坂本 昌一*

Construction of Solid State Relaying Apparatus

Kobe Works Shigechika YAMAUCHI・Yasuhiro NAKAJIMA・Kinichi NAKAMURA・Shooichi SAKAMOTO

The relaying apparatus in the future is considered to become more and more solid state, because the demand for high performance relays to be used for ultra high voltage installations increases, and further the employment of automatic inspection and supervision in line with the trend of unattended and labor saving service and the transition to reduced size setups through compact design become indispensable. This article describes, in regard to the solid state relays, how reliability in operation, labor saving in the maintenance and inspection, and compact in design are embodied. Also discussion is made on the future problems chiefly of the construction and mechanism of these devices.

1. ま え が き

今後継電装置は、高信頼度化、無人省力化、それにともなう自動点検、監視の採用、コンパクト化等により、ますます静止化が進められる。

一方静止形継電装置が適用される技術面、部品面の多様化にともない継電装置の構成も新しいものが必要となってきた。すなわち、継電装置そのものに可動部分がなく、手による操作、目で見える部分が少なくなり、保守点検面でも従来の機械式と違った考え方がでてきている。新しい試験設備の利用、点検監視の採用等省力化面の新機軸も打出されてきた。

以上の考え方のもとに静止形継電装置における高信頼度化、省力化および点検に関する技術を、主として構成および機構面について以下に紹介する。

2. 主継電器入力導入より見た構成

従来の機械式継電装置においては、入力部、出力部が主継電器ごとまったく独立したものであり、これらと補助継電器とを組合せて装置を構成する方式がとられてきた。この形態は静止形継電装置においても踏襲され、継電器単体として独立して機械式と同様に使用されている。しかし静止化によるコンパクト化、消費VAの低減等をさらに効果的に進めるため、入力部を一括し変換した電気量を各継電要素に導入する方法がとられるようになった。いずれもそれぞれ目的により決定されるものであり、この導入方式により主継電器は、回路のみでなく構造形成も異なったものとなっている。

2.1 入力回路構成

継電装置への入力としてCT、PTが多い場合には、入力部を一括することは適していない。すなわち母線保護、機器保護のごとく装置へ導入する入力CT、PTが多い場合や、配電線保護のごとく簡単な継電器で構成されているもの等、一つのCT、PT入力が各継電要素に共用できないものは、入力一括してもメリットは少ない。

一方送電線保護のごとく、入力が共用されるものの多いものは効果が大きい。たとえば一つのCTより過電流、短絡および地絡1、2、3段等の継電要素に供給するような共通性の多いものに適している。

図2.1に入力分割方式と一括方式の回路構成を示す。

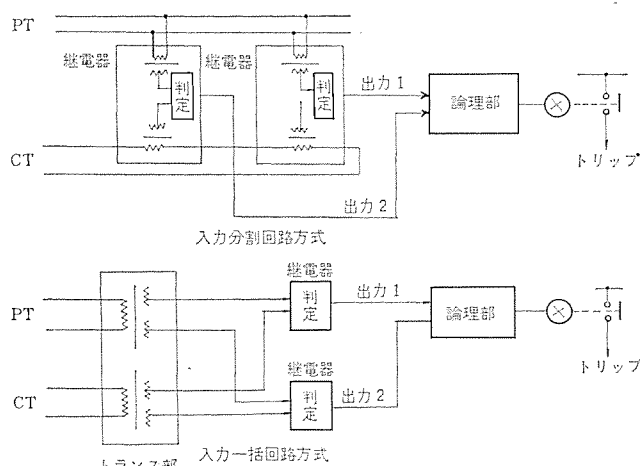


図 2.1 継電器入力導入回路構成
Block diagram of relay input circuit.

入力一括導入方式は、入力電流、電圧を変換するトランス部分を一括して、装置にトランス架を独立させる方法である。この方法によれば、従来継電器単体個々に収納されていたトランス類がすべて取り除かれ、かつ共用できるものは共用してトランスの個数を減じることができ、継電器単体は判定部分のみのプリントカードで構成されるので小形化される。しかしプリントカードのみで構成された継電要素では、CT、PT 2次入力を導入して試験を行なうことはできないので、後述の装置一括の試験によらねばならない。

入力分割方式と一括方式の特長を表2.1に示す。

2.2 継電器の構造

静止形継電装置を構成する継電器構造は、各種の必要条件に適合できるように標準化、共通化されたものが必要であり、その必要条件をあげると、

- (1) 構造が完全であり、信頼性の高いこと。
- (2) 洗練されたデザインで、配電盤の外観に適合すること。
- (3) 試験、保守、点検に適すること。
- (4) 継電器構成部品の進歩に適合し、少ない盤面々積で十分な内容が収容できること。

等があげられる。当社継電器は、継電器単体形式のユニット構造のものと、プリントカード形式の2系列が標準化されている。

図2.2、2.3に継電器単体形式のユニット構造のものを示す。横

表 2.1 入力導入方式より見た各特長
Comparison table of input circuit systems.

項目	入力分割方式	入力一括方式
盤面占有率	入力変成のためのトランス類が各継電要素ごとにあるため一括方式に比べ多くなる	トランス類の共用により少ない
CT, PT の消費 VA	入力変成のためのトランス類が各継電要素ごとにあるため一括方式に比べ多い	トランス類の共用により少ない
サージ, 誘導の影響	近くに PT, CT 回路, トランスがあり影響を受けやすい	CT, PT 回路からのサージの浸入が減少する。またトランス類よりの電磁誘導の影響を直接的に受けにくい
強電回路との混触の危険性	CT, PT 回路と静止回路が継電器および盤内各所で接近しており考慮が必要	分離しているため危険性が比較的少ない
継電器単体試験	CT, PT, 2 次入力相当量を直接通電し継電器単体試験ができる	入力部と継電要素を組合せ接続して行なうか、継電要素のみの場合 PT, CT 入力に比例した入力部出力位相を知って試験を行なわねばならない
適用上の考慮	装置への入力導入するもの (CT, PT) の多いときに適する 例: 母線保護 機器保護 配電線保護	装置への入力導入するもの (CT, PT) が少ない時にメリットがある 例: 送電線保護

長形ケースに収納する構造となっており、その大きさは図 2.4 に示すように正面幅がケース寸法の 1/6, 1/4, 1/3, 1/2 の 4 種類に統一され、これらを組合せて横長ケースに収納する方法をとっている。このユニット構造は、従来の機械式のものとまったく同様の考え方をとっており、その特長をあげると、

- (1) 従来の標準配電盤に機械式とまったく同様に取付けられる。
 - (2) 横形構造による完全ユニット式で互換性がある。
 - (3) CT 端末処理を考慮した抽出可能構造。
 - (4) ユニットの鎖錠はワンタッチ方式を採用。
 - (5) 保守点検に便利ように回転フレーム構造。
 - (6) カード部分と電磁入力部分がシールド板により隔離した構造。
- 等があげられる。

一方プリントカード形式のものは、図 2.5 に示す構造となっており、判定部分のみのためプリントカードと、正面板により構成されている。このカード形式による継電要素は、論理カードとともに、ユニット継電器と同じ標準の横長ケースに収納するようにしている。

いずれの形式の継電要素も正面板には、表示ランプとシーケンスチェック用の模擬入力指令用のジャックと、動作出力導出用のジャックを用意している。なおプリントカード接せん(栓)および論理部のケース外部接続コネクタは、2 重化を採用して信頼度を向上させている。

2.3 パネル構造

今後ますます無人変電所の出現が多くなることが考えられるが、その設置場所の環境によりパネル構造も異なってくることが考えられるが、現状においては従来構造とほとんど大差のない構造をしている。すなわち継電器、シーケンス部ともそれぞれ独立した密閉ケースに収納して盤面に取付けている。しかしパネル構成面では従来ほとんどなかったシーケンステスト装置が静止形継電器装置ではほとんど実装され、保守、点検上の配慮がなされるようになってきた。図 2.6, 2.7 にパネル外観を示す。

パネル上の継電器その他の器具を接続するパネル裏面配線で、一部に多心ケーブルを採用、コネクタによる結合を行なっているものもあるが、従来同様の方式がほとんどである。今後環境の整備、保護方式

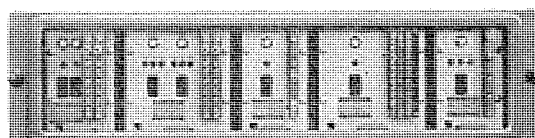


図 2.2 ユニット継電器構成外観
Photograph of solid-state unit relays.

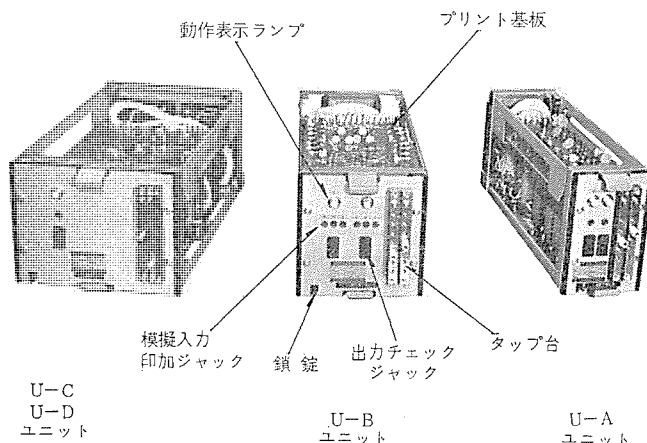
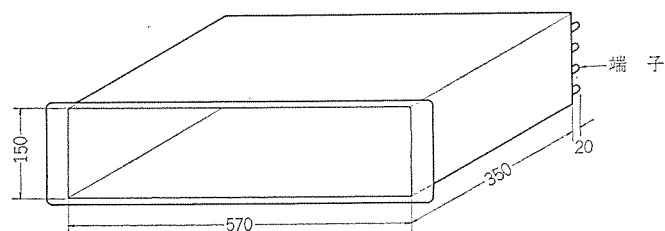


図 2.3 ユニット継電器単体の一例
Examples of unit relay element.



ユニット形式	U-E	U-D	U-C	U-B	U-A	端子配列(裏面)
大きさ区分	1/2 280	1/3 186	1/4 139	1/6 92		① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ⑩ ⑪ ⑫ (1ブロック)
最大外部接続端子数	12×2	12×2	12×1	12×1	12×1	

図 2.4 ユニット継電器寸法構成と端子構成
Outline of unit relay elements.

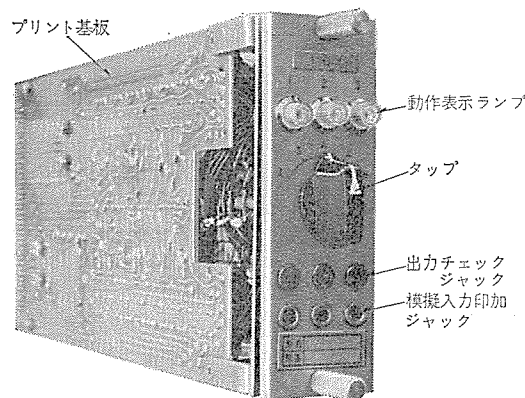


図 2.5 プリントカード形式継電器の一例
Example of printed card relay.

の標準化によりパネル構造も変化していくことが予想される。一例として継電器は個々に密閉せずラック上に配列、パネル一括閉鎖形とした場合、裏面結線はくもりの集配線、あるいはボード板による結線等が考えられる。

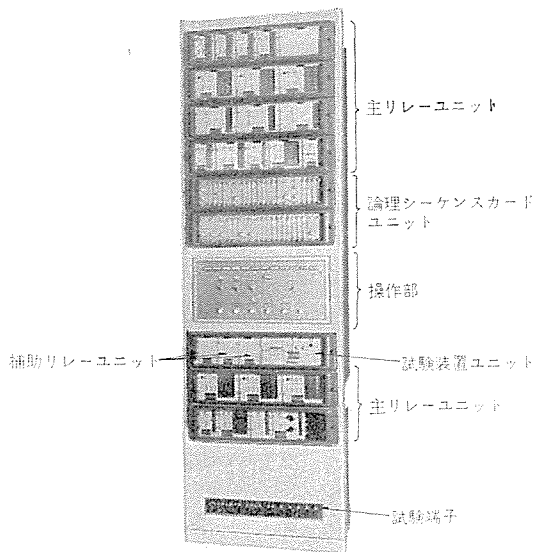


図 2.6 入力分割継電器を実装したパネル例
Example of relay panel having input circuit within each relay.

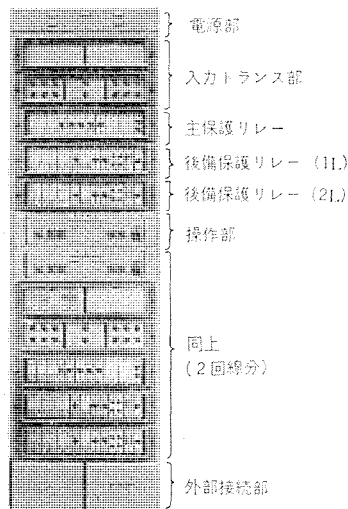


図 2.7 入力一括継電器を実装したパネル例
Example of relay panel having only one-set of input circuit within the apparatus.

なお、高密度化の推進とともに、盤外接続のための引込端子台がますます増加の傾向にあり、表示、警報回路の整理による端子台増加の抑制も今後の課題の一つと考える。

3. 直流電源、表示回路の構成

3.1 直流電源

静止形継電装置の直流電源は、主として DC 12V または DC 24V 等が使われているが、継電器単体個々に電源を持つ方式と、装置一括で共用した電源を持つ方式に大別される。

継電器個々に電源を持つ方式は、主として抵抗とゼナーダイオードによるものであるが、電源によるトラブルが装置全体に影響を与えることが少ないという利点がある。しかし発熱体が継電器単体に内蔵されていることと、装置全体の電源効率が悪くなるとともに、論理部自体にも電源回路が必要になる等の不利が生じる。

装置全体を一括した専用電源装置で給電する方式を表 3.1 に示すが、AC 200V 無停電電源が効率、耐サージ等より見てすぐれている。これらの方式は装置内に、DC 110V が引き回されることが

表 3.1 静止形継電装置の直流電源方式
DC source system of solid-state relay apparatus.

方式	構成	特長			
		効率	耐サージ	他装置との渡り	その他
AC200V 無停電		良い	強い	問題ない (絶縁切れている)	D-Aインバータの信頼度重要 (2系列化)必要 任意出力電圧が出せる
DC24V 専用		悪い	強い	問題ない	出力の自由度が少ない (24Vより大きい電圧にはD-D必要)
DC110V 混用		ゼナー定電圧より良い	弱い サージ対策必要 (CBその他外来サージが入口に)	絶縁を切るためD-Dコンバータ必要	従来の所内電源がそのまま使用できる

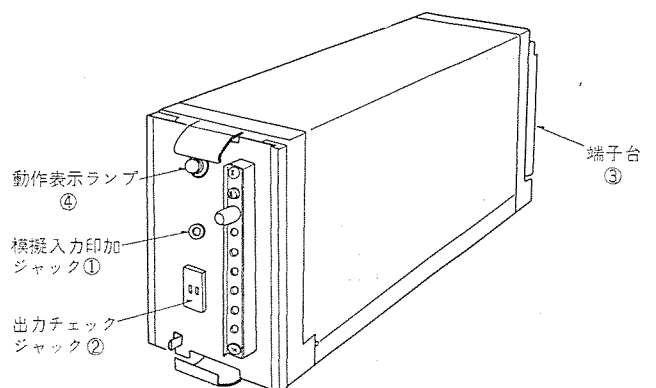
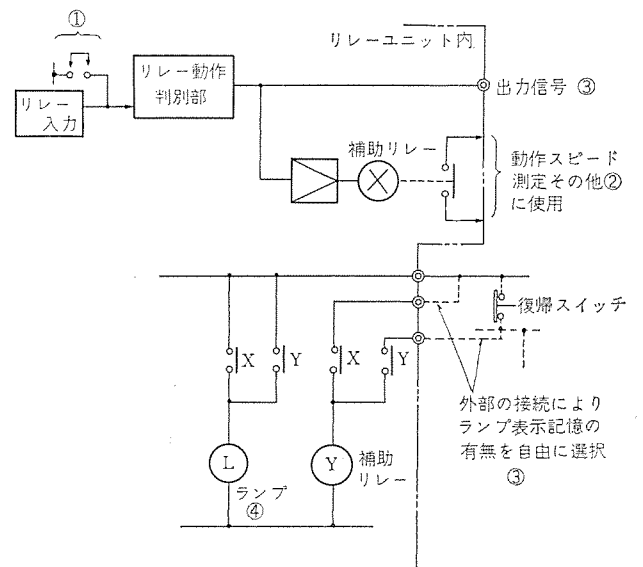
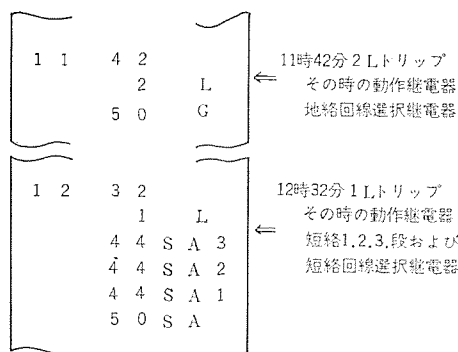


図 3.1 継電器点検および表示の構成
Construction of relay inspection and indicating system.

3.2 表示

The diagram illustrates the control logic for the 50SA printer. It starts with an oscillator (OSC) providing a 50SA signal to a counter (カウンタ) and a memory (記憶) block. The counter's output is ANDed with the 50SA signal to produce a timing signal (時刻). This signal is then used by a timing converter (時刻変換) to generate a series of pulses (パルス) for the printer's control unit (50SA). The control unit also receives a clock pulse (時計パルス) and a reset signal (リセット). The control unit's output is connected to the printer (プリンタ) via a serial interface (50SA) and a start signal (スタート). The printer's output is connected to the control unit via a print complete signal (プリント完).



一度動作すればそのまま記憶して電気所員が確認するまで表示させるものがある。

表示の新しい試みとしては、表示回路とラインプリンタとを結合させ、継電器動作を瞬間的にタイプライントする方式が採用されているものがある。正確さと相まって、電気所員の省力化に貢献している。図 3.2 はこの自動記録装置の回路構成を示し、図 3.3 に表示装置を示す。この自動記録装置は、1 回線当り 20 項目、8 回線分を回線名および動作時刻とともに、タイプライントするものである。

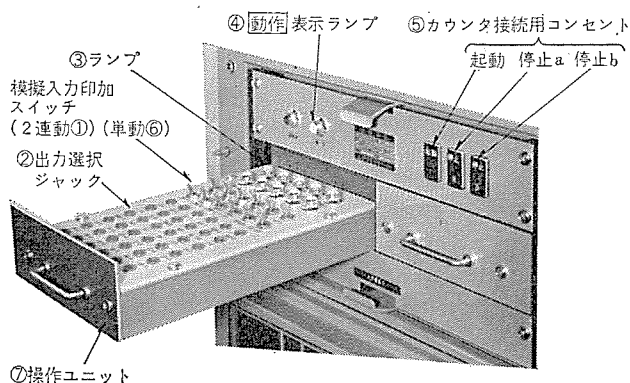
4. 試 験

4.1 繼電器試驗

一方プリントカードによる継電器は、入力変成部と判定部が分離しているので、装置一括の試験による方法を採用している。またその出力も電圧による方法を採用しているので、別に設けられた出力変換器と組合せることにより出力接点を取り出している。

4.2 シーケンス試験

シーケンス試験を行なう場合の継電器動作は、継電器の正面に強制的に動作を行なわせる模擬入力導入ジャックを設け、プラグのそう入により動作機能チェックを行なうようにしている。また論理部のシーケンス試験は、図4.1に示す試験装置がパネル上に実装されており、各継電器よりの入力模擬、盤外よりの条件指令の模擬を強制的に印加するためのジャック、スイッチ、タイマ部の時間測定用ジャック、正常なシーケンス動作を表示するランプ等を実装して、全静止化装置のシーケ



688

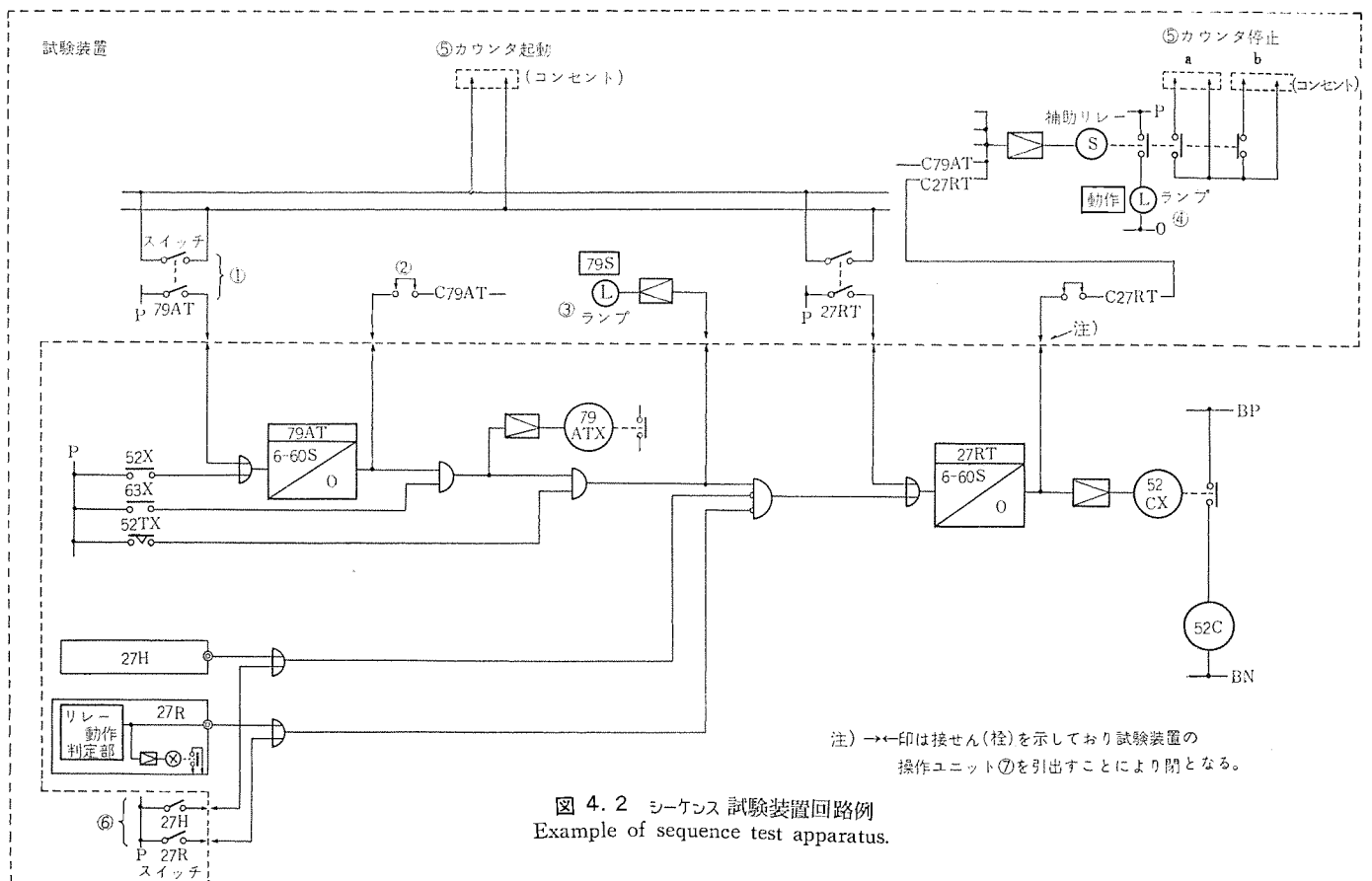


図 4.2 シーケンス 試験装置回路例
Example of sequence test apparatus.

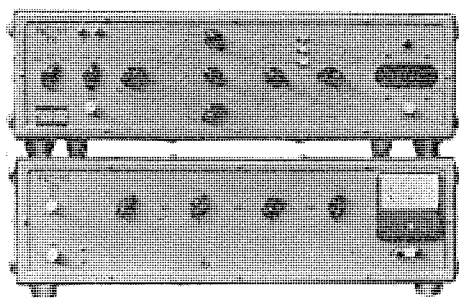


図 4.3 可搬式自動試験装置
Portable automatic testing apparatus.

ンテストがきわめて容易に実施できる。図 4.2 に一例として再閉路回路の回路構成を示す。

4.3 一括動作試験

入力一括導入方式による継電装置においては、入力変成部と判定部が分離しているため、継電器の動作試験を装置一括して行なう方法が有効である。この一括試験を簡略に行なうため、別に専用の試験装置を用いて入力を入れる方式で行なえば、試験時間が大幅に短縮される。この考え方は従来の機械式継電器で構成された装置に用いても同様の効果は期待されるが、静止形装置に比べ消費 VA の面で容量的な配慮が必要である。

図 4.3 にこの試験装置を示す。これは装置全体の試験をプログラム方式で行なうため、装置の試験時間は従来の 1/15 に短縮されるというデータが得られた。

次に試験装置の接続や、継電装置試験中の仮保護継電装置への接続切換えを簡略化するため、パネルにコネクタを設け試験時間の短縮、誤接続防止をはかる方法がある。図 4.4 はこの方法の一例を示す。

5. む す び

以上静止形継電装置の構成について、その概要を述べたが、高性能高信頼度化、コンパクト化、保守省力化の努力は今後も続けられ、それに従って装置構成も変化していくことが考えられる。

今後の課題として、

- (1) 単機能の重複しているものの複合化による共用。
- (2) 拡張、追加が容易な構成。
- (3) 継電装置への計算機利用による日常監視、事故解析等の省力化。

等への研究開発があり、これの実現も近い将来であると考えている。

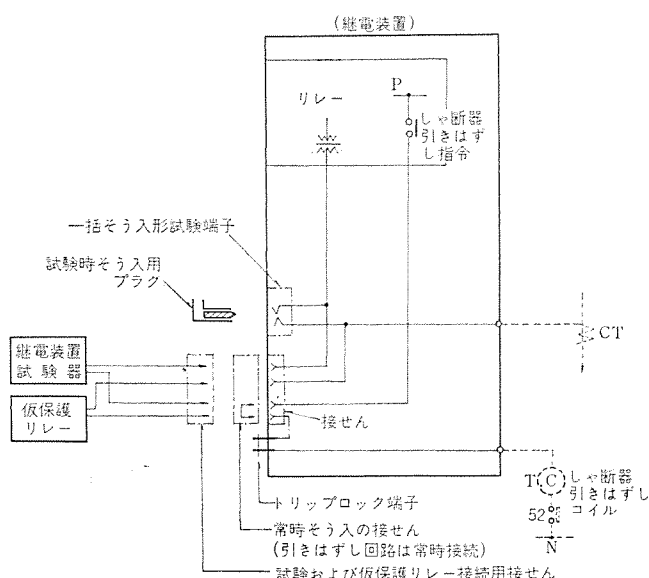


図 4.4 コネクタによる装置入出力切替回路
Input-output connecting apparatus with connector.

全静止形 継電装置のフィールド動作実績

北 浦 孝 一*・古 谷 昭 雄**

Field Operation Results of All Transistorized Protective Relaying Systems

Kobe Works Kôichi KITAURA・Akio FURUYA

Solid state relaying equipment was first built in 1964 in the form of portable protective devices. Next direction comparison carrier equipment was completely transistorized in 1966. Since then various relaying schemes of all transistorized type have gone through field operation tests and their application has now reached the cases of about 700 terminals and 900 installations. In this paper are introduced the transition of technique in the development of there solid state type relays in the points of ; (1) direction toward all transistorized construction, (2) practical use of all transistorized relay system, (3) high reliability and labor saving (derived from automatic supervision, ultra high voltage operation and compactness). Next descriptions are made as to what operation results were made available in their application to actual systems with what effects found with them. Also the statement covers the maintenance taken into consideration in practical application of them ; countermeasures for surges, and tripping with SCR.

1. ま え が き

全静止形保護継電装置の使用は、当初実験室的な“試み”として始めたものが、現状では超々高圧、過密都市配電の出現により新しい保護性能を満たし、限られた床面積内に収納するために、実用機としての静止化が真剣に考えられるようになってきている。また、最近にはトランジスタリレーの使用上の諸問題を、電気協同研究会“トランジスタリレー性能向上専門委員会”等で見直そうという気運がでてきている。本文が、トランジスタリレー見直し検討にあたっている関係各位のご参考になれば幸いである。

当社のトランジスタリレーは、昭和35年の第1号完成より現在まで10余年間に300機種、10,000台以上の実績を得ており、また、全静止形保護継電装置についても昭和39年の可搬式保護装置を第1号に、昭和41年には方向比較キャリア装置のオールトラ化を試み、以後、表1.1のごとく各継電装置(方式)にわたってフィールド実績のあるものの219件、693端子、835面(架)や製作中のものも含めると255件、

878件、922面(架)に及んでいる。以下、継電装置全静止化開発の技術的推移を、

- (1) オールトラへの指向
- (2) オールトラへの実用化
- (3) 高信頼度化と省力化(自動監視、超々高圧、縮小化、省力化等々)

の3面より紹介し、あわせてそれらの装置が実系統に適用され、どのような動作実績を示しているか、また自動点検・監視をつけたものではその効果はどう出ているか、そしてオールトラ実用化の諸問題として、保守取扱い面の考慮、電源、サージ、トリップ指令SCR化等について記述する。なお、表1.2に代表的なオールトラ装置の概要を示す。

2. 全静止形保護継電装置開発の技術的推移

2.1 オールトラへの指向

昭和39年ころといえば、まだトランジスタリレーを「ためしに」使って

表 1.1 三菱全静止形保護継電装置実績
Summary of supply list of Mitsubishi all transistorized protective relaying systems.

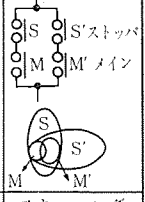
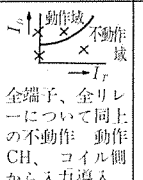
(昭和47年3月現在)

分 類 装置名称	第1号納入 年 月	フ ィ ィ ル ド 実 績									製作中を含めた全数量		
		試 作 使 用			実 系 使 用			全 数			件 数 端 子 面 数		
		件 数	端 子	面 数	件 数	端 子	面 数	件 数	端 子	面 数			
搬送保護継電装置	41年7月	5	12	15	6	20	38	11	32	53	14	44	68
母線保護継電装置	46年4月	(1)**	(6)	(3)	19	212	71	19 (1)	212 (6)	71 (3)	35	323	89
平衡保護継電装置	46年7月	1	4	1	—	—	—	1	4	1	11	36	11
発電所保護継電装置	45年8月	1	1	1	1	3	18	2	4	19	3	5	23
配電線保護継電装置	42年3月	1	1	1	25	239	188	26	240	189	30	260	209
可搬式保護継電装置	39年12月	—	—	—	160	201	502*	160	201	502*	162	210	522*
全 装 置 (集 計)	39年12月	8** (1)	18 (6)	18 (3)	211	675	817	219** (1)	693 (6)	835 (3)	255	878	922

* 面数は、架の数を示す。

** () 内は、模擬線テストのみを示す。

表 1.2 三菱オールトラ装置概要 (各種比較)
Outlines of Mitsubishi all transistorized protective relaying systems.

項目	区分	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
件名		154kV キャリアリレー 装置 (方向比較)	154kV キャリアリレー 装置 (優先しゃ断)	配電線保護 装置	発電所保護 装置	500kV キャリアリレー 装置 (CPC, FM)	275kV キャリアリレー 装置 (方向比較)	275kV(500kV) ブスプロリレー 装置 (一部メカ併用)	77kV用 オールトラ バランス	500kV用 トランス保護 リレー
開発完了年月		41.6	43.12	44.2	45.6	45.7	45.12	46.1	46.6	47.1
多重化		特に考慮せず	主保護 後備保護 完全分離 最終接点直列	回路二重化 最終接点直列	二重化 ミックス方式 (1)完全二重化 (2)3相中、2 相動作による 二重化	2系列化 による二重化	同左	一括、分括故 障検出による 以外は特にな し	主保護、後備 保護を電源か らトリップま で分離 最終接点直列	
監視		電源監視のみ	設定条件から の変化検出	同左	同左	同左	スキヤニング による不良部 位自動表示	設定条件から の変化検出	同左	スキヤニング による不良部 位自動表示
点検		任意点検 (搬送点検は 自動)	同左	パンク 一括点検	プログラム式 完全自動点検	相手端、伝送 路を含めたプ ログラム式自 動点検	各故障ケース を模擬し、プ ログラム式に 34ケースを自 動チェック、 入力はトラン ジスタ初段よ り印加	 全端子、全リ レーについて同 上の不動作・動 作CH、コイル側 から入力導入	コネクター括 による自動 試験器	動作点検、不 動作点検を各 リレーごとに プログラム自 動点検 コイル側から 入力導入
トリップ指令		接点式	同左	同左	S C R	同左	接点式	同左	同左	同左
電源		ゼナー方式	D-D コンバータ方式	ゼナー方式	D-D コンバータ方式	DC24Vの 専用電池(キ ャリヤ共用)	D-D コンバータ方式	ゼナー方式	D-D コンバータ方式 (2系列自動切換)	DC24Vの 専用電池
保守テスト 省力化		盤一括のテス トしかできな い点検架用意	ユニットごと に引出し可能 点検スイッチ内蔵	同左	同左	同左	同左	同左	盤一括テスト 表示のライン プリンタ化	ユニットごと に引出し可能

みよう」という時代であった。すなわち、トランジスタ素子自体もゲルマニウムが主体で、シリコンのものが実験的に作られだしてきたところである。この意味において、次の2種のオールトラ装置の開発は“オールトラへの指向”という点で意義あるものと考えられる。これらは、いずれも主要素回路にはシリコントランジスタを使用しているが、論理部はゲ

ルマニウムトランジスタによっている。しかし、ゲルマニウムトランジスタの欠点とされている温度特性の点は、十分なバイアスをかけておき、装置全体としての恒温そう(槽)テストを行ない、 $-10^{\circ}\text{C} \sim +50^{\circ}\text{C}$ 内での検証を行なってからフィールドに適用したため、後述のごとく実系統における動作状況はきわめて良好で、最近のオールシリコン形のものに比べて何らそんな色ない性能が得られている。

(1) PHR形可搬式保護継電装置

この装置は送電線保護リレー盤不良時、または定検時の仮リレー盤として開発されたもので、ライトバンに乗せてどこへでも気軽に持ち運びできる可搬式ということで、静止化の効果を十分に発揮しようとしたものである。昭和39年中部電力と共同開発し、5組製作、納入した。1セットは5架より構成され、図2.2のような短絡モータ特性、地絡方向特性のものを具備している。すなわち写真の上より論理架、短絡架3組(三相3段として)および地絡架と組み立てられ、高抵抗系統(154kV~66kV)の1回線分の保護を行なうものである。

(2) KPC-101形154kV用オールトラ方向比較搬送装置

昭和40年、関西電力と共同でオールトラキャリアリレーの第1号を製作した。この装置は、表1.2(1)に示すように多重化、自動監視、電源方式等の点では従来どおりであるが、特性的には図2.4のごとく電流補償式低電圧検出(FS架)、および二重四辺形短絡故障検出(FZ架)とを備え、こう(亘)長200km近い系統で、背後電源(Zg)と線路インピーダンス(Zl)との比 $Zl/Zg=10$ 以上の系統にも問題なく適用できるものであり、方式としては、短絡は片端非電源、地絡は両端対称構成(両端とも非電源対策付)と最近の方式を採用している。また、ゼナー電源使用、キャリアとの渡りにリードリレー使用等の配慮を払い、3年4カ月の長期にわたるフィールドテスト期間を通して、実系統でのサージによる誤動作、不動作、装置不良等は絶無であった。

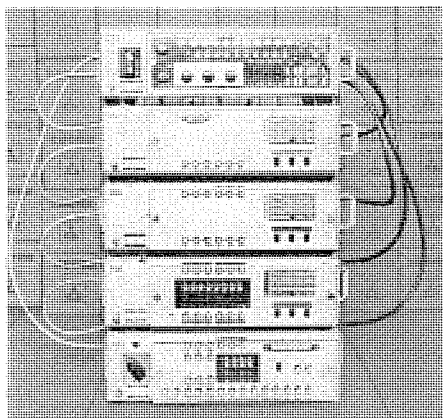


図 2.1 PHR形可搬式送電線保護装置 (開発当初)
Type PHR portable high speed relaying systems (Model I).

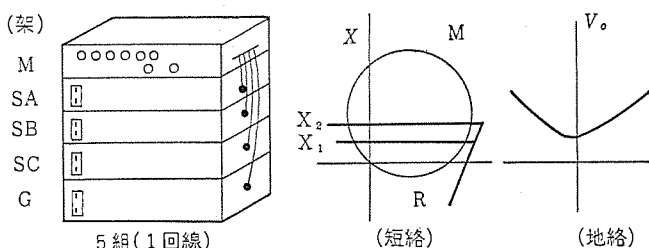


図 2.2 PHR形可搬式リレー構成
Typical characteristics of type PHR (Model I).

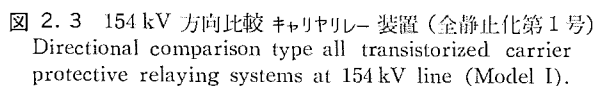
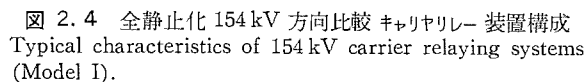


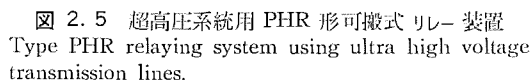
図 2.3 154 kV 方向比較 キャリヤリレー 装置 (全静止化第 1 号)
Directional comparison type all transistorized carrier
protective relaying systems at 154 kV line (Model I).



昭和42年ころには、オルトラへの自信もつき、実用化という点で種々の開発が進められた。すなわち、可搬式送電線保護装置のユニット化開発、オルトラ装置に共通な横形ケース（Uケース）の標準化および各種、配電線保護装置の縮小化等をあげることができる。

2. 1 節(1)の PHR 形 (Portable High Speed Relay) の他に,

接地方式	高阻抗接地系	直接接地系
单相接地		
单相2回线		



- (a) 方向四辺形特性3段の短絡架 ($Z_S \cdots$ 三相分 Z_{SA}, B, C より成る)
- (b) 同上直接接地系用の地絡架 ($Z_G \cdots$ 三相分 Z_{GA}, B, C より成る)
- (c) 回線選択架 ($SS \cdots$ モー特性短絡用, $SG \cdots$ 地絡用より成る)
- (d) 地絡方向架 ($DG \cdots$ 地絡後備用)

の4シリーズを完成した。これらのものは 275 kV 直接接地系統に、主保護 キャリヤリレー 装置の改造期間中半年以上も使用されていたことがある。図 2.5 に超高压系統 1 回線分の距離 3 段の組合わせを示す。なお、同時に開発された PLR 形は OCR, DSR, 電圧抑制付き DSR, HOCR+TL, DGR, HDG+TL 等の各方式について 1 架で短絡、地絡のバックアップを行なうもので数種類の標準化に成功している。またその後、可搬式過負荷保護装置として POC 形を開発、標準化している。以上の各シリーズは、表 1.1 のごとく現在までに 500 架に及ぶ実績を得ている。

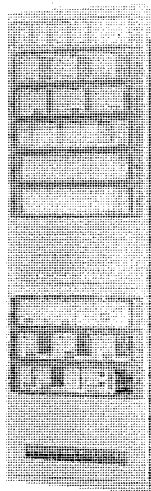


図 2.6 154 kV 方向比較 キャリヤリレー装置 (零相循環電流対策付き優先しゃ断付き後備二重化)
All transistorized directional comparison carrier relaying system on 154 kV lines, using special protective schemes.

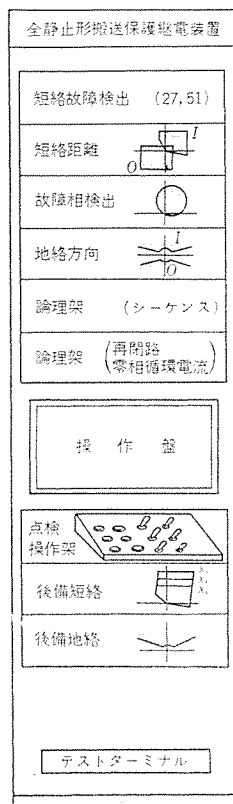


図 2.7 154 kV 方向比較 キャリヤリレー 装置構成
Panel arrangements of 154 kV carrier protective systems.

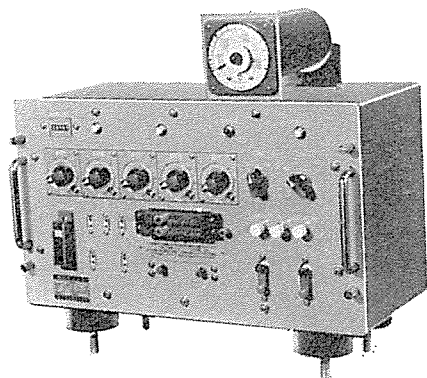


図 2.8 22 kV ミニクラッド 継電装置
Mini-clad type protective systems on 22 kV lines.

表 2.2 ミニクラッド 用各継電要素構成
List of relay component elements of mini-clad distribution protective systems.

継電装置	収納場所	構成要素
線路継電装置	ミニクラッド 饋電線両	OCR×3, DGR×1, RCR×1, 制御リレー類一式
母線継電装置	ミニクラッド PT-LA 両	OVGR×2, UVR×1, OVR×1, 制御リレー類一式
中性点継電装置	ミニクラッド 母連両	OCGR×1, 制御リレー類一式
主変2次継電装置	ミニクラッド 主変2次両	補助リレー一式

(2) オルトラ キャリヤリレー 装置のユニット化

154 kV の方向比較 キャリヤリレー 装置として優先しゃ断, 零相循環電流対策等を施した方式は, 従来, 電磁形の場合 1 回線 1 端子 3 面を要していたが, これを全静止化し, 主・後備合わせて 1 面でいくことが可能となった。設計にあたり, 「取扱い保守の簡便化」を第 1

に, 横形 ユニットケース の標準化を計った。これらについては, 別途「全静止形継電装置の構成」によって詳細紹介する。この装置の外観を図 2.6 に, 各架の構成を図 2.7 に示す。

従来から, オルトラ 装置のシーケンス 点検をいかに簡便にやるかというものは一つのポイントであったが, この時開発した“点検操作架”の思想は, その後の各静止形 キャリヤリレー 装置に適用し好評を博している。

(3) 配電線保護用縮小リレー 装置の開発

都市部における変電所用地確保の困難から, 超小形変電所装置の開発が望まれ, 東京電力との共同研究により 超小形化変電所装置 (ミニクラッド) を製作, その保護用として全静止形保護継電装置を完成した。その外観写真および構成要素を図 2.8 および表 2.2 に示す。このリレー 装置は, 従来の継電装置が比較的恵まれた環境条件下にあったのに対し, 今回は, ミニクラッド のうちの限られたスペース内に収納される関係上, スペース上の制約のほかに高電圧閉路 (22 kV) からの電磁, 静電的な影響を受け, しかも機構面からは激しい振動に耐えなくてはならないというものであった。このため静電, 電磁シールド対策用ケースの開発, 誘導性部品の配置検討, 防振対策, 主要リレー 部の完全気密化等の特殊技術採用の他, 自動監視機能付加による無保守, 無点検を計り, 静止形リレー 適用の新分野を開拓した点特筆できるものである。

2.3 高信頼度化と省力化

オルトラ 実用化の時代に続いて 500 kV の出現, 過密都市対策等, トランジスタリレー の「高信頼度化と省力化」が, 昭和 44 年~45 年ころから真剣に取り扱われてきた。以下, 各電力会社との共同研究により開発された自動監視付き全静止化装置, 超々高圧, 配電線保護用全静止化装置の開発について紹介する。

2.3.1 自動監視技術の開発

この詳細については, 別稿「保護継電装置の自動監視」に詳述しているので概要のみについて紹介する。

(1) 新しい火力発電所保護継電装置

この装置は, 火力発電所保護業務の省力化と高信頼度化, および小形化を計る目的で, 東京電力と共同研究で昭和 45 年 8 月 横浜火力発電所に据置, フィールドテストにはいったものである。またこの装

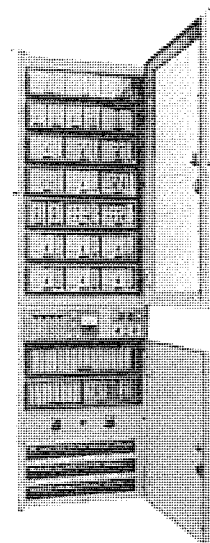


図 2.9 全静止形火力発電所保護装置 (とびら開放したところ)
All transistorized steam power generator protective relaying systems using automatic supervision and inspection scheme.

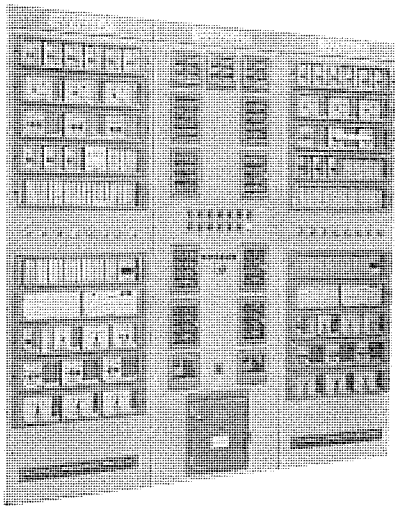


図 2.10 275 kV キャリヤリレー 装置全静止形方向比較方式
(A, B 2 系列 自動点検監視付き全静止化装置)
All transistorized directional carrier relaying systems on 275 kV lines, using automatic supervision and inspection scheme.

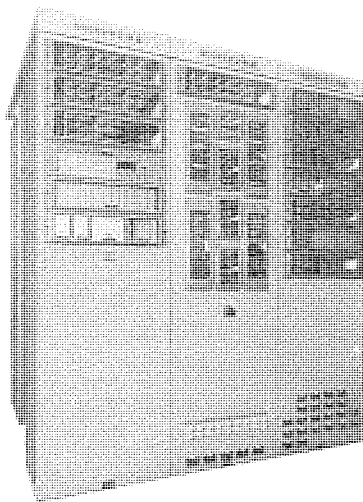


図 2.11 500 kV 母線保護装置 (ブスプロ) 装置一括電圧差動方式
分割位相比較比率差動方式 (自動点検付き)
500 kV bus-protective systems, using automatic supervision and inspection scheme.

置は、本格的に プログラム 式自動点検を採用した第 1 号といえる。なおトリップに SCR を、点検回路に IC を使用した点新しい試みと言える。その外観を図 2.9 に示す。

(2) 275 kV 全静止形方向比較 キャリヤリレー 装置

275 kV 系統の方向比較 キャリヤとして、A, B 2 系列化した全静止形装置を開発した。この装置は、短絡距離方向比較 (1 端可変電源扱い)、地絡距離方向、同周波故障時送出、高速度单相三相再閉路付きというものである。その外観を図 2.10 に示す。

この装置は関西電力と共同で開発し、昭和 46 年 1 月から北大阪変電所～城端開閉所に設置し、フィールドテストを行なったものである。なお、この装置の特長である自動監視は、故障模擬点検 (34 ケース) を 1 週間に 1 度実施している点と、各要素、シーケンス 主要部の スキャンニング 自動監視 (52 点) を常時行なっている点に特長がある。

(3) 母線保護継電装置

一括保護として電圧差動方式、分割保護として位相比較比率差動方式を採用し、常時監視、自動点検を具備させた母線保護装置が開発され、標準的に東京電力の 66 kV, 154 kV, 275 kV, そして 500

kV 系統に適用されることとなった。その詳細は別途本紙に発表しているので省略するが、昭和 46 年 1 月から 47 年 3 月までに、5 電気所、11 組、62 面の実績をあげている。図 2.11 に東京電力 房総 S/S 納め 500 kV 母線保護装置の外観を示す。

2.3.2 超々高圧関係の技術開発

この関係の詳細については、三菱電機技報 45, No. 9 “500 kV 機器特集号” に発表しているので、本稿では詳細発表を省略するが、フィールド 実績としてあげられるもののみについて若干触れておく。

(1) 500 kV 系統保護用 CPC 電流極性位相比較装置および FM 差働装置

この装置は中部電力との 500 kV 共同研究会の成果として昭和 45 年に開発、高根発電所～信濃変電所間に設置、フィールドテストを行なっているもので、500 kV 系統に使われる キャリヤリレー 方式の検証を目的に、自動監視として潮流を利用し、相手端を含めた同期対向点検を採用している点、レベル切り位相比較として重潮流時の非電源端 51 L の復帰時間による遅延がなく 1.5 サイクルトリップを可能とした点、および外部故障除去、DC 分重畳に問題ない方式とした点等に特長がある。なお、FM 差働方式として、パイロットワイヤリレー 方式の原理を マイクロ 回線に利用し、V-F, F-V 変換を行なって差働保護を行なわせるものも同時にテストを行なっている。

(2) 500 kV 変圧器保護装置

東京電力房総変電所用として、1,000 MVA トランス 3 バンクの保護装置を 47 年 2 月に完成した。この装置の詳細については、本特集号の「大容量電力用機器保護装置」に発表しているので説明は省略する。要するに、主変・調変をそれぞれ独自の差働保護により保護するとともに 500 kV 側、275 kV 側についての後備保護性能を高め、自動監視の付加による信頼度向上に努めている点に特長がある。

(3) 500 kV 母線保護装置

2.3.1 項(3)に述べているので省略する。

2.3.3 縮小化と省力化

最近の配電盤縮小化と省力化の動きは、オールトラ 装置の一つの指向点として種々の開発がなされている。その代表として、簡易母線保護装置、大容量配電線保護装置および全静止形 バランス 保護装置等をあげることができる。

(1) 簡易母線保護装置

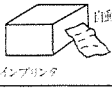
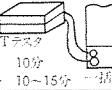
電源線 2 回線、フィーダ 線 2 回線、バンク 最大 3 バンク という母線は、66～77 kV の標準的な受電変電所の母線構成である。また、こういった母線の CT 比も大体決められている。従来、母線保護というと大がかりな設備を必要としたが、「こういった標準的な受電変電所にも母線保護装置を置いて系統の信頼度を高めよう」という趣旨で開発されたものが簡易母線保護装置である。また、このような変電所は大体無人変電所であり、盤面の占有面積縮小を要求されるケースが多い。ここで開発したものは、低速再閉路装置を組み込んでも 700 1 面に収納される。

なお、この装置の特長としては、電源端外部の故障の際には、その貫通電流で大きな抑制力かけるように、またフィーダ、バンクの故障時にはそれぞれの通過電流が一定値以上あることを検出したら、動作コイルを短絡してしまう機能を備えていることにある。昭和 46 年開発以来、現在まで 8 電気所に納入されており、現在では製作中も含めると 26 組に達している。

(2) 大容量配電所保護装置

6 kV 系統の大容量配電所保護装置として、一面に 6 フィーダ分を

表 2.3 全静止形平衡保護継電装置の特長（従来形との比較）
Features of all transistorized balance protective systems.

項 目	今 後	従 来
(1) 盤面スペース 	11L 21L 31L 41L 700×2300 1面	11L 21L 31L 41L 700×2300 4面
(2) 表示記録 	自動タイプ ラインプリンタ	150s 250s 保守員がターゲット動作を記録
(3) リレー試験 (2回線分 90項目分) 	PATテスト 準備 10分 テスト 10~15分 一括コネクタ	TPR 準備 1時間 テスト 5時間 ターミナルブロック

収納した全静止化装置が製品化されている。1フィード分は、横形ケース1架に、短絡用として段時限 OC、地絡用として針状波対策付き DG、低速1分間再閉路機構およびデマンドメータが具備され、きわめてコンパクトな構造となっている。現在まで、約100フィードの納入実績がある。

(3) 全静止形 回線選択保護装置

従来、22~77 kV クラスのバランサリレー装置は、並行2回線1組で700 1面を要していた。このクラスのリレー盤は、地下変電所内等に設置され、20回線以上も一変電所に設置されることとなると、盤面スペースの縮小と保守の省力化は必要条件となってくる。昭和46年7月、関西電力と共同研究により下記特長をもつ装置を完成し、新加古川変電所に設置、1年近いフィールドテストを実施している。

(a) 盤面スペース 従来の1/4

(b) 保守点検試験 従来の1/15

(c) 自動記録 ラインプリンタにより時刻、リレー動作タイプ

以上の装置は現在約30回線分の製作を進めている。なお、従来装置との比較を表2.3に示す。

3. フィールド実績の評価

3.1 系統適用上の動作実績

表3.1にフィールドテスト用として試作した全静止形保護継電装置のフィールドにおける動作実績を要約する。表より明らかなように、全静止形保護継電装置のフィールドにおける動作実績は、比較的良好である。これらの原因を分析すると下記に要約できる。

(1) 使用部品、使用回路については十分のDe-Ratingと、十分のサージ対策を施すことを第1としているために、現地設置後のサージによる問題は、全装置を通して皆無となっている。

(2) 大形恒温そうによる低温、高温のテストを実施し、不良個所の事前摘出を行なっているため、フィールド設置後の温度問題はほとんど発生していない。これは、ゲルマニウムトランジスタを使用したものについてもいえる。なお可搬式のものでは、特に振動スクリーニングを全数実施し、輸送中のトラブルを防止している。

(3) 系統設置後の実故障入力に対する動作は、模擬送電線による事前テストを確実にこなすことにより、過渡入力に対する応動も含めてまったく同じ動作が期待できた。このため内部故障動作100件に及ぶ実績を得ており、外部故障時のミスも起こしていない。

3.2 オールトラ実用化への諸問題検討

以下、フィールド動作実績を通じて、オールトラ装置を実用化するうえの諸問題をできるだけ実例により検討していく。

(1) サージ

前述のごとく、使用部品にDe-Ratingを十分に持たせ、サージ、ノ

イズに強い回路を使い、入力・出力回路に確実なサージキラーを施すことにより実用面ではまったく問題ないところまで持ってきているが、今後検出感度の極端によいIC素子等が出現すると、この方面に対する問題を改めて検討する必要があるものと考えられる。

(2) 温度

事前の恒温そうテスト等の確実実施により、 $-10^{\circ}\text{C} \sim +50^{\circ}\text{C}$ の実用範囲内ではまったく心配なくいける。

(3) 波形ひずみ

特に配電線保護装置等で特別に対策を必要とするもの以外は、実系統に使用されて、故障電流、電圧による波形ひずみの問題はまったく発生しておらず、動作に不具合をきたしたのも起きていない。

(4) 電源

信頼度の点ではAC 200V無停電方式(A-Dコンバータ)、ゼナダイオード分圧方式が最も動作実績がよい。

D-Dコンバータについては、直接問題を起こしたものは少ないが、信頼度の点ではやはり前二者のほうがすぐれている。

(5) 保守点検機構

この問題については、本特集号の「全静止形継電装置の構成」で詳述しているため詳細は省略するが、表3.1(2)のところで開発した次の付属機構は、「従来のメカ形と同じようにオールトラ装置も取扱える」という点で好評であった。

(a) シーケンステスト機構の内蔵

(i) 引出し形装置による各シーケンスポイントの模擬入力印加機構

(ii) シーケンス部タイマの測定機構

(iii) シーケンス主要部の信号ランプ化機構

(b) リレー単体テスト機構

(i) 動作スピードを測定する小形接点化リレーの内蔵、および正面に接点引出し

(ii) 動作状態を肉視できるランプ内蔵

(iii) リレー動作解析を便利にするため、単体リレー動作をメモリさせる機構の内蔵(必要の時のみ簡単にできる)

(iv) リレー要素、強制動作はかません(傍控)の内蔵

(6) 二重化

ユニット基板の接せん二重化、主要コネクタの二重化等をハード面では考慮し、ソフト面ではシステムの2系列列を採用している。

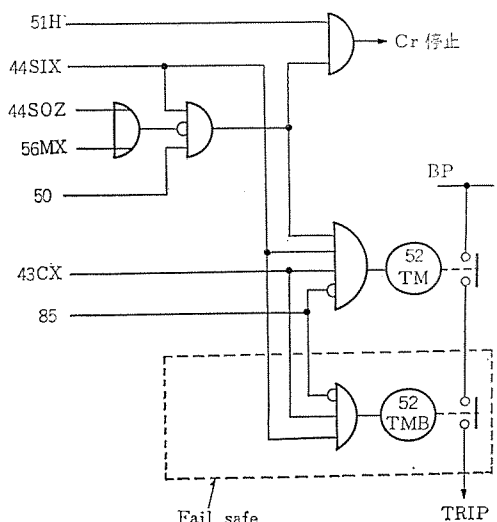


図 3.1 静止形継電装置 Fail Safe の実例
Example of Fail Safe sequence on solid state relay systems.

表 3.1 三菱全静止形保護継電装置（フィールドテスト用試作機）動作実績要約
Summary operation of Mitsubishi all transistorized protective systems.

（昭和47年3月現在）

No.		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
項目	件名	154 kV キャリアリレー装置 (方向比較)	154 kV キャリアリレー装置 (優先しゃ断)	発電所保護装置	500 kV キャリアリレー装置 (CPC・FM)	275 kV キャリアリレー装置 (方向比較)	77 kV 用 オールトラバランス
フィールドテスト 開始年月		41. 6	43. 12	45. 6	45. 7	45. 12	46. 6
フィールドテスト期間		3年4カ月 (44年12月撤去)	3 年 間 (47年3月撤去)	1年7カ月	1年6カ月	1年2カ月	9 カ 月
適 用 系 統		154 kV 高抵抗系 および 77 kV 高抵抗系	154 kV 高抵抗系 38 km 2 回線 (電力線搬送)	224 MVA 火力発電所 (タンデムコンパウンド)	275 kV 直接接地系 50 km (マイクロ回線使用)	275 kV 直接接地 244 km (電力線搬送)	77 kV 高抵抗系 ○2回線 86 km ○2回線 33 km 計4回線
系 統 動 作 実 績	内 部 事 故	キャリアとして 16 件 DZとして 40 件 正動作 計 56 件	短 絡 2 件 地 絡 3 件 計 5 件 正 動 作	な し	な し	1φG 7 件 2φG 4 件 3φG 1 件 計 12 件 すべて正動作	1φG 15 件 2φG 3 件 計 21 件 多重故障3件 すべて正動作
	外 部 事 故	件数不明 ただし誤動作なし	短 絡 36 回 地 絡 23 回 計 59 回 すべて不動作	件数不明 ただし、誤動作なし	電力動揺1件のみ (故障検出カルパン) スタートにて判定 不 動 作	1φG 9 件 2φG 4 件 計 13 件 すべて不動作	件数不明 ただし誤動作なし
フ ィ ー ド テ ス ト 実 績	自 動 監 視 効 果	電源監視のみ適用使用中 の不良特になし	自動監視により回路不良 2件発見	臨時点検の際、リレーの タップ調整用ボリューム が動いたことを自動監視 で発見	使用中の監視不良発生な し	○距離要素の正、負波不 一致監視発生検出 ○コンバータフェーズ断 ○着雪によりキャリアレ ベル低下	使用中の監視不良発生な し
	自 動 点 検 効 果	適用せず	適用せず	7カ月間毎日1回 1年間1週間1回 実施し異常警報なし	○内部事故点検で搬送セ ットの不良1件発見 ○点検渋滞で歩進回路の IC不良を発見	補助リレーの接せん(栓) 差込み不足を発見	適用せず
	装 置 不 良	製作上の問題 製作上の問題	○工作不良2件を、自動 監視で発見している ○D-Dコンバータのリ ップル増大発生、回路 変更	特になし	特になし	○距離要素の正・負波不 一致監視方式を改善し た ○コンバータのヒューズ 定格上げた ○キャリア出力 40 dB 以上必要	特になし
	サージ、温度等 環境上の問題	サージによる誤動作、ト ランジスタの破壊絶無	サージ、ノイズに起因す るハード上のトラブル皆 無	サージ、環境(温度等) に対するトラブル皆無	サージ、ノイズに起因す るハード上のトラブル皆 無	サージ、ノイズに起因す るハード上、ソフト上の トラブル皆無	サージ、ノイズに起因す るハード上のトラブル皆 無
経 年 変 化 実 績	経年変化チェッ ク	年1回定検実施据付時と の特性変化±5%以内	工場持帰り最終テストの 結果特性変化なしを確認	発電機定検時、単体特性 チェックを行ない工場出 荷時とデータ差ないこと を確認	1年6カ月目に点検実施 し、特性チェックを行な った結果、工場出荷時と データ差なくマイクロ遅 延時限の変化もゼロ	半年ごとに2回単体特性 タイマ時限、シーケンス テストを行ない設置時と 変化ないことを確認	設置後現在まで定検は一 度も行なっていない

(7) Fail Safe

最終トリップ回路は極力接点を二重化し、最終ドライブ回路の故障で直ちにトリップに結びつかないように配慮されている。その実例を図3.1に示す。

3.3 全静止化の今後の問題

(1) 自動監視の効果判定と今後の適用

表3.1のごとく、自動監視(点検も含む)の効果は顕著である。点検を適用しない場合でも、比較的簡単できわめて効果のある監視を今後積極的に採用していくべきと考える。

(2) 入力一括方式の採用

2.3.3項(3)および表3.1(6)のオールトラバランスで初めて採用した入力変成器一括方式は、縮小化という点で大いに効果のある方法である。簡易テストとの組合せによる試験省力化を別途考えることにより、この方法を今後各装置に適用していきたい。

(3) SCRトリップの採用

完全無接点化と、トリップ指令1msという高速化をねらったSCRトリップを将来積極的に採用していくべきと考える。SCRトリップは、まだ一部には実用回路における耐サージ性について疑問視するむきもあるが、以下のフィールド実績(3件)より考え、十分自信の持てるものである。

(a) SCRトリップリレー 単独フィールドテスト

昭和43年に上記ユニットを単独でケースに収納、関西電力のご好意により、水力発電所に半年間設置、その間一度の誤動作もなく実用

性能が十分あることを確認した。その性能としては、

定 格 DC 110 V, 5 A 連続, 30 A (50 ms), 動作時間 1 ms
耐サージ性能としては、DC 110 V 回路に波高値 1,500 V, 時定数 10 ms のサージを入れ、まったく異常ないものとしている。

(b) 全静止化継電装置用 SCRトリップリレー

500 kV キャリヤリレー装置および火力発電所保護リレー装置のトリップ回路に使用(表1.2(4), (5)参照)し、フィールドにおける動作状況はきわめて良好である。ここに使ったものは、前述のSCR単独トリップリレーに対し、さらにサージ性能を強めるためトリップ電流最大 50 A (50 ms), サージ耐量 2,000 V, 時定数 20 ms に対しても問題ないよう万全のサージ吸収回路を付加させている。しかし、これらの吸収回路による遅れはまったくなく、仕様どおり 1 ms の動作スピードが得られている。

4. む す び

以上、全静止形継電装置開発の技術的推移と、フィールドにおける動作実績について記述したが、その成果は、各電力会社関係者の皆様の絶大なるご支援、ご協力によるものであり、誌上を借りて厚く謝意を述べる次第である。特にフィールド試作機設置に便宜を与えて下さった各電力会社の担当各位および実用機として重要系統に採用をご支援下さった各電力会社上層部の方々に深く感謝の意を表す次第である。

≡ 当 社 の 特 許 ≡

名 称	登録番号	考 案 者	名 称	登録番号	考 案 者
螢光体塗着方法	585466	藤 原 琴 二	符号伝送方式	594172	小 林 茂・永田文也
螢光灯用電子放射物質	586551	大 田 重 吉・伊 藤 弘	狭帯域 RADA 通信装置	594204	小 林 信 三
2次元図形 フィルタ	586552	福住圭之介	耐溶媒き列性合成樹脂の製造方法	594221	柴 山 恭 一・児 玉 峯 一
遠方計測装置	586555	島田政代士	スイッチング 回路	594243	壺 井 芳 昭
半導体発振素子	586556	{安 川 武・吉 沢 通 夫 {伊 吹 順 章	トランジスタ 回路	594262	高 田 信 治・重 松 章 之
流量計	586557	近 藤 博 通・岸 本 浩	搬送保護継電装置	594271	高 田 信 治
流量計	586558	近 藤 博 通・岸 本 浩	記憶装置駆動回路の駆動装置	594272	蒲 生 容 仁・浜 田 勝
変圧器巻線	586559	白 井 満	変圧器	594280	近 藤 博 通
電解加工装置	587179	荒 井 伸 治・葉 石 雄 一 郎	信号発信装置	594299	神 本 明 輝
電解加工装置	587180	{杉 江 法 雄・加 藤 邦 夫 {古 池 一 成	鋳造作業における鋳物およびその の抱持材の冷却方法	594311	星 野 克 英・外 山 隆
写真暗室用螢光放電灯	587181	土 井 貞 春・山 崎 均	超電導 マグネット	594315	荻 野 治・森 口 哲 雄
インバータ 装置	588485	大 野 栄 一・赤 松 昌 彦	圧接方法	595817	上 田 時 芳
打点式多点記録装置	588486	田 井 昌 輝	自動管理装置	595818	{馬 場 準 一・山 田 郁 夫 {豊 原 亜 洲
平均電圧記録装置	588487	{武 田 克 巳・高 橋 賢 治 {三 好 明 好	非同期式パルス通信方式における スケルチ 回路	595819	大 西 熊 一・西 村 信 弘
ガンタイプバーナの制御装置	588488	平 山 建 一	陽極化成用電源装置	595820	尾 崎 信 之
電動 ホイスト	588489	藤 木 博 愛・吉 富 安	永久磁石式操作装置	595821	伊 藤 利 朗・大 倉 敏 幹
積層絶縁材の製造方法	588888	小 山 二 郎・岸 田 光 弘	同期方式	595822	{小 林 信 三・大 西 熊 一 {中 村 信 弘
耐冷媒性電気絶縁用液状合成樹脂組成物	590722	柴 山 恭 一・児 玉 峯 一	エミッタフォロウ 回路	595823	佐 藤 毅・岡 田 康 則
耐熱軟化性合成樹脂の製造方法	590723	柴 山 恭 一・田 中 啓 郎	電位差計の接触不良検出装置	595824	金 田 明
デジタル 微分回路	590724	弘 中 一 光	周波数継電装置	595825	三 宅 康 明
電気加熱装置	590725	中 村 謙 三	プランキング 兼同期信号回路	595826	大 久 保 永 造
搬送保護継電装置	590726	高 田 信 治	線形 イオン 加速器用円筒電極	595836	上 田 和 宏・藤 田 彪 太
電気式調圧装置	590727	大 津 一 男・鉄 野 治 雄	回転電機用整流子の製作方法	596522	駒 田 時 寿
螢光体	590728	大 田 重 吉・山 崎 清 司	連続鋳造装置の鋳型内の溶鋼レベル 制御装置	596523	岡 本 孝 治・平 山 博 英
搬送保護継電装置	590729	古 谷 昭 雄・山 内 成 周	内燃機関点火装置	596524	三 木 隆 雄
真空しゃ断器	590730	大 倉 敏 幹・遊 津 隆 義	誘導形線間電圧継電器	596525	三 上 一 郎
接触 スイッチ	590731	{赤 松 昌 彦・酒 井 勝 正 {古 屋 宣 二	熱硬化性樹脂組成物	596526	西 崎 俊 一 郎・江 藤 昌 平
優先順位回路	590732	稻 垣 宏 明	微い制御装置	596527	{安 東 滋・谷 口 一 郎 {宮 沢 生 行
アンチバックラッシュ 駆動方式	590733	遠 藤 義 昭	時計の報時装置	596528	神 本 明 輝
放射線照射装置	590736	{市 川 濟・高 木 高 志 {川 上 陽 弘・坂 本 正	トルク 伝達車の製造方法	596529	藤 本 博 愛
段制御弁	591527	金 子 敏 夫・破 魔 武 司	位相変調器	597736	細 野 勇・林 伸 一 郎
避雷器用放電間隙装置	591528	岡 田 昌 治・永 井 信 夫	高周波形質量分析装置	597739	花 坂 孝 雄
搬送保護継電装置	591529	高 田 信 治	空気調和機の運転制御装置	597852	安 田 光 男
搬送保護継電装置	591530	中 村 勝 己	選択接続方式	598372	山 中 彪 生
搬送保護継電装置	591531	高 田 信 治	サーキュレータ	598373	{中 原 昭 次 郎・川 端 俊 一 郎 {折 目 晋 啓
端子取付方法	591532	{井 口 明・肥 塚 正 明 {小 山 末 隆・合 決 政 信	信号自動選択方式	598374	奥 村 徹・竹 垣 弘
ジャイアントパルスレーザ 装置	591533	{中 原 昭 次 郎・伊 東 克 能 {草 川 英 昭	所定成分交流量導出装置	598375	北 浦 孝 一
テストピースの取出し装置	593191	{古 池 一 成・三 輪 一 雄 {加 藤 邦 夫	方向継電器	598376	松 本 忠 士
環状送電線の再閉路装置	593192	古 谷 昭 雄	負荷時 タップ 切換変圧器	598377	堤 長 之
集中制御装置のテスト 装置	593193	梶 田 保 雄	避雷器の特性低下度合検出方法	598378	{岡 田 昌 治・永 井 信 夫 {三 住 日 出 夫
自動出力調整回路	593194	片 山 泰 一・竹 垣 弘	コンデンサ 形計器用変圧器	598379	塩 見 実
減流器	593195	中 本 勝 博	テンプ 等の動作状態検出装置	598380	三 好 明 好
列車自動定位位置停止装置	593196	石 田 哲 爾・金 子 弘 美	粒子増倍管	598381	西 岡 進・尾 形 善 弘
有機絶縁材料	593226	{伊 藤 公 男・寺 谷 宏 {住 谷 健 次	冷暖房装置	598382	町 原 義 太 郎・三 ヶ 田 文 彦
周波数・時分割通信方式	593302	前 田 良 雄・杉 山 康 夫	磁気測定装置	598434	竹 内 守 久・上 坂 達 生
機関点火時期調整装置	593303	多 田 靖 夫	無効電力制御装置	599301	{馬 場 準 一・林 重 雄 {石 田 芳
線形荷電粒子加速器用円筒電極	593304	上 田 和 宏	熱可撓性絶縁材料	599302	伊 藤 公 男・岡 橋 和 郎
無効電力制御装置の乱調防止装置	594149	{馬 場 準 一・林 重 雄 {石 田 芳	イオン 流変調空洞装置	599303	中 田 省 三・山 田 弘 道
圧力制御弁	594156	{沢 井 昭 雄・村 上 晃 {西 村 昭 三	粒子加速器	599304	{高 部 俊 夫・小 笠 原 信 雄 {大 塩 一 治



特許と新案

複合特性を有する継電装置

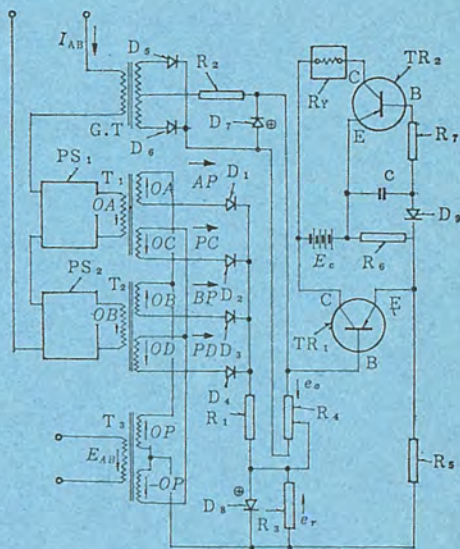
発明者 藤井重夫・北浦孝一

この発明は、電流複素平面または電圧複素平面に表示した動作特性が、任意所望形状の領域にある複合特性継電装置に関するものである。すなわち、保護すべき線路上の一点における電流に対して、予定の位相にある複数個の基準ベクトルを導出し、電圧を表わす変動ベクトルとの差を作り、それらの各相互間の位相差により、変動ベクトルの先端が動作領域内にあるかどうかを判別するようにしている。変動ベクトル先端が動作領域内にあれば、判別用ベクトルの隣接する二つが作る角が、いずれも180度より小さくなり、領域外にあるときは、これらの角のうちの一つが180度より大きくなるのである。

保護すべき送電線の1点からの電流 I_{AB} を、空隙付き変成器 GT を通して2個の移相回路網 PS₁、PS₂ に送る。回路網 PS₁ は、変成器 T₁ が電流 I_{AB} より予定の角度だけ進んだ電流 $\vec{OA}$ と、これと180度ずれた電流 $\vec{OC}$ とを発生するように電流を進相させ、回路網 PS₂ は、変成器 T₂ が電流 I_{AB} より予定の角度だけ遅れた電流 $\vec{OB}$ と、これと180度ずれた電流 $\vec{OD}$ とを発生するように電流を遅相する。そして変成器の二次側を図のように接続して判別ベクトル $\vec{AP}$ 、 $\vec{PC}$ 、 $\vec{BP}$ 、 $\vec{PD}$ に相当する電流 $\vec{AP}$ 、 $\vec{PC}$ 、 $\vec{BP}$ 、 $\vec{PD}$ を作り、それぞれ整流器 D₁、D₂、D₃、D₄ で整流して並列に抵抗器 R₁ を通して R₃ に結合する。いま、変動ベクトル $\vec{OP}$ の先端が動作領域外にあれば、隣接する判別用ベクトルのなす角が、いずれも180度より小さく、抑制電圧 e_r は連続する。したがって継電器 R_Y は動作しない。しかし変動ベクトル $\vec{OP}$ の先端が動作領域内にあれば、隣接する判別

用ベクトルのなす角の一つが180度より大きいから、これらの電流波形の中間の期間では抑制電圧 e_r はゼロになり不連続となる。したがってその期間 $e_o - e_r$ が正になり、コンデンサを充電し、トランジスタ TR₂ を導通させて、継電器 R_Y を動作させる。

(特許 第317865号) (太田記)



搬送保護継電装置

発明者 古谷昭雄・高田信治

この発明はある種の故障時に起こる各端搬送波の送出停止状態のちぐはぐに際しても確実に内部故障を検出できるものである。

周知のように2回線送電線にあっては優先しゃ断回路がとり入れられ、進み相優先および多重優先しゃ断を行ない得ようになっている。ところで搬送保護継電装置においては内部故障時には内部検出接点により搬送波を停止し、外部故障時には外部検出接点により搬送波を送出するようになっているが、上記優先条件検出接点を上記内部検出接点と直列接続して両者が作動した時に搬送波を停止して相手端に自端が内部故障を検出したことを伝達する。つまり自端が内部故障を検出し、自回線が優先条件を満足する時にはじめて相手端への搬送波を停止して自端がトリップする用意にあることを相手端に伝達し、相手端が同様に搬送波を停止したことをもって自端をトリップさせるようになっている。

ところで上記優先条件回路は各回線各相ごとの相別継電器 1a、

1b、1c、2a'、2b'、2c' (2およびダッシュは2号線) を設け、これら継電器接点の組合せにより、進み相および多重優先条件を検出するようになっている。いま図1のようにab'故障が起こるとA端1L、2Lではともに、a、b相電流が流入し、流出電流はない。他方B端1Lではa相流入、b相流出となり、2Lではa相流出、b相流入となる。したがってA端1Lでは相別継電器 1a、1b、A端2Lでは2a'、2b' が動作しようとするが、1bと2a' とに感度差があり、たとえば2a' のほうが感度良好とすればA端では図のように1a、2a'、2b' が動作する。この状態ではA端は2Lが多重優先を検出するから、2L側の搬送波が停止される。他方B端では進み相優先により1L側の搬送波が停止され、各回線の停止がちぐはぐになり両回線ともトリップできない。

また図2のようにA端1L至近端にab、B端至近端にa'b'相故障が発生した場合も、A端1L、B端2Lのみが停止するだけでち

ぐはぐとなり、両回線ともトリップできない。

そこでこの発明は図3のような条件回路を設け、補助リレーMの動作によって搬送波を停止するようにした。すなわち故障検出し(FD₂閉)、自回線相手端が搬送波停止し(185閉)、かつ他回線相手端が搬送波送出している(285閉)ことにより、限時リレー(285T)を介して補助リレーMを付勢するようにしたのである。したがってこの発明により図1、図2のような故障にあっても補助リレーMの働きにより搬送波を停止できるから、故障を速やかにトリップすることができる。(特許第605787号)(太田記)

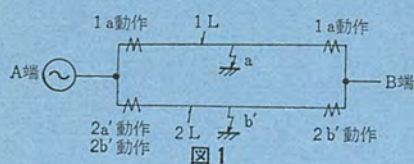


図1

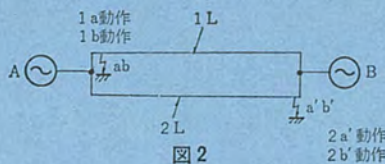


図2

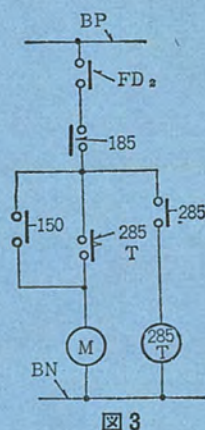


図3

搬送保護継電装置

発明者 北浦孝一

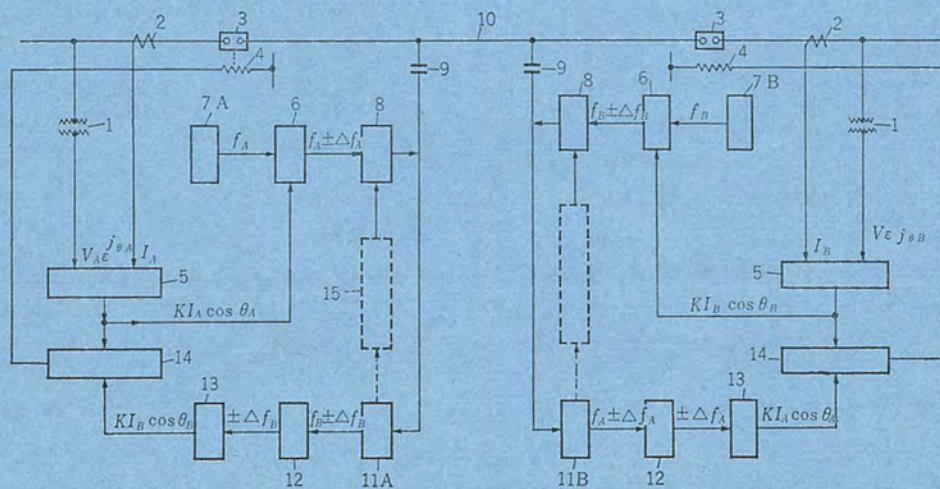
この発明は各端の保護対象電流量により自端の発振周波数を制御し、自端の電流量の大きさおよび符号を周波数の大きさに変換して相手端に伝送し、差動保護を行ない得るようにした搬送保護継電装置に関するものである。

図1はこの発明の一例を示す回路であり、(1)はPT、(2)はCT、(3)はしゃ断器、(4)はそのトリップコイル、(5)は保護対象電流量を導出するための回路であり、CT(2)からの電流をそのまま用いるときには省略してもよい。(7A)、(7B)は自端固有の周波数を有する搬送波 f_A 、 f_B を発振する発振器、(6)はA端についていえば、上記回路(5)からの保護対象電流量の大きさおよび符号に応じて上記発振周波数 f_A を $f_A \pm \Delta f_A$ に周波数変調する変調回路であり、B端についても同様に搬送波 $f_B \pm \Delta f_B$ を得る。(8)はこれら変調搬送波 $f_A \pm \Delta f_A$ 、 $f_B \pm \Delta f_B$ を互いに相手端に

送り出すための送信回路、(9)は結合回路、(10)は送電線、(11A)、(11B)は相手端からの変調搬送波を受信する受信回路、(12)はこの受信回路からの変調搬送波を復調してA端ではB端の変調入力 $\pm \Delta f_B$ を、B端ではA端の変調入力 $\pm \Delta f_A$ を取り出す復調回路、(13)はこの復調回路(12)の出力 $\pm \Delta f_B$ 、 $\pm \Delta f_A$ を相手端の保護対象電流量に変換する変換回路である。

したがってこの回路(13)の出力により相手端の保護対象電流量の値を正確に検出することができるわけであり、比較回路(14)により自端と相手端の保護対象電流量を比較するものとすれば、搬送波を用いながら差動保護方式が可能となり、各相電流差動方式、標本量を比較する方式等はもちろん、零相循環電流の存在する系統にも適用可能なものとなる。

(特許第472899号)(太田記)



タンタル薄膜素子

井上 康郎*・浜中 宏一*・藤原多計治*・羽山 昌宏*

Tantalum Thin Film Elements

Central Research Laboratory Yasuo INOUE・Koichi HAMANAKA・Takeji FUJIWARA・Masahiro HAYAMA

Tantalum thin films have been made by tetrode plasma sputtering. Then studies have been made on the difference in the construction of the films and their characteristics according to the manufacturing condition. As a result, a plateau region to bring forth a stable manufacturing condition has been found. This region exist when the quantity of nitrogen contained in the sputtering reaches 15~20%. Investigation has been made on the temperature coefficient, recommended range of sheet resistance, load characteristics and trimming of tantalum nitride thin film resistors prepared in this region. Within the range of the sheet resistance 20~80 ohms/□ is found to be $-80 \sim -100$ p. p. m $^{\circ}\text{C}$.

1. ま え が き

薄膜回路素子の応用はここ10年急速に進展した。特にタンタル薄膜は Bell Tell Lab⁽¹⁾で開発されて以来多方面で研究され、すでに実用段階に入っている。タンタル薄膜素子は抵抗素子、容量素子を同時に構成することができることにより、薄膜回路、マイクロ波ICへ応用が広がられている。

タンタル薄膜の製作方法としては、電子ビーム蒸着法とスパッタリング法がある。タンタルのような高融点金属の場合、スパッタリングで成膜するほうが製造工程も簡単で、材料効率もよく適している。さらにスパッタリングでは、反応性スパッタリングをおこなうことにより単一金属のみでなく、窒化膜酸化膜等を形成できることが特長である。スパッタリングの方法には数種類あるが、タンタル薄膜については直流2極スパッタリングによる研究が多い。

ここでは4極プラズマスパッタリングにより製作したタンタル薄膜窒化タンタル薄膜について、スパッタ条件と膜の性質や薄膜抵抗素子としての電気的特性との関連を述べる。

2. 実験装置と試料の製作

2.1 タンタル、窒化タンタル膜の製作

試料製作のために使用した4極プラズマスパッタリング装置の概略を図2.1に示した。一般に4極スパッタリングは2極スパッタリングに比較して、次の利点を有するといわれている。

- (1) 放電電流とスパッタに有効なターゲット電流が独立にコントロールできる。
- (2) 低いガス圧中でスパッタリングできることにより、スパッタ原子の逆拡散、不純物の混入を少なくすることができる。(スパッタ中の圧力: 4極の場合 10^{-3} torr, 2極の場合 10^{-2} torr)
- (3) 低電圧スパッタのため、基板温度の上昇が大きくなり低融点の物質の上にもスパッタ膜をつけることが可能である。
- (4) 膜厚制御が容易にできる。

図2.1に示したスパッタリング装置の構成は、Anode電極80 mmφ, ターゲット100 mm², 基板-ターゲット間隔70 mmである。基板には主として50 mm²のガラス板(コーニング7,059)を使用した。スパッタ中は、ターゲット電流、電圧を自動的に一定となるように制御した。電磁コイルに5 A(中心付近45 Gauss)を流しプラズマを中心軸に集束

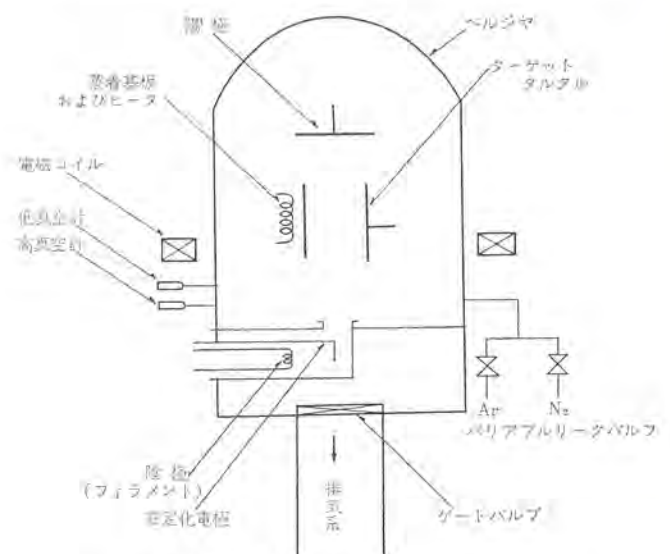


図 2.1 4 極スパッタリング装置
Schematic diagram of tetrode plasma sputtering apparatus.

した。排気系の最終到達圧力は 2×10^{-7} torr であった。

各種タンタル膜、窒化タンタル膜の製作は、ターゲット電圧、電流、スパッタ中の圧力、アルゴンと窒素ガスの混合比を変えた。

2.2 抵抗体の製作

抵抗体の製作は、スパッタにより製作した膜に電極用導体膜を全面に蒸着し、さらに選択エッチングによりおこなった。電極用導体膜はニクロム(Ni-Cr)、金(Au)の2層からなっている。NiCr-Auは電子ビームで連続蒸着した。NiCrはタンタル膜(Ta)との密着性をよくするもので $300 \sim 500 \text{ \AA}$ である。Au導体層は $4,000 \sim 6,000 \text{ \AA}$ である。この抵抗体製作の工程が図2.2に示してある。写真製版に使用した感光膜(ホトレジスト)は、K.M.E.R(コダックメタルエッチレジスト)を使用した。NiCr層のエッチングは硝酸セリウムアンモニウム+過塩素酸、Au層はシアン化系のエッチャントを使用した。

タンタル膜のエッチングについては、一般におこなわれている HF-HNO₃系のエッチャントでは、ガラス表面が腐食されるので NH₄F-HNO₃系のエッチャントについて検討した。その結果エッチング速度も $25 \text{ \AA/s}$ と適当で、ガラス表面もほとんど腐食されなかった。今回使用した NH₄F-HNO₃系と、従来の HF-HNO₃系とによるエッチング後のガ

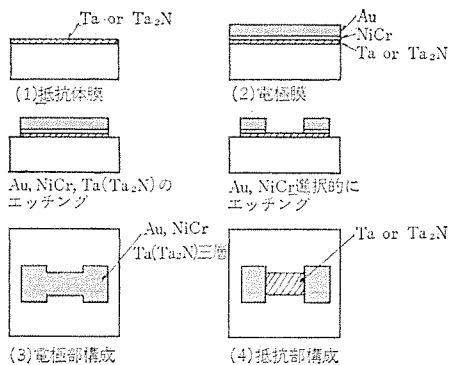


図 2.2 抵抗体製作工程
Fabrication process of thin film resistor

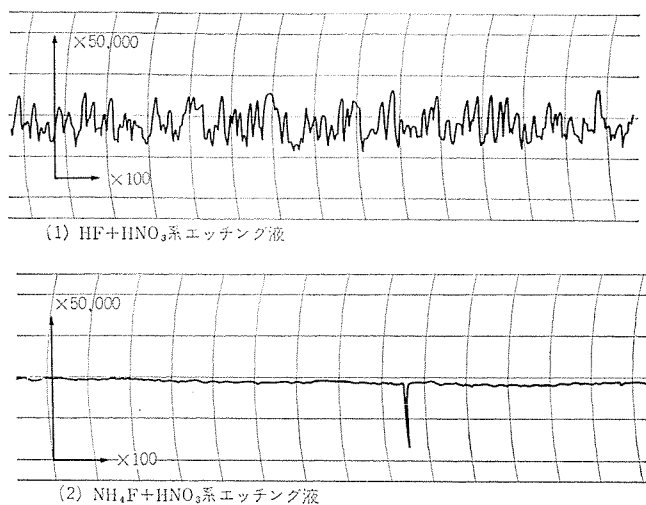


図 2.3 エッチング後の表面のあらさ
Surface roughness of glass substrate after Ta film etched.

ラス表面粗化の比較を図 2.3 に示した。この $\text{NH}_4\text{F}-\text{HNO}_3$ によるタンタル膜のエッチング精度は、 $100\text{ }\mu\text{m}$ のパターンに対し $2\text{ }\mu\text{m}$ 以下であった。

3. タンタル薄膜⁽²⁾⁽³⁾

タンタル薄膜には、バルクと同じ体心立方 (b. c. c) 構造のものと、バルクには存在しない薄膜特有の正方晶系 (Tetragonal) 構造の $\beta\text{-Ta}$ とがある。スパッタによって製作した薄膜の b. c. c Ta はバルクのものと電気的性質が異なる。すなわち固有抵抗値 (ρ) はやや大きく、 $20\sim 40\text{ }\mu\Omega\text{-cm}$ 、抵抗温度係数 (T. C. R) は $500\sim 1,800\text{ ppm}/^\circ\text{C}$ となりバルクよりも小さくなっている。他方 $\beta\text{-Ta}$ では、 ρ は $150\sim 250\text{ }\mu\Omega\text{-cm}$ 、T. C. R は $-100\sim +100\text{ ppm}/^\circ\text{C}$ であり、抵抗体素子としては b. c. c Ta よりもかなりよい特性を示す。

しかしながら上述の Ta 膜の諸性質は、その成膜方法、成膜条件によって大きく変わる。4 極スパッタでおこなったスパッタ電圧および電流、スパッタ中のガス圧などによる比抵抗、抵抗温度係数、成膜速度の関係を図 3. 1, 3. 2, 3. 3 に示す。

比抵抗は、膜厚 $2,000\text{ }\text{\AA}$ のものを四探針法で、抵抗温度係数は、膜厚 $800\text{ }\text{\AA}$ の抵抗体で測定した。膜構造については、膜厚 $2,000\text{ }\text{\AA}$ のものを X 線回折で調べた。図 3. 1~3. 3 に示される製作条件での膜は、 $\beta\text{-Ta}$ 構造であった。比抵抗、温度係数も一般に 2 極スパッタ膜で認められている $\beta\text{-Ta}$ 構造の特性と一致している。ここで製作した膜は、Pre-Sputtering を 10 分おこなったものである。Pre-Sputter の効果は、ターゲット表面についた不純物の除去やペルジ内

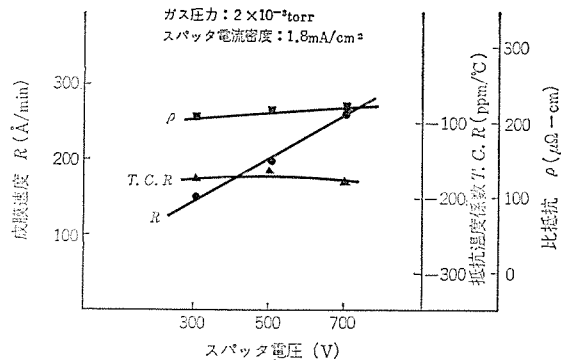


図 3. 1 スパッタ電圧と成膜速度・比抵抗・温度係数の関係
Sputtering rate, specific resistivity and T. C. R vs. sputtering voltage.

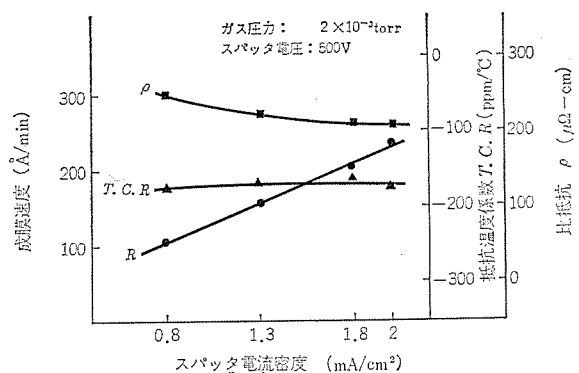


図 3. 2 スパッタ電流密度と成膜速度・比抵抗・温度係数の関係
Sputtering rate, specific resistivity and T. C. R vs. sputtering current density.

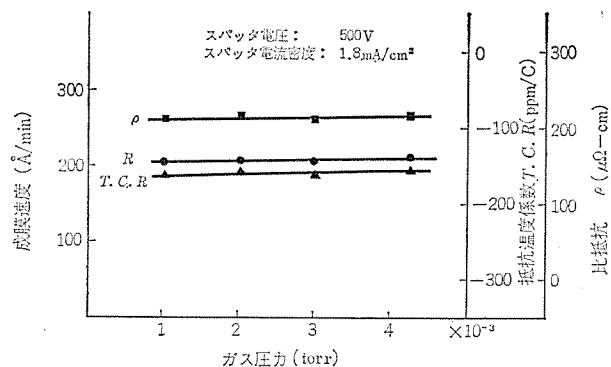


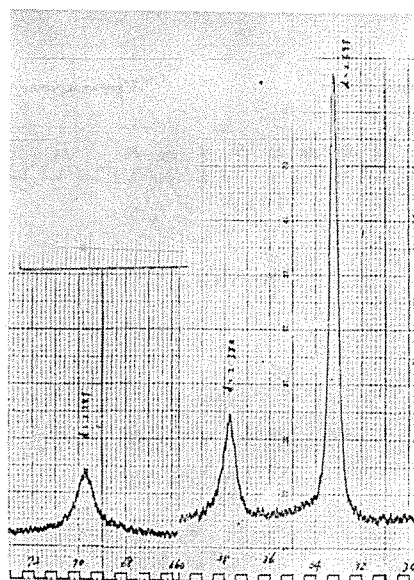
図 3. 3 ガス圧力と成膜速度・比抵抗・温度係数の関係
Sputtering rate, specific resistivity and T. C. R vs. total pressure.

に存在する不純物ガス等を熱的に放出するためパスタふんい気が清浄にされると考えられる。

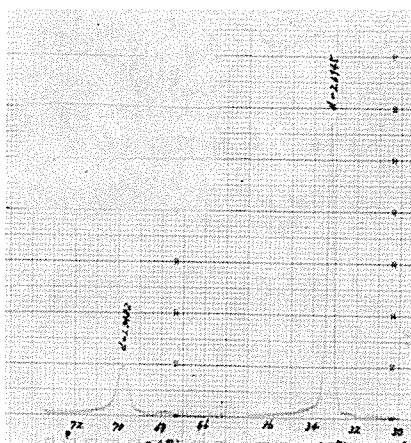
Pre-Sputtering しない場合に、 $\beta\text{-Ta}$ と b. c. c Ta とが混在した膜が形成されることがあった。図 3. 4 (a) に $\beta\text{-Ta}$ と b. c. c Ta の混在したときの X 線回折像を示す。 $d=2.7$ の回折線は、 $\beta\text{-Ta}$ (2, 0, 0) 面によるもの、 $d=2.38$ は b. c. c Ta (110) 面によるものである⁽⁴⁾⁽⁵⁾。b. c. c Ta が形成されるのは、不純物ガスの存在によるといわれている。b. c. c Ta と $\beta\text{-Ta}$ が混在している場合でも $\beta\text{-Ta}$ が主な構造となっており、電気的特性については $\beta\text{-Ta}$ の特性と変わらなかった。図 3. 4 (b) に、代表的な $\beta\text{-Ta}$ 膜の X 線回折像を示す。

4. 窒化タンタル膜

$\beta\text{-Ta}$ 膜を薄膜素子の材料に使用しても、NiCr 膜などの抵抗素子



(a) Pre-sputtering なし
β-Ta, b. c. c. Ta 混在
アルゴンガス圧 2×10^{-3} torr
スパッタ電圧 500 V
スパッタ電流密度 1.8 mA/cm^2



(b) Pre-sputter 10 分
β-Ta
アルゴンガス圧 4.5×10^{-3} torr
スパッタ電圧 500 V
スパッタ電流密度 1.8 mA/cm^2

図 3.4 タンタル薄膜のX線回折像
X-ray diffraction patterns of sputtered tantalum thin film.

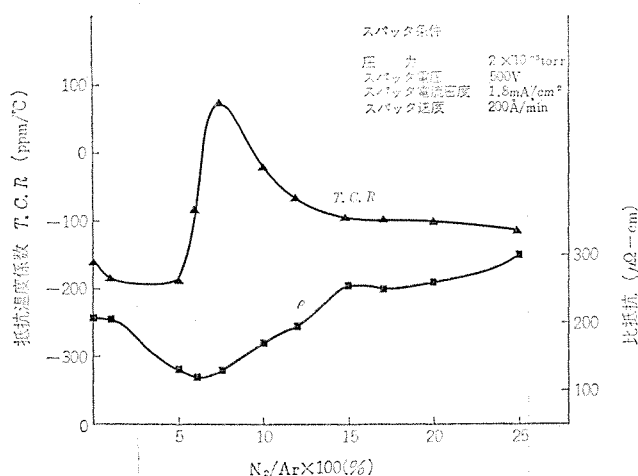
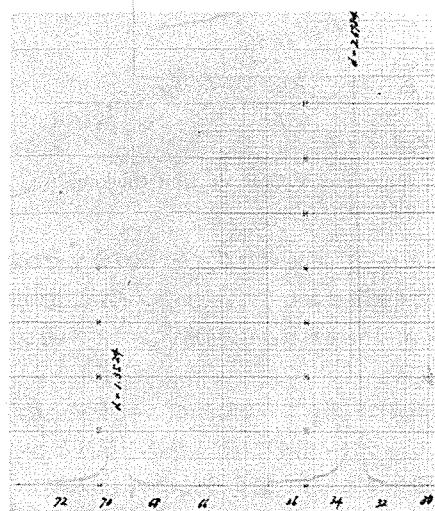
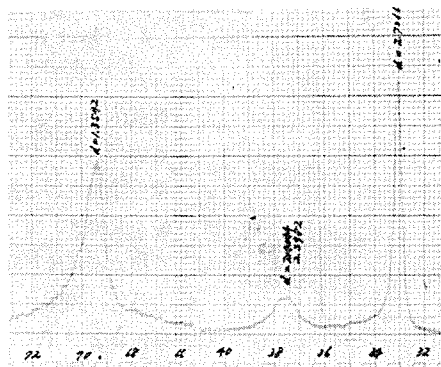


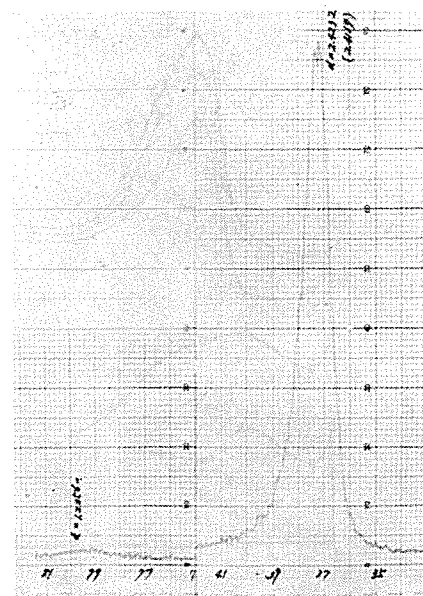
図 4.1 窒素ガス量と固有抵抗、温度係数の関係
Specific resistivity and T.C.R. vs. the ratio of nitrogen and argon in sputtering.



(1) N_2 量 1% $d=2.70$



(2) N_2 量 5% $d=2.70$ $d=2.40$



(3) N_2 量 7.5% $d=2.42$

図 4.2 窒素量によるX線回折像 (1)
X-ray diffraction patterns followed by the ratio of nitrogen and argon in sputtering (I)

に比較してすぐれた電気的特性や安定性を示すが、窒化タンタル膜のほうがさらにすぐれた特性をもつことが報告されている⁽²⁾。アルゴンガス中でβ-Taができるスパッタ条件に、窒素ガスを加えることによりいろいろな構造や性質をもつ膜が形成されることはよく知られている。少量のガスを入れた場合、 ρ の減少とT.C.R.の増加が見られ、b. c. c. Ta膜が形成される。さらに窒素ガス量を増加すると Ta_2N が形成される。この時、 ρ は増加し、T.C.R.は減少する。

Ta_2N 形成後、窒素ガス量に関係なく、 ρ 、T.C.R.がほぼ一定となるプラトー(plateau)領域を作る。この領域からさらに窒素ガス量を増すと面心立方(f. c. c.)の TaN を形成し、 ρ は増加し、T.C.R.は負に大きくなっていく。窒素ガスを混合したスパッタ膜にはこのプラトー領域の存在が特長である。またこの領域で製作した抵抗体は、非常に安定である。プラトー領域の存在は、これらの膜の製作条件の厳密

さをやわらげ、同一特性をもつ膜の製作を容易にする。このプラトー領域の幅や、製作した膜の特性は、スパッタの方法、装置(2極あるいは4極、あるいはD.C. RF)、およびスパッタ条件によって決まる。

4極スパッタリング装置を用い、β-Taの形成できるスパッタ条件をスパッタ電圧500 V、スパッタ電流密度 1.8 mA/cm^2 、ガス圧 2×10^{-3} torrに固定して、アルゴン中の窒素量を変えていった場合の比抵抗、温度係数の特性を図4.1に、それに対応したX線回折の結果を図4.2、4.3に示した。

ρ 、T.C.R.やX線回折像から、アルゴンに対する窒素量0~2%でβ-Ta構造、4~5%でβ-Ta構造とb. c. c. Ta構造が混在している。6~10%でb. c. c. Ta構造、10~12%でb. c. c. Ta構造と Ta_2N が混在している。15~20%で Ta_2N 構造でプラトー領域を形成している。窒素量25%で ρ の増大とT.C.R.の減少が見られるが、

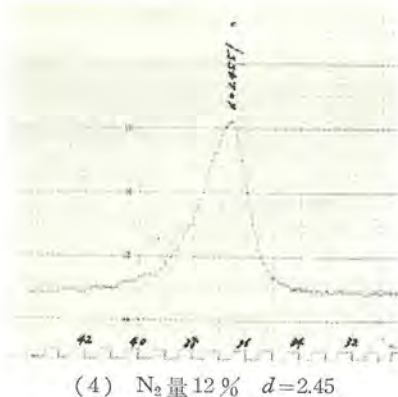
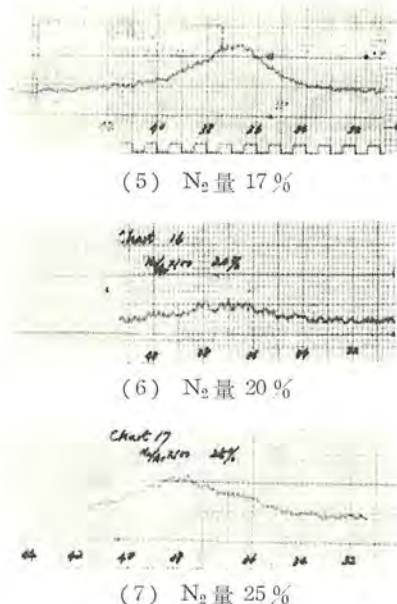


図 4.3 窒素量によるX線回折像(II)
X-ray diffraction pattern followed by the
ratio of nitrogen and argon in sputtering
(II).



この条件で TaN が形成されていると推定できる。プラトー領域では、 ρ は $250 \mu\Omega\text{-cm}$ 、T.C.R は $-100 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$ となっており、またその幅は 5% であり再現性良く TaN を製作できる範囲である。

5. 窒化タンタル抵抗体

プラトー領域内の窒化タンタル膜を使用して、実際の抵抗体としていくつかの検討をした。まず図 5.1 に真空加熱処理をした場合の特性を示した。真空加熱処理の間の真空度は、 $2 \times 10^{-6} \text{ torr}$ であった。なお抵抗変化率 $\Delta R/R$ は、処理前の抵抗 R_0 、処理後の抵抗 R_T を用い抵抗変化率 $\Delta R/R = R_T - R_0/R_0$ とした。

この結果から、熱処理により T.C.R は正側に移動できることがわかった。またプラトー領域の抵抗変化率が非常に小さいことが注目される。これはプラトー領域の膜が非常に安定であることを示している。ここで実施したと同様の熱処理で T.C.R を $0 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$ にした報告⁽⁶⁾もある。この T.C.R の改善は、スパッタ時の基板温度を加熱することによっても可能であった。基板温度 150°C 、プラトー領域の

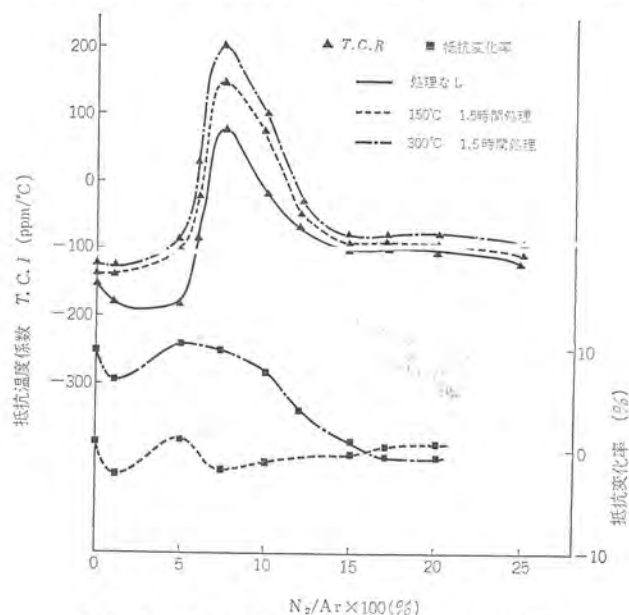


図 5.1 真空処理後の T.C.R および抵抗値変化
The change of T.C.R and resistance value after heat
treatment in vacuum.

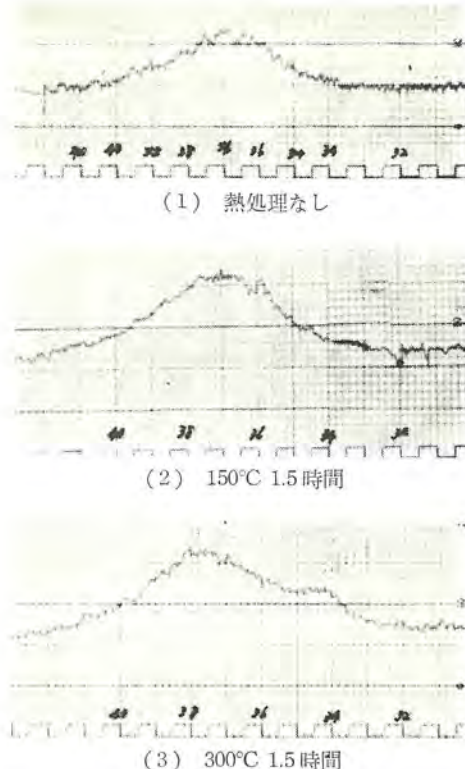


図 5.2 熱処理によるX線回折像の違い
Difference of X-ray diffraction patterns due to heat
treatment.

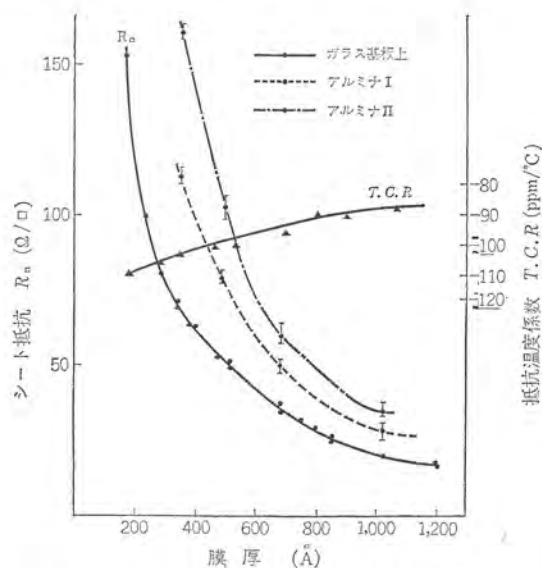


図 5.3 膜厚とシート抵抗、温度係数の関係
Sheet resistance value and T.C.R vs. film thickness
prepared in the plateau region.

抵抗体で T.C.R が $-70 \sim -80 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$ になった。 300°C までの熱処理によって膜自体には相転移は起こっていないが、再結晶化の様相を示している図 5.2 にプラトー領域の処理前後における X 線回折像を示す。

次に抵抗体を回路の構成に応用していく場合に、シート抵抗と耐電力負荷の問題が出てくる。プラトー領域における膜の、膜厚とシート抵抗および T.C.R を図 5.3 に示す。図 5.3 にはアルミナ基板の膜厚とシート抵抗の関係も同時に示した。アルミナ I は純度 99.5%、表面あら(粗)さ $0.5 \mu\text{H}_{\text{max}}$ 、アルミナ II は 97%、表面あらさ $1 \mu\text{H}_{\text{max}}$ のものであり、いずれも現在のマイクロ波 IC の誘電体基板として使

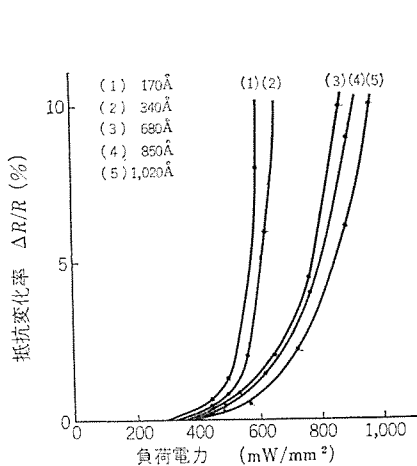


図 5.4 膜厚による負荷電力特性
Load characteristic vs. film thickness.

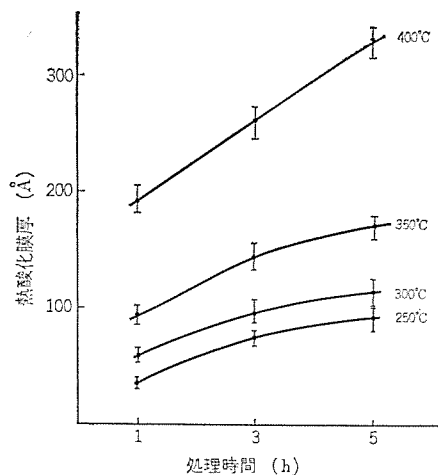


図 5.5 熱処理と熱酸化膜厚の関係
Thickness of thermal oxidation made by heat treatment.

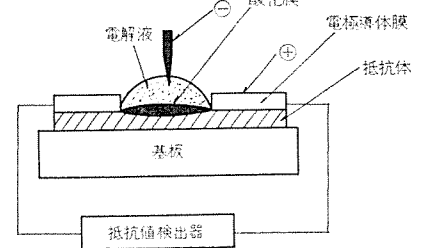


図 5.6 陽極酸化法
Method of anodic oxidation.

用されているものである。グレースアルミナについても同様の実験をおこなったがガラス基板と変わらない結果をえた。

200 Å 以下では、わずかな膜厚の違いにより非常に大きくシート抵抗値が変化し、また T.C.R も負側に大きくなっている。膜厚が厚い場合 (約 1,000 Å 以上) は、抵抗値の範囲が狭くなる。したがって窒化タンタル膜で使用できるシート抵抗値は、20~80 Ω/□ と考えられる。表面のあらいアルミナ基板についてはかなりバラツキも大きく、抵抗値の精度を上げることがむづかしいので、特殊な用途以外には基板としては使用すべきではない。ガラス基板を用いた場合の膜厚に対する電力負荷特性を図 5.4 に示している。膜厚の増すことによりわずかであるが耐電力負荷は増している。グレースアルミナでは約 3 倍、アルミナでは約 6 倍の耐電力負荷があった。上記シート抵抗と電力の問題を加味して、実際の回路に対してパターン設計をおこなう必要がある。なお実際に常時使用できる電力は、電力負荷特性の抵抗変化がはじまる電力の約 8 分の 1 といわれる。図 5.4 の場合シート抵抗 35 Ω/□ のもので 40~50 mW となる。

高精度の抵抗体を必要とする場合に抵抗体の調節をする必要がある。抵抗体の調整法としては、熱酸化法、陽極酸化法、Cutting 等があるがタンタルに対しては、膜の表面を酸化することが抵抗体の調節と保護膜を兼ねることでも有効である。熱酸化は、全体の抵抗を酸化調節したいときに適している。陽極酸化は、部分的な抵抗調節をおこなうのに適している。窒化タンタル膜を熱酸化したときに、酸化される膜厚と温度および処理時間の関係を図 5.5 に示す。

熱酸化法のトリミング精度はあまり高くないが、赤外線ヒータで、モニターしながら熱酸化させて高い調節精度 (±0.3%) を上げた報告⁽⁷⁾もある。陽極酸化でおこなう調節は、高い精度が実現できタンタル膜の調節に広く使用されている。図 5.6 に調節法を示す。電解液はゲル状にするため 0.01% のクエン酸溶液をカルボキシルセルロースナトリウムに混じて使用した。この液で抵抗値の調節は、0.1% 以下で可能である。熱酸化、陽極酸化した膜の T.C.R は、酸化しない膜よ

りも負側に少し大きくなっている。

以上窒化タンタル抵抗体の検討を加えながら、一部はチップ抵抗の形にして、マイクロ波 IC のターミネーションに、またグレースアルミナを使用してマイクロストリップ線路と一体化した分配器⁽⁸⁾などを構成して良好な結果をえている。

6. む す び

4 極スパッタリングによるタンタル、窒化タンタル膜の製法法を中心に述べた。プラトー領域における窒化タンタル膜抵抗体は、シート抵抗 20~80 Ω の範囲で、T.C.R -80~-100 ppm/°C を示した。このような抵抗素子、容量素子は、最近の通信機器の IC 化の中で欠くことのできない素子となっている。さらにこれらの膜は、安定性も高いので実際の薄膜回路への応用を進めている。

参 考 文 献

- (1) D. A. Mclean, N. Schwartz and E. D. Tidd : Proc. IEEE 52, 1,450 (1964)
- (2) 志村, 伊東, 岡本, 菱沼 : 研究実用化報告 17, No. 6 (1968)
- (3) D. Gerstenberg : Journal of Applied Physics 35, 2,402, (1964)
- (4) M. Nakamura, M. Fujimori, Y. Nishimura : J. A. P 9, No. 5, May (1970)
- (5) M. H. Read : Applied Physics Letters 7, No. 3 (1965)
- (6) 佐藤, 小田, 菱沼 : 電子回路部品材料研究会資料 C. P. M 70-17 (1970-07)
- (7) C. Y. Kuo, J. S. Fisher, J. C. King : IEEE Tran. PMP 1, No.1 (1966)
- (8) 根本, 堀切, 浜中 : 電子通信学会マイクロ波研究会 MW-70-10 (1970-06)

MELCOM-83 の言語システム

桑谷 清*・村井 豊*・越川 武夫**

MELCOM-83 Language System

Kamakura Works

Kiyoshi KUMEYA・Yutaka MURAI

Head Office

Takeo KOSHIKAWA

In MELCOM-80 series the programming had been all made by machine language until Feb. last year since the announcement of M-81 in May, 1968. To strengthen the software M-83 assembler was made public in March last year and ACE-83 in November in the same year. In this connection description is made to explain the machine language that was in use for so long a period as the programming language and also to explain about a newly developed language processors. Thus M-83 language system is introduced herein.

1. M-83 ソフトウェア

M-83 の言語システムを説明する前に、M-83 のソフトウェアを紹介する。

M-83 のソフトウェアは、図 1. 2 に示すようなもので昨年プログラミング言語としてアセンブラ、コンパイラが開発されて新しい体系が生れた。

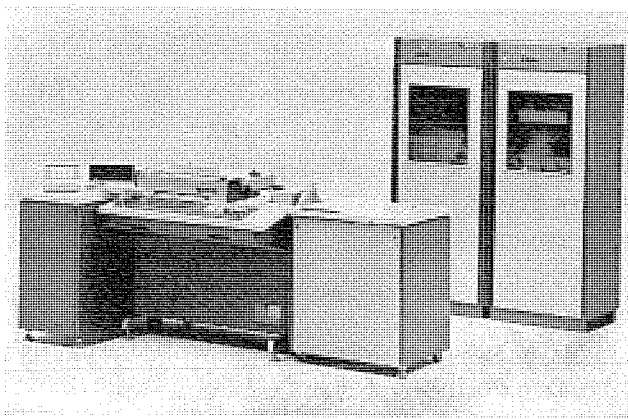


図 1. 1 MELCOM-83 言語システム
MELCOM-83 Language system.

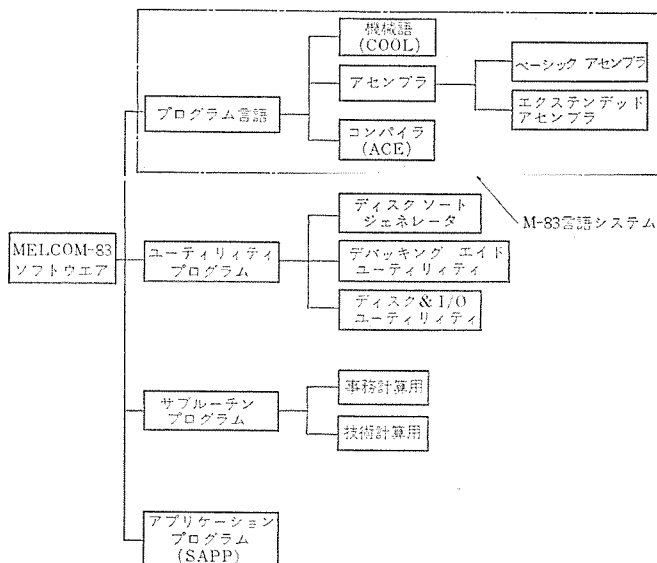


図 1. 2 MELCOM-83 ソフトウェア
MELCOM-83 software

M-83 ソフトウェアの主要部であるアプリケーションプログラム=SAPP (Standard Application Program Package) の総登録本数は昨年 12 月で 70 本にもなり、M-83 の堅実なる実績がそこにある。また、プログラミングの省力化を目指し開発されたユーティリティプログラム、サブルーチンプログラムは、ディスクマシンの中でもとりわけ能率の良いプログラムとして内外に好評を博した。

2. M-83 言語システム

M-83 の言語システムとして図 1. 1 に示すように機械語、アセンブラ、コンパイラがそろっている。しかし、これらの言語は一般に言われるそれとは少し異なり多くの特長を有する。以下順次これらの言語について説明する。

2. 1 機械語

M-80 シリーズのプログラミング言語として、図 2. 1 に示すように 43 年 5 月に M-81 を発表して以来、昨年まで COOL (Customer Oriented Optimum Language) と呼ばれる 10 進の機械語が利用されてきた。したがって SAPP からユーティリティプログラムまで COOL で組まれた。普通ソフトウェアの開発には特殊なもの以外はすべてアセンブラを基本に展開している。すなわち多少オブジェクトプログラムの実行効率は落ちても、アセンブラの良さを積極的に利用してプログラミングの省力化を計っている。ここまで話を進めると、COOL と呼ばれる機械語に興味をもたれると思う。COOL が使われ始めて今年で 4 年目を迎えるわけだが、これほどまでよく機械語が使われたことは他に例を見ない。これは COOL に次のような特長があるからである。

(1) 逐次処理方式

普通、計算機の命令語は図 2. 2 に示すように逐次処理方式と任意制御処理方式に大別できる。M-83 は逐次処理方式である。した

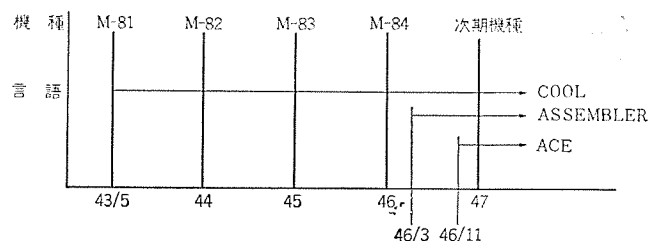


図 2. 1 MELCOM-80 の推移
Development of MELCOM-80.

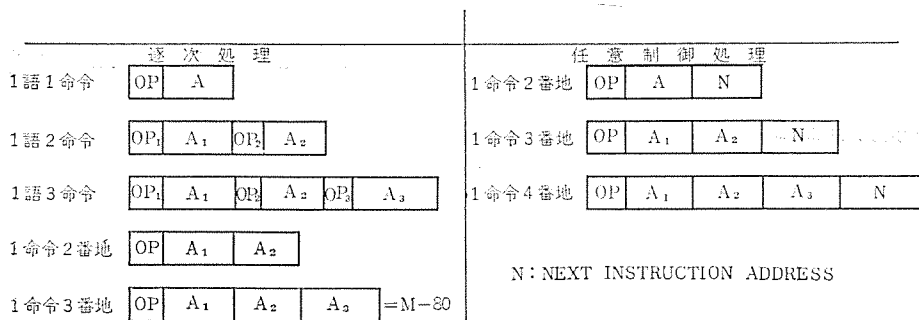


図 2.2 計算機の命令語
Computer instructions.

がって、プログラムの流れが簡素化されるとともに次命令アドレスの指定がなくプログラミングの省力化が計れる。

(2) 1命令3番地方式

この命令形態で4則演算を行なうと、1命令でその計算が済む。すなわち、ソフトウェアではレジスタに対する操作が全くない。もちろん、はん(汎)用レジスタもなく、プログラマは単に3アドレスのみを意識すればよい。

(3) 自動編集機能

数値出力をする際、ハードウェアで基本となる編集をしてくれる。すなわちプリントの際にはゼロ抑制、コンマそう(挿)入をし、パンチ出力の際にはゼロ抑制はもちろん、ファンクションコードのそう入までしてくれる。このことはプログラミングの省力化、メモリの有効利用が計れることを意味している。

(4) 最適化

プログラマは機械語を良く理解していたため、オブジェクトプログラムの最適化が比較的自由に行なえた。プログラマはこのことに大きな関心を示し、1kWのプログラムとは思えない高能率のプログラムを作った。

(5) ミニメンテナンス

オブジェクトプログラムのささいな変更が簡単にできる。これらはみなCOOLの使い良さであるが、COOLが長期に渡って使われるにつれ次のような要望が生じた。

(1) よりはん用性に豊む SAPP 拡充

(2) ソフトウェア体系の強化

このようなことから、COOL以外のプログラミング言語、M-83アセンブラ、ACE-83が開発された。

2.2 アンプリ言語

M-83アセンブリ言語には、ベーシックアセンブラとエクステンデッドアセンブラがあり、次のようなことを目指し開発された。

- (1) プログラムのメンテナンス性向上
- (2) ベーシックソフトウェアの開発用言語
- (3) プログラミングの省力化
- (4) はん用性の向上(ユニット化)
- (5) 技法の統一化
- (6) ドキュメントの整備、統一化

アセンブラの効果は、プログラムの性質にもよるが、はん用性の高いほどまたプログラムメンテナンスのひん度の高いものほど顕著に現われる。項目別にその効果をまとめると表2.1のようになる。

2.2.1 M-83アセンブリ言語の特長

M-83アセンブラは、次のような特長を持つ

- (1) ディスクマシンの中でもとりわけ、アセンブルタイムが早い。テープルサーチはすべてダイレクトアクセス方式である。

(2) アセンブラ文法は特に設けず、COOLの記述方式をそのまま転用している。

(3) 文法チェックは必要最低限にした。

(4) こまわりのきく操作方式とした。

(5) 操作方式を簡素化した。(1 PASS)

2.2.2 アセンブリシステム

M-83ベーシックアセンブラおよびエクステンデッドアセンブラのシステムフローチャートを、それぞれ図2.3と図2.4に示す。これからわかるように両者とも、紙テープベースで処理していることである。これはM-83が紙テープ

マシンであることからきている。処理方式の面では、ベーシックアセンブラは1 PASS 1 PHASEで逐一オブジェクト化する方式で、アセンブルタイムを早くしている。一方エクステンデッドアセンブラではアセンブルタイムより、プログラミングの安易性を尊重した1 PASS 2 PHASEにしている。したがってユーザはプログラムの内容、量、本人の技量を考慮して能率のよいほうを選択する。

2.2.3 機能ユニット

ベーシックアセンブラ、エクステンデッドアセンブラにはそれぞれ図2.5、2.6に示すような機能があり、ユーザは自由に選択し利用できる。

(1) SOURCE CREATOR

コーディングフォームからソーステープを作る。

(2) ASSEMBLE A, B

ASSEMBLE-Aは、前回作成されたNAME TABLEを消去しASSEMBLER-Bは保持する。

表 2.1 M-83アセンブラの効果
Merit of M-83 assembler.

	項 目	効 果
教 育	1. 講習時間	90
	1. フローチャートステップ	80
	2. アセンブルタイム	(エクステンデッド) 50分/100文
プログラミング	3. ソース作成	10秒/文 (COOL 5秒/文)
	1. オブジェクトの冗長性比	105
	2. はん用性	800
プログラム効率	3. メンテナンス難易度	70
	1. アピール度	200

注) COOLを100とする

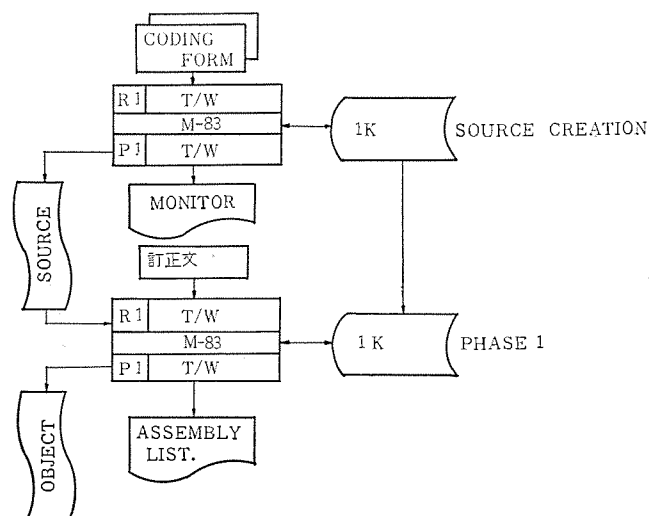


図 2.3 ベーシックアセンブラシステム
System chart of basic assembler.

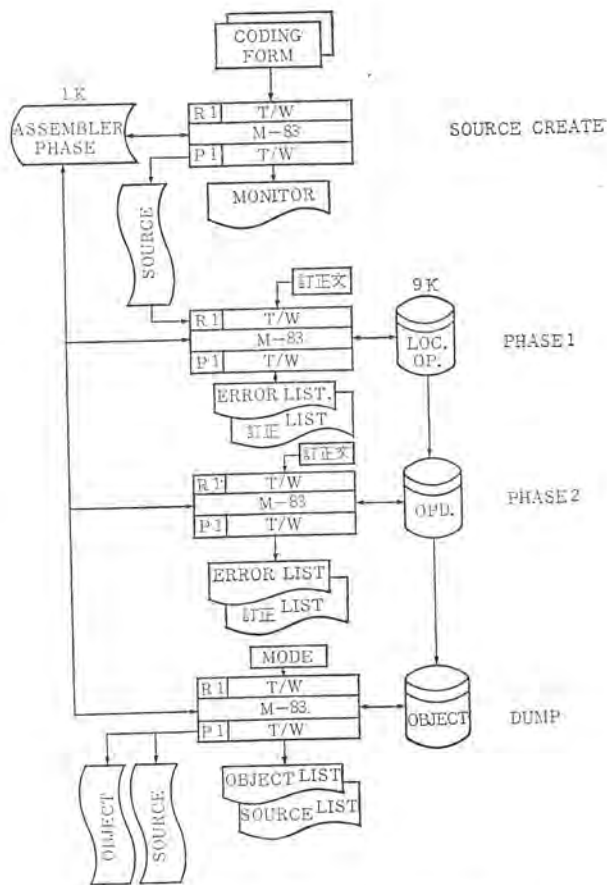


図 2.4 エクステンデッドアセンブラシステム
System chart of extended assembler.

# 000	PHASE WORK AREA.
# 999	OP TABLE.
# 1000	IML (SOURCE & OBJECT)
	MACRO FIELD
	LITERAL POOL
	PHASE 1
	PHASE 2
	ERROR
	DUMP & PREPARE
# 9999	

注) EXTENDED-ASSEMBLER の例

図 2.7 アセンブルマップ
Assemble map.

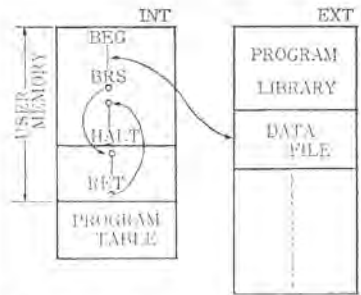


図 2.8 オブジェクトプログラムの
実行 (アセンブラ)
Accessing chart of assembler
object.

そう入ができる注1)。このディスク内修正は MELCOM アセンブラの大きな特長である。

(7) DUMP

完成したオブジェクトプログラム、またはソースプログラムをペーパーテープ、L/P 紙に出力する。

以上がアセンブラの機能で、図 2.7 にエクステンデッドのアセンブルマップを示す。

2.2.4 オブジェクトのロードと実行

ベーシックアセンブラにおいては、COOL オブジェクトと同じく、ロード命令をマニュアル入力して実行させればよい。オブジェクトは常時メインメモリへロードされる。ロードできるプログラム数はメインメモリ内に収まるものであれば、7 本まで可能である。

一方エクステンデッドにおいては、簡易ロードが用意されていて、内部もしくは外部メモリの指定した領域にロードできる。オペレータは外部メモリ、内部メモリの区別なく7本以内のプログラムを PSW(program switch) で簡単に呼べる。図 2.8 にエクステンデッドアセンブラのオブジェクトが実行される様子を示す。

2.2.5 コーディングフォーム

ベーシック、エクステンデッド共通のもので図 2.9 に示す。図 2.10 にアセンブリリスト注2)を示す。

2.2.6 ベーシックとエクステンデッドの比較

ベーシックアセンブラは基本構成で、エクステンデッドアセンブラは基本構成+外部ディスク 9kW で使用できる。またエクステンデッドアセンブラの機能は、ベーシックアセンブラのそれを包含し、さらに次の機能が付加されている。

- (1) リテラルの使用。
- (2) 未定義記号の使用。
- (3) マクロ命令の使用。

その他 2.2.3 項で説明した LOADER, ERROR 等が用意され、より使いやすくなっている。

2.2.7 アセンブラ命令

COOL と同じく 1 命令 3 番地方式である。モディファイア部およびオペランドの一部を除き、すべてニューモニックコードで記述できる。すなわちコーディング上バリューで指定したほうが理解しやすい部分はバリューで指定している。表 2.2 にベーシックアセンブラの命令一覧を、表 2.3 に M-83 の CPU コードを示す。

注 1) オブジェクトの修正は実行時に行なえる。

注 2) ベーシックアセンブラによるコーディング例である。

UNIT	P. S. W
SOURCE CREATOR	2
ASSEMBLE-A	3
ASSEMBLE-B	4

図 2.5 ベーシックアセンブラ機能
ユニット
Function unit of basic
assembler.

UNIT	P. S. W
SOURCE CREATOR	—
SOURCE READER	—
ASSEMBLER	1
LOADER	—
ERROR	2
DUMP	3

図 2.6 エクステンデッドアセンブラ
機能ユニット
Function unit of extended
assembler.

(3) SOURCE READER

ソースプログラムを DISK (9K) にストアする。

(4) ASSEMBLER

PHASE 1 で NAME TABLE を作って NAME チェックし、エラーがなければ PHASE 2 へリンクされ、オブジェクトを完成しアセンブルを終了する。このとき "and go" の指示をすれば、すぐにデバッグに移れる。一方、エラーがあれば、ERROR プログラム (後述) が呼ばれる。

(5) LOADER

DUMP プログラムで得たオブジェクトデータを所定のメモリへロードする (リ可変オブジェクトでない)。ロード後はプログラム管理テーブルが作られ、プログラムスイッチで任意の業務を呼べる。

(6) ERROR

PHASE を実行中に発生したエラーに対処するためのソースプログラム訂正ルーチンである。ディスク内のソースプログラムに対してまっ消、訂正、

M-83 ASSEMBLER CODING FORM															
番 号 名		M-83/18 PROGRAM		作 成 者		K. K.		日 付		31-3-77		頁		1/2	
SEQ	LOC	OP	M	VARIABLE FIELD										MEMO	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
OPERAND & COMMENT															
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
100		BEG		976		1-83		1/18		PROGRAM (OUT)					
101	AD	REV	1	0101300						PC1					
102	AD	REV	1	0101300						PC2					プログラム定義
103	AD	REV		1000000						CL					定数
104	AD	REV	1												
105	AD	REV	1												
106	AD	REV	1												
107	AD	REV	1												
108	AD	REV	1												
109	AD	REV	1												
110	AD	REV	1												
111	AD	REV	1												
112	AD	REV	1												
113	AD	REV	1												
114	AD	REV	1												
115	AD	REV	1												
116	AD	REV	1												
117	AD	REV	1												
118	AD	REV	1												
119	AD	REV	1												
120	AD	REV	1												
121	AD	REV	1												
122	AD	REV	1												
123	AD	REV	1												
124	AD	REV	1												
125	AD	REV	1												
126	AD	REV	1												
127	AD	REV	1												
128	AD	REV	1												
129	AD	REV	1												
130	AD	REV	1												
131	AD	REV	1												
132	AD	REV	1												
133	AD	REV	1												
134	AD	REV	1												
135	AD	REV	1												
136	AD	REV	1												
137	AD	REV	1												
138	AD	REV	1												
139	AD	REV	1												
140	AD	REV	1												
141	AD	REV	1												
142	AD	REV	1												
143	AD	REV	1												
144	AD	REV	1												
145	AD	REV	1												
146	AD	REV	1												
147	AD	REV	1												
148	AD	REV	1												
149	AD	REV	1												
150	AD	REV	1												
151	AD	REV	1												
152	AD	REV	1												
153	AD	REV	1												
154	AD	REV	1												
155	AD	REV	1												
156	AD	REV	1												
157	AD	REV	1												
158	AD	REV	1												
159	AD	REV	1												
160	AD	REV	1												
161	AD	REV	1												
162	AD	REV	1												
163	AD	REV	1												
164	AD	REV	1												
165	AD	REV	1												
166	AD	REV	1												
167	AD	REV	1												
168	AD	REV	1												
169	AD	REV	1												
170	AD	REV	1												
171	AD	REV	1												
172	AD	REV	1												
173	AD	REV	1												
174	AD	REV	1												
175	AD	REV	1												
176	AD	REV	1												
177	AD	REV	1												
178	AD	REV	1												
179	AD	REV	1												
180	AD	REV	1												
181	AD	REV	1												
182	AD	REV	1												
183	AD	REV	1												
184	AD	REV	1												
185	AD	REV	1												
186	AD	REV	1												
187	AD	REV	1												
188	AD	REV	1												
189	AD	REV	1												
190	AD	REV	1												
191	AD	REV	1												
192	AD	REV	1												
193	AD	REV	1												
194	AD	REV	1												
195	AD	REV	1												
196	AD	REV	1												
197	AD	REV	1												
198	AD	REV	1												
199	AD	REV	1												
200	AD	REV	1												
201	AD	REV	1												
202	AD	REV	1												
203	AD	REV	1												
204	AD	REV	1												
205	AD	REV	1												
206	AD	REV	1												
207	AD	REV	1												
208	AD	REV	1												
209	AD	REV	1												
210	AD	REV	1												
211	AD	REV	1												
212	AD	REV	1												
213	AD	REV	1												
214	AD	REV	1												
215	AD	REV	1												
216	AD	REV	1												
217	AD	REV	1												
218	AD	REV	1												
219	AD	REV	1												
220	AD	REV	1												
221	AD	REV	1												
222	AD	REV	1												
223	AD	REV	1												
224	AD	REV	1												
225	AD	REV	1												
226	AD	REV	1												
227	AD	REV	1												
228	AD	REV	1												
229	AD	REV	1												
230	AD	REV	1												
231	AD	REV	1												
232	AD	REV	1												
233	AD	REV	1												
234	AD	REV	1												
235	AD	REV	1												
236	AD	REV	1												
237	AD	REV	1												
238	AD	REV	1												
239	AD	REV	1												
240	AD	REV	1												
241	AD	REV	1												
242	AD	REV	1												
243	AD	REV	1												
244	AD	REV	1												
245	AD	REV	1												
246	AD	REV	1												
247	AD	REV	1												
248	AD	REV	1												
249	AD	REV	1												
250	AD	REV	1												
251	AD	REV	1												
252	AD	REV	1												

図 2.9 M-83 アセンブラコーディングフォーム
Coding form of M-83 assembler.

M-83 ASSEMBLY LIST									
NO.	LOC.	OP.	M.	VAR.	PAGE IC.	DD1 OP.	ADDRESS		
000	BEG			976 * M-83 1/0 PROGRAM (OUT)					
001	AC	WRN	1	0/0/300 PC1	976		251,000,000,300		
002	AB	TKE	1	0/0/300 PC2	977		211,000,000,300		
003	AC			1000000 C1	978		1,000,000		
004	AD		1		979		1		
005	A	REV	1		980	-	980		
006	A	REV	1		981		981		
007	C	REV	1		982	-	982		
008	D	REV	1	*****	983	-	983		
009	BA	CPY		AAA*+B PC1 TO BD	984		101,000,976,992		
010	BA	ERR	MODEF-R						
011	BB	TKE	1	A/0/306 (-----XXXXXX)=A	985		211,980,000,306		
012	SHF	0		A/B/3 (-----XXX)=B	986		400,980,981,003		
013	SHF	3		A/C/3 (-----XXXYYY)=C	987		403,980,982,003		
014	INS	3		07A/1 (-----YYY)=D	988		410,983,000,000		
015	INS	3		**2/C/7 (-----XXX)=BD	989		423,983,980,001		
016	BC	WSN	1	B/1/0 1ST AUT OR IN	990		241,981,001,000		
017	BD	HLT			991		0		
018	GAD	AC/BD/1		BD+1=BD	992		190,978,992,001		
019	CME	B/D/*+3		IF B=D TO HLT	993		21,981,983,997		
020	GAD	AD/B/1		B+1=B	994		190,979,981,001		
021	TEM	0		0/BC/0 JMP TO BC	995		30,000,991,000		
022	HLT				997		0		
023	END			BA/5					

図 2.10 M-83 アセンブリリスト
M-83 assembly list.

2.3 コンパイラ言語

M-83 コンパイラ言語には、M-3,100 ACE に準拠した ACE-83 (Automatic Compiling Editor-83) がある。すなわち RPG を基調とした表形式言語プロセッサであり、次のようなことを目指し開発された。

- (1) プログラムの短期養成。
- (2) SAPP の充実化。
- (3) プログラムの省力化。
- (4) 技法の統一化。
- (5) ドキュメントの整備統一化。

ACE-83 はその性質上アセンブラほど、こまわりのきくプログラミングこそできないが、業務処理によりマッチしたプログラミング言語を求めているユーザにとっては大きな福音である。今後ユーザは、ユーティリティプログラムなど特殊なプログラム以外の一般業務プログラムは ACE-83 によるものと思われる。また、ACE-83 のプログラミングの安易性から、従来の SAPP にさほど依存することなくプログラムが用意できるので、ユーザジョブによりマッチしたオブジェクトプログラムが作れる。表 2.4 に COOL と比較した ACE-83 の特長を示す。

表 2.2 M-83 ベーシックアセンブラ命令一覧
Operation set of M-83 basic assembler

命令名		説明	オペランド	レジスタ	フラグ
1	停止	Stop	—	—	—
2	条件付きジャンプ	Jump for Equality	$A \rightarrow B, (A=B) ?$	—	—
3	条件付きジャンプ	Jump for Less Than	$A \rightarrow B, (A < B) ?$	—	—
4	条件付きジャンプ	Jump for Zero	$A \rightarrow B, (A=0) ?$	—	—
5	条件付きジャンプ	Jump for Sign	$A \rightarrow B, (A \geq 0) ?$	—	—
6	条件付きジャンプ	Jump for Carry	$A \rightarrow B, (C=1) ?$	—	—
7	条件付きジャンプ	Jump for Overflow	$A \rightarrow B, (O=1) ?$	—	—
8	条件付きジャンプ	Jump for Underflow	$A \rightarrow B, (U=1) ?$	—	—
9	条件付きジャンプ	Jump for Parity	$A \rightarrow B, (P=1) ?$	—	—
10	条件付きジャンプ	Jump for Sign	$A \rightarrow B, (A \geq 0) ?$	—	—
11	条件付きジャンプ	Jump for Carry	$A \rightarrow B, (C=1) ?$	—	—
12	条件付きジャンプ	Jump for Overflow	$A \rightarrow B, (O=1) ?$	—	—
13	条件付きジャンプ	Jump for Underflow	$A \rightarrow B, (U=1) ?$	—	—
14	条件付きジャンプ	Jump for Parity	$A \rightarrow B, (P=1) ?$	—	—
15	条件付きジャンプ	Jump for Sign	$A \rightarrow B, (A \geq 0) ?$	—	—
16	条件付きジャンプ	Jump for Carry	$A \rightarrow B, (C=1) ?$	—	—
17	条件付きジャンプ	Jump for Overflow	$A \rightarrow B, (O=1) ?$	—	—
18	条件付きジャンプ	Jump for Underflow	$A \rightarrow B, (U=1) ?$	—	—
19	条件付きジャンプ	Jump for Parity	$A \rightarrow B, (P=1) ?$	—	—
20	条件付きジャンプ	Jump for Sign	$A \rightarrow B, (A \geq 0) ?$	—	—
21	条件付きジャンプ	Jump for Carry	$A \rightarrow B, (C=1) ?$	—	—
22	条件付きジャンプ	Jump for Overflow	$A \rightarrow B, (O=1) ?$	—	—
23	条件付きジャンプ	Jump for Underflow	$A \rightarrow B, (U=1) ?$	—	—
24	条件付きジャンプ	Jump for Parity	$A \rightarrow B, (P=1) ?$	—	—
25	条件付きジャンプ	Jump for Sign	$A \rightarrow B, (A \geq 0) ?$	—	—
26	条件付きジャンプ	Jump for Carry	$A \rightarrow B, (C=1) ?$	—	—
27	条件付きジャンプ	Jump for Overflow	$A \rightarrow B, (O=1) ?$	—	—
28	条件付きジャンプ	Jump for Underflow	$A \rightarrow B, (U=1) ?$	—	—
29	条件付きジャンプ	Jump for Parity	$A \rightarrow B, (P=1) ?$	—	—
30	条件付きジャンプ	Jump for Sign	$A \rightarrow B, (A \geq 0) ?$	—	—
31	条件付きジャンプ	Jump for Carry	$A \rightarrow B, (C=1) ?$	—	—
32	条件付きジャンプ	Jump for Overflow	$A \rightarrow B, (O=1) ?$	—	—
33	条件付きジャンプ	Jump for Underflow	$A \rightarrow B, (U=1) ?$	—	—
34	条件付きジャンプ	Jump for Parity	$A \rightarrow B, (P=1) ?$	—	—
35	条件付きジャンプ	Jump for Sign	$A \rightarrow B, (A \geq 0) ?$	—	—
36	条件付きジャンプ	Jump for Carry	$A \rightarrow B, (C=1) ?$	—	—
37	条件付きジャンプ	Jump for Overflow	$A \rightarrow B, (O=1) ?$	—	—
38	条件付きジャンプ	Jump for Underflow	$A \rightarrow B, (U=1) ?$	—	—
39	条件付きジャンプ	Jump for Parity	$A \rightarrow B, (P=1) ?$	—	—
40	条件付きジャンプ	Jump for Sign	$A \rightarrow B, (A \geq 0) ?$	—	—
41	条件付きジャンプ	Jump for Carry	$A \rightarrow B, (C=1) ?$	—	—
42	条件付きジャンプ	Jump for Overflow	$A \rightarrow B, (O=1) ?$	—	—
43	条件付きジャンプ	Jump for Underflow	$A \rightarrow B, (U=1) ?$	—	—
44	条件付きジャンプ	Jump for Parity	$A \rightarrow B, (P=1) ?$	—	—
45	条件付きジャンプ	Jump for Sign	$A \rightarrow B, (A \geq 0) ?$	—	—
46	条件付きジャンプ	Jump for Carry	$A \rightarrow B, (C=1) ?$	—	—
47	条件付きジャンプ	Jump for Overflow	$A \rightarrow B, (O=1) ?$	—	—
48	条件付きジャンプ	Jump for Underflow	$A \rightarrow B, (U=1) ?$	—	—
49	条件付きジャンプ	Jump for Parity	$A \rightarrow B, (P=1) ?$	—	—
50	条件付きジャンプ	Jump for Sign	$A \rightarrow B, (A \geq 0) ?$	—	—
51	条件付きジャンプ	Jump for Carry	$A \rightarrow B, (C=1) ?$	—	—
52	条件付きジャンプ	Jump for Overflow	$A \rightarrow B, (O=1) ?$	—	—
53	条件付きジャンプ	Jump for Underflow	$A \rightarrow B, (U=1) ?$	—	—
54	条件付きジャンプ	Jump for Parity	$A \rightarrow B, (P=1) ?$	—	—
55	条件付きジャンプ	Jump for Sign	$A \rightarrow B, (A \geq 0) ?$	—	—
56	条件付きジャンプ	Jump for Carry	$A \rightarrow B, (C=1) ?$	—	—
57	条件付きジャンプ	Jump for Overflow	$A \rightarrow B, (O=1) ?$	—	—
58	条件付きジャンプ	Jump for Underflow	$A \rightarrow B, (U=1) ?$	—	—
59	条件付きジャンプ	Jump for Parity	$A \rightarrow B, (P=1) ?$	—	—
60	条件付きジャンプ	Jump for Sign	$A \rightarrow B, (A \geq 0) ?$	—	—
61	条件付きジャンプ	Jump for Carry	$A \rightarrow B, (C=1) ?$	—	—
62	条件付きジャンプ	Jump for Overflow	$A \rightarrow B, (O=1) ?$	—	—
63	条件付きジャンプ	Jump for Underflow	$A \rightarrow B, (U=1) ?$	—	—
64	条件付きジャンプ	Jump for Parity	$A \rightarrow B, (P=1) ?$	—	—
65	条件付きジャンプ	Jump for Sign	$A \rightarrow B, (A \geq 0) ?$	—	—
66	条件付きジャンプ	Jump for Carry	$A \rightarrow B, (C=1) ?$	—	—
67	条件付きジャンプ	Jump for Overflow	$A \rightarrow B, (O=1) ?$	—	—
68	条件付きジャンプ	Jump for Underflow	$A \rightarrow B, (U=1) ?$	—	—
69	条件付きジャンプ	Jump for Parity	$A \rightarrow B, (P=1) ?$	—	—
70	条件付きジャンプ	Jump for Sign	$A \rightarrow B, (A \geq 0) ?$	—	—
71	条件付きジャンプ	Jump for Carry	$A \rightarrow B, (C=1) ?$	—	—
72	条件付きジャンプ	Jump for Overflow	$A \rightarrow B, (O=1) ?$	—	—
73	条件付きジャンプ	Jump for Underflow	$A \rightarrow B, (U=1) ?$	—	—
74	条件付きジャンプ	Jump for Parity	$A \rightarrow B, (P=1) ?$	—	—
75	条件付きジャンプ	Jump for Sign	$A \rightarrow B, (A \geq 0) ?$	—	—
76	条件付きジャンプ	Jump for Carry	$A \rightarrow B, (C=1) ?$	—	—
77	条件付きジャンプ	Jump for Overflow	$A \rightarrow B, (O=1) ?$	—	—
78	条件付きジャンプ	Jump for Underflow	$A \rightarrow B, (U=1) ?$	—	—
79	条件付きジャンプ	Jump for Parity	$A \rightarrow B, (P=1) ?$	—	—
80	条件付きジャンプ	Jump for Sign	$A \rightarrow B, (A \geq 0) ?$	—	—
81	条件付きジャンプ	Jump for Carry	$A \rightarrow B, (C=1) ?$	—	—
82	条件付きジャンプ	Jump for Overflow	$A \rightarrow B, (O=1) ?$	—	—
83	条件付きジャンプ	Jump for Underflow	$A \rightarrow B, (U=1) ?$	—	—
84	条件付きジャンプ	Jump for Parity	$A \rightarrow B, (P=1) ?$	—	—
85	条件付きジャンプ	Jump for Sign	$A \rightarrow B, (A \geq 0) ?$	—	—
86	条件付きジャンプ	Jump for Carry	$A \rightarrow B, (C=1) ?$	—	—
87	条件付きジャンプ	Jump for Overflow	$A \rightarrow B, (O=1) ?$	—	—
88	条件付きジャンプ	Jump for Underflow	$A \rightarrow B, (U=1) ?$	—	—
89	条件付きジャンプ	Jump for Parity	$A \rightarrow B, (P=1) ?$	—	—
90	条件付きジャンプ	Jump for Sign	$A \rightarrow B, (A \geq 0) ?$	—	—
91	条件付きジャンプ	Jump for Carry	$A \rightarrow B, (C=1) ?$	—	—
92	条件付きジャンプ	Jump for Overflow	$A \rightarrow B, (O=1) ?$	—	—
93	条件付きジャンプ	Jump for Underflow	$A \rightarrow B, (U=1) ?$	—	—
94	条件付きジャンプ	Jump for Parity	$A \rightarrow B, (P=1) ?$	—	—
95	条件付きジャンプ	Jump for Sign	$A \rightarrow B, (A \geq 0) ?$	—	—
96	条件付きジャンプ	Jump for Carry	$A \rightarrow B, (C=1) ?$	—	—
97	条件付きジャンプ	Jump for Overflow	$A \rightarrow B, (O=1) ?$	—	—
98	条件付きジャンプ	Jump for Underflow	$A \rightarrow B, (U=1) ?$	—	—
99	条件付きジャンプ	Jump for Parity	$A \rightarrow B, (P=1) ?$	—	—
100	条件付きジャンプ	Jump for Sign	$A \rightarrow B, (A \geq 0) ?$	—	—
101	条件付きジャンプ	Jump for Carry	$A \rightarrow B, (C=1) ?$	—	—
102	条件付きジャンプ	Jump for Overflow	$A \rightarrow B, (O=1) ?$	—	—
103	条件付きジャンプ	Jump for Underflow	$A \rightarrow B, (U=1) ?$	—	—
104	条件付きジャンプ	Jump for Parity	$A \rightarrow B, (P=1) ?$	—	—
105	条件付きジャンプ	Jump for Sign	$A \rightarrow B, (A \geq 0) ?$	—	—
106	条件付きジャンプ	Jump for Carry	$A \rightarrow B, (C=1) ?$	—	—
107	条件付きジャンプ	Jump for Overflow	$A \rightarrow B, (O=1) ?$	—	—
108	条件付きジャンプ	Jump for Underflow	$A \rightarrow B, (U=1) ?$	—	—
109	条件付きジャンプ	Jump for Parity	$A \rightarrow B, (P=1) ?$	—	—
110	条件付きジャンプ	Jump for Sign	$A \rightarrow B, (A \geq 0) ?$	—	—
111	条件付きジャンプ	Jump for Carry	$A \rightarrow B, (C=1) ?$	—	—
112	条件付きジャンプ	Jump for Overflow	$A \rightarrow B, (O=1) ?$	—	—
113	条件付きジャンプ	Jump for Underflow	$A \rightarrow B, (U=1) ?$	—	—
114	条件付きジャンプ	Jump for Parity	$A \rightarrow B, (P=1) ?$	—	—
115	条件付きジャンプ	Jump for Sign	$A \rightarrow B, (A \geq 0) ?$	—	—
116	条件付きジャンプ	Jump for Carry	$A \rightarrow B, (C=1) ?$	—	—
117	条件付きジャンプ	Jump for Overflow	$A \rightarrow B, (O=1) ?$	—	—
118	条件付きジャンプ	Jump for Underflow	$A \rightarrow B, (U=1) ?$	—	—
119	条件付きジャンプ	Jump for Parity	$A \rightarrow B, (P=1) ?$	—	—
120	条件付きジャンプ	Jump for Sign	$A \rightarrow B, (A \geq 0) ?$	—	—
121	条件付きジャンプ	Jump for Carry	$A \rightarrow B, (C=1) ?$	—	—
122	条件付きジャンプ	Jump for Overflow	$A \rightarrow B, (O=1) ?$	—	—
123	条件付きジャンプ	Jump for Underflow	$A \rightarrow B, (U=1) ?$	—	—
124	条件付きジャンプ	Jump for Parity	$A \rightarrow B, (P=1) ?$	—	—
125	条件付きジャンプ	Jump for Sign	$A \rightarrow B, (A \geq 0) ?$	—	—
126	条件付きジャンプ	Jump for Carry	$A \rightarrow B, (C=1) ?$	—	—
127	条件付きジャンプ	Jump for Overflow	$A \rightarrow B, (O=1) ?$	—	—
128	条件付きジャンプ	Jump for Underflow	$A \rightarrow B, (U=1) ?$	—	—
129	条件付きジャンプ	Jump for Parity	$A \rightarrow B, (P=1) ?$	—	—
130	条件付きジャンプ	Jump for Sign	$A \rightarrow B, (A \geq 0) ?$	—	—
131	条件付きジャンプ	Jump for Carry	$A \rightarrow B, (C=1) ?$	—	—
132	条件付きジャンプ	Jump for Overflow	$A \rightarrow B, (O=1) ?$	—	—
133	条件付きジャンプ	Jump for Underflow	$A \rightarrow B, (U=1) ?$	—	—
134	条件付きジャンプ	Jump for Parity	$A \rightarrow B, (P=1) ?$	—	—
135	条件付きジャンプ	Jump for Sign	$A \rightarrow B, (A \geq 0) ?$	—	—
136	条件付きジャンプ	Jump for Carry	$A \rightarrow B, (C=1) ?$	—	—
137	条件付きジャンプ	Jump for Overflow	$A \rightarrow B, (O=1) ?$	—	—
138	条件付きジャンプ	Jump for Underflow	$A \rightarrow B, (U=1) ?$	—	—
139	条件付きジャンプ	Jump for Parity	$A \rightarrow B, (P=1) ?$	—	—
140	条件付きジャンプ	Jump for Sign	$A \rightarrow B, (A \geq 0) ?$	—	—
141	条件付きジャンプ	Jump for Carry	$A \rightarrow B, (C=1) ?$	—	—
142	条件付きジャンプ	Jump for Overflow	$A \rightarrow B, (O=1) ?$	—	—
143	条件付きジャンプ	Jump for Underflow	$A \rightarrow B, (U=1) ?$	—	—
144	条件付きジャンプ	Jump for Parity	$A \rightarrow B, (P=1) ?$	—	—
145	条件付きジャンプ	Jump for Sign	$A \rightarrow B, (A \geq 0) ?$	—	—
146	条件付きジャンプ	Jump for Carry	$A \rightarrow B, (C=1) ?$	—	—
147	条件付きジャンプ	Jump for Overflow	$A \rightarrow B, (O=1) ?$	—	—
148	条件付きジャンプ	Jump for Underflow	$A \rightarrow B, (U=1) ?$	—	—
149	条件付きジャンプ	Jump for Parity	$A \rightarrow B, (P=1) ?$	—	—
150	条件付きジャンプ	Jump for Sign	$A \rightarrow B, (A \geq 0) ?$	—	—
151	条件付きジャンプ	Jump for Carry	$A \rightarrow B, (C=1) ?$	—	—
152	条件付きジャンプ	Jump for Overflow	$A \rightarrow B, (O=1) ?$	—	—
153	条件付きジャンプ	Jump for Underflow	$A \rightarrow B, (U=1) ?$	—	—
154	条件付きジャンプ	Jump for Parity	$A \rightarrow B, (P=1) ?$	—	—
155	条件付きジャンプ	Jump for Sign	$A \rightarrow B, (A \geq 0) ?$	—	—
156	条件付きジャンプ	Jump for Carry	$A \rightarrow B, (C=1) ?$	—	—
157	条件付きジャンプ	Jump for Overflow	$A \rightarrow B, (O=1) ?$	—	—
158	条件付きジャンプ	Jump for Underflow	$A \rightarrow B, (U=1) ?$	—	—
159	条件付きジャンプ	Jump for Parity	$A \rightarrow B, (P=1) ?$	—	—
160	条件付きジャンプ	Jump for Sign	$A \rightarrow B, (A \geq 0) ?$	—	—
161	条件付きジャンプ	Jump for Carry	$A \rightarrow B, (C=1) ?$	—	—
162	条件付きジャンプ	Jump for Overflow	$A \rightarrow B, (O=1) ?$	—	—
163	条件付きジャンプ	Jump for Underflow	$A \rightarrow B, (U=1) ?$	—	—
164	条件付きジャンプ	Jump for Parity	$A \rightarrow B, (P=1) ?$	—	—
165	条件付きジャンプ	Jump for Sign	$A \rightarrow B, (A \geq 0) ?$	—	—
166	条件付きジャンプ	Jump for Carry	$A \rightarrow B, (C=1) ?$	—	—
167	条件付きジャンプ	Jump for Overflow	$A \rightarrow B, (O=1) ?$	—	—
168	条件付きジャンプ	Jump for Underflow	$A \rightarrow B, (U=1) ?$	—	—
169	条件付きジャンプ	Jump for Parity	$A \rightarrow B, (P=1) ?$	—	—
170	条件付きジャンプ	Jump for Sign	$A \rightarrow B, (A \geq 0) ?$	—	—
171	条件付きジャンプ	Jump for Carry	$A \rightarrow B, (C=1) ?$	—	—
172	条件付きジャンプ	Jump for Overflow	$A \rightarrow B, (O=1) ?$	—	—
173	条件付きジャンプ	Jump for Underflow	$A \rightarrow B, (U=1) ?$	—	—
174	条件付きジャンプ	Jump for Parity	$A \rightarrow B, (P=1) ?$	—	—
175	条件付きジャンプ	Jump for Sign	$A \rightarrow B, (A \geq 0) ?$	—	—
176	条件付きジャンプ	Jump for Carry	$A \rightarrow B, (C=1) ?$	—	—
177	条件付きジャンプ	Jump for Overflow	$A \rightarrow B, (O=1) ?$	—	—
178	条件付きジャンプ	Jump for Underflow	$A \rightarrow B, (U=1) ?$	—	—
179	条件付きジャンプ	Jump for Parity	$A \rightarrow B, (P=1) ?$	—	—
180	条件付きジャンプ	Jump for Sign	$A \rightarrow B, (A \geq 0) ?$	—	—
181	条件付きジャンプ	Jump for Carry	$A \rightarrow B, (C=1) ?$	—	—
182	条件付きジャンプ	Jump for Overflow	$A \rightarrow B, (O=1) ?$	—	—
183	条件付きジャンプ	Jump for Underflow	$A \rightarrow B, (U=1) ?$	—	—
184	条件付きジャンプ	Jump for Parity	$A \rightarrow B, (P=1) ?$	—	—
185	条件付きジャンプ	Jump for Sign	$A \rightarrow B, (A \geq 0) ?$	—	—
186	条件付きジャンプ	Jump for Carry	$A \rightarrow B, (C=1) ?$	—	—
187	条件付きジャンプ	Jump for Overflow	$A \rightarrow B, (O=1) ?$	—	—
188	条件付きジャンプ	Jump for Underflow	$A \rightarrow B, (U=1) ?$	—	—
189	条件付きジャンプ	Jump for Parity	$A \rightarrow B, (P=1) ?$	—	—
190	条件付きジャンプ	Jump for Sign	$A \rightarrow B, (A \geq 0) ?$	—	—
191	条件付きジャンプ	Jump for Carry	$A \rightarrow B, (C=1) ?$	—	—
192	条件付きジャンプ	Jump for Overflow	$A \rightarrow B, (O=1) ?$	—	—
193	条件付きジャンプ	Jump for Underflow	$A \rightarrow B, (U=1) ?$	—	—
194	条件付きジャンプ	Jump for Parity	$A \rightarrow B, (P=1) ?$	—	—
195	条件付きジャンプ	Jump for Sign	$A \rightarrow B, (A \geq 0) ?$	—	—
196	条件付きジャンプ	Jump for Carry	$A \rightarrow B, (C=1) ?$	—	—
197	条件付きジャンプ	Jump for Overflow	$A \rightarrow B, (O=1) ?$	—	—
198	条件付きジャンプ	Jump for Underflow	$A \rightarrow B, (U=1) ?$	—	—
199	条件付きジャンプ	Jump for Parity	$A \rightarrow B, (P=1) ?$	—	—
200	条件付きジャンプ	Jump for Sign	$A \rightarrow B, (A \geq 0) ?$	—	—
201	条件付きジャンプ	Jump for Carry	$A \rightarrow B, (C=1) ?$	—	—
202	条件付きジャンプ	Jump for Overflow	$A \rightarrow B, (O=1) ?$	—	—
203	条件付きジャンプ	Jump for Underflow	$A \rightarrow B, (U=1) ?$	—	—
204	条件付きジャンプ	Jump for Parity	$A \rightarrow B, (P=1) ?$	—	—
205	条件付きジャンプ	Jump for Sign</			

表 2.4 ACE-83 の効果
Merit of ACE-83.

	項 目	効 果
教 育	1. 講習時間	80
プログラミング	1. フローチャート ステップ	60
	2. コンパイル タイム	20分/100文 45秒/文
	3. ソース作成	(COOL 5秒/文)
プログラム効率	1. オブジェクトの冗長性	110
	2. はん用性	500
	3. メンテナンス難易度	30
営 業 効 果	1. アピール度	300

注) COOL を 100 とする

2.3.1 ACE-83 の特長

ACE-83 は、所定のコーディングフォーム上にパラメータを置いてゆく表形式言語の特長の他に次の長所を持っている。

(1) コンパイルタイム が早い

ACE-83 でセットするパラメータの大半はバリューで指定している。テーブルサーチは、セミダイレクトアクセス方式である。

(2) ユーザ オリエンテッド

ACE-83 の言語仕様の決定にあたっては、SAPP の分析から始まり、各サイドのプログラミング状況の調査を行なった。その結果そのフローには著しいパターンが認められた。

(3) 実行効率が低い

ACE-83 のオブジェクトプログラム実行効率は、直接 COOL で組んだプログラムと比較して、約5~10%程度の低下で済む。

(4) 独自の作業指示書

普通、表形式言語ではファイル、入力レコード、処理、出力レコードの4種類の仕様書からなるが、ACE-83 では、この他に分類集計、ビリングの独自の仕様書があり効率の高いオブジェクトを作り出している。

2.3.2 作業指示書

前述のように ACE-83 には6種類の作業指示書がある。その内ファイル、入力、処理、出力の各仕様書は、一般のものと本質的に差異はない。図2.11~2.16に ACE-83 の仕様書を示す。ACE-83 独自の仕様書について説明する。

(1) ビリング仕様書

M-83の業務プロを調べると、豊富なメモリを持っているにもかかわらずビリングマシン（請求書発行機）として使われることも少なくない。ACE-83 ではこのための専用仕様書を設けた。この仕様書は、入力仕様書と出力仕様書を包含するとともに処理仕様書とのリンクが自由に指定できる。作成する伝票は1品1葉伝票、多品1葉伝票いずれも取り扱い、同時にディスクファイル仕様書、分類集計仕様書を併用すれば、マスタファイルの検索および処理結果の分類集計までできる。

(2) 分類集計仕様書

M-83の処理はその計算機の性質上、リアルタイム的な要素がある。すなわち、ランダムな原始データを直接テンキー入力し即時に分類集計する。ACE-83 では2次元までのテーブルヘデータを分類集計することができる。

2.3.3 命令群

ACE-83 の処理仕様書に記述するもので表2.5に示す。

2.3.4 コンパイルシステム

ACE-83 コンパイラのシステムフローチャートを図2.17に示す。入出力

図 2.11 ACE-83 仕様書
Coding forms of ACE-83.

図 2.12 ACE-83 仕様書
Coding forms of ACE-83.

図 2.13 ACE-83 仕様書
Coding forms of ACE-83.

図 2.14 ACE-83 仕様書
Coding forms of ACE-83.

図 2.15 ACE-83 仕様書
Coding forms of ACE-83.

図 2.16 ACE-83 仕様書
Coding forms of ACE-83.

表 2.5 ACE-83 命令一覧
Operation set of ACE-83.

命令	記号	項目名1	項目名2	宛先名	データ型	入出力	実行時間	メモリー	リソース
ADD	加算								
COPY	転送								
SUB	減算								
MPLY	乗算								
DIST	除算								
CEM	比較 (>)								
CEM	比較 (=)								
CEM	比較 (<)								
JMP	飛越								
CLR	クリア								
SHF	解読動								
INS	挿入								
ACT	1項目入力								
ESP	ディスプレイ								
NAP	逆動作								
EXT	転入								
INT	転出								
DMP	ダウンロード								
STC	勾配集計								
SNR	ソート								
CAL	呼出								
RET	復帰								
MAR	変数1								
MAR	変数2								
BN	スイッチBN								
BFF	スイッチBFF								

(*) 演算, 変数命令で項目名2に「=====」と記入したときはリテラル値に数値を記入

(x) 項目名1, 2, 宛先名は6文字以内の英数字を記入。[] 部分には斜めの数字

(y) シフト桁～以降の項目名は指定されたコード(数字)を記入

媒体はアセンブラと同様紙テープである。

(1) ソーステープ作成

ソースプログラムの正当性のチェックをしつつ作成する。作成中チェックにかかれば再入力モードになる。論理ミスについては、作成中にもしくはテープの作成完了後に訂正することができる。

(2) PHASE 1

ソーステープを読み、項目名の未定義・重定義チェックをし、SYMBOL TABLEを作成する。同時に処理仕様書でのプロセデュア名、宛先名についても同チェックをしPROCEDURE TABLEを作成する。また定数のためのCONSTANT TABLEが作られる。一方、各PHASE共用の情報はCOMMON TABLEにセットされる。

(3) PHASE 2

SOURCE TABLEから1ステートメントずつ引き出し、COMMON TABLE, CONSTANT TABLEを参照し、 n 個のCOOL命令をSEQUENCE TABLEに作る。もちろんRPG特有の処理フローにしたがい、各機能ブロックに関係するソースステートメントをピックアップし、その機能ブロック単位にオブジェクト化する。ACE-83では、オブジェクトの実行効率の低下を極力防止するための最適化がなされている。この段階では飛先アドレスを除くCOOL命令が完成する。

(4) PHASE 3

SEQUENCE TABLEとPROCEDURE TABLEをアクセスして完成したオブジェクトプログラムをOBJECT FIELDへ送出する。すなわち、PHASE 2ですべてのCOOLがセットされるので命令アドレスが決定し、PROCEDURE TABLEにアブソリュートアドレスをセットすることができる。したがって、未完成であった飛先アドレスが決定される。

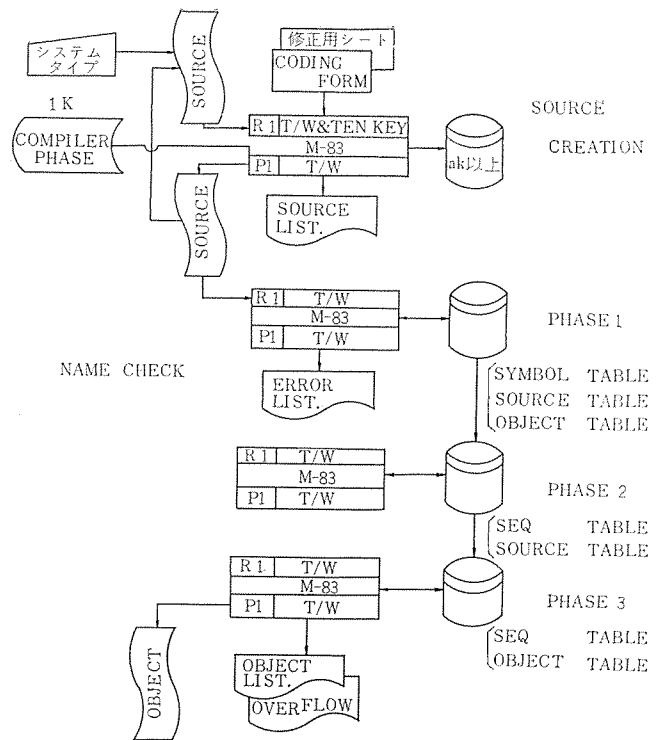


図 2.17 ACE-83 コンパイラシステム
System chart of ACE-83 compiler.

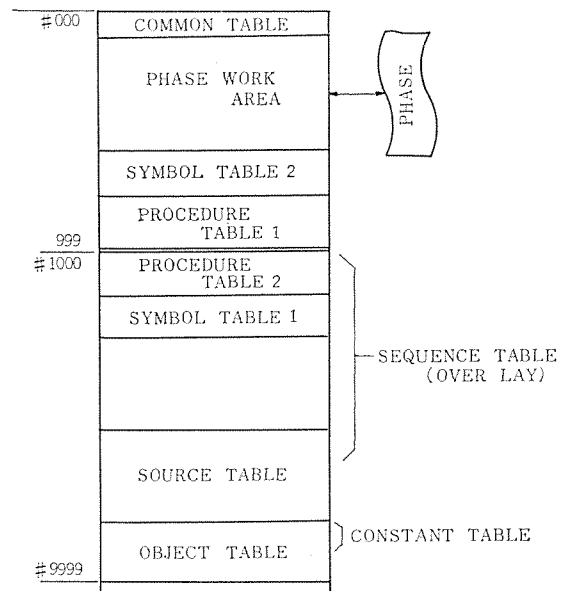


図 2.18 コンパイルマップ
Compile map.

完成したオブジェクトプログラムは、最後に自動的に紙テープに出力される。このときオブジェクトリストの出力をも指定することもできる。

以上の各PHASEで使用するファイル状況を図2.18に示す。

2.3.5 オブジェクトのロードと実行

ACE-83のオブジェクトプログラムはアブソリュートなもので出力される。ロードに際してはCOOLオブジェクトと同じくロード命令をマニュアルセットして実行させれば良い。ACE-83のオブジェクト実行にあたっては、1コンパイル単位のオブジェクトがロードされるので、プログラムスイッチは1番のみに限定している。一方サブルーチンに関しては、アブソリュートアドレスで特定のアドレス(サブルーチン専用領域)に組まれているものに対してリンクできる。(RET & CAL命令による。)図2.19にその様子を示す。

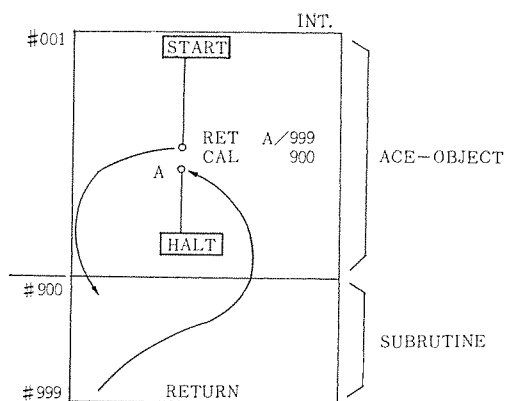


図 2.19 オブジェクトプログラムの実行 (ACE-83)
Accessing chart of ACE-83

3. む す び

以上の説明でもわかるように M-83 の COOL には数々の特長があり、ユニークな言語として好評を博してきたが、使いやすさのあまり他のランゲージプロセッサの必要性を感じさせなかった嫌いがある。しかし、市場とそれを取り巻く環境は年々変化し、ランゲージプロセッサの必要性は高まりつつある。たとえば、人件費一つとってみてもわかるとおり、17% という激しい賃金上昇率に対し電算機は年平均 10% の性能/価格が上昇している昨今である。このような状況下では、コンパイラアセンブラの持つ省力化効果は非常に大なるものが予想できる。プログラマが不足しているソフトウェア業界の昨今、M-83 アセンブラ、ACE-83 に寄せる期待には大きなものがある。

今後 M-80 のユーザはプログラムの性質を考慮し、COOL、アセンブラ、コンパイラを自由に選択できるので、効率の良いプログラムが期待できる。

硬化エポキシ樹脂中の硬化剤の同定

狩野 勇*・井上 五郎*・小林 千枝*・今村 孝*

Identification of Curing Agent in Cured Epoxy Resins

Central Research Laboratory Isamu KARINO・Goro INOUE・Chie KOBAYASHI・Takashi IMAMURA

This paper describes investigation made into the identification of cured epoxy resins based on the diglycidyl ether of bisphenol A hardened with fourteen kinds of amine and eight kinds of anhydride. The identification of the curing agents may not be accomplished with satisfaction through one method only. For this reason, various methods are studied; such as, infrared analysis, pyrolysis gas chromatography, gas detection and thermogravimetric analysis. As a result, the curing agents can be almost identified by the combined method of infrared analysis and pyrolysis gas chromatography. In the gas detector method, it is found that the amine type can be distinguished from anhydride type. This method not resorting to very costly apparatus is so handy as to permit application in the field.

1. ま え が き

一般に硬化エポキシ樹脂は、樹脂ベース、硬化剤、充てん(填)剤などより構成されている。硬化エポキシ樹脂において、最も分析が困難なものは硬化剤である。これは、硬化剤がエポキシ樹脂と反応した後は、各種有機溶媒に不溶なことはもちろん、樹脂と硬化剤の分離はほとんど不可能なことである。したがって、硬化した樹脂の硬化剤を推定する場合、赤外吸収スペクトル法⁽¹⁾⁽²⁾を用いるか、熱分解ガスクロマトグラフィ⁽³⁾⁽⁴⁾によって、パターン⁽⁵⁾の相違から硬化剤を推定しようとする方法が一般的であるがいずれにしても、一つの方法で硬化剤を完全に同定することは困難である。

本報告は、硬化エポキシ樹脂中の硬化剤を同定するため、種々の方法について検討したものである。すなわち、アミン硬化樹脂14種類、酸無水物硬化樹脂8種類、その他の硬化樹脂4種類を用いて

- 1) 赤外吸収スペクトル法 (IR 法)
- 2) 熱分解ガスクロマトグラフ法 (PGC 法)
- 3) 検知管を利用する方法
- 4) 熱重量分析法

などの方法について検討した。この結果、簡易同定法としては、熱分解ガスを検知管で検知することによって、脂肪族アミン系・芳香族アミン系・酸無水物系などに分類することができ、また赤外法、PGC法を組み合わせることにより、ほとんどの硬化剤を同定することが可能であった。

2. 標準試料

電機絶縁材料として使用されるエポキシ樹脂は、1) ビスフェノール A 形エポキシ、2) 環状脂肪族形エポキシ、3) ノボラック形エポキシ、4) クレブール形エポキシ、5) ポリオレフィン形エポキシなどがあるが、一般にもっとも広く使用されているのは、ビスフェノール A 形エポキシである。したがって、本実験においても、一般に使用されるビスフェノール A 形エポキシである Epicote 828 (Shell Chem. Corp. 製、エポキシ当量 175~210) を用いた。硬化剤は表 2. 1、2. 2 に示すとおりである。硬化剤の添加量および硬化温度、硬化時間は文献値⁽⁶⁾を用いた。

表 2. 1 アミン系硬化剤
Amine curing agents.

	化 学 名	化 学 構 造 式	添加量 (phr)
芳香族	MPDA (metaphenylene diamine)		15
	DDM (pp'-diamino diphenyl methane)		28
	DDS (pp'-diamino diphenyl sulfone)		30
脂肪族	EDA (ethylene diamine)	$\text{H}_2\text{N}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{NH}_2$	8
	DTA (diethylene triamine)	$\text{H}_2\text{N}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{N}(\text{H})-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{NH}_2$	10
	TTA (triethylene tetramine)	$\text{H}_2\text{N}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{N}(\text{H})-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{N}(\text{H})-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{NH}_2$	12
	DEPA (diethylamino propylamine)	$\text{C}_2\text{H}_5-\text{N}(\text{C}_2\text{H}_5)-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{NH}_2$	20
三級	TEA (triethyl amine)	$\text{C}_2\text{H}_5-\text{N}(\text{C}_2\text{H}_5)_2$	10
	BDMA (benzyl dimethyl amine)		10
	α-MBDA (α-methylbenzyl dimethyl amine)		15
	DMP-30 (tris dimethyl amino methyl phenol)		10
環状脂肪族	PD (piperidine)		5
	MD (menthane diamine)		22
その他	BF ₃ -MEA (boron trifluoride mono ethyl amine)	$\text{BF}_3 \cdot \text{NH}_2\text{C}_2\text{H}_5$	3
	Epomate B-002		30

表 2.2 酸無水物系硬化剤
Anhydride curing agents.

	化 学 名	化学構造式	添加量 (phr)
芳香族	PA (phthalic anhydride)		45
脂肪族	MA (maleic anhydride)		30
	DDSA (dodecynyl succinic anhydride)		130
環状脂肪族	THPA (tetrahydrophthalic anhydride)		80
	HHPA (hexahydrophthalic anhydride)		80
	NA (nadic anhydride)		80
	MNA (methyl nadic anhydride)		80
その他	HET (chlorendic anhydride)		110

3. 実験と結果

3.1 赤外吸収スペクトル法

3.1.1 装置と測定法

装置は IR-27 A 型(島津製作所製)を使用し, KBr 錠剤法および乾留法により測定した。

(1) KBr 錠剤法

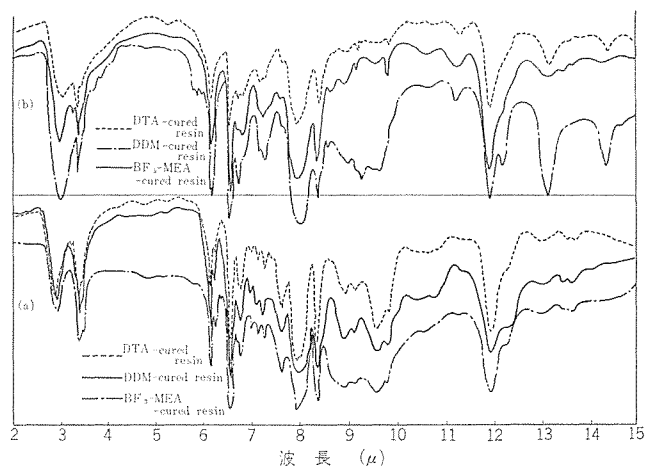
硬化樹脂を粉砕した後 200 メッシュのふるいにかけて, ふるわれた微粉を試料とした。粉砕した試料約 1.5~2.0 mg に臭化カリウム (KBr) を約 450 mg 加え, 錠剤成型器によってペレットを作製する。

(2) 乾留法

粉砕した試料約 0.5~1.0 g を窒素ふんい気中の試験管内に入れ, 乾留液について赤外吸収スペクトルを測定する。すなわち, 試験管にはガラス管付きコルクせんをした後, 熱分解炉中で 550~600°C の温度で熱分解させ, 試験管内に留出した乾留液を食塩板を用いて Sandwich 法で測定する。

3.1.2 アミン硬化樹脂

アミン硬化樹脂中の硬化剤の同定は, 赤外吸収スペクトル法によって行なわれている報告もあるが⁽¹⁾⁽²⁾, 通常は非常に困難である。硬化剤が特殊な元素および官能基を持つか, まは樹脂と反応して新しく特殊な官能基ができるようなもの, たとえば DDS, Dicy などは比較的容易に同定が可能である。図 3.1 (a) から明らかなようにアミン系硬化剤の系統間の差, たとえば芳香族系アミンと脂肪族系アミンの区別は, 赤外吸収スペクトルにおける 1,600 cm⁻¹ と 1,500 cm⁻¹ の吸収強度比から可能であるが, 脂肪族系アミンの EDA, DTA, TTA の判別は困難である。乾留物のスペクトルもほぼ同じような結果を与えるのみである(図 3.1 (b) 参照)。したがって赤外吸収スペクトル法単独で, 同定が可能なアミン系硬化剤は DDS, DDM, Dicy などである。



(a) KBr 錠剤法 (b) 乾留法
図 3.1 アミン硬化エポキシ樹脂の赤外吸収スペクトル
Infrared spectra of amine cured epoxy resins

3.1.3 酸無水物硬化樹脂

酸無水物系硬化剤は, 樹脂に対しての標準添加量がアミン系硬化剤に比べてかなり多く使用する必要がある。すなわち, Epicote 828 に対して少ないものでも 30 部(MA), 多いものでは 130 部(DDSA) くらいである。したがってこれら硬化樹脂は, 酸無水物の種類によってかなり特長な赤外吸収スペクトルが得られ, 硬化剤の同定が可能となる。酸無水物硬化樹脂を乾留することによって, 留出液中には樹脂に混ざって酸無水物が得られ, 硬化剤の添加量が多いことからかなり強い酸無水物の赤外吸収スペクトルが得られる。

図 3.2 に芳香族系として PA, 脂肪族系として DDSA, 環状脂肪族系として HHPA, その他として分子中に塩素を含んだ HET, 以上 4 種の赤外吸収スペクトルを掲げた。おのおのの硬化樹脂について説明すれば次のようである。

(1) PA 硬化樹脂

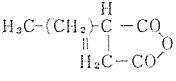
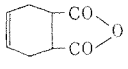
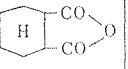
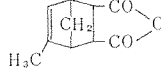
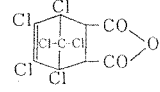
1,745 cm⁻¹ に Epicote 828 および PA 単独には存在しない吸収が現われる。この吸収は酸無水物硬化樹脂には必ず現われるもので, 樹脂のエポキシ基と酸無水物の反応によりエステル基が生成されたことによる吸収である(νC=O エステル)。

特性吸収として 1,280 cm⁻¹ (νC=O エステル), 1,065 cm⁻¹, 742 cm⁻¹, 710 cm⁻¹ (δC-H ベンゼン環面外変角) の四つである。乾留物においても PA の特性吸収帯が顕著に現われている。すなわち, 1,845 cm⁻¹, 1,763 cm⁻¹ は酸無水(νC=O), 1,020 cm⁻¹ はベンゼン環の面外変角振動(δC-H), 900 cm⁻¹ は酸無水の環による振動(νC-O), 712 cm⁻¹ はベンゼン環のオルジ置換(δC-II)である。これらの吸収からして PA の同定が可能となる。

(2) DDSA 硬化樹脂

KBr 錠剤法で測定したスペクトルからは, DDSA の特性吸収帯らしきピークはほとんどない。強いてあげれば 2,940 cm⁻¹ の長鎖メチレンによる C-H の伸縮伸動の強度が比較的大きいこと, および脂肪族エステル特有の吸収が 1,180~1,150 cm⁻¹ に現われていることである。一方乾留物のスペクトルでは, DDSA のいくつかの特性吸収帯が現われている。すなわち, 2,940 cm⁻¹, 1,460 cm⁻¹ (δCH₂, CH₃) の吸収強度がかなり大きいことと, 1,060 cm⁻¹, 915 cm⁻¹ に吸収が現われていることである。これらの吸収は使用した DDSA の吸収とまったく同じである。

表 3.1 酸無水物硬化エポキシ樹脂の赤外特性吸収
Characteristic infrared bands of the anhydride cured epoxy resins.

硬化 試料 樹脂 形態	PA	DDSA	MA	THPA	HHPA	NA	MNA	HET
								
KBr 錠剤	1,280 cm ⁻¹ 1,065 cm ⁻¹ 742 cm ⁻¹ 710 cm ⁻¹	2,900 cm ⁻¹ ¹⁾ 1,250 cm ⁻¹ 1,120 cm ⁻¹	1,635 cm ⁻¹ 1,250 cm ⁻¹ 1,180 cm ⁻¹	なし	なし	なし	なし	1,600 cm ⁻¹ ¹⁾ 1,120 cm ⁻¹ 1,070 cm ⁻¹ 890 cm ⁻¹
熱分解 生成物	1,020 cm ⁻¹ 900 cm ⁻¹ 712 cm ⁻¹ ¹⁾	2,900 cm ⁻¹ 1,465 cm ⁻¹ 1,380 cm ⁻¹ 1,070 cm ⁻¹ 915 cm ⁻¹	1,635 cm ⁻¹ ¹⁾ 910 cm ⁻¹ 870 cm ⁻¹	1,090 cm ⁻¹ 995 cm ⁻¹ 965 cm ⁻¹ 930 cm ⁻¹	1,320 cm ⁻¹ 1,110 cm ⁻¹ 1,030 cm ⁻¹ 975 cm ⁻¹ 905 cm ⁻¹	1,090 cm ⁻¹ ¹⁾ 1,055 cm ⁻¹ 950 cm ⁻¹ 912 cm ⁻¹ 735 cm ⁻¹	1,090 cm ⁻¹ ¹⁾ 1,055 cm ⁻¹ 945 cm ⁻¹ 910 cm ⁻¹	1,070 cm ⁻¹ 945 cm ⁻¹ 820 cm ⁻¹ 693 cm ⁻¹
備考	1) 712 cm ⁻¹ が特長的	1) 1,600 cm ⁻¹ 1,520 cm ⁻¹ の吸収強 度比大 2) 波形を考慮	1) 1,635 cm ⁻¹ に注目	熱分解生成物の IRにより確実 に同定可能	熱分解生成物の IRにより確実 に同定可能	1) NAとMNAの判別はかなり困難、ただ しNAの735 cm ⁻¹ の吸収が比較的鮮明		1) 1,500 cm ⁻¹ との 吸光度比が大。(樹 脂だけの場合より も)

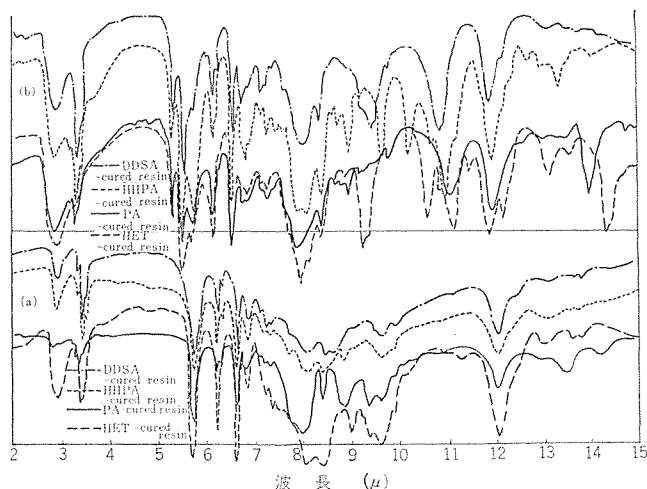


図 3.2 酸無水物硬化エポキシ樹脂の赤外吸収スペクトル
Infrared spectra of anhydride cured epoxy resins.

(3) HHPA 硬化樹脂

硬化樹脂をそのまま KBr 錠剤法で測定したスペクトルには、特性吸収帯はほとんどない。しかしながら、硬化樹脂の乾留物のスペクトルでは樹脂以外の吸収が認められる。1,110 cm⁻¹, 1,030 cm⁻¹, 970 cm⁻¹, 900 cm⁻¹ などの吸収である。もちろん、酸無水物による吸収が 1,840 cm⁻¹, 1,780 cm⁻¹ に現われている。したがって、HHPA 硬化樹脂においては乾留法を用いれば比較的容易に同定ができる。

(4) HET 硬化樹脂

HET は分子中に六つの塩素を有しているので、他の硬化剤とは区別しやすい。硬化樹脂を KBr 錠剤法で測定したスペクトルからでも同定できる。スペクトルにおいて 1,120 cm⁻¹, 1,070 cm⁻¹, 890 cm⁻¹ に C-Cl 結合の吸収がある。しかしながら、これは既知のスペクトルと詳細に照合しなければ困難であるが、乾留法を用いれば簡単に同定できる。乾留物のスペクトルには、HET の 4 本の特性吸収帯がはっきり現われている。すなわち 1,070 cm⁻¹, 945 cm⁻¹, 693 cm⁻¹ などであり、これらの吸収は C-Cl 結合にもとづくものである。

以上酸無水物の系統間における代表的な硬化剤で硬化した樹脂に

ついで同定法を述べたが、他の硬化剤についての特性吸収帯は表 3.1 に示す。なお表 3.1 より次のことがいえる。

- (a) PA, DDSA, MA, HET は KBr 錠剤法だけで同定が可能。
- (b) THPA, HHPA は KBr 錠剤法では同定できないが、乾留法を用いれば簡単に同定が可能。
- (c) NA, MNA は KBr 錠剤法ではもちろんのこと、乾留法を用いても同定が非常にむずかしい。しかし、既知スペクトルと照合し詳細に検討すれば同定が可能である。

3.2 熱分解ガスクロマトグラフ法 (PGC 法)

前節に述べたごとく酸無水物硬化樹脂は、赤外吸収スペクトル法 (KBr 錠剤法と乾留法の併用) を用いればほとんどの硬化剤は同定が可能であった。しかしながらアミン系硬化樹脂では特殊なもの、たとえば添加量の多いもの、あるいは分子中に特殊な元素、官能基を有しているものを除いては、赤外吸収スペクトル法による同定がほとんど困難であることが判明したが、PGC 法を用いればかなりのアミン系硬化樹脂が同定できる。

熱分解生成物のガスクロマトグラフのパターンから、物質を同定することを一般には Fingerprint Pyrogram と呼ばれている。本報告でもこの手法を用い、パイログラムにおける個々のピークの同定は行なわなかった。

3.2.1 装置と熱分解およびガスクロ条件

(a) 装置

Gas Chromatograph	GC-1A (Shimadzu)
Pyrolyzer	PYR-1A (Shimadzu)

(b) 熱分解条件

pyrolysis temp	700°C
atmosphere	He 40 ml/min
decomp time	2 min

(c) ガスクロ条件

column	Polyethylene Glycol 6000 (2.25 m)
carrier gas	He 40 ml/min
bridge curr	160 mA
column temp	120°C

3.2.2 アミン硬化樹脂

図 3.3 に Epicote 828 および芳香族アミンとして DDM, 脂肪族第一級アミンとして DTA, 第三級アミンとして α -MBDA のそれぞれのパイログラムを示す。この図より明らかなように、個々の硬化剤におけるパイログラムは少しずつ異なっている。たとえば DDM と DTA の区別を R_t (保持時間: mm で示す) で示すと、次のようになる。すなわち、DDM の特長は 40~60 mm にピークがなく、また、DTA においては 70 mm のピークが非常に大きいことが特長である。図 3.4 におのおの使用された硬化剤のパイログラムについてまとめたものを示す。

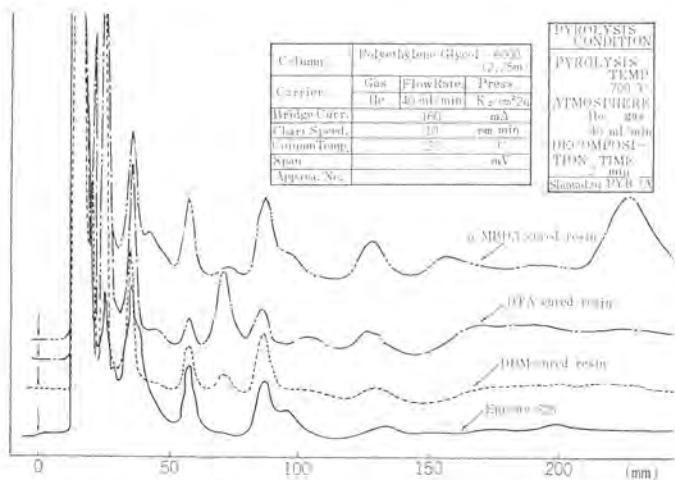


図 3.3 アミン硬化エポキシ樹脂の熱分解ガスのガスクロマトグラム
Gas chromatograph of amine cured epoxy resins.

3.2.3 酸無水物硬化樹脂

図 3.5 に Epicote 828 と代表的な酸無水物で硬化した樹脂のパイログラムを示す。芳香族系として PA, 脂肪族系として DDSA, 環状脂肪族系として HHPA, 塩素を含んだものとして HET などである。おのおのの硬化樹脂のパイログラムと Epicote 828 との間には少しずつ相違が見られ、これらの相違から硬化剤個々の同定ができる。酸無水物硬化樹脂のパイログラムをまとめたものを図 3.6 に示す。この図において R_t 47 mm, R_t 70 mm, R_t 100 mm, はそれぞれベンゼン、トルエン、水である。これらはすべてのパイログラムに共通して現われるピークである。

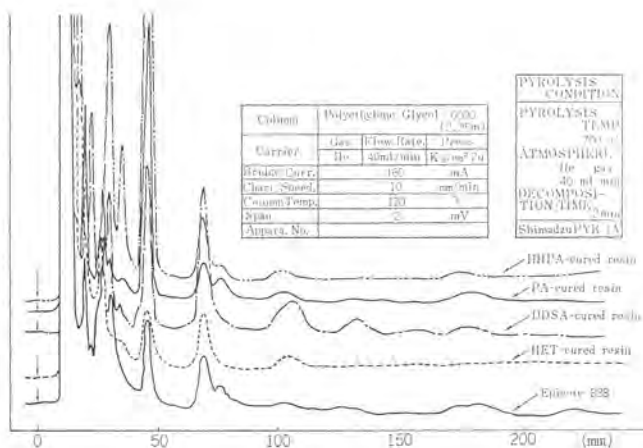


図 3.5 酸無水物硬化エポキシ樹脂のパイログラム
Pyrogram of anhydride cured epoxy resins.

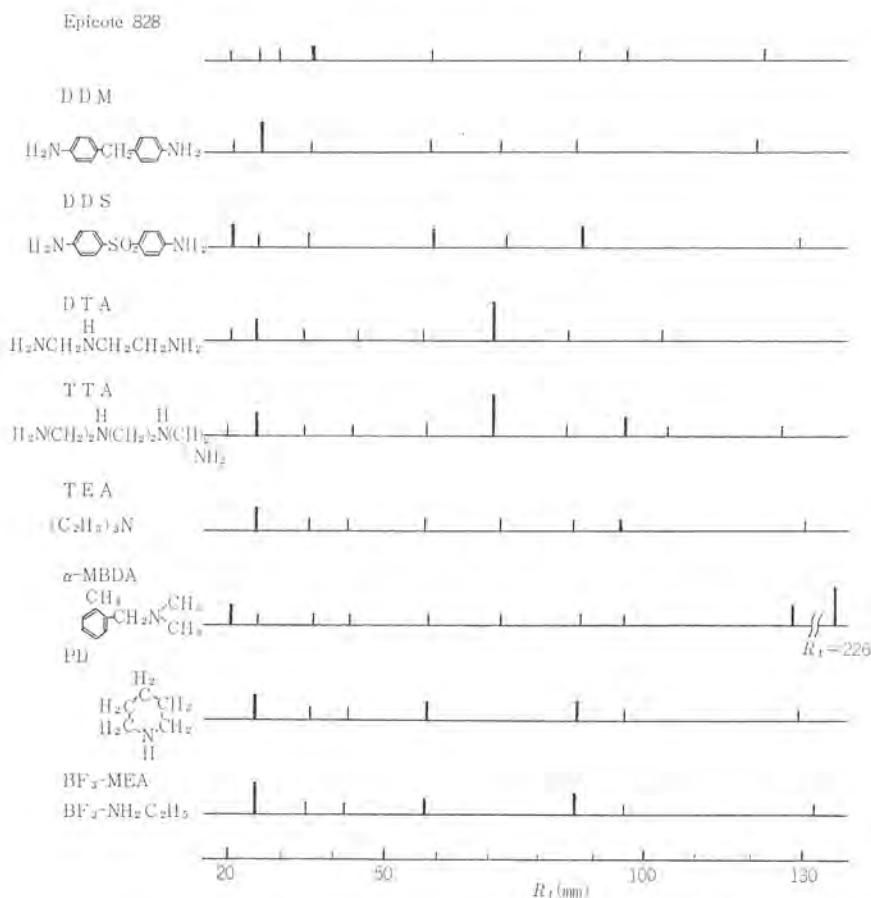


図 3.4 アミン硬化エポキシ樹脂のパイログラム
Pyrogram of amine cured epoxy resins.

系統間の区別		特性ピーク
芳香族	95mmにピークなし	20mm < 25mm 25mm > 35mm (DDSAと違)
		20mm > 25mm 25mm < 35mm (DDMと通)
脂肪族	70mmのピークが非常に大	45mmにピークなし
		95mmにピークあり
第三級	特になし	20mmにピークなし、ただし70mmにピークあり。(PD, HET, MEAとは区別可能)
		226mmに大きなピークあり (128mmも顕著)
その他	20mm, 70mmにピークなし	両者は判別困難 *ESによりBの有無を調べれば同定可能。

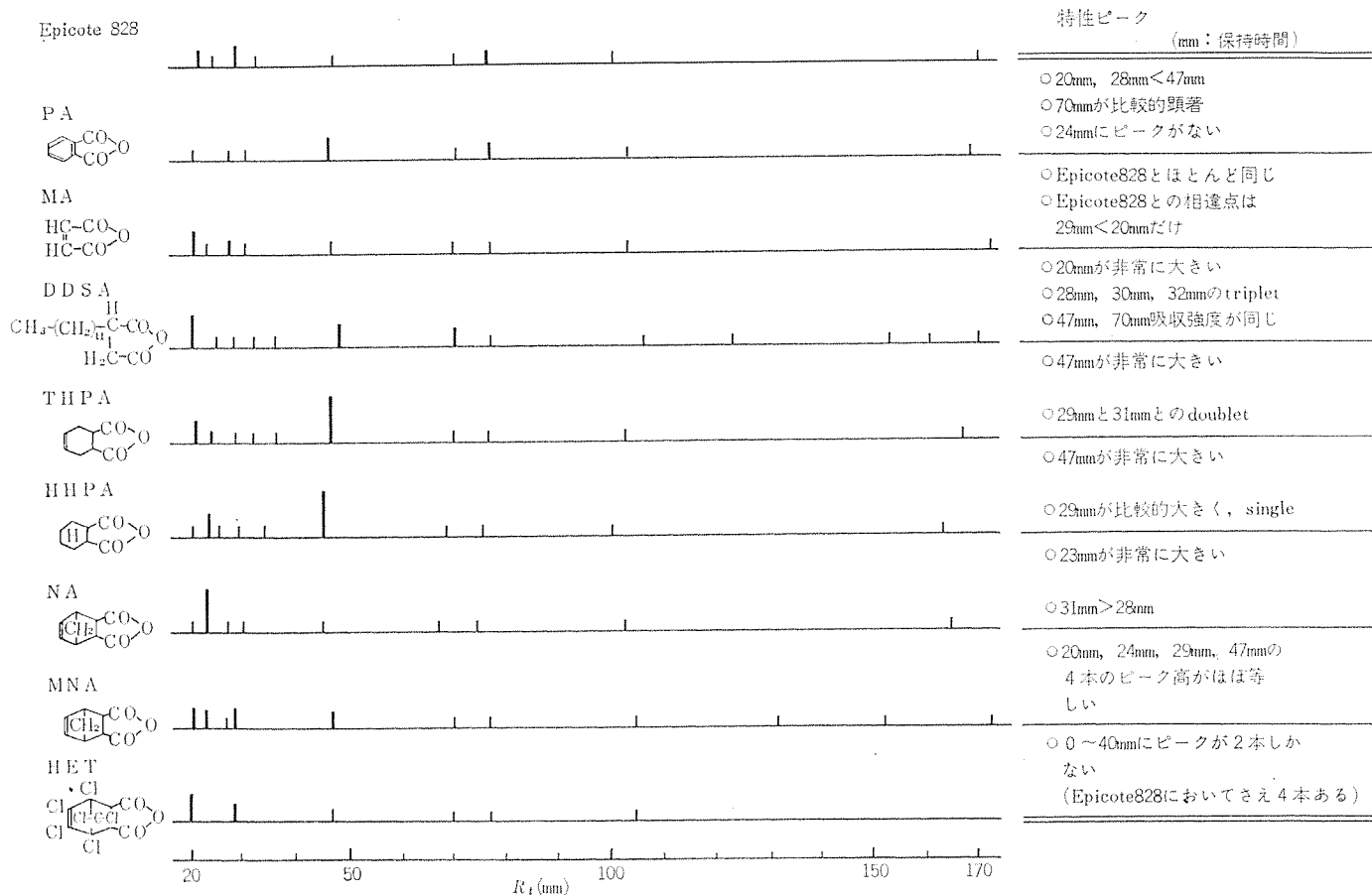


図 3.6 酸無水物硬化エポキシ樹脂のパイログラム
Pyrogram of anhydride cured epoxy resins.

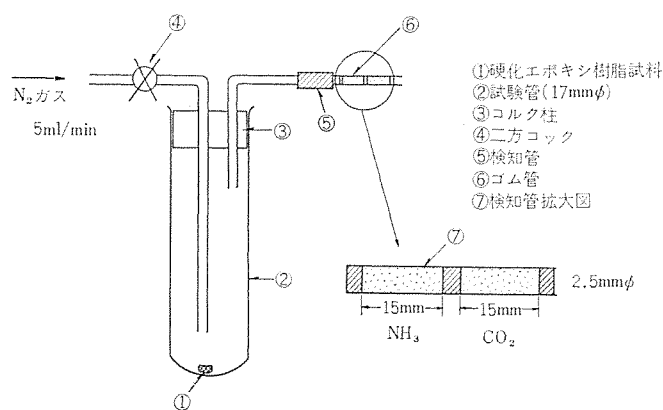


図 3.7 分解装置と複合検知管
Pyrolysis and compound gas detector.

3.3 検知管法

硬化樹脂中の硬化剤の同定方法としては、今までに赤外吸収スペクトル法と熱分解ガスクロマトグラフ法などが応用されている^{(1)~(4)}。これらの方法では高価な機器を使用しなければならない。ここで述べる検知管法はこれらの機器を使わない簡易分析法⁽⁶⁾である。

硬化エポキシ樹脂の熱分解発生ガスは、硬化剤の種類により異なるか、あるいは発生ガスの量に相違がある。これらの発生ガスに注目し、従来より微量ガスの検知に広く利用されている北川式検知管を応用するものである。アミン硬化樹脂ではアンモニア (NH₃) を、酸無水物硬化樹脂では炭酸ガス (CO₂) に着目する。そのほかハロゲンとかイオウなどの元素を含んでいる硬化樹脂、たとえば HET 硬化樹脂では塩化水素 (HCl) を、DDS 硬化樹脂では二酸化イオウ (SO₂) を検知する。図 3.7 に分解装置と複合検知管を示す。

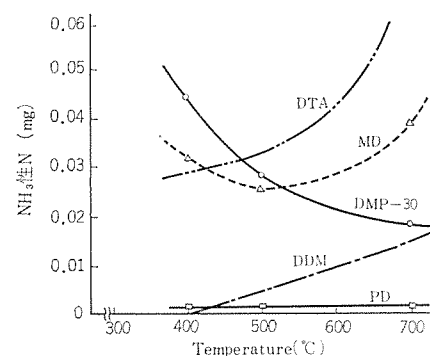


図 3.8 アミン硬化エポキシ樹脂より発生する NH₃ 性ガス [I]
Ammonia produced by pyrolysis of amine cured epoxy resins.

3.3.1 方法と結果

(1) 操作

試料 30 mg 程度をひょう(秤)量し、試験管内に移した後、N₂ ガスで内部の空気を置換する。N₂ ガスの流速は 20 ml/min とし、ポンプ上で熱分解を行なう。分解温度は 400~500°C、分解時間は 2 分程度である。分解終了後約 2 分間 N₂ ガスを流し発生ガスを検知管内に送り出す。

(2) 複合検知管

検知管は北川式検知管の検知剤をそのまま使用して作成した。すなわち、光明理化学より市販されているアンモニア B 形、炭酸ガス B 形の検知剤を内径 2.5 mmφ、長さ 40 mm のガラス管へ図 3.7 に示すように移しかえて使用した。

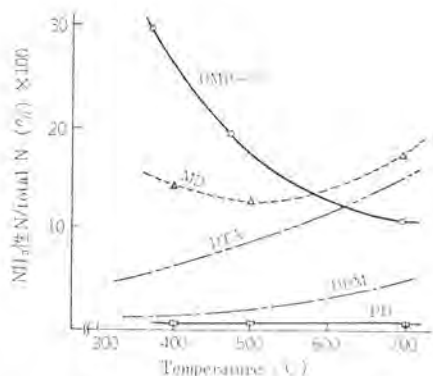


図 3.9 アミン硬化エポキシ樹脂より発生する NH_3 性ガス [II]
Ammonia produced by pyrolysis of amine cured epoxy resins.

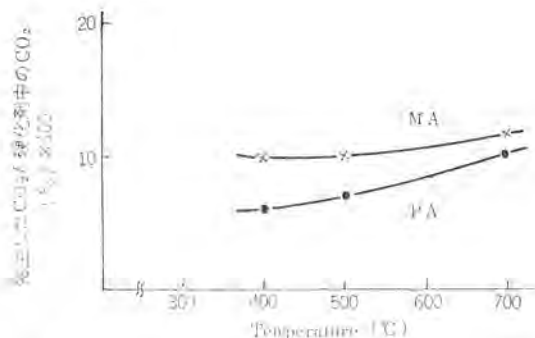


図 3.10 酸無水物硬化エポキシ樹脂より発生する CO_2
Carbon dioxide produced by pyrolysis of anhydride cured epoxy resins.

表 3.2 検知管法による硬化剤の分類
Classification of curing agents by gas detector method.

NH_3 (北川式B)	CO_2 (北川式B)	SO_2 (北川式A)	硬化エポキシ樹脂の系統
◎	—	—	脂肪族アミン系、第3級アミン、MD (EDA, DTA, TTA, BDMA, DMP-30)
—	—	◎DDS	芳香族アミン系、TEA, PD (DDS, DDM, MPDA)
—	◎	—	酸無水物系 (DDSA, PA, THPA, HHPA, MNA)
—	◎ 着色異なる	—	酸無水物系 (Cl 含むもの) (HET, TCPA)

注) 1. ◎ 検知される, — 検知されず, ◯ わずかに検知される (2~3 mm/15 mm)
2. NH_3 , CO_2 検知管は複合管, SO_2 検知管は単独使用

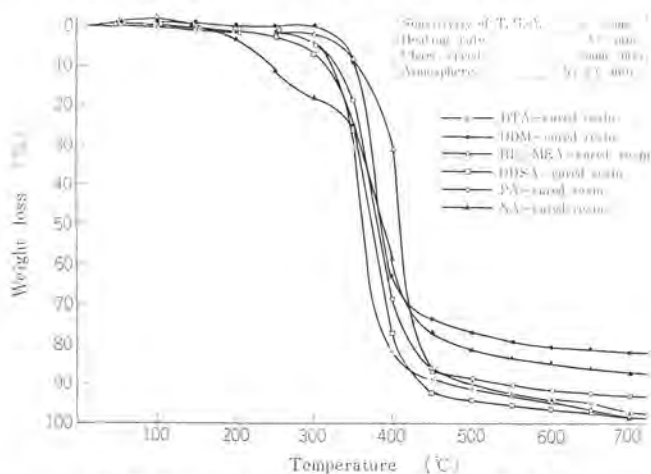


図 3.11 硬化エポキシ樹脂の熱分解曲線
Thermal decomposition curves of cured epoxy resins.

(3) 結 果

基礎実験により各温度におけるアンモニア性ガス、および炭酸ガスの量を測定したのが図 3.8 と図 3.9 である。図 3.8 は硬化樹脂 10 mg 中より発生したアルカリ性ガスを温度に対して窒素(N)のmg数で表わしたものである。図 3.9 は硬化樹脂中に添加されている窒素(N)がどの程度アンモニア性のNに熱分解されたかを示している。この結果から次のことがいえる。

1) PD のごとく N が環を形成しているもの、およびベンゼン核に直接 N の結合しているものはアンモニア性ガスになりにくい。2) 脂肪族アミン、たとえば DTA とか MD、および第三級アミン、たとえば DMP-30 などは、500°C 付近では全窒素中の 10% 以上がアンモニア性ガスとなる。しかし、これらは熱分解温度の上昇とともにアンモニア性ガスの発生量が多くなるとは限らない。特に DMP-30 においては 700°C におけるアンモニア性ガスの発生量は、400°C に比べて 1/3 程度に減少している。図 3.10 は酸無水物硬化樹脂の熱分解により発生する炭酸ガスについて測定したものである。一般に酸無水物硬化樹脂中より発生する炭酸ガスの量は、温度に対する依存度は少ない。

表 3.2 に検知管法による硬化剤の分類を示す。この結果から検知管法により、脂肪族系アミン・芳香族系アミン・酸無水物系・HET・DDS などに大別できる。分析時間は約 5 分程度であり、硬化剤が何系であるかの判定が必要なときは、非常に簡便な方法といえる。

3.4 その他の方法

赤外吸収スペクトル法、熱分解ガスクロマトグラフ法、検知管法以外の方法としては、1) 熱重量分析法 (TGA)、2) CHN 元素分析法 (EA)、3) 発光分光分析法 (ES) などがある。

図 3.11 は熱重量分析法により求めた減量対温度曲線である。この図より明らかなごとく、アミン系と酸無水物系の区別はかなり困難であるが、硬化剤がアミン系であるとわかっていれば芳香族アミンと脂肪族アミンの判別は可能である。また、酸無水物系では HET、NA、MNA の同定はできるが、それ以外は困難である。

CHN 元素分析法および発光分光分析法の応用はかなり限られてくる。たとえば、元素分析によって窒素が 1.5~2% 以上 (この値は樹脂のエポキシ当量に影響される) 検出されれば、硬化剤はアミン系であると判定できる。それに対して窒素が 0.5% 前後の場合、硬化剤は BF_3 系酸無水物系かのいずれかである。(一般に酸無水物硬化樹脂においては、触媒として第三級アミンを一部程度使用することが多い)。 BF_3 系と酸無水物系の区別は、発光分光分析によってホウ素 (B) の有無を検討すればよい。

4. 考 察

前章において硬化エポキシ樹脂中の硬化剤の同定法として、1) 赤外吸収スペクトル法、2) 熱分解ガスクロマトグラフ法、3) 検知管法、4) その他の方法 (熱重量分析法, CHN 元素分析法, 発光分光分析法) などについて述べたが、いずれも単独の方法だけで全部の硬化剤を同定することは非常に困難であり、それぞれの方法を組み合わせて行なうことが必要である。赤外吸収スペクトル法は、酸無水物硬化樹脂の場合には非常に有効であるが、アミン硬化樹脂においては 2~3 種類の硬化剤しか同定できない。また、この方法で NA 硬化樹脂と MNA 硬化樹脂の判別を行なうのはかなり困難である。

NA と MNA は構造式を比べた場合、メチル基 (CH_3) があるかないかだけの相違である。すなわち、NA はシクロペンタジエンと無水マ

検知管法は、赤外分光器やガスクロマトグラフがなくても硬化剤の同定を行なうことができるというのが最大の特長である。したがって、現場的に実施できることが非常にメリットである。この方法だけでもアミン系、酸無水物系の区別はもちろんのこと、アミン系硬化剤においても系統間の区別、および特殊な硬化剤（たとえば DDS とか HET など）は同定も行なうことができる。検知管の変色程度で同定を行なうものであるから、予備的に各硬化剤について実験を行なっておくことは当然必要であるが、さらに検知剤の条件、たとえば、1) 乾燥度、2) 粒度、3) 充てん率などを一定に保てば再現性のよい結果が得られる。

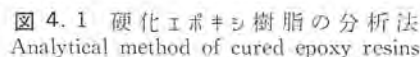


図 4. 1 に硬化エポキシ樹脂の分析法の系統を示す。樹脂タイプは赤外吸収スペクトル法を用いれば容易に区別ができる。また、充てん剤は赤外吸収スペクトル法と発光分析法を併用すれば、同定が可能である。硬化剤については、それぞれの分析法を併用すれば同定が可能であることを示した。

以上、硬化エポキシ樹脂中の硬化剤の同定法について述べた。すなわち、エポキシ形エポキシ樹脂(エポコート 828)を14種類のアミン系、および8種類の酸無水物系硬化剤で硬化した樹脂における硬化剤の同定を赤外吸収スペクトル法、熱分解ガスクロマトグラフ法、検知管法、熱重量分析法などで行なった。この結果、赤外分析法と熱分解ガスクロマトグラフ法の併用によりほとんどの硬化剤が同定できた。検知管法はアミン系と酸無水物系などの区別ができ、とくに機器を用いないで行なう簡便な分析方法であるため現場への応用も可能である。熱重量分析法については2~3の試料を除いて硬化剤の同定は困難であるが、他の方法と併用すれば、有効なデータが得られる。

- (1) T. Sugita, M. Ito : Bull. Chem. Soci. Japan 38, No. 10 (1965)
- (2) 森本, 榎本, 小西 : 日本化学会第21年会予稿集 (昭43)
- (3) 松本, 森本, 小西 : 日本化学会第21年会予稿集 (昭43)
- (4) 稲垣 : 各工研報 No. 40, 23 (昭43)
- (5) 垣内 : 工業用樹脂 昭晃堂 (昭45)
- (6) 石橋, 今村, 狩野 : 日本化学会第23年会予稿集 (昭45)

MELCOM-7000 シリーズ リアルタイム バッチ モニター (RBM)

望月 純夫*・末沢 敏裕*・竹 沢 明*

MELCOM-7000 Series, Real Time Batch Monitor (RBM)

Kamakura Works Sumio MOCHIZUKI・Toshihiro SUEZAWA・Akira TAKEZAWA

A MELCOM-7000 series comprises computers which make it feasible the four dimensional use of batch processing, remote batch processing, real time processing and time sharing processing. A real time batch monitor (RBM) is a general purpose monitor among them to execute the real time processing and the batch processing at the same time. Especially the real time processing of it excels in the point of high speed and easy operation.

In this article the applicable field of RBM and the outlines of the function are dealt with, and further examples of RBM application system are quoted and how to make the use of it is explained.

1. ま え が き

MELCOM-7000 シリーズは、中形から大形までをカバーする最新の電子計算機システム（以下電算機と略す）であり、バッチ処理・遠隔バッチ処理・オンラインリアルタイム処理・タイムシェアリング処理を同時に可能とするシステムである。

オペレーティングシステムは、RBM (REAL-TIME BATCH MONITOR), BPM (BATCH PROCESSING MONITOR)/BTM (BATCH TIME SHARING MONITOR), XOS (EXTENDED OPERATING SYSTEM), UTS (UNIVERSAL TIME SHARING SYSTEM) が用意されており、システムに要求される機能により、最適なものを選択することができる（表 1.1 参照）。

RBM は、四次元の使用法のうち、リアルタイム処理およびバッチ処理——特に、高速応答を要求されるリアルタイム処理——を念頭に置いて設計された、コンパクトかつ高性能な汎用モニターである。ここでは RBM の機能概要に触れ、さらにその応用方法について述べることにする。紙面の都合上、詳細な説明は省略せざるを得ないことをご容赦ねがいたい。

2. RBM のオペレーティングシステム体系

表 2.1 は RBM を構成するソフトウェア一覧である。

各ソフトウェアの概要説明は、次のとおりである。

表 1.1 MELCOM-7000 シリーズのオペレーティングシステム
Operating system of MELCOM-7000 series.

適用分野				処理形態			
プロセス制御	データ収集	技術計算	情報処理	オペレーティングシステムの種類 最少構成のコアメモリ容量	バッチ処理	遠隔バッチ処理	リアルタイム処理 リアルタイム・シェアリング処理
				RBM (16kW)			
				BPM/BTM (32kW)			
					マルチバッチ		
				XOS (48kW)			
					マルチバッチ		
				UTS (64kW)			
					マルチバッチ		

(1) INSTRUCTION SIMULATOR

浮動小数点演算、10進演算、バイトストリング、コンバージョンのハードウェア命令をシステム構成として装備していないとき、これらをソフトウェア的にシミュレートするルーチンである。

(2) JOB CONTROL PROCESSOR

ジョブコントロールコマンドの解釈と処理、ディスクテンポライファイルの管理、アカウンティングなどのバッチジョブサービスの制御を行なう。

(3) RAD EDITOR

ディスク上のファイルの生成、削除、コピーなどの機能があり、ディスク上のファイルの全般を管理するプロセッサである。

(4) OVERLY LOADER

バックグラウンドのバッチ処理でコンパイル、あるいはアセンブルされて出力されたオブジェクトモジュール (ROM) を結合し、コアイメージのアプロードモジュールを生成するプロセッサである。

表 2.1 RBM ソフトウェア体系
RBM software details.

分類	プログラム名称	必要コアエリア
システムコントロールプログラム	モニター (RBM)	5.5 kW (最小構成)
	INSTRUCTION SIMULATOR (4種類)	1.1 kW
	JOB CONTROL PROCESSOR	4.7 kW
	RAD EDITOR	4.5 kW
	OVERLAY LOADER	4.6 kW
	SYSGEN ROUTINE	5.7 kW
	SYSGEN LOADER	1.1 kW
プロセッシングプログラム	MACRO-SYMBOL	6.4 kW
	SYMBOL	3.2 kW
	EXT. FORTRAN IV-H	9.0 kW*
	EXT. FORTRAN IV	13.5 kW*
	SL-1	12.0 kW
	COC HANDLER	1.5 kW**
	SIU HANDLER	1.0 kW**
	XY PLOTTER SPOOL PACKAGE	1.5 kW
* 1,000 ステップのプログラムをコンパイルするにはテーブルエリアとしてさらに 3 kW 必要。		
** 使用するプログラムの目的によりコアエリアは変わる。		

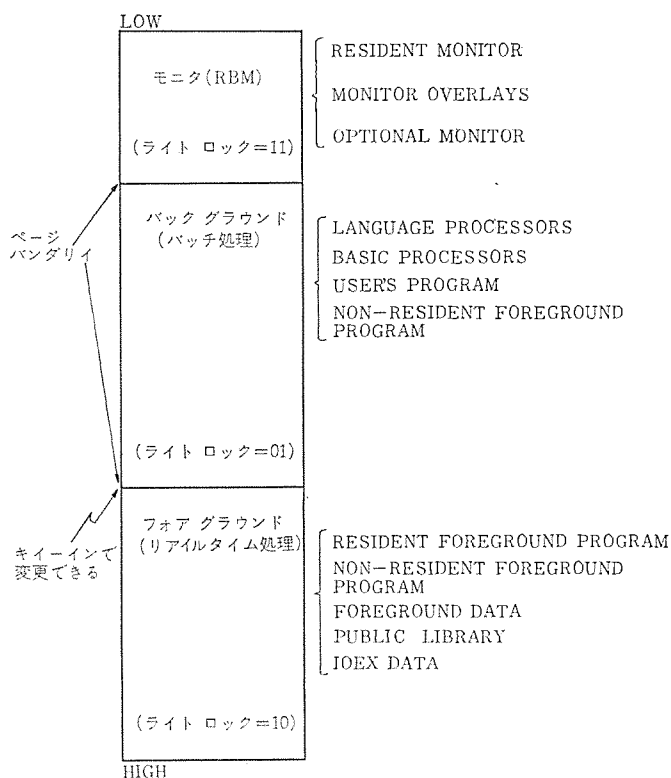


図 2.1 RBM のコアメモリレイアウト
RBM core memory layout.

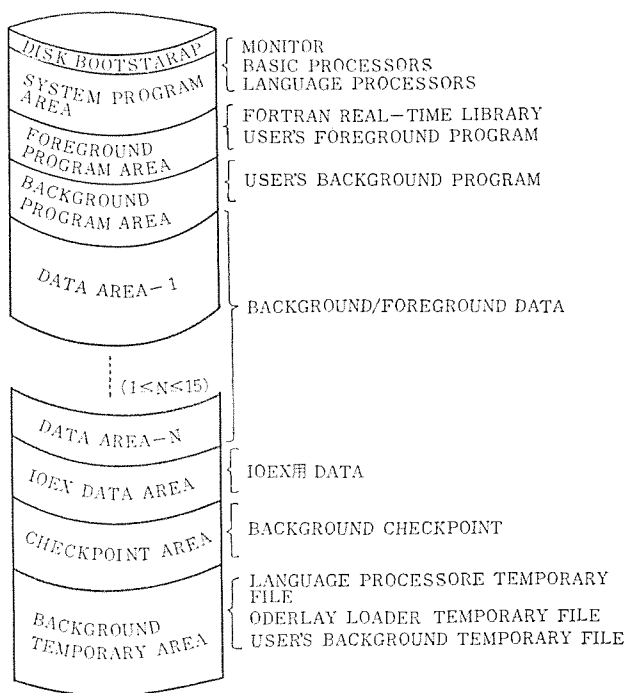


図 2.2 RBM のディスクレイアウト
RBM disk layout.

(5) SYSGEN ROUTINE SYSGEN LOADER

システム構成およびシステム利用方法に最適なモニターを作り出すロセッサである。システム生成に要する時間は約20～30分で、この規模のシステムでは速いといえよう。

(6) SYMBOL, MACRO-SYMBOL

MACRO-SYMBOL は、高度な条件付きアセンブルを行なえる2パスアセンブラである。SYMBOL は1パスアセンブラで MACRO-SYMBOL 言語のサブセットとなっている。

(7) EXTENDED FORTRAN IV

EXTENDED FORTRAN IV-H

EXT. FORTRAN IV/IV-H とも JIS 7000 レベルをはるかに越えた言語仕様を持っている。IV-H の言語仕様を拡張したものが IV となっている。IV/IV-H とも インラインアセンブラ、デバック機能を備えており、さらにリエントラントなプログラムあるいはリアルタイムプログラミングが可能である。IV の機能としては、さらに配列の次数範囲の指定が自由、負の添字、出力文のリスト中に式を書くことができるなど、数多くのすぐれた特長をもっている。

(8) SL-1 (Simulation Language-1)

連続系のシミュレーション言語で、デジタルおよびハイブリッドシミュレータ用に設計されており、リアルタイム機能、積分法、対話形デバック機能などの特長をもっている。

2.1 コアメモリ、ディスクのレイアウト

RBM におけるコアメモリレイアウト、およびディスクレイアウトは、図 2.1, 2.2 のとおりである。

3. RBM の特長的機能

RBM には数多くの特長的機能があり、これ等を有効に利用することにより、能率の良いシステムを設計することができる。次に、そのうちの主なものをあげ、前述のプログラム例と合わせ考えてみよう。

表 3.1 モニタープロシジャ
Monitor procedures.

分類	プロシジャ	機能
一般的な I/O 処理	OPEN	・ DCB (データコントロールブロック) をオープン
	CLOSE	・ DCB をクローズ
	READ	・ デバイス/ファイルからデータを読み込む
	WRITE	・ データをデバイス/ファイルへ書出す
	CHECK	・ 読み込み/書き出し動作のチェック
	PFIL	・ ファイル (磁気テープ等) の位置決め
	PREC	・ ファイル内の処理レコードの位置決め
	REWIND	・ 磁気テープ等の巻戻し
	UNLOAD	・ 磁気テープ巻戻し後、デバイスをオフライン
	WEOF	・ テープマーク (EOF) の書出し
メッセージ 打 出 し	DFM	・ モード、レコードの長さ等を決める
	DVF	・ ラインプリンタのキャリッジコントロールをするか/しないかを定める
	PRINT	・ メッセージをラインプリンタへ打出す
	TYPE	・ メッセージをタイプライタへ打出す
フ ォ ア グラウンド タスクへの サ ー ビ ス	CONNECT	・ タスクと割込との結合
	ARM	・ 割込みレベルのコントロール
	DISARM	・ 割込みレベルのコントロール
	ENABLE	・ 割込みレベルのコントロール
	DISABLE	・ 割込みレベルのコントロール
	TRIGGER	・ 割込みを引き出す
	IOEX	・ ファイル管理を使わずに、直接に I/O 命令を実行する
	START/STOP	・ デバイスを IOEX またはフォアグラウンド専用にあるいは専用使用から解放する
	MASTER	・ 計算機をマスターモード (特権命令が使用可能)
	SLAVE	・ 計算機をマスターモードから戻す
その他の サ ー ビ ス	RUN	・ フォアグラウンドプログラムをコアメモリへロードする
	RLS	・ フォアグラウンドプログラムをコアメモリから消す
	SEGLOAD	・ オーバレイセグメントをコアメモリへロードする
	TIME	・ 現在の時刻、日付等を得る
	TRAP	・ トラップ処理を自らすることを定義
	EXIT	・ タスクを普通に終了する
	ABORT	・ タスクを異常に終了する
	TRTN	・ トラップ処理後、もとへ戻る
	TERM	・ タスクを終了後、タスクが含まれていたフォアグラウンドプログラムをコアメモリから消す
	WAIT	・ バックグラウンドジョブを 'ATTEND' モードで実行しているとき計算機を止める

3.1 モニター プロシジャ

RBMには、モニターマクロインストラクションともいべきモニタープロシジャを豊富に内蔵しており、ユーザに開放されている。その一覧を表3.1に示す。プログラムにおける、モニタープロシジャの使用例を図5.3に合わせて示す。

3.2 タスクの起動

リアルタイム処理プログラム中の各タスクは、おのこのレベルの割込みに接続され割込み経由で起動される。タスクの接続、起動に関しては次の3種類があり、タスク起動の緊急度、起動されるひん度、コア容量等により最適の方法を選択することができる。

3.2.1 コア常駐タスク

緊急を要しコア占有量が少なく、かつひんばんに起動されるタスクは、コアに常駐させるべきである。割込みとタスクとの接続方法には、次のふたとりの方法があり、その選択はプログラマに任されている。(CONNECT PROCEDUREのFPTの1ビットで指定する。)

(1) DIRECT CONNECT

割込みとタスクとが直接結合される。割込み時におけるレジスタの退避等は、すべてユーザタスクにまかされる。タスクの応答時間(割込み発生からタスク起動まで)は、10 μ s以下と驚異的な速度で行なわれる。

(2) CENTRAL CONNECT

割込みとタスクとがモニター経由で結合される。割込みに対する処理はすべてモニターが行なう。したがって、タスクの応答時間は、DIRECT CONNECTの場合より長い(モニターオーバーヘッドによる)とはいえ、50 μ s以下とこれまでの電算機に比較して高速である。

3.2.2 コア非常駐タスク

あまり緊急を要しない、あまりひんばんに起動されない、またはコア占有量の多いプログラムは、通常は高速ディスクに収容され、必要のある時のみコアにロードされて起動される。(割込みとの接続は、CENTRAL CONNECTを使用する)。このときタスクの応答時間は、高速ディスクからコアへのロードに要する時間により変化するが、50ms程である。

3.3 I/O END ACTION

リアルタイム処理プログラムにおいて、比較的長時間を要する入出力処理を行なうとき、タスクを2分割することにより、入出力処理時間を低レベルのタスクまたはバッチ処理プログラムに有効利用することが可能となる。これをI/O END ACTIONと呼ぶ。すなわち図3.2で、タスクAはIOEX, READ, WRITE命令などにより入出力装置を駆動する際、入出力命令のFPTにI/O END ACTIONを指定し、そのままタスクを終了する。入出力装置の動作中は、他のタスクまたはバッチ処理プログラムが実行される。

入出力装置の動作が終了したとき、モニターは入出力終了割込みを検知し、I/O END ACTIONに指定されたタスクBを起動する。このようにして、タスクBは入出力動作が終了した時点で自動的に起動される。この際のタイムチャートを示すと図3.3のようになる。5章に述べるプログラム例におけるアナログ入力(IOEX)、入力データの高速ディスクへの退避(WRITE)、読込み(READ)などの入出力命令では、すべてこのI/O END ACTIONが使用される。

3.4 コアメモリの有効利用

RBMはコアメモリを有効に利用できるよう、種々の機能を備えている。RBMを利用したコアメモリマップは、通常図3.4(a)のとおりである。

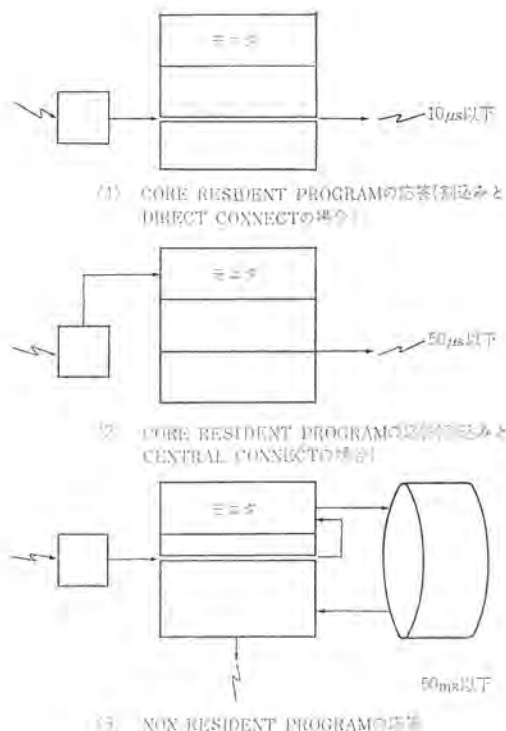


図 3.1 外部割込みに対する ON-LINE PROGRAM の応答
Response of on-line program to an external interruption.

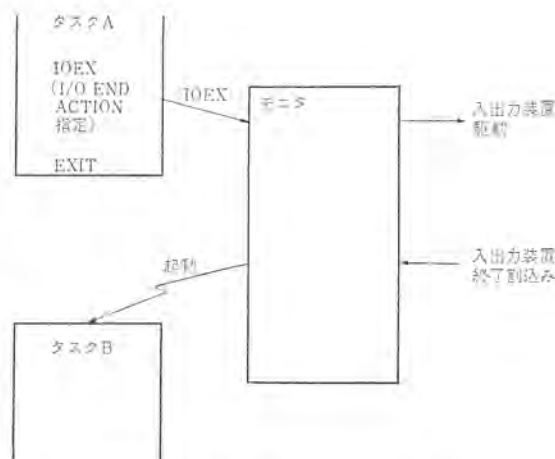


図 3.2 I/O END ACTION 概念
Concepts of I/O end action.

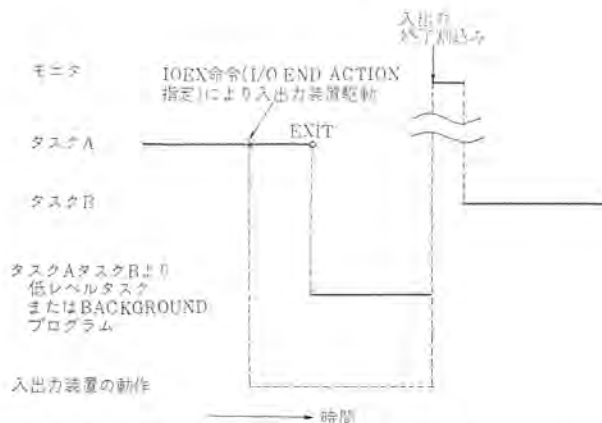


図 3.3 I/O END ACTION を利用したときの タイムチャート
Time chart in the case of I/O end action.

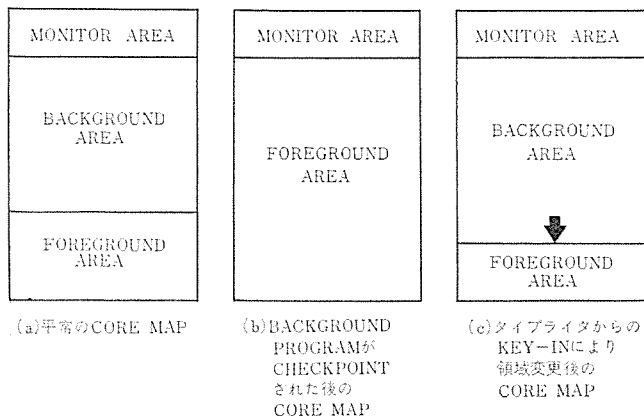


図 3.4 コアメモリの有効利用
Effective usage of core memory.

さて、非常駐のフォアグラウンドプログラムを実行する必要があるし、しかもフォアグラウンド領域で収容しきれない場合は、バックグラウンド領域にロードされ実行される。このとき、バックグラウンド領域で実行中であつたバッチ処理プログラムは、モニターによりいったん中断され、高速システムディスク (RAD) へ退避される。(CHECKPOINT) その結果 図 3.4 (b) に示すように、モニター領域以外はすべてフォアグラウンドプログラムにより使用可能となる。さらにフォアグラウンドプログラムがこの領域を使用する必要がなくなったとき、モニターは自動的にバックグラウンドプログラムをコアメモリにロードし、中断された箇所から実行を開始させる (RESTART)。コアメモリマップは元どおりとなる (図 3.4 (a))。

さて、フォアグラウンド領域の平常の大きさを変化させたい場合には、システムタイプライタからの KEY-IN により、簡単に変化させることができる。(図 3.4 (c))

このようにして、フォアグラウンド領域、バックグラウンド領域の配分を変えることにより、限られたコアメモリを有効に使用することができる。

3.5 リエントラントルーチン

MELCOM-7000 シリーズには、多数のレジスタ (16 個) が内蔵されており、レジスタを使用したリエントラントルーチンが容易に作成できる。さらにハードウェアの PUSH-PULL STACK 機能を使うことにより、簡単にリエントラントルーチンを作ることでもある。

すなわち、図 3.5 中にあるタスク-1 がタスク間で共有しているサブルーチンを実行中により高い優先度のタスク-2 が割込んだとする。タスク-2 がサブルーチンを使用しても、中断されたタスク-1 の情報 (サブルーチン実行中の中間結果) が、PUSH-PULL STACK 領域へ退避されれば、タスク-1 の実行再開が可能となる。

このような情報の退避/読出しは 1 命令 (PUSH/PULL) で簡単にできるため、リエントラントルーチンのプログラミングが容易である。

3.6 オーバレイプログラム

プログラムをオーバレイ構造にすることにより、コアメモリをより効率よく使用できる。とくに、OVERLAY LOADER (システムプロセッサ) を利用することにより、複雑な階層構造のオーバレイプログラムを容易に作成することができる。

3.7 フォアグラウンドメールボックス

フォアグラウンドメールボックスは、システム作成時に確保される。この領域はフォアグラウンドプログラム間でデータの交換に使用することができる。

3.8 ジョブアカウント

バックグラウンドジョブの実行日付、開始時刻、経過時間、ジョブ名をロギングする機能である。

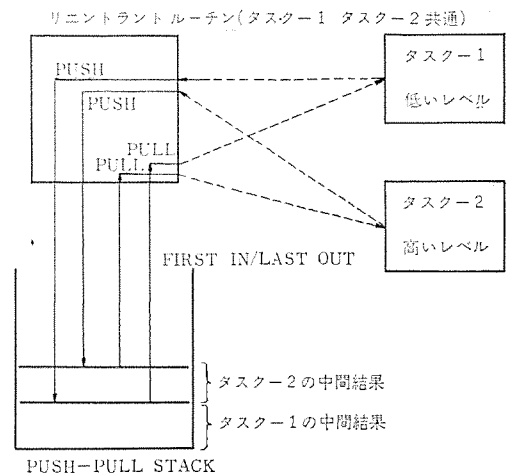


図 3.5 リエントラントルーチン
Reentrant routine.

3.9 コアメモリおよび RAD の書込み保護

MELCOM-7000 シリーズのハードウェアは、記憶保護機構を備えている。RBM は信頼度を高めるため、ユーザプログラムがモニター領域に書込まないように、さらにフォアグラウンドプログラム、バックグラウンドプログラムは相互に他の領域に書込めないよう、書込み保護を施している。

また、RAD に対してはハードウェアの書込み保護スイッチ、および書込み要求時にソフトウェアによる完全なチェックにより、RAD 上のプログラム、重要なデータファイルの破壊を防止している。

3.10 ファイル管理

RBM のファイル管理は、I/O 処理時のモニターオーバーヘッド (時間およびコアメモリ) をできるだけ少なくするために、ファイル管理機能の大部分がバックグラウンドシステムプロセッサ (RAD EDITOR) に任されている。すなわち、ファイル全般の管理 (割付、削除等) は RAD EDITOR が行ない、データの入出力はモニター常駐ルーチンが行なう。次に RBM のファイル管理機能について述べる。

3.10.1 ファイル構造とアクセスモード

ファイル構造は次の三つが可能である。

- (1) ブロック: 1024 バイトのフィジカルブロックにブロックされる。
- (2) 非ブロック
- (3) コンプレスト (EBCDIC データでブランクをコンプレスしたもの)

ファイルのアクセスモードは次の二つが可能である。

- (1) シーケンシャル
- (2) ダイレクト

3.10.2 デバイスインデペンデントな入出力処理

入出力処理は必ず DCB (デバイスコントロールテーブル) を通して要求するが、DCB とオペレーショナルラベル (ロジカルデバイス)、フィジカルデバイス、ファイルの結び付きをプログラム実行時に変更できる。したがって入出力処理をするプログラムはデバイスの種類およびファイルを意識する必要がない。

3.10.3 ダイレクト I/O 処理

RBM は、モニターのオーバーヘッド時間も影響するような、クリティカルなリアルタイム処理をする使用者に対しダイレクト入出力処理機能を提供する。ダイレクト I/O 処理をする時、使用者はデバイスを管理し、デバイスに対し直接入出力命令 (SIO, TIO, TDV 等) を出すことが可能である。

3.10.4 デバイス、ファイルのタスク間での共同使用

リアルタイム処理では、タスク間で同一 DCB を使用したり、異なった

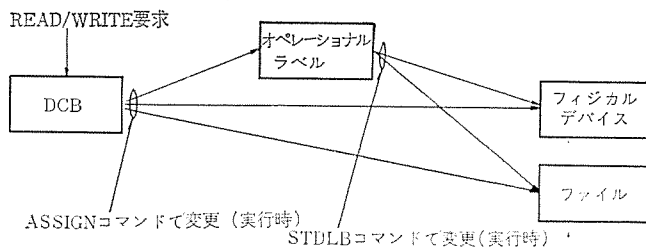


図 3.6 DCB とデバイス、ファイルのつながり
Relations between devices, files, and DCBs.

DCB を通じてデバイスやファイルを共同使用できる。ファイルのシーケンシャル入力の制限を除いて、ファイルを共用することにより、タスク間で大量データの交換が可能である。一方のタスクでデータをファイルへ書き出し、同時に他方のタスクで同一ファイルのデータを読み込んで処理をすることができる。

3.11 FORTRAN の 'RT' 指定

FORTRAN プログラムをコンパイルするとき、'RT' の指定をすることによりプログラムを簡単にリエントラントにすることができる。FORTRAN プログラムをコンパイルするときのコントロールコマンドを次に示す。

!FORTRAN SI, LS, GO, RT

3.12 COC (多重通信制御装置) ハンドラ

RBM の使用者は、システムに COC ハンドラが用意されているので、簡単にキャラクタディスプレイ、遠隔タイプライタを使用できる。COC ハンドラはリエントラントルーチンであり、コアメモリ占有量が少なく、またユーザプログラムとの結合が容易である。

3.13 SIU (システムインターフェイスユニット) ハンドラ

MELCOM-7000 シリーズには、外部装置と接続するための標準ユニット群 (SIU) がある。SIU は、高速、高精度のアナログ入出力 (A/D 変換 5 μ s, 精度 15 ビット)、多様性に富むデジタル入出力をはじめとする種々の機能を持つ約 30 種のモジュール群からなり、これ等のうち必要なものを選択、組合せることにより、あらゆる接続条件に適合することができる。SIU ハンドラは、このような SIU を FORTRAN 言語により動作させることができる。

4. RBM の適用分野

RBM のリアルタイム処理機能は、高速に変化する外部事象に十分追従することのできる性能を持っている。さらに、リアルタイム処理の空き時間は、自動的にバッチ処理に当てられるため、電算機を有効に利用することができる。このような機能を持つ RBM の主な適用分野としては、データ収集・解析、プロセス制御、情報処理、科学技術計算等がある。次に、具体的な応用システムをいくつか挙げてみよう。

4.1 トータルラボラトリシステム (研究所システム)

化学工業、石油工業等の研究所では、数多くの分析機器が使用されており、そのデータ処理は、主として人力に頼っている場合が多い。これ等を電算機に接続し、自動的にデータ収集、処理をさせることにより、人力の削減、計測精度の向上、実験結果を得るまでの時間短縮、個人差の消滅等を実現することができる。電算機室では、これと同時に科学技術計算等のバッチ処理を行なうことが可能である。いわゆるトータルラボラトリシステムを構成することができる。

4.2 ハイブリッド計算機システム

RBM の高速、かつ柔軟性に富むリアルタイム処理機能を利用することにより、効率の良いハイブリッドシステムを形成することができる。

ハイブリッドシステム用ソフトウェアとして、HEL (HYBRID EXECUTIVE LIBRARY) が用意されており、アナログ計算機の制御、ポテンシオメータの設定、アナログ計算機とのデータ交換等を含むハイブリッド演算プログラムを FORTRAN 言語レベルで作成することができる。

4.3 プロセス制御用計算機システム (PCCS)

化学・鉄鉱・電力等のプラントを制御するプロセス制御用計算機システムにも RBM は有効である。プラントの各部分を計測し、その値をもとにプラントの状態のは握、予測、判断を行なう。その結果をフィードバックすることにより、プラントの効率向上、集中管理、人員削減を実現することができる。

4.4 病院システム

近代的な病院には、多種の計測機器が診断を助けている。これ等の操作、計測データの処理は、人手に頼っている場合が多いが、これを電算機におきかえることにより人員の削減、精度の向上、診断のスピードアップをはかることができる。同時にカルテ、伝票等の登録、索引、削除等を含むデータ処理を行なうことにより、病院の事務能力を上げ管理を容易にすることができる。

4.5 科学技術計算システム

RBM のバッチ処理機能を利用して、科学技術計算システムを構成することができる。RBM のもとに、MACRO SYMBOL (ASSEMBLER), FORTRAN IV-H, FORTRAN-IV 言語が利用できる。さらに、数値解析、統計解析用のルーチン (NSP, MSL) および連続系のシミュレーション言語 SL-1 等、応用プログラムが完備している。

5. RBM 利用システム

RBM を有効に利用できるシステムは、多種のものが考えられるが、そのうち典型的な例として研究所システムをあげ、さらに RBM のもとでいかなるプログラム体系が考えられるかを検討しよう。

5.1 研究所システム例

ある研究所で、計測機器データ処理を行ないつつ同時にバッチ処理を行なう電算機システムが必要になったとする。

この要求を満たすシステムの構成例を図 5.1 に示す。電算機室から離れた数個の実験室には、ガスクロマトグラフィ、マススペクトロメータ、ECG (心電図) 等の計測機器が分散しており、これ等のアナログデータは、A/D 変換されて電算機に入力される。各実験室には遠隔タイプライタが配置され、また各計測機器ごとにオペレータズパネルが設置される。

実験を開始する時、オペレータは次の操作により実験を行なうことができる。

(1) 実験に先立って、遠隔タイプライタから実験パラメータを対話モードで入力する (図 5.2)。

(2) オペレータズパネルのスタートボタンを押す。(データ収集の開始)

(3) ストップボタンを押す。(データ収集の終了、解析・出力の開始)

これだけの操作で自動的にデータ収集、解析が開始され、その結果は遠隔タイプライタに出力される。このような計測機器データ処理の過程は、計測機器ごとに独立に、かつ並行して開始、停止される。これと同時に電算機室では、リアルタイム処理をまったく意識せず、あたかも 1 台の電算機を占有しているかのようにバッチ処理を自由に行なうことができる。このようなシステムは、研究所システムの典型といえるであろう。

5.2 アプリケーションプログラム構成

前節で述べたシステムにおけるアプリケーションプログラムについて考えてみよう。アプリケーションプログラムを構成するタスクのトリー構造は、

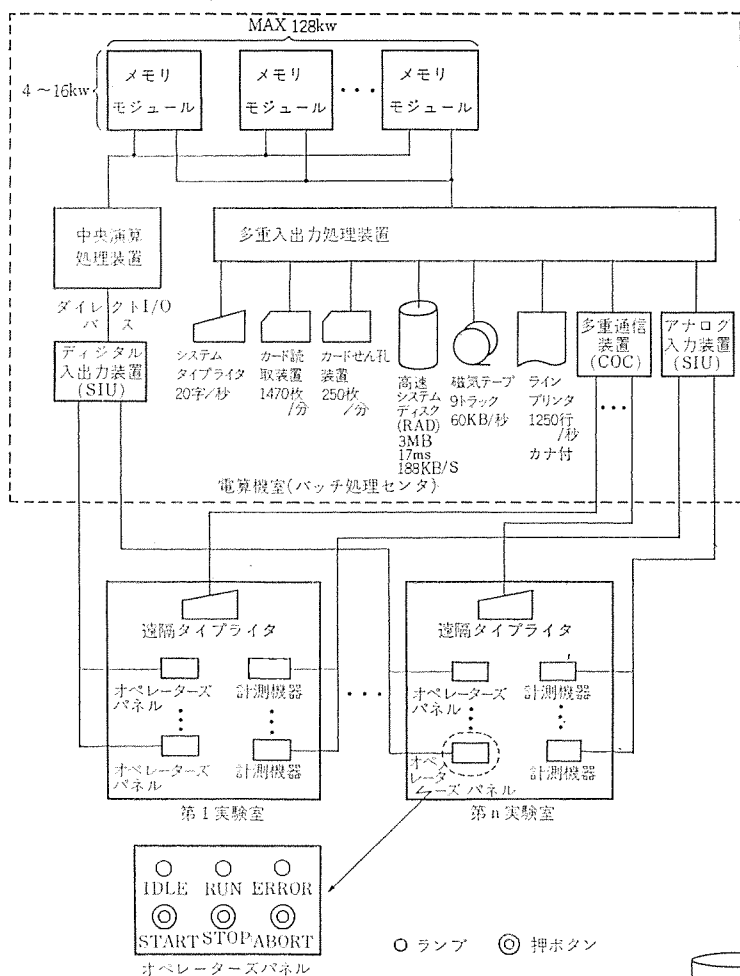


図 5.1 DATA ACQUISITION SYSTEM 構成例
An example of data acquisition system's structure.

さまざまに考えられるが、その一例を図 5.3 および表 5.1 に示す。

各タスクはそれぞれ外部割込み 1 レベルに結合され、割込みを經由して起動される。コアメモリは、モニター領域、フォアグラウンド領域、バックグラウンド領域に 3 分割して使用される。

タスクのうち、コア常駐のものはフォアグラウンド領域で実行される。非常駐のものは、通常は高速システムディスク (RAD) 内に記憶され、必要に応じてバックグラウンド領域 (または、フォアグラウンド領域) にロードされ実行される。バッチ処理は、バックグラウンド領域で行なわれる。(図 2.1 参照)

5.3 タイムチャート

各タスクは割込み経由で起動され、同時に起動された複数のタスクは、優先度の高いものから順に実行される。いわゆる、PRIORITY SCHEDULING のもとに管理される。

リアルタイム処理に使用しない CPU 時間は、すべてバックグラウンドジョブの実行にあてられる。

6. むすび

RBM は、MELCOM-7000 シリーズのハードウェアの特長を十分に生かして利用できるように設計されたはん用のモニターである。RBM を利用したシステムは、すでに種々の方面で実動中である。

また、RBM はこれを核として応用分野に適したリアルタイムエグゼクティブを付加したオペレーティングシステムもすでにいくつか考案され、実用化されている。(LOS—LABORATORY OPERATING SYS-

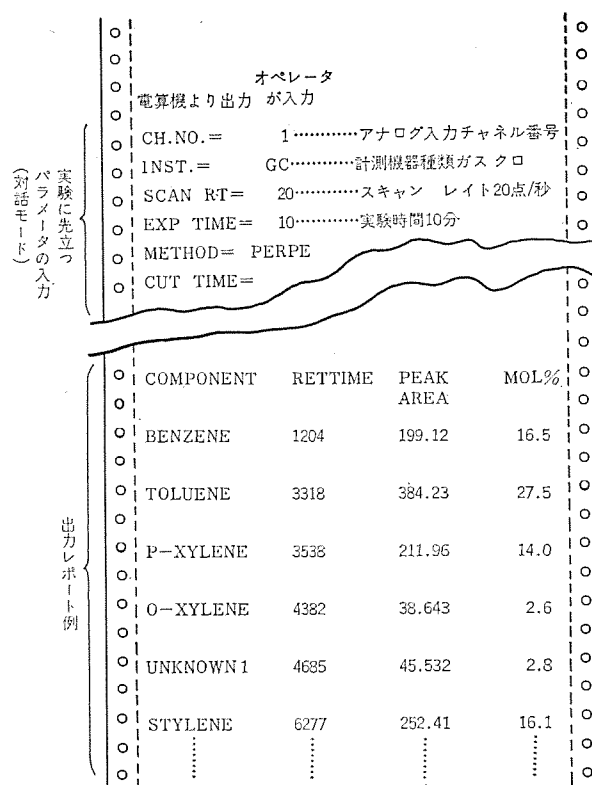


図 5.2 遠隔タイプライタによる実験パラメータの入力、および実験解析レポートの出力例
An example of input to and output from the remote typewriter.

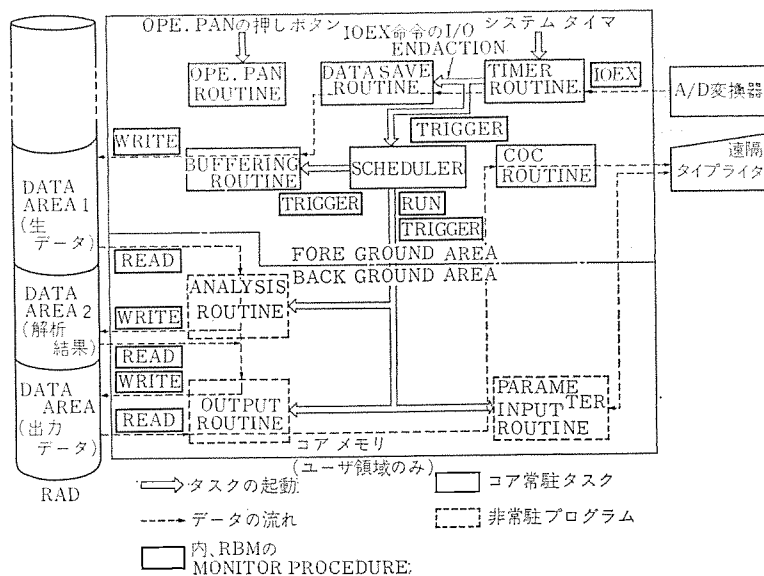


図 5.3 DATA ACQUISITION SYSEM 例の APPLICATION PROGRAM 構成
Application program structure of the data acquisition system.

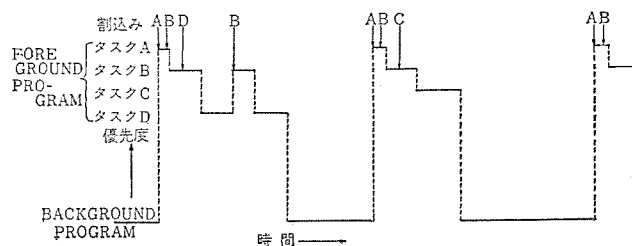


図 5.4 タスクの PRIORITY SCHEDULING
Priority scheduling of tasks

表 5.1 各タスクの機能 Function of each task.

	タスクまたはプログラム名	起 動	機 能
コア常驻プログラム (右のタスク群を単一 ロードモジュールに含 む)	INITIALIZE ROUTINE	常驻プログラムがコアにロードされる時モニ ターにより起動される	同一ロードモジュール内に含まれるタスク群(ここでは常驻プロ全体)に対し、 割込みとの結合、初期データのセット等、初期条件を設定する
	TIMER ROUTINE	システムタイマーにより起動	電算機システムに含まれるタイマーにより定期的に起動され、アナログ入力機器を 駆動する
	DATA SAVE ROUTINE	アナログ入力の終了時点にモニターにより起 動	アナログ入力の終了時点にモニターにより起動される。(上記 IOEX に I/O END ACTION* を指定することにより実現される) A/D変換されたデータをコアパ ッファにうつす
	OPE PAN ROUTINE	オペレーターズパネルの押ボタンを押すこと により起動される	オペレーターズパネルの押ボタンを押すことにより起動される、押されたボタン の位置を知り、FOREGROUND MAIL BOX* 内の FLAG, TABLE 等を 変更し、他の ROUTINE を制御する。
	SCHEDULER	TIMER ROUTINE 経由で、定期的に起 動される	TIMER ROUTINE よりも長い間隔で起動され、TASK 起動 TABLE に登 録された TASK を起動する。また必要ならば、RAD からコアへのプログラム ロード、解除等も行なう
	BUFFER ROUTINE	SCHEDULER により起動される	A/D 変換されたデータが、コアパッファ一杯になった時、SCHEDULER に より起動される。コアパッファ内のデータを RAD BUFFER に退避する
	COC ROUTINE	INITIALIZE ROUTINE により起動され る	多重通信制御装置(COC)経由で、複数台の遠隔タイプライタとのデータ授受を 同時に行なう
非常駐プログラム (それぞれ独立のプロ グラムとして通常 RA D内に存在し、実行の 必要ある時、コアへロ ードされ起動される)	ANALYSIS ROUTINE	SCHEDULER により RAD よりコアへロ ードされ起動される	実験中に、収集されたデータを解析し、その結果を OUTPUT ROUTINE に 渡すと共に、RAD へ蓄積する
	OUTPUT ROUTINE	SCHEDULER により RAD よりコアへロ ードされ起動される	解析された結果のデータを、直ちに遠隔タイプライタへ出力できるよう編集する。 結果はいったん RAD 退避する
	PARAMETER INPUT ROUTINE	遠隔タイプライタからオペレータの要求があ った時 SCHEDULER により RAD からコ アへロードされ起動される	実験の前に、実験に対する、各種のパラメータを遠隔タイプライタから入力する (アナログ入力チャンネル No, 計測機器の種類, サンプリング, レイト等)

* 3 章 参照

TEM, COMOS—COMMUNICATION OPERATING SYS-
TEM など)。

RBM の応用分野は、今後ますます拡張されるであろう。われわ
れは、これまでに述べた RBM にさらに生産管理等の分野へも適用
できる、いっそうはん用化された機能を付加すべく開発中である。

また低速入出力装置をバッチ処理と並行させて動作させるシミュレ

ト「スプールバッチ」長、長いバッチ処理実行中に、短いバッチ処理を割込
ませるジョブ割込み機能、マルチバッチ機能の付加、さらにデータ管理
機能の強化、COBOL, SORT 等、RBM の機能を一段と高めるよ
う努力中である。終わりに、本文執筆に種々協力いただいた関係
各位に深く感謝する。



複雑故障の簡単な解析法

三 上 一 郎*

1. ま え が き

保護継電方式は、自己の保護区間内の故障時に継電器設置点の電圧・電流が、区間外故障とか平常時の電圧・電流といかに異なるかを発見して、しゃ断器をトリップさせるものである。したがって保護継電方式を設計するには、故障時の電圧・電流の計算が不可欠の条件となる。1950年代中頃までは、継電方式を決定するための故障条件は、同一回線同一地点の1線地絡故障、2線短絡故障、3線故障に限られており、それに脱調現象の検討が加えられていただけである。

しかし1950年代の後半に各電力会社において、従来のリレー理論では不可解な誤動作が起り、その原因が多重故障にあると想像された。そこで従来のリレーを模擬送電線につけて多重故障を起こし、実験的検証を行なったところ、多重故障で確かに誤動作することがわかり⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾、これに対する解析、検討、および多重故障で誤動作しないリレーの設計がはじまった⁽⁴⁾⁽⁵⁾⁽⁶⁾。

多重故障の解析・検討は、

(1) 対称座標法による方法

(2) クラーク座標法による方法

により当時は解析に志したが、この方法による計算を行なうと、たとえばそれに対応すべき距離継電器の動作式は、分子が1ページ、分母が1ページくらいの複雑な式となり、とうてい図式解法に持ち込めるものでもなく、またこの式を用いたリレーハードウェアを具体的製品とすることも不可能なものであった。そこで当時は、もっぱら数値計算によってその傾向を知っていたわけであるが、たまたま筆者は1964年に多重故障の簡単な解析法を発見し、ベクトル図によって簡単に表現することができるようになった⁽⁷⁾。

本稿は上記のような背景に立ち、多重故障の解析法を、1) 対称座標法による方法、2) クラーク座標法による方法、3) ベクトル図による方法の三者について解説する。これらの方法は適用するリレー種類により優劣が異なっているので、すべての方法をマスターすることが今後のリレー方式の開発には必要と考える。

2. 単純故障の解析

多重故障の解析は単純故障の応用であるので、まず単純故障について解説する。

2.1 対称座標法によるもの⁽⁸⁾⁽⁹⁾

対称座標法による解析は、周知のごとく発電機の関係式

$$V_0 = -Z_0 I_0 \quad (2.1)$$

$$V_1 = E_a - Z_1 I_1 \quad (2.2)$$

$$V_2 = -Z_2 I_2 \quad (2.3)$$

と故障条件式3式を組合せて、六つの未知数の $V_1 V_2 V_0$, $I_1 I_2 I_0$ を解くことにある。故障条件式は通常各相分の量であらわされているので、これを対称分の式に変換する必要がある。

(1) 3線短絡地絡故障

これは故障条件として

$$V_a = V_b = V_c = 0 \quad (2.4)$$

を式(2.1), (2.2), (2.3)と組合せれば、

$$V_1 = V_2 = V_0 = I_2 = I_0 = 0 \quad (2.5)$$

$$I_1 = E_a / Z_1 \quad (2.6)$$

の式を得る。

(2) 2線短絡故障

この故障には、bc相短絡 ca相短絡 ab相短絡の3種ある。その条件式は

bc相短絡は

$$V_b = V_c, I_b = -I_c, I_a = 0 \quad (2.7)$$

であり、ca相短絡は

$$V_c = V_a, I_c = -I_a, I_b = 0 \quad (2.8)$$

であり、ab相短絡は

$$V_a = V_b, I_a = -I_b, I_0 = 0 \quad (2.9)$$

である。これらの式を発電機基本式と連立させればよいこととなる。

今bc相短絡の条件式(2.7)を対称分の式に書き換えれば

$$\left. \begin{aligned} V_0 + a^2 V_1 + a V_2 &= V_0 + a V_1 + a^2 V_2 \\ I_0 + I_1 + I_2 &= 0 \\ I_0 + a^2 I_1 + a I_2 &= -(I_0 + a I_1 + a^2 I_2) \end{aligned} \right\} \quad (2.7)'$$

となり、さらに簡略すれば

$$V_1 = V_2, I_0 = 0, I_1 = 0, I_2 = -I_1 \quad (2.7)''$$

となる。ここで注意すべきことは $V_1 V_2$, $I_1 I_2$ はいずれも対称分に使ったもの、a相成分を表わしているということである。

同様にca相短絡の式は、

$$\left. \begin{aligned} V_0 + a V_1 + a^2 V_2 &= V_0 + V_1 + V_2 \\ I_0 + a^2 I_1 + a I_2 &= 0 \\ I_0 + a I_1 + a^2 I_2 &= -(I_0 + I_1 + I_2) \end{aligned} \right\} \quad (2.8)'$$

となり、さらに簡略化すると

$$a V_1 = V_2, I_0 = 0, a^2 I_1 = -a I_2 \quad (2.8)''$$

となる。ここの $V_1 V_2 I_1 I_2$ はいずれもa相分の対称分である。もしこれをb相基準の対称分 $V_{1b} V_{2b} I_{1b} I_{2b}$ に分解すれば、

$$\left. \begin{aligned} V_0 + a^2 V_{1b} + a V_{2b} &= V_0 + a V_{1b} + a^2 V_{2b} \\ I_0 + I_{1b} + I_{2b} &= 0 \\ I_0 + a^2 I_{1b} + a I_{2b} &= -(I_0 + a I_{1b} + a^2 I_{2b}) \end{aligned} \right\} \quad (2.10)$$

となり、

$$V_{1b} = V_{2b}, I_0 = 0, I_{1b} = -I_{2b} \quad (2.10)'$$

となり、a相基準の対称分に分けたbc相短絡故障と一致する。このことはベクトル図を描く時に非常に参考となることである。

またab相故障時は、

$$\left. \begin{aligned} V_0 + V_1 + V_2 &= V_0 + a^2 V_1 + a V_2 \\ I_0 + I_1 + I_2 &= -(I_0 + a^2 I_1 + a I_2) \\ I_0 + a I_1 + a^2 I_2 &= 0 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (2.9)'$$

となり、さらに簡略化すれば、

$$V_1 = a V_2, \quad I_0 = 0, \quad a I_1 = -a^2 I_2 \dots\dots\dots (2.9)''$$

となる。

(3) 2線地絡故障

この故障にはbc相地絡、ca相地絡、ab相地絡の3種類がある。

これらに対する条件式は、bc相地絡は

$$V_b = 0, \quad V_c = 0, \quad I_a = 0 \dots\dots\dots (2.11)$$

であり、ca相地絡は

$$V_c = 0, \quad V_a = 0, \quad I_b = 0 \dots\dots\dots (2.12)$$

であり、ab相地絡は

$$V_a = 0, \quad V_b = 0, \quad I_c = 0 \dots\dots\dots (2.13)$$

となる。これらの式を対称分に直し、さらに簡略化すれば

式(2.11)は、

$$\left. \begin{aligned} V_0 + a^2 V_1 + a V_2 &= 0 \\ V_0 + a V_1 + a^2 V_2 &= 0 \\ I_0 + I_1 + I_2 &= 0 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (2.11)'$$

さらに

$$\left. \begin{aligned} V_0 &= V_1 = V_2 \\ I_0 + I_1 + I_2 &= 0 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (2.11)''$$

式(2.12)は

$$\left. \begin{aligned} V_0 + a V_1 + a^2 V_2 &= 0 \\ V_b + V_1 + V_2 &= 0 \\ I_0 + a^2 I_1 + a I_2 &= 0 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (2.12)'$$

さらに

$$\left. \begin{aligned} a^2 V_0 &= a V_1 = V_2 \\ I_0 + a^2 I_1 + a I_2 &= 0 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (2.12)''$$

また式(2.13)は

$$\left. \begin{aligned} V_0 + V_1 + V_2 &= 0 \\ V_0 + a^2 V_1 + a V_2 &= 0 \\ I_0 + a I_1 + a^2 I_2 &= 0 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (2.13)'$$

さらに

$$\left. \begin{aligned} a^2 V_0 &= V_1 = a V_2 \\ I_0 + a I_1 + a^2 I_2 &= 0 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (2.13)''$$

となる。これらの式は各対称分がa相基準の成分である。式(2.11)', (2.11)''の式と同様な形(式(2.11)''はa, a²の係数がない)にしようとするれば、ca相故障については、V_{1b}, V_{2b}, I_{1b}, I_{2b}を用いればよく、ab相故障については、V_{1c}, V_{2c}, I_{1c}, I_{2c}を用いればよいこととなる。

(4) 1線地絡故障

1線地絡にはa相1線地絡、b相1線地絡、c相1線地絡の3種類がある。

a相1線地絡の条件式は

$$V_a = 0, \quad I_b = 0, \quad I_c = 0 \dots\dots\dots (2.14)$$

であり、これを対称分に変換し、さらに簡略化すれば

$$\left. \begin{aligned} V_0 + V_1 + V_2 &= 0 \\ I_0 + a^2 I_1 + a I_2 &= 0 \\ I_0 + a I_1 + a^2 I_2 &= 0 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (2.14)'$$

$$\left. \begin{aligned} V_0 + V_1 + V_2 &= 0 \\ I_1 &= I_2 = I_0 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (2.14)''$$

となる。b相1線地絡は

$$V_b = 0, \quad I_a = 0, \quad I_c = 0 \dots\dots\dots (2.15)$$

であり、これを対称分に変換し、さらに簡略化すれば

$$\left. \begin{aligned} V_0 + a^2 V_1 + a V_2 &= 0 \\ I_0 + I_1 + I_2 &= 0 \\ I_0 + a I_1 + a^2 I_2 &= 0 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (2.15)'$$

$$\left. \begin{aligned} V_0 + a^2 V_1 + a V_2 &= 0 \\ I_0 &= a^2 I_1 = a I_2 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (2.15)''$$

となる。さらにc相1線地絡は

$$V_c = 0, \quad I_a = 0, \quad I_b = 0 \dots\dots\dots (2.16)$$

であり、これを対称分に変換し、さらに簡略化すれば

$$\left. \begin{aligned} V_0 + a V_1 + a^2 V_2 &= 0 \\ I_0 + I_1 + I_2 &= 0 \\ I_0 + a^2 I_1 + a I_2 &= 0 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (2.16)'$$

$$\left. \begin{aligned} V_0 + a V_1 + a^2 V_2 &= 0 \\ I_0 &= a I_1 = a^2 I_2 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (2.16)''$$

となる。これらの各種故障の条件を見ると、3線故障、a相1線地絡故障、bc相短絡故障、bc相2線地絡故障の"の付いた式が、aおよびa²の係数がないので等価回路が書きやすいこと、および他の不平衡故障の場合も前述した対称分の基準相を変換すれば、aおよびa²の係数を用いる必要のない式に書きかえ得るという意味から、単純故障の等価回路は一般に三相故障、a相1線地絡故障、bc相短絡故障、bc相2線地絡故障のみに限られて発表されている。

多重故障を考える場合は、上記4種類の故障のみでは不十分なのでここに示した。すべての種類の故障等価回路を図2.1に示す。図において、1:a, 1:a²のトランスが必要となるが、これは理論的には可能であるが、実際にアナログ計算で用いる交流計算盤に等価回路として組立てて計算するためのハードウェアを製作することは困難なので、そのような数値計算には使用することはできない。しかし、対称分要素を用いたリレーが現に存在するので、これに対する考察には役立つものである。

2.2 クラーク座標法による解⁽⁹⁾⁽¹⁰⁾

クラーク座標法は対称座標法ほどポピュラーではないが、対称座標法の等価回路が故障種類によっては、(1:a)(1:a²)というような移

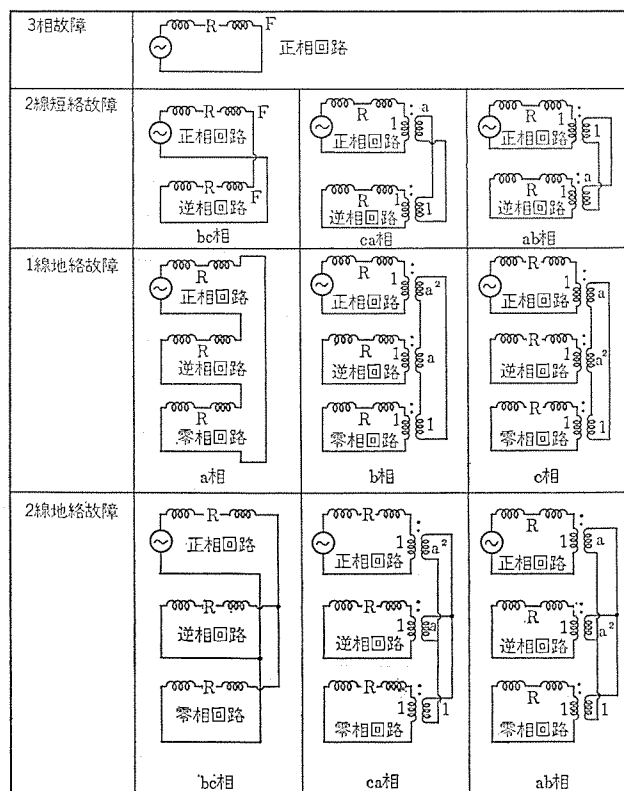


図 2.1 各種故障の対称座標法による等価回路

相変圧器を等価回路に必要であったのに対し、(1:2) (1:√3) のように変圧比のみ変えればよい変圧器で等価回路が構成できるので、複雑故障の数値計算をアナログ形の交流計算盤で行なえるという利点があり、複雑故障の数値計算には、昔はクラーク座標法のほうが使用されていた。対称座標法が各相の未知数 $V_a, V_b, V_c, I_a, I_b, I_c$ を別の未知数 $V_0, V_1, V_2, I_0, I_1, I_2$ に変換したのに対して、クラーク座標法では次の三つの成分の電圧・電流に分解する。

- (1) 各相電流の和電流を 0 回路電流 I_0 とする。
- (2) a 相から流出し b 相および c 相に等分に帰る電流を α 回路電流 I_α とする。
- (3) b 相 c 相の間を環流する電流を β 回路電流 I_β とする。

これらの電流と各相電流、その回路の電圧と各相電圧の関係は次式で表わされる。

$$\left. \begin{aligned} V_a &= V_\alpha + V_0 \\ V_b &= -\frac{1}{2}V_\alpha + \frac{\sqrt{3}}{2}V_\beta + V_0 \\ V_c &= -\frac{1}{2}V_\alpha - \frac{\sqrt{3}}{2}V_\beta + V_0 \end{aligned} \right\} \quad (2.17)$$

$$\left. \begin{aligned} I_a &= I_\alpha + I_0 \\ I_b &= -\frac{1}{2}I_\alpha + \frac{\sqrt{3}}{2}I_\beta + I_0 \\ I_c &= -\frac{1}{2}I_\alpha - \frac{\sqrt{3}}{2}I_\beta + I_0 \end{aligned} \right\} \quad (2.18)$$

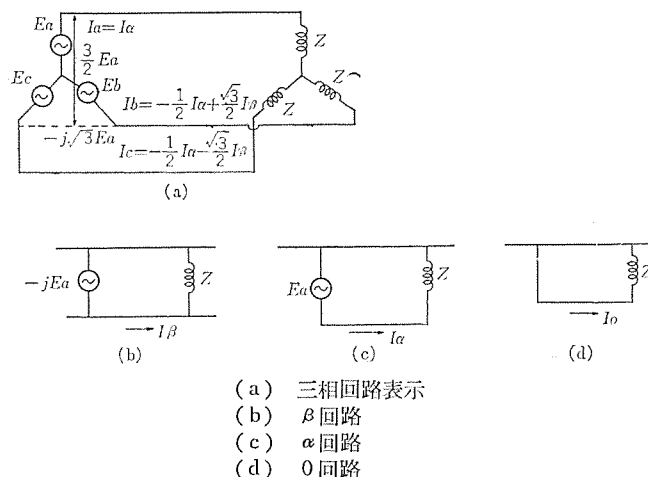


図 2.2 クラーク座標法の平常時電圧電流

三相平衡状態においては、a 相電圧を E_a 、b 相電圧を E_b 、c 相電圧を E_c とすれば $E_b = a^2 E_a$ 、 $E_c = a E_a$ であるので、

$$V_\alpha = E_a, \quad V_\beta = -jE_a, \quad V_0 = 0 \quad (2.19)$$

同様に電流については、

$$I_\alpha = I_a, \quad I_\beta = -jI_a, \quad I_0 = 0 \quad (2.20)$$

式となる。いま図 2.2 のように三相平衡した電源から、三相平衡した Y 接続の負荷に電力を供給している場合を考え、これに流れる各相電流を α, β 回路電流で示せば図中に示したようになる。このうち β 回路電流を見ると、これは b c 相を環流するループ回路電流であるが、この回路の起電力は $-j\sqrt{3}E_a$ であり、インピーダンスは $2Z$ となるので、このループの電流は

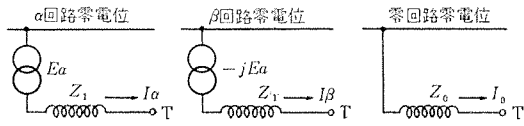
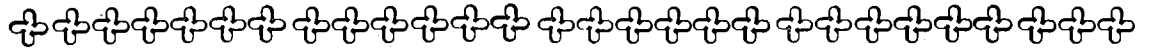
$$\frac{-j\sqrt{3}E_a}{2Z} = \frac{(-jE_a)\sqrt{3}/2}{Z} \quad (2.21)$$

で表わされることとなる。すなわちこの回路では、 $\sqrt{3}I_\beta/2$ の電流が図示のように流れることとなるので、β 回路は起電力が $-jE_a$ 、インピーダンスを Z とした図 2.2 (b) の回路を考えればよいこととなる。また α 回路を考えると、このループ回路の起電力は $3E_a/2$ であり、回路インピーダンスは

$$Z + \frac{1}{\frac{1}{Z} + \frac{1}{Z}} = 3Z/2$$

であるから、α 回路は起電力が E_a 、インピーダンスを Z とした図 2.2 (c) の回路を考えればよいこととなる。0 回路も同様であるが、この場合は起電力がなく図 2.2 (d) のようになる。これから発電機の等価回路は、図 2.3 のごとく表わされる。もっともこれは、正相インピーダンスと逆相インピーダンスが相等しいという条件での話であり、もしこれが相違する時はやや複雑な形となるが、現在われわれが行なおうとしている複雑故障の計算という面からいえば、これで十分と思われるので $Z_1 \neq Z_2$ の回路については省略したい。

正相逆相インピーダンスの等しい対称回路では、α, β, 0 回路相互間のインピーダンスは 0 となるので、発電機の一般式は



(a) α 回路 (b) β 回路 (c) 0 回路

図 2.3 クラーク座標法の α, β, 0 回路 (発電機)

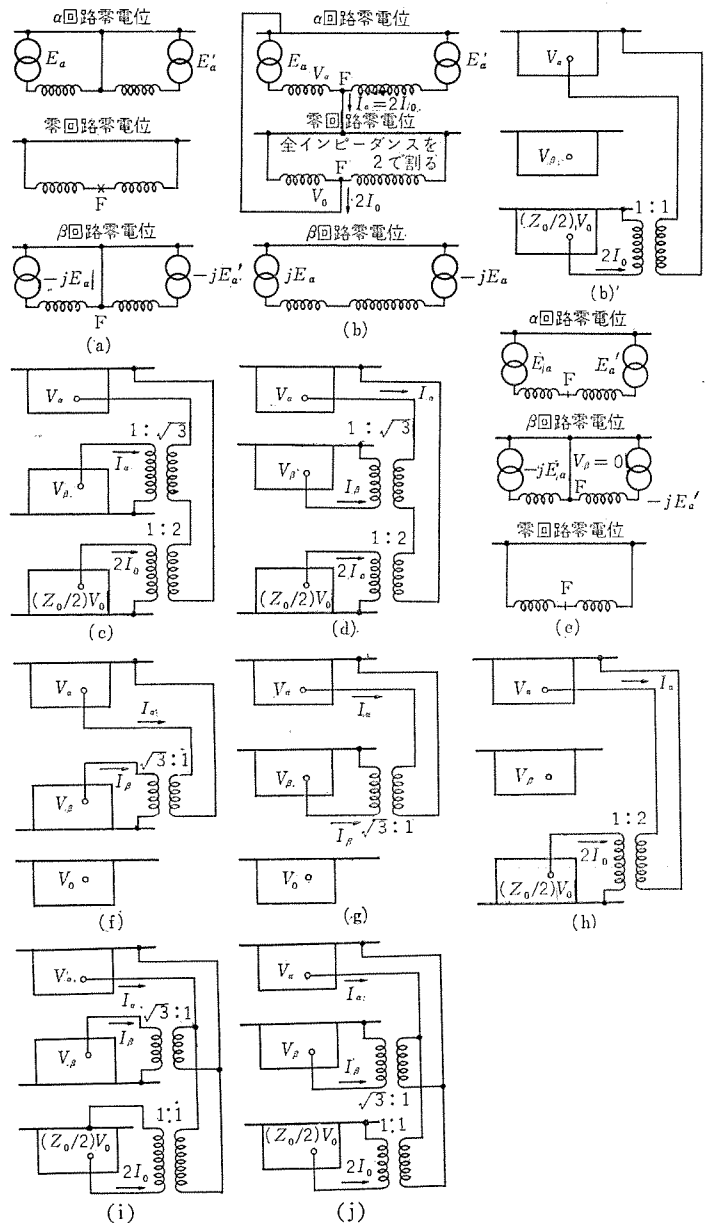
表 2.1 各種故障のクラーク座標法における電圧・電流成分の比

ケース	故障種類	故障に含まれる相名	故障点の電圧成分式	故障に流入する電流成分式
I a)	三相	a, b, c	$V_\alpha=0; V_\beta=0$	$I_0=0$
b)	三相	a, b, c 接地	$V_\alpha=0; V_\beta=0; V_0=0$	
II a)	一相接地	a 接地	$V_\alpha=-V_0$	$I_\beta=0; I_\alpha=2I_0$
b)	一相接地	b 接地	$V_\alpha=\sqrt{3} V_\beta+2V_0$	$I_\alpha=-\frac{I_\beta}{\sqrt{3}}; I_\alpha=-I_0$
c)	一相接地	c 接地	$V_\alpha=-\sqrt{3} V_\beta+2V_0$	$I_\alpha=\frac{I_\beta}{\sqrt{3}}; I_\alpha=-I_0$
III a)	線間短絡	b と c	$V_\beta=0$	$I_\alpha=0; I_0=0$
b)	線間短絡	a と b	$V_\alpha=\frac{V_\beta}{\sqrt{3}}$	$I_\alpha=-\sqrt{3} I_\beta; I_0=0$
c)	線間短絡	a と c	$V_\alpha=-\frac{V_\beta}{\sqrt{3}}$	$I_\alpha=\sqrt{3} I_\beta; I_0=0$
IV a)	2 線地絡	bc 接地	$V_\beta=0; V_\alpha=2V_0$	$I_\alpha=-I_0$
b)	2 線地絡	ab 接地	$V_\alpha=\frac{V_\beta}{\sqrt{3}}; V_\alpha=-V_0$	$I_\alpha=-\sqrt{3} I_\beta+2I_0$
c)	2 線地絡	ac 接地	$V_\alpha=-\frac{V_\beta}{\sqrt{3}}; V_\alpha=-V_0$	$I_\alpha=\sqrt{3} I_\beta+2I_0$

$$\left. \begin{aligned} V_\alpha &= E_\alpha - Z_1 I_\alpha \\ V_\beta &= -jE_\alpha - Z_1 I_\beta \\ V_0 &= -Z_0 I_0 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (2.22)$$

となる。故障条件の式は、各故障に対して式(2.4)(2.7)(2.8)(2.9)(2.11)(2.12)(2.13)(2.14)(2.15)(2.16)の各相分の式が用いられ、これらの式と式(2.22)と連立して故障時の電圧・電流を求めることができる。

これらの各故障の条件式を表にしたものが、表 2.1 であり、表 2.1 に従って、各故障の等価回路を示したものが、図 2.4 である。すなわち 3 線故障は故障点において α 回路、β 回路共 0 電位母線を短絡した図 2.4 (a) である。1 線地絡故障 a 相は、α 回路と 0 回路のインピーダンスを 1/2 にした回路において故障点の α 回路の電圧と 0 回路の電圧を 1:1 のトランスで逆接続した図 2.4 (b), (b') のようになる。b 相 1 線地絡は表 2.1 の式に従って図 2.4 (c), c 相 1 線地絡は同じく図 2.4 (d) のように接続すればよい。bc 相 2 線短絡は図 2.4 (e) のごとく β 回路の故障点と 0 電位母線を短絡すればよく α および 0 回路は無関係となる。ca 相 2 線短絡は、図 2.4 (f), ab 相 2 線短絡は図 2.4 (g) のごとく接続すれば表 2.1 の式を満足することができる。同様に bc 相 2 線地絡は、図 2.4 (h), ca 相 2 線地絡は図 2.4 (i), ab 相 2 線地絡は図 2.4 (j) のようにすればよい。



- (a) 三相故障
- (b) a 相 1 線地絡故障
- (b') a 相 1 線地絡故障
- (c) b 相 1 線地絡故障
- (d) c 相 1 線地絡故障
- (e) b c 相 2 線短絡故障
- (f) c a 相 2 線短絡故障
- (g) a b 相 2 線短絡故障
- (h) b c 相 2 線地絡故障
- (i) c a 相 2 線地絡故障
- (j) a b 相 2 線地絡故障

図 2.4 各種故障時のクラーク座標法による等価回路

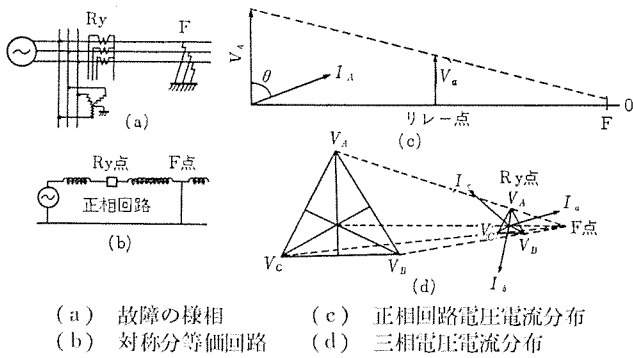


図 2.5 三相故障時の電圧電流ベクトル

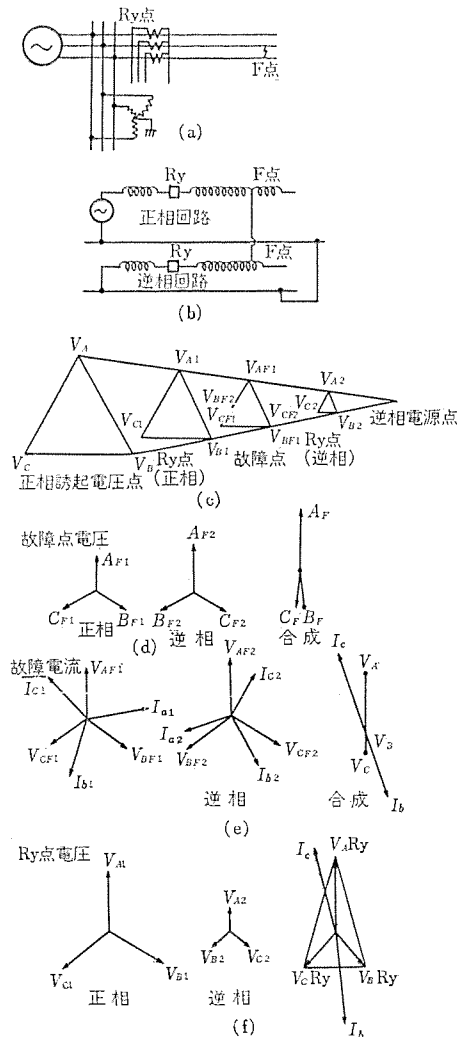


図 2.6 b c 相 2 線短絡故障の電圧電流ベクトル

2.3 ベクトルの解法

本節では対称分による解法と、ベクトル図的解法の関連から、各故障時の電圧・電流ベクトル図を示す。

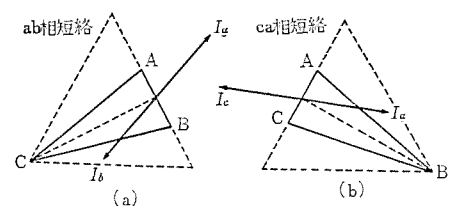
(1) 3 線故障

三相短絡故障の等価回路を対称分回路を用いて描くと、図 2.5 のごとくなる。故障点 F においては正相電圧は 0 であり、内部誘起電圧点では三相平衡した平常時の電圧がそのまま存在する。電流はこの内部誘起電圧を線路インピーダンス（通常遅れ $45^{\circ} \sim 85^{\circ}$ の $r + jx$ で表わされる）で割った値であるので、正相電圧より上記の位相角遅れたものである。電流はこの値が全線同一となる。一方電圧は線路の中間点では、流れる電流によるインピーダンス降下の電圧が残るので、故障点に近づくほど 0 に近く、電源点に近づくほど常規電圧に近くなる。この正相電圧を三相電圧に書き直せば、図 2.5 (d) のごとく各点において三相バランスした電圧、および電流が検出されることとなる。

(2) 2 線短絡故障

図 2.6 に b c 相 2 線短絡故障の等価回路を示す。この回路を見ると、正相電源から正相逆相インピーダンスを通して逆相電源点で短絡された形となる。これから電源点、リレー点および故障点の電圧関係を示したものが図 2.6 (c) である。これから故障点における各相電圧を合成すると、正相逆相電圧が等しいので図 2.6 (d) のごとくなる。また電圧と電流の位相は、正相は図 2.6 (e) のごとく正相電圧に対して正相電流が線路インピーダンス角だけ遅れ、逆相電流は逆相電圧に対して線路インピーダンス角だけ遅れたものの逆位相となる。したがってこれらの電流を合成すると図のようになるわけで、a 相電流は正相逆相位相が逆位相で大きさが相等しいから合成すると 0、 I_b 、 I_c は逆位相で、この位相が I_b は V_{bc} に対して線路インピーダンス角だけ遅れた形となる。リレー点では電流は故障点のものと相等しいが、電圧は故障点に比べて正相電圧は大きく、逆相電圧は小さいため合成すると図 2.6 (f) のごとくなり、この各相電圧と $I_b I_c$ の位相は図示したようになる。

また c a 相短絡、a b 相短絡については、前者は b 相基準の正相逆相電圧を、後者は c 相基準の正相逆相電圧を用いれば図 2.6 と同様の関係になるので対称分で表わした図面を省略するが、リレー点の各相電圧電流は図 2.7 (a)、(b) のごとくなることは容易にわかると思う。

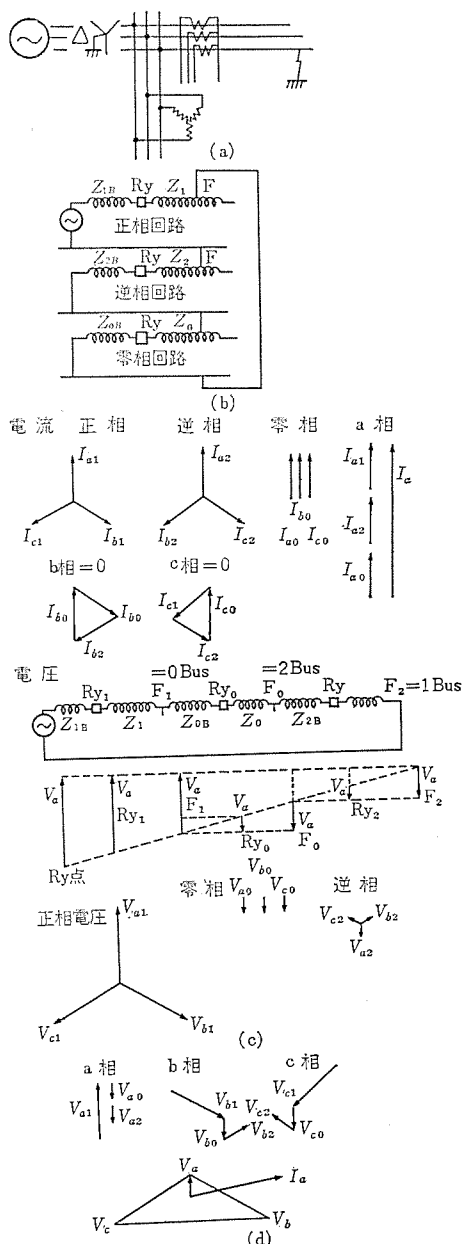


(a) a b 相 2 線短絡故障時のリレー点電圧電流ベクトル
(b) c a 相 2 線短絡故障時のリレー点電圧電流ベクトル

図 2.7

(3) 1線地絡故障

高インピーダンス接地系統の1線地絡故障では故障電流はほとんど流れず、等価回路においても故障点の正相電圧が、ほとんど零相回路にかかるため、電圧三角形はひずまず接地相電位が大地電位になるだけである。故障点からはなれたリレー設置点においては、故障点とリレー点間の電流によるインピーダンス降下がこれに加わる形となる。



(a) 故障の様相
(b) 対称分等価回路
(c) 対称分電圧電流および各相電流
(d) 各相電圧電流のベクトル

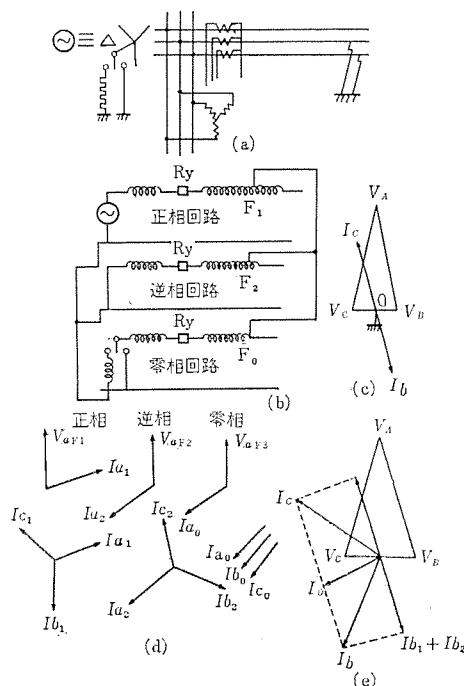
図 2.8 直接接地系統の a 相 1 線地絡故障

る。この場合電圧三角形はほとんど変化しないので、負荷電流はそのまま残り、かつこれは故障による電流よりも一般に大きいので、リレー点の対地電圧は負荷電流により左右される度合いが大きい。ことに単相両回路リレーを用い1端が先行しゃ断するとこの関係はさらに顕著となる。

直接接地系統の1線地絡故障の等価回路は図 2.8 (b) のごとくなる。この場合変圧器の中性点の電位はほぼ0に保たれるから、(b) を書き直して、(c) のような回路に対する各対称分電流を求めると (d) のようになる。電圧は故障点においては $V_1 = -(V_2 + V_0)$ となるが、継電器設置点では (e) のごとく $|V_1| > |V_2 + V_0|$ になりだいたい図のようになる。

(4) 2線地絡故障

図 2.9 に2線地絡故障の等価回路および電圧電流ベクトル図を描く。高抵抗接地系統においては、(b) の等価回路において零相回路は逆相回路と並列となるので、零相回路電流はほとんど流れないから、電圧電流ベクトル図は (c) のように2線短絡故障とほぼ同様となる。しかしただ一つ違う点は2線地絡故障時は2線短絡故障と違って故障点に零相電圧が発生するため、故障点における故障二相の電圧は0となる。このことは (c) の電圧電流ベクトル図において、大地電位点が2線短絡故障時は電圧三角形の重心点であったものが、



(a) 故障の様相
(b) 対称分等価回路
(c) 高インピーダンス接地系統の場合のリレー点各相電圧電流ベクトル
(d) 直接接地系統の対称分電圧電流
(e) 直接接地系統のリレー点各相電圧電流ベクトル

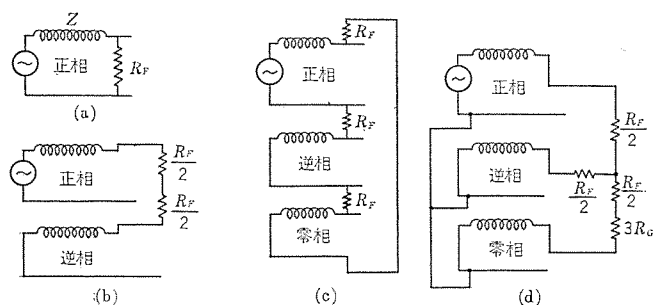
図 2.9 b c 相 2 線地絡故障

2線地絡故障時はbc相電圧の midpoint に移行したにすぎない。

直接接地系統では零相電流も相当流れることとなるので、bc相2線地絡故障時の各対称分電流は(d)のごとくなり、これを合成した各相電流および各相電圧は(e)のごとくなる。もっともこの図は1例であって、故障点においては正相逆相零相インピーダンスがほぼ等しい(3線短絡故障電流と1線地絡故障電流が相等しい)が、この電流が故障の両側から流入し、継電器設置点の電圧・電流はその点から背後の正相インピーダンスと零相インピーダンスの比に左右されて、正相逆相零相電流が図のように等しい場合のみでないで、それによって継電器動作にいろいろ影響を与えるが⁽¹¹⁾、これについては本文では省略したい。

2.4 故障抵抗の影響

本節では故障抵抗のそなわった場合について解説する。図2.10は対称分等価回路に故障抵抗をそ入した図面である。すなわちフーリエの定理によれば、故障点から見た正相逆相零相インピーダンスを $Z_1' Z_2' Z_0'$ 、故障抵抗を R_F とすれば、3相故障の故障電流は $E/(Z_1' + R_F)$ となるので(a)の等価回路となる。bc相線間短絡は $E/(Z_1' + Z_2' + R_F)$ となるので(b)の回路となる。a相1線地絡の場合も同様に $E/(Z_1' + Z_2' + Z_0' + 3R_F)$ となり(c)、bc相2線地絡の場合は(d)のようになる。ただし R_F は大地抵抗である。今、これらのベクトル図を描くと図2.11のとおりとなる。すなわち、3相短絡では(a)のごとく抵抗両端の電圧は電流と同相であり、それより電源端に近づくに従って内部誘起電圧位相に近くなるよう、各端子で電圧位相がずれていく。bc相短絡の場合は図(b)のごとく $|V_{AB}| > |V_{AC}|$ となり、二等辺三角形でなくなるのが特長である。1線地絡の場合は図2.11(c)のごとく対称分に分けた各電圧成分を等価回路から求めて合成することができる。これによれば抵抗なしの1線地絡の電圧に対して、地絡相電圧のみ抵抗分ドロップが加わるので三角形はゆがんだ形となる。2線地絡については図は描かないが、高抵抗接地系統の場合は2線短絡と同様に電圧三角形がゆがみ、接地点がbc相の midpoint にくる。また直接接地の場合

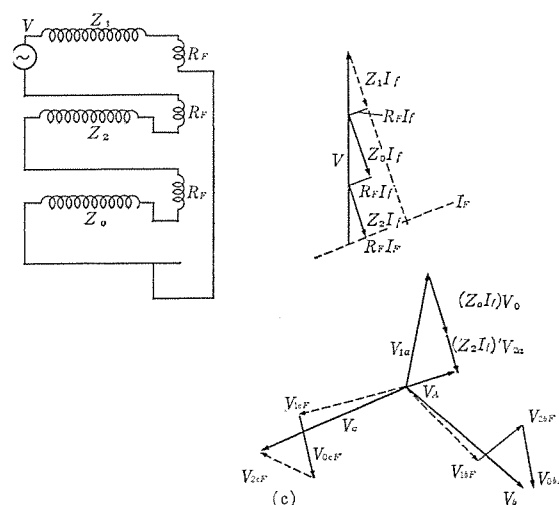
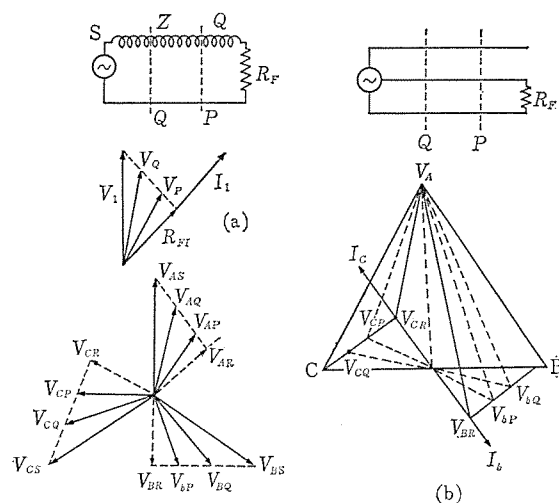


(a) 三相故障
(b) bc相2線短絡故障
(c) a相1線地絡故障
(d) bc相2線地絡故障

図2.10 故障抵抗をともなった場合の各故障の対称分等価回路

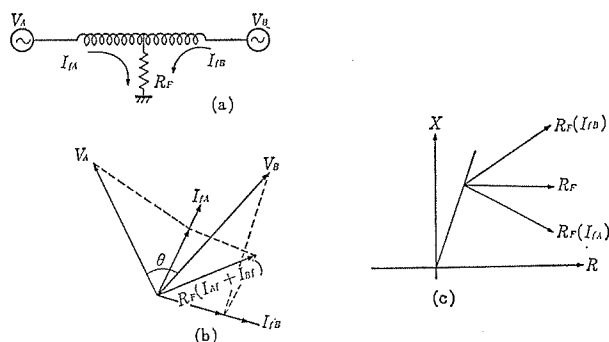
はさらに複雑となるが、電圧三角形が高抵抗接地系統の場合よりさらに $V_b V_c$ が小さくなるので、形は大差なく全体として小さくなった感じとなる。

故障抵抗の今一つの影響は重負荷送電線での故障で、相手側から流入する電流の影響である。図2.12にその例を示したが、 V_A と V_B が(b)のごとく θ だけ相差角があるとすると、 V_A から流れる電流 I_{fA} と V_B から流れる電流 I_{fB} の両方による抵抗の電圧降下は $R_F(I_{fA} + I_{fB})$ で I_{fA} 、 I_{fB} と位相が異なっている。リレー点では相手端からの電流は原則として測定できないので、 I_{fA} で見るリレーは $R_F(I_{fA} + I_{fB})$ を I_{fA} のみの電圧降下と感ずるから、(c)の $R-X$

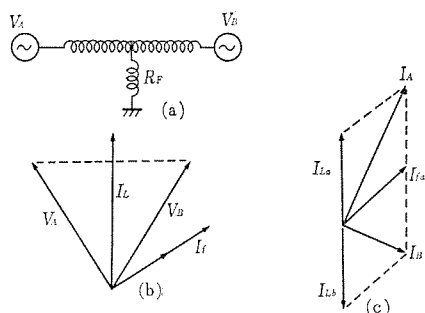


(a) 3線故障
(b) bc相2線短絡故障
(c) 直接接地系統のa相1線地絡故障

図2.11 故障抵抗をともなった場合の電圧電流ベクトル



(a) 系統および故障抵抗
(b) 電圧電流ベクトル
(c) リレーから見た故障抵抗のインピーダンス
図 2.12 両端電源の故障抵抗の影響



(a) 系統図
(b) 系統電圧および負荷電流・故障電流ベクトル
(c) 両端電流ベクトル
図 2.13 負荷電流の影響

図で自端のみの電流ならば R 軸に平行な R_F に見えるが、 I_{FA} で見れば $R_F(I_{FA})$ のごとく $r-jx$ の形、 I_{FB} で見れば $r+jx$ の形に見え、リアクタンス特性のリレーだとのオーバリーチ、アンダリーチとなり得る⁽¹²⁾。

また両端電流の位相比較するリレーでは、負荷電流および外部故障では両端電流の位相が 180° である。重負荷で故障が発生すると負荷電流に故障による電流が(両端で同相の成分)重畳する。したがって負荷電流とこの故障電流の大きさ、および位相によって内部故障でも両端の電流位相がかなり開くことがある。図 2.13 にこの様子を示す図を描く。またこのことは正相電流で位相比較する場合の抵抗なしの 2 線短絡、地絡、1 線地絡でも故障点に逆相・零相インピーダンスがはいる形となるので、同様な影響があらわれる。

3. 多重故障の解析⁽¹³⁾

多重故障には各種の形態があるが、継電器動作の解析には、次の 3 種について考慮すれば十分と思っている。

- (1) 兩回線同一地点の故障
- (2) 継電器設置点より同一方向の故障
- (3) 継電器設置点をはさむ故障

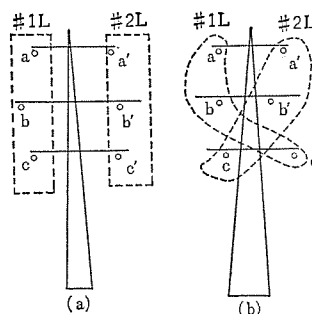


図 3.1 2 回線併架鉄塔

これらの故障について解析すれば、兩回線故障の負荷端における継電器動作、兩回線同一地点でない故障、継電器設置点をはさむ故障で両端電源容量に非常に差がある場合等に、上記 3 種類の応用として考察できるものとする。

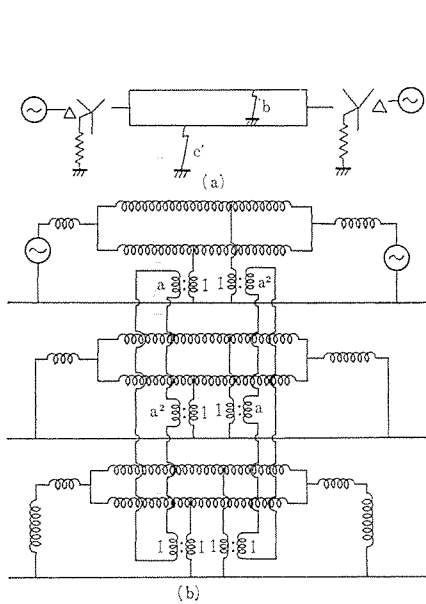
3.1 兩回線同一地点の故障

この種の故障、たとえば 1 号線 b 相、2 号線 c' 相の同一地点兩回線故障を考える時、通常 2 回線鉄塔を考えると引出口母線では 1, 2 号線共通になっているから、たとえば図 3.1 の鉄塔構造において実際の運用は a 図のような配置となっているものを、便宜上(b)のごとく 1 号線 a b 相 2 号線 c' 相で 1 号線、2 号線 a' b' 相と 1 号線 c 相で 2 号線と考えた時のインピーダンスの差を考慮すると、たとえば本来の 1 号線 b c 相故障時に電流を制限するインピーダンスは、電線の自己インダクタンスを L_s 、回線内相互インダクタンスを L_m 、電線の抵抗分を r とすれば、 $r+j\omega(L_s-L_m)$ となる。

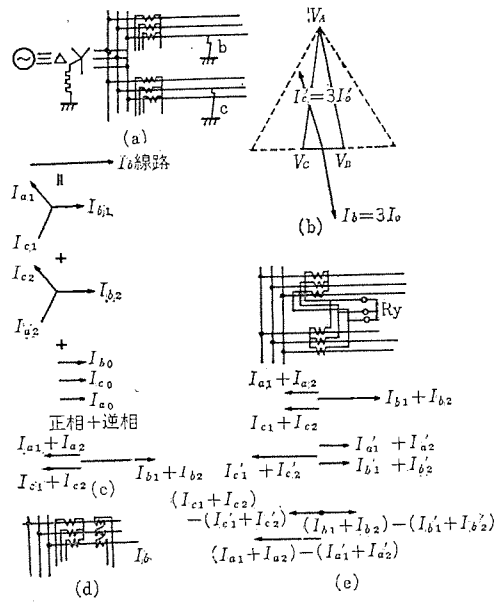
一方回線間相互インダクタンスを L_m' とすれば、1 号線 b 相と 2 号線 c' 相の兩回線故障時に電流を制限するインピーダンスは、 $r+j\omega(L_s-L_m')$ となる。この両者 (L_s-L_m) と (L_s-L_m') の値は 2 回線鉄塔の送電線構造では大差ないといえる、この点に注目する。すなわちたとえばわが国最初の 275 kV 送電線新北陸幹線においては、 $L_s=2.18$ mH/km, $L_m=0.84$ mH/km, $L_m'=0.76$ mH/km であり、 $L_s-L_m=1.34$ mH/km, $L_s-L_m'=1.42$ mH/km となる。したがって 1 号線 b c 相短絡故障を制限する 2 回線共通母線から故障点までのインピーダンスと、1 号線 b 相 2 号線 c' 相兩回線故障を制限する 2 回線共通母線から故障点までのインピーダンスは 6% の差もないこととなる。

したがって継電器設置点の電圧は、同一回線の同地点の 2 線式では 3 線故障と相等しく、電流はおのの故障相の電流とすればよい。この時の同一回線 2 線地絡故障との差は各回線の電流が 1 本であり、したがって、零相電流・逆相電流が多くなることである。

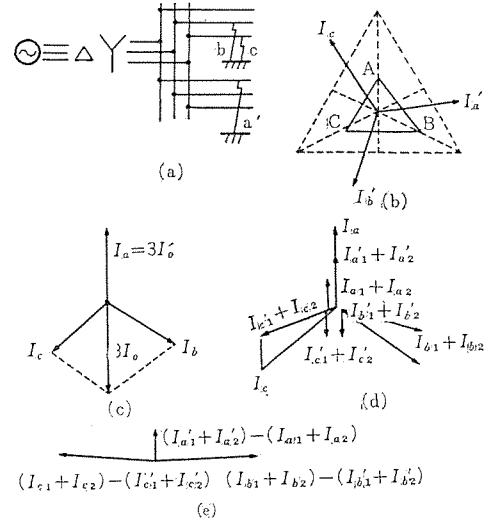
このことは図 3.2 の対称分等価回路を見てもわかるように 1 号線 b 相に加えられる零相電圧と、2 号線 c' 相に加えられる零相電圧位相が 120° ずれることになり、兩故障点間の零相線路インピーダンスに制限された電流が流れることとなる。高インピーダンス接地系統の零相インピーダンスは、大地に対して大きい値をとっているだけであるの



(a) 故障の様相
(b) 対称分等価回路
図 3.2 多重故障の等価回路



(a) 故障の様相
(b) リレー点の電圧電流ベクトル
(c) 三次巻線付き CT の 2 次および三次巻線電流
(d) 三次巻線付き CT 接続
(e) 両回線差電流
図 3.3 高インピーダンス接地系統の両回線故障時の電圧電流ベクトル (1 号線 b 相 2 号線 c' 相)



(a) 故障の様相
(b) 電圧電流ベクトル
(c) 1, 2 号線電流
(d) 三次巻線付き CT 二次電流
(e) 両回線差電流
図 3.4 高インピーダンス接地系統の両回線故障時の電圧電流ベクトル (1 号線 b 相 2 号線 a' 相)

で、この零相電流は非常に大きい値となる。逆相電流についても同様のことがいえるが、逆相回路は電源点で 0 電位母線と接続されているので、両故障点間の逆相電流は電源点への電流との分流となるので、それほど注目されていない。

上記二つの考え方、すなわち対称分回路で考える方法と両回線の電線中故障線のみ同一回線と考えてベクトル図を作り、後に電流のみ故障回線電流として各対称分に分ける方法とを示した。一方クラーク座標法による場合は、図 2.4 の故障接続を各故障点で行なえばよいこととなるので省略する。上記 3 種の解析方法で、ベクトル図によるものが最も簡単なので、本文ではこの方法による解析で説明したい。

(1) 1 線 1 線故障

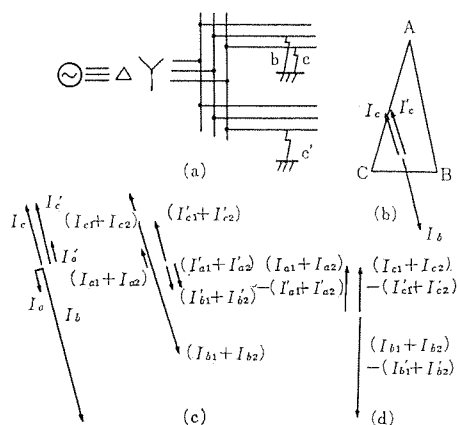
図 3.3 (a) のとき 1 号線 b 相 2 号線 c' 相の電圧電流ベクトル図は図 3.3 (b) のごとくなることは、前述の説明で容易に理解できよう。すなわち電圧三角形および接地点は同一回線 2 線地絡故障とほぼ同一である。しかしここで同一回線 2 線地絡との相違は 1 号線は b 相電流のみ、2 号線は c 相電流のみなので、これを対称分に分解すると (c) のごとく 1 号線 b 相電流は図のように分解でき、b 相電流の 1/3 ずつの正相・逆相・零相電流が流れていることとなる。高インピーダンス接地系統においては負荷電流に比べて地絡故障電流が小さいので、しばしば (d) のような三次巻線を使用した場合がある

が、この場合 CT 二次巻線には零相電流を差引いた電流が流れるので、a 相・c 相にも図示したような $I_{a1}+I_{a2}$ 、 $I_{c1}+I_{c2}$ が b 相二次巻線電流 $I_{b1}+I_{b2}$ と逆向きで大きさ 1/2 の電流が流れる。

またこのような CT を交差接続し平衡継電器を利用している時は、1 号線 b 相電流と 2 号線 c 相電流により零相電流は各相電流の 1/3 が逆向きに流れるので 1, 2 号線の差電流は各相電流の 2/3 となり、CT 二次の各相電流の差電流は図 3.3 (e) に示すように故障のない a a' 相の差電流 $(I_{a1}+I_{a2})-(I_{a1}'+I_{a2}')$ (ダッシュをつけたものは 2 号線電流) が、故障の発生した b 相差電流 $(I_{b1}+I_{b2})-(I_{b1}'+I_{b2}')$ 、c 相電流 $(I_{c1}+I_{c2})-(I_{c1}'+I_{c2}')$ の 2 倍となることとわかる。この零相電流と、非故障相電流の増大が平衡継電器を誤動作に至らしめる大きな原因となる。

(2) 2 線 1 線故障 (同一相を含め総合 3 線故障の場合)

図 3.4 (a) のように 1 号線 b c 相、2 号線 a' 相故障を考える。1 号線 b c 相および 2 号線 a' 相の 3 本を同一回線と見なせば、前述の理由により、リレー点の電圧電流ベクトル図は図 3.4 (b) のごとく容易に描ける。この時の各回線零相電流は、2 号線では a' 相電流と同相で大きさは a 相電流の 1/3、1 号線では b c 相電流の和の 1/3 であるので 2 号線と大きさ相等しく逆向きであることが図 3.4 (c) から明らかであろう。この電流のうち 3 次付き CT の二次巻線に流れる電流を示すと (1) の時と同様の手法により図 3.4 (d) の



(a) 故障の様相
(b) 電圧電流ベクトル
(c) 三次巻線付き CT の二次、三次電流
(d) 両回線差電流

図 3.5 高インピーダンス接地系統の両回線故障時の電圧電流ベクトル

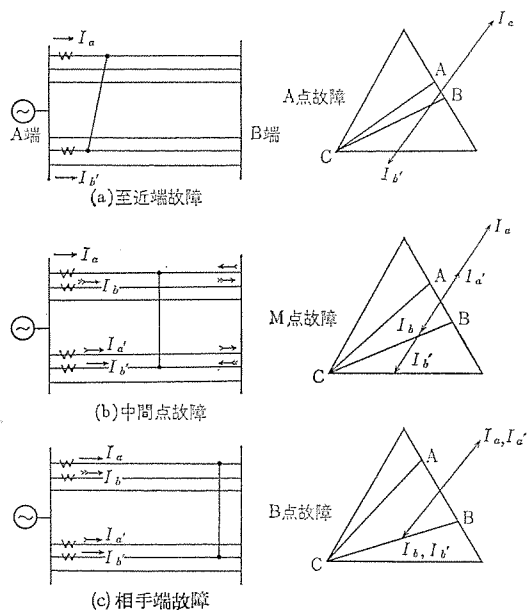


図 3.6 片端電源系統の両回線故障時の電圧電流ベクトルの故障位置による変化

ごとくなり、この電流の1号線および2号線の差電流を示すと図3.4(e)のごとくなる。

(3) 2線1線故障(両回線に同一相を含む総合2線故障の場合)

図3.5(a)に1号線bc相、2号線c'相というように両回線に同一相c相を含む総合2線故障を考える。この場合1号線b相より流入した故障電流は、1号線c相と2号線c'相に分流して電源にもどる。これらの電流を制限するインピーダンスは、1号線b相から1号線c相へは $j\omega(L_S - L_m)$ 、1号線b相から2号線c'相へは $j\omega(L_S - L_m')$ となるので、若干2号線c'相電流より、1号線c相電流のほ

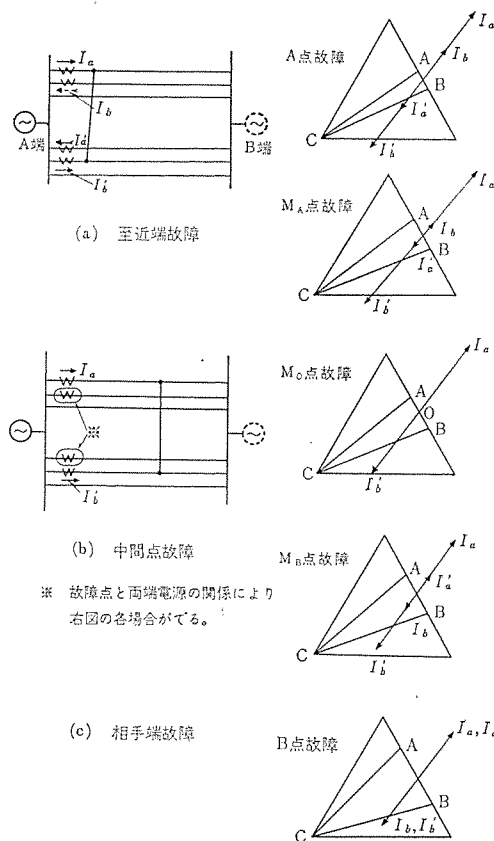


図 3.7 両端電源系統の両回線故障時の電圧電流ベクトルの故障位置による変化

うが大きいはずであるが、しかし便宜上この解析では上記の誤差は少ないとの立場で解析しているので、等しいと考えて進めることとする。このような条件で電圧・電流ベクトル図を示すと、図3.5(b)のごとくなる。この場合各回線零相電流は各回線合成電流の1/3であるのでc相電流の1/3、方向は1号線2号線で逆向きである。また3次付きCT回路の二次巻線電流は図3.5(c)のようになり、この電流で平衡継電器を動作させる場合の差電流は図3.5(d)のごとくなる。

(4) 故障位置による相電流分布

(a) 前方に電源がない場合

両回線故障点の位置により1号線a相2号線b'相故障時でも、a相電流が2号線から相手端母線を回って流入することがあり、この流入電流が故障位置により相違する。図3.6は相手端電源がない場合の故障位置による電流分布の相違を示したもので、(a)は自端付近の故障であり、故障電流はほとんど1号線a相2号線b'相電流のみでab相線間電圧もほとんど0であるが、(b)の中間点故障の時は1号線a相故障へ2号線から相手端母線回りの電流が生じ、(c)のごとく相手端母線近くの故障では1、2号線はほとんど等しいa相a'相電流と零相b'相電流が流れることとなる。

(b) 前方に電源がある場合

この場合は、(a) のケースの電流に前方電源からの電流が相加わった状態となる。したがって至近端故障の時は図 3.7 (a) のように相手端からの電流により、1 号線 b 相電流、2 号線 a' 相電流が生じ、これが 2 号線 b 相電流、1 号線 a 相電流と逆向きとなるので、各回線零相電流は一端電源の場合より大きくなる。中間点故障の場合は自端からの故障電流と、相手端からの故障電流により、両端電源容量の大きさの比、区間内インピーダンスの関係で図 3.7 (b) のごとく 1 号線 b 相、2 号線 d' 相の電流は三つのケースが生ずる。相手端付近の故障では相手端電源からの電流はほとんど影響しないので、図 3.7 (c) のごとく相手端電源なしの場合と同様となる。

また他の故障ケースの場合も同様な考え方で検討すれば、同様にベクトル図は描ける。

3.2 継電器から同一方向異地点の故障

(1) 一般的考察

図 3.8 のように、継電器から同一方向の近くに b 相、遠方に c 相の故障が発生した時の電圧電流を考える。(a) は高インピーダンス接地系統の場合であり、b 相地絡電流はほとんど図のごとく大地を流れて c 相地絡点から c 相電流となって電源にもどると考えられる。この場合電流を制限するインピーダンスは、電源から b 相故障点までは (b) のごとく正相逆相インピーダンスであり、b 相故障点と c 相故障点の間は零相インピーダンスも作用する。すなわち b 相故障点の c 相対

地電圧 V_c は、図のように電線自己インピーダンスを Z_s 、大地自己インピーダンスを Z_s' 、電線と大地の相互インピーダンスを Z_m' 、大地電流を $3I_0$ とすれば

$$\begin{aligned} V_c &= Z_s I_c + 3Z_s' I_0 + 3Z_m' I_0 \\ &= (Z_s + 3Z_s' + 3Z_m') I_c \\ &= \left(\frac{2}{3} Z_1 + \frac{Z_0}{3} \right) I_c \dots\dots\dots (3.1) \end{aligned}$$

$$\text{ただし } Z_1 = Z_s - Z_m$$

$$Z_0 = Z_s + 2Z_m + 3Z_m' + 3Z_s'$$

$$I_b = I_1 = I_2 = \frac{1}{3} I_c$$

となり、c 相 1 線地絡故障時の b 相故障点電圧と等しくなる。また b 相故障点と c 相故障点の間は b c 相短絡故障と同じとなるので、結果的には図 3.8 (c) のように b 相故障点で b 相は直接地絡故障し、c 相は $(2/3 Z_1 + 1/3 Z_0)$ の故障インピーダンスを通して地絡故障を起したのと同じ電圧電流分布となる。したがって短絡距離継電器に見えるインピーダンスは両故障点の中間における b c 相短絡ではなく、b 故障点、c 故障点を 5/6 に内分する点において 2 線短絡が発生したように見える。

直接接地系統の場合は、図 3.8 (d) に示すように上記高インピーダンス接地系統の場合の電流に変圧器中性点にもどる電流が重畳することとなり、その電流は零相電圧から零相インピーダンス角だけ遅れることとなる。

(2) 距離継電器の見るインピーダンス

同一方向異地点の故障時の電圧電流の解析のため、この特長がはっきりする距離継電器の見るインピーダンスを描いてみよう。距離継電器の動作式は短絡用としては Z_s 地絡用 Z_G とすると、

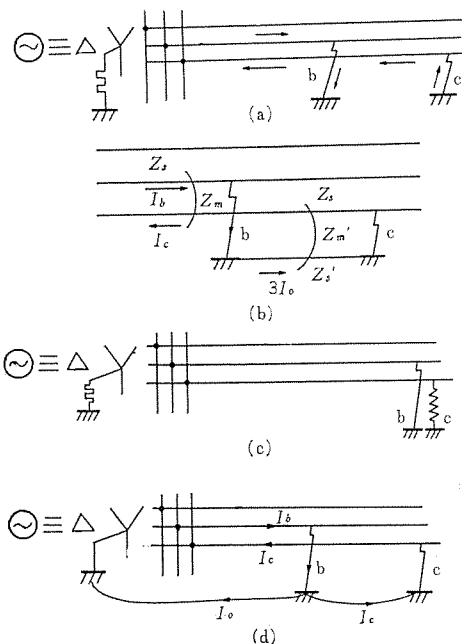
$$\left. \begin{aligned} Z_s &= (\Delta \text{電圧}) / (\Delta \text{電流}) \\ Z_G &= (\text{対地電圧}) / \{ (\text{線電流}) + k(\text{零相電流}) \} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (3.2)$$

で表わされるものとする。

図 3.9 (a) のように、両端直接接地 1 回線送電線で図のように異地点で a 相および b 相が故障した場合について検討する。まず同一地点の故障の場合は、故障から両端への正相電流と零相電流の比で地絡距離継電器の見るインピーダンスは若干異なるが、この比がほぼ等しいとすれば大略、線路インピーダンス線上に見ることとなる。

図 3.9 (b) のように近距離に a 相遠距離に b 相故障時のベクトル図を描くと、電圧三角形 A'B'C は中性点接地をなくした時に、同一電流となるような故障点 (a 相および b 相同一点) の時の電圧ベクトル図であり、E' 点は中性点を接地した時の故障点の接地電位とすると、リレー点の接地電位は E' に零相電圧降下を加えたもので E 点となる。実際の故障は a 相が近く、b 相が遠方であるから、リレー点では a 相電位は低く、b 相電位が高くなるはずであるから、電圧三角形は図示されたような $\triangle A'B'C$ の二等辺三角形でなく、 $\triangle ABC$ のごとくゆがんだ形となる。

電流は a 相線路から b 相線路にもどる電流 I_a' 、 I_b' と中性点にも



(a) 故障の様相
(b) 電流に抗するインピーダンス
(c) (a) と等価な同一地点故障
(d) 直接接地系の場合の電流分布

図 3.8 異地点故障

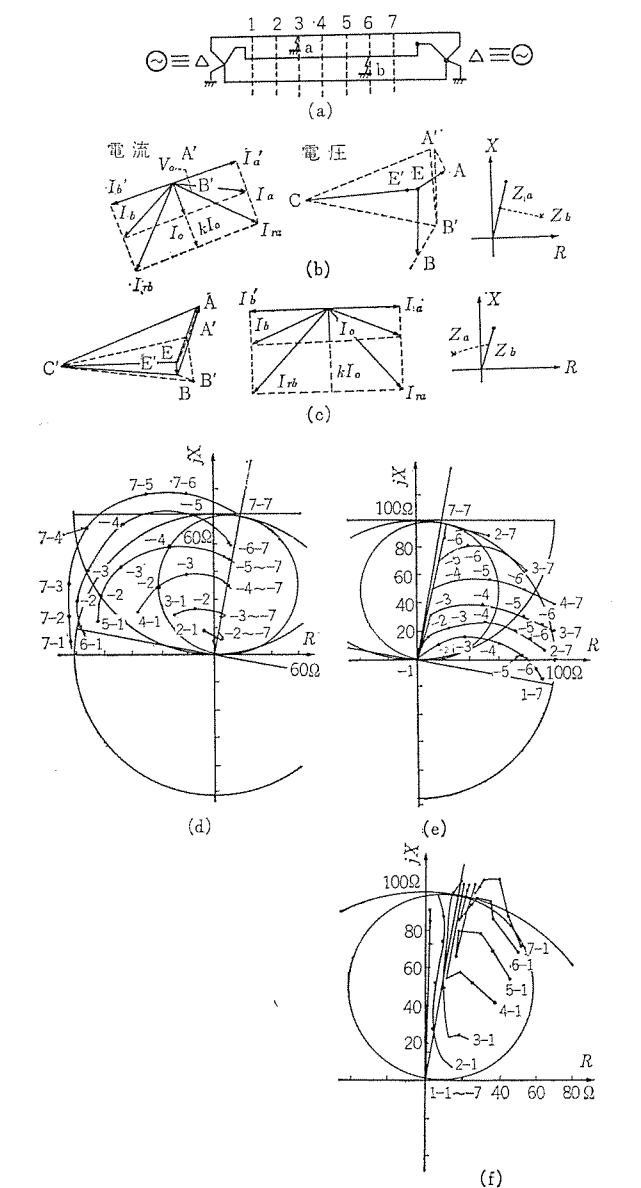
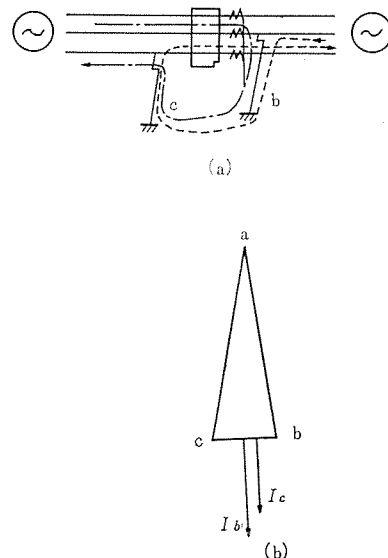


図 3.9 異地点故障の電圧電流と距離継電器に見えるインピーダンス
(a) 故障の様相
(b) a相近端b相遠方故障時の電圧電流ベクトルおよびリレーに見えるインピーダンス
(c) b相近端a相遠方故障時の電圧電流ベクトルおよびリレーに見えるインピーダンス
(d) a相地絡距離継電器の見るインピーダンス
(e) b相地絡距離継電器の見るインピーダンス
(f) a b相短絡距離継電器の見るインピーダンス

図 3.9 異地点故障の電圧電流と距離継電器に見えるインピーダンス
 どの電流 I_0 との和であるから (b) のような $I_{a'}$, $I_{b'}$ となり, これと kI_0 を加えれば地絡距離継電器電流 a 相用 I_{Ra} , b 相用 I_{Rb} は図示されるようになる。この電流ベクトルと電圧との関係は $I_{a'}$, $I_{b'}$ が $\Delta A'B'C$ の $A'B'$ と線路インピーダンス角だけ遅れた形となるので, a 相地絡距離継電器の見るインピーダンス $Z_{Ga} = E_A / I_{Ra}$, および b 相地絡距離



(a) 故障の様相と電流経路
(b) 電圧電流ベクトル
図 3.10 リレーをはさむ故障

継電器の見るインピーダンス $Z_{Gb} = E_B / I_{Rb}$ は図の $R-X$ 平面に表わしたように近距離故障のもの (Z_{Ga}) は線路インピーダンス上に, 遠距離故障の遅れ相のものは (Z_{Gb}) R 軸上に出たインピーダンスに見える。

逆に図 3.9 (c) のように近距離に b 相, 遠距離に a 相の故障について同様の考え方により, 電圧: 電流ベクトル図を描くと (c) のようになり, これらの電圧から地絡距離継電器のながめるインピーダンスを $R-X$ 平面に示すと, 近距離の Z_{Gb} は線路インピーダンス上に, 遠距離の遅れ相のインピーダンス Z_{Ga} は $-R$ 軸方向に曲って見えることになる。

以上の結果は, 数値計算結果の一例でも図 3.9 (d) および図 3.9 (e) が示すように同一傾向になる。すなわち図で $i-k$ の数字は i が a 相故障点, k が b 相故障点である。一方, 短絡距離継電器 (a b 相用) についても図 3.9 (f) に示したが, 線路インピーダンスからの曲りは正相および零相インピーダンス角の相違だけで, 平均距離より遠方に見える点は (1) に示した一般的な考察結果と一致している。

3.3 継電器をはさむ故障

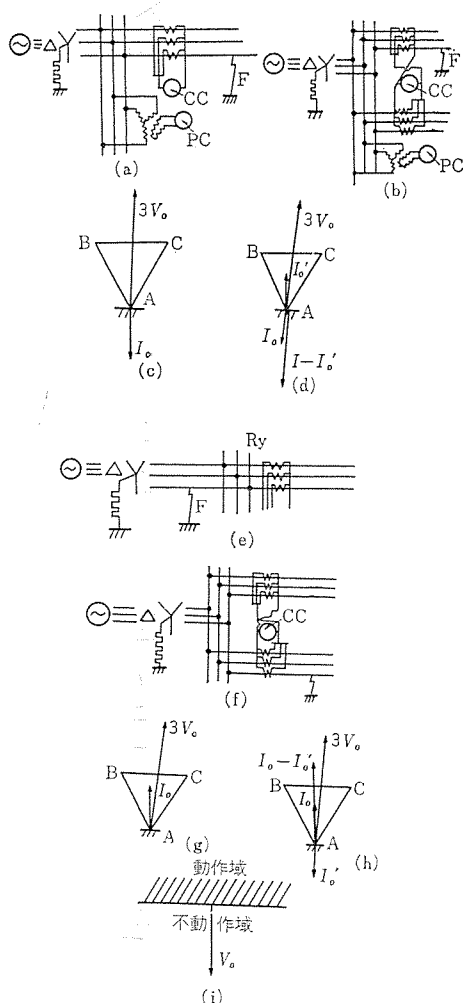
継電器の両側の故障は, 図 3.10 のように両端電源の時は (a) のごとく左側から流入する相の電流 (b 相電流) と右側から流入する相の電流 (c 相電流) が, おおのこの電流を流す電源の容量により相違するということと, ベクトル的には両方の電流が 2 線故障では同一方向のために線間短絡距離継電器では故障方向の向きが一定せず, 最悪の場合には電流 0 ともなりうるということである。また一方片端のみの電流の場合は, 図 3.10 の一方の電流がなくなった場合である。

したがってこのような考え方をすれば, 平行 2 回線の両回線故障の場合と非常によく似た電流分布となるということで, これ以上の

説明は要しないと思う。

4. 多重故障時の各種継電器の動作

以上 3 章に説明した多重故障時の電圧電流ベクトル図から、高インピーダンス接地系統の地絡方向継電器・選択地絡継電器、直接接地系統の地絡距離継電器、高インピーダンス接地系統のパイロット線継電器等の動作状況を解析してみる。なお、これらの結果は模擬送電線による



- (a) 地絡方向継電器の前方故障
- (b) 選択地絡継電器の内部故障
- (c) 地絡方向継電器の前方故障時の $V_0 I_0$ ベクトル
- (d) 選択地絡継電器の内部故障時の $V_0(I_0 - I_0')$ ベクトル
- (e) 地絡方向継電器の背後故障
- (f) 選択地絡継電器の外部故障
- (g) (e) の $V_0 I_0$ ベクトル
- (h) (f) の $V_0(I_0 - I_0')$ ベクトル
- (i) 継電器の位相特性

図 4.1 高インピーダンス接地系統の地絡方向継電器および選択地絡継電器の原理

実験、交流計算盤による計算等で正しいことが実証されている。

4.1 平行 2 回線送電線の平衡地絡継電器 方向地絡継電器の動作

これらの継電器は零相電圧と零相電流、または零相差電流で動作するものである。方向地絡継電器は図 4.1 のごとく (a) 前方故障のベクトル図 (c) と (e) 背後故障のベクトル図 (g) を区別し、また平衡地絡継電器は (b) 自回線故障のベクトル図 (d) と (f) 他回線故障のベクトル図 (h) を区別するために、(i) のごとく V_0 に対し 180° 位相を最大感度角にした特性をもったものである。

(1) 同一回線内の異地点故障

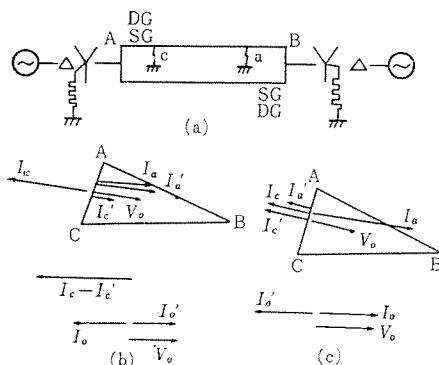
図 4.2 (a) のごとく同一回線 (1 号線) 内の A 端近くで c 相、b 端近くで a 相が故障した時の A 端の電圧電流ベクトル図は図 4.2 (b) のようになる。すなわち電圧三角形は c 相故障のごとく c 相電流は 1 号線が大で 2 号線がほとんど 0、a 相電流は 1, 2 号線とほぼ同一である。これから方向地絡リレー電流 I_0, I_0' 、平衡地絡電流 $I_0 - I_0'$ 、 $-(I_0 - I_0')$ と電圧 V_0 のベクトル図を描くと (b) のごとくなり、A 端では 1 号線側では方向地絡継電器 DG、平衡地絡継電器 SG が動作する。B 端側では 1 号線 a 相電流が大で、c 相電流は 1, 2 号線とほぼ等しいから (c) のごとき V_0, I_0, I_0' の位相となり SG・DG とともに 2 号線側が動作する。

(2) 兩回線にまたがる 1 線 1 線故障

図 4.3 のごとく 1 号線 c 相 2 号線 a 相故障時の両端のベクトル図は (b) のようになり、これより両端 (A および B) とともに 1 号線側の DG・SG が動作することがわかる。

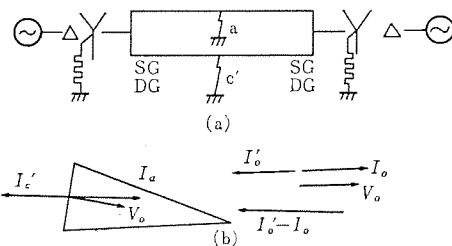
(3) 平行回線内部と分岐線の 1 線 1 線故障

図 4.4 (a) に平行線内部進み相、分岐線遅れ相の故障時の両端 AB の電圧電流のベクトル図は (b), (c) のごとなるので (a) 図に示した DG・SG の動作となる。また図 4.4 の逆で図 4.5 (a) のごとく平行回線内部で遅れ相、分岐線で進み相が故障すると、両端 AB の電圧電流ベクトル図は (b) (c) のごとく (a) に示した DG・SG の動作となる。



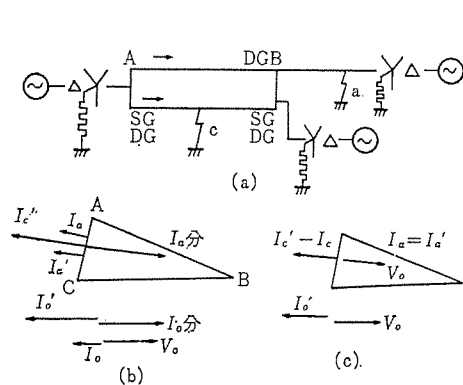
- (a) 故障の様相と動作 リレー
- (b) A 端電圧電流ベクトル
- (c) B 端電圧電流ベクトル

図 4.2 多重故障時の地絡方向継電器、選択地絡継電器の動作 (その 1)



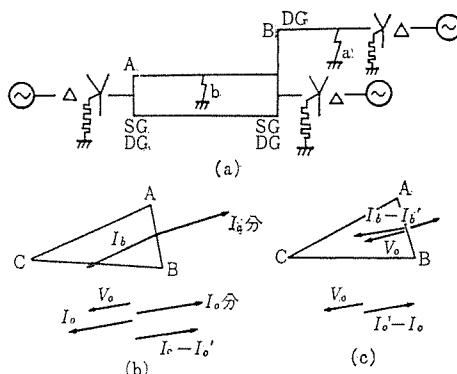
- (a) 故障の様相と動作 リレー
- (b) 両端電圧電流ベクトル

図 4.3 多重故障時の地絡方向継電器、選択地絡継電器の動作 (その 2)



(a) 故障の様相と動作 リレー
(b) A 端電圧電流 ベクトル
(c) B 端電圧電流 ベクトル

図 4.4 多重故障時の地絡方向継電器、
選択地絡継電器の動作 (その 3)



(a) 故障の様相と動作 リレー
(b) A 端電圧電流 ベクトル
(c) B 端電圧電流 ベクトル

図 4.5 多重故障時の地絡方向継電器、
選択地絡継電器の動作 (その 4)

以上のほか各種の故障様相に対する リレー 動作について解析した結果があるが省略する。

4.2 2 回線送電線の両回路故障時の距離継電器動作

図 4.6 (a) のように 1 号線 a 相, 2 号線 b 相の故障時の地絡距離継電器の動作を検討する。故障電圧電流は (b) のごとく 1 号線 a 相から 2 号線 b' 相にもどる電流 (I_a) および (I_b') は電圧 AB と線路インピーダンス 角だけ遅れ, これに変圧器中性点にもどる電流 I_{00} が両回線に 1/2 ずつ流れる。これと (I_a) を加えたものが I_a であり, (I_b') を加えたものが I_b' となる。この電流から零相電流は 同相の 1/3 であるので, 1 号線 a 相地絡距離継電器電流 I_{Ra} , b 相地絡距離継電器電流 I_{Rb} , 2 号線 a 相地絡距離継電器電流 $I_{Ra'}$, b 相地絡距離継電器電流 $I_{Rb'}$ が求められる。これと a 相電圧 V_a , b 相電圧 V_b と組合せ $Z_{Ga} = V_a/I_{Ra}$, $Z_{Gb} = V_b/I_{Rb}$, $Z_{Ga'} = V_a/I_{Ra'}$, $Z_{Gb'} = V_b/I_{Rb'}$ を求めれば (c) に示した傾向の インピーダンス に見える。

4.3 パイロット線継電器の動作

高インピーダンス接地系統の パイロット 線継電器は, 短絡用として正相電流比較, 地絡用として零相電流比較方式を用いている。この継電器で保護区間内部・外部の多重故障が発生すると, ある場合は正動作するが, 場合によっては不動作となることがある。

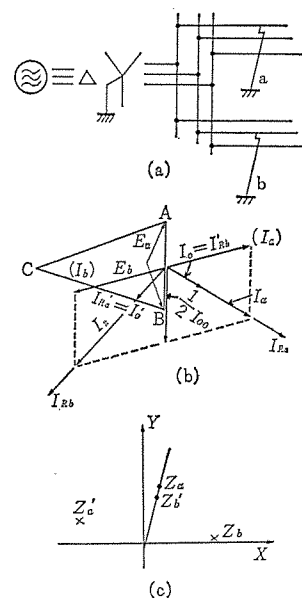
各種故障時の両端正相・零相電流を図 4.7 に示す。動作不動作は継電器の比率差動特性にもよるが, (d) は不動作 (c) は正相比較不動作, 零相比較は短絡優先回路のため不動作になり得る。

4.4 方向比較キャリヤ継電器の動作

両回線故障の場合は, 通常内部故障の 1/2 の動作電流しかないの
で方向判定距離継電器のリーチを延ばすことにより解決している。
しかし 図 4.8 のような片端電源の無電流端子では, 2 号線は c 相
電流が流出し, a 相, b 相電流が 0 なので 2 号線がトリップしない。

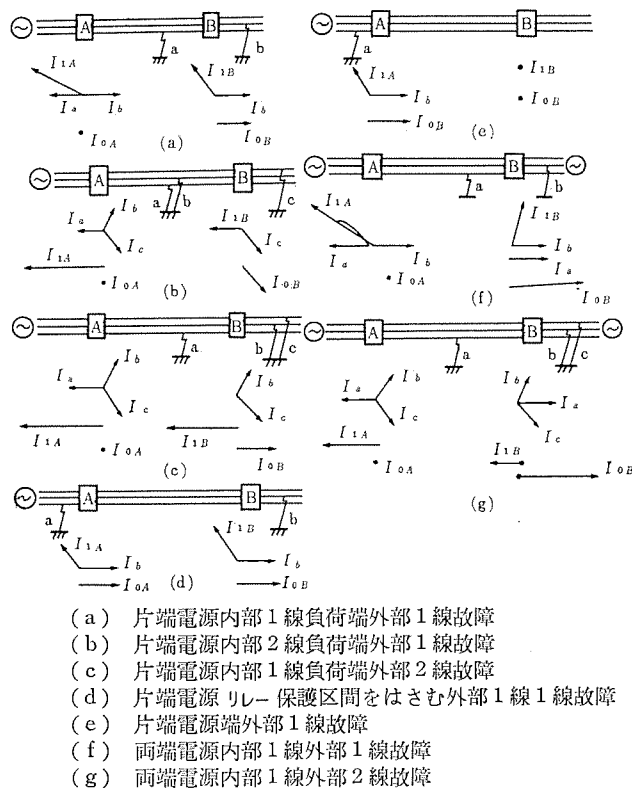
4.5 対策

上記のごとく多重故障に対しては, 各種の誤動作・不動作の要因



(a) 故障の様相
(b) 電圧電流 ベクトル
(c) 地絡距離継電器の見る インピーダンス

図 4.6 直接接地系統両回線故障の電圧電流 ベクトル



(a) 片端電源内部 1 線負荷端外部 1 線故障
(b) 片端電源内部 2 線負荷端外部 1 線故障
(c) 片端電源内部 1 線負荷端外部 2 線故障
(d) 片端電源 リレー 保護区間をはさむ外部 1 線 1 線故障
(e) 片端電源端外部 1 線故障
(f) 両端電源内部 1 線外部 1 線故障
(g) 両端電源内部 1 線外部 2 線故障

図 4.7 多重故障時のパイロット線継電器の動作

が考えられる。これらに対し

(1) 平衡および方向地絡距離継電器は, 高インピーダンス接地系統

新製品紹介

電解バリ取り専用機の完成

当社では、このほど電解バリ取り専用機 BM-RS_I-6 形を完成し、某自動車メーカに納入した。

本機は、自動車部品の油穴の交差部に生ずるバリの除去および穴入口部の面取りを電解加工するもので、14 箇所（3 種のワークの加工個所の合計）の加工を同時に行なうものである。

インデックステーブル上に 4 台の治具を取り付け、1 台の治具には 3 種のワークが取り付けられ、下記の工程により加工が行なわれる。

POS#1 ワークの取り付け、取りはずし

POS#2 エアドリルで加工穴のサラエ

POS#3 電解液による加工穴の前洗浄

POS#4 電解バリ取り、面取り加工

バリ取り終了後のワークは、円形洗浄装置（特別付属品）により洗浄・防しゅう（錆）処理が行なわれる。

電解液中のスラッジ処理として遠心分離機（特別付属品）も付属している。

写真は納入した電解バリ取り専用機の全景であるが、当社の標準形の電解バリ取り機の機械系には

BM-T 形（テーブルタイプ）

BM-C 形（コラムタイプ）

BM-R 形（インデックステーブルタイプ）

の 3 機種、電源系には、

BE-3 形（出力電流 [最大] DC 300 A）

BE-6 形（出力電流 [最大] DC 600 A）

BE-12 形（出力電流 [最大] DC 1,200 A）

の 3 機種があり、それぞれが用途に従って組み合わせができ、ワークの自動取り付け、取りはずし装置なども要求により取り付けが可能である。

現在そのほとんどが手作業で行なわれているバリ取り作業は、電解バリ取り機により、きわめて能率化され、無人化も可能で幅広い需要が期待される。

■ 特 長

（1）高能率の加工ができる

高電圧法（DC 35, 70 V）のため、加工時間は従来方式の 1/3～1/5

（2）複雑、微細な部分の加工も容易

電極を接近させ、電解液を流すことができれば、確実に加工できる。

（3）ワークの材質、硬度に無関係

導電材料であれば、材質や硬度に関係なく加工できる。

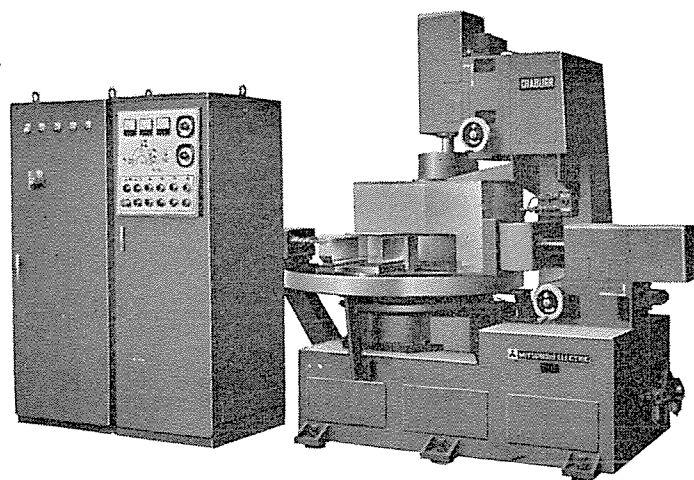
（4）電極の消耗がない

高電圧加工のため、極間間げき（隙）が大きく、したがって電極とワークとの接触の機会が少ない。電極接触検知装置により仮に接触している場合でも、これを自動的にチェックし電極の損傷を防止する。

（5）電極、治具、機械等の腐食が少ない

特殊な電解液の使用により、機械装置の寿命が長い。

（6）自動化、省力化が容易



BM-RS_I-6 形 電解バリ取り専用機

バリ取り作業の自動化、省力化が可能で、フックの取り付け、取りはずしを自動化すれば、バリ取り作業の無人化が可能

BM-RS₁-6 形電解バリ取り専用機の仕様

(1) 機械部

項 目	仕 様	備 考
1. 電極取付面寸法	160 mmφ	
2. ヘッドストローク 手 動	100 mm	
自 動	150 mm	空圧 5 kg/cm ²
3. テーブル上面と電極取付面との距離	MAX 450 mm MIN 200 mm	
4. インデックステーブル	800 mmφ	テーブル外径 4 割り出し
5. 機械外形寸法 (幅×奥行×高さ)	SF-ERF-JEC 37 150 W/35 W 4 P/16 P 1,370×2,590×2,080 mm	

(2) 補機部

項 目	仕 様	備 考
1. 電解液そう(槽)容量	1,000 l	硝酸ソーダ 重量比 20 %
2. ろ 過 方 式	自動排出形遠心分離機	Hz-40
3. 主 ポ ン プ	SF-E 7.5 kW 4 P×3 φ CSH-0 形 ら ず 巻 ポンプ口径 40	150 l/min×19.5 m
4. 排 出 ポ ン プ	SF-E 1.5 kW 4 P×3 φ NQ 形電動油ポンプ	
5. 排 気 フ ァ ン	400 W 2 P×3 φ 電動排送風機	189 mm Aq
6. 洗 浄 装 置	SF-ERV 400 W 2 P×3 φ 洗浄→エアブロー→防しゅう	円形タイプ

(3) 電源部

項 目	仕 様	備 考
1. 電 源 容 量 (MAX)	3 相 75 kVA	
2. 電 源 電 圧	3 相 200/220 V 50/60 Hz	
3. 制 御 回 路	单相 100/110 V 50/60 Hz	
4. 出 力 電 流	DC 600 A	
5. 出 力 電 圧	DC 35/70 V	
6. 電圧制御方式	タップ切換方式	

[名古屋製作所]

新形 三菱減速電動機 GM-A 形 発売

三菱電機ではこのたび新形の減速電動機を開発完了し、6月1日から発売することになりました。

この新形減速電動機 (GM-A 形) は従来の F 形と比較して強度が大幅にアップしている (フレーム強度・ギヤケースの強度)。

モートル軸心と出力軸心が同一の高さである。

減速機部とモートル部がインボリユートスラインで、軸と結合されているため取りはずしが容易である。

新製品紹介

このシリーズは各種産業の生産ラインの動力として、コンベア用などの需要に期待しております。

■ 特 長

ギヤケースの油密構造とモータ軸貫通部シール構造により、油もれ防止が確実である。
ギヤケースの構造および減速機側モータブラケット等により、大幅に強度が向上している。
小形軽量にもかかわらず強力である。
騒音が小さい。

■ 機 種

0.2～37 kW, 1/30～1/10, 25/30 rpm～150/180 rpm 各種。

仕込機種

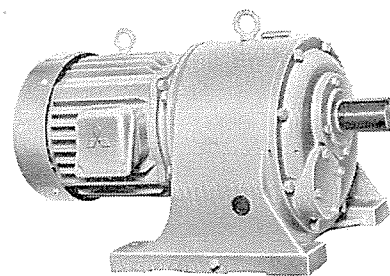
0.4～15 kW, 1/30 : 33/40 rpm

0.4～22 kW, 1/30～1/10 : 50/60, 75/90, 100/120, 150/180 rpm

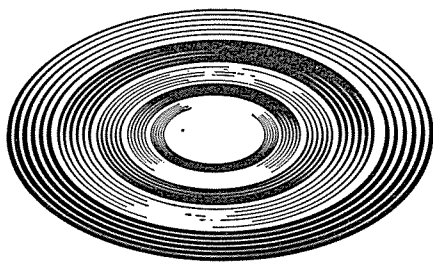
構 造——標準形(仕込)・屋外形・防爆・安増・ブレーキ付きを製作。

電動機仕様——全閉外扇 200/220 V, 50/60 Hz, E 種, 連続 (400/440 V も製作可)

定 価	0.4 kW, 1/30, 50/60 rpm	28,300 円
	5.5 kW, 1/30, 50/60 rpm	83,600 円
	22 kW, 1/30, 50/60 rpm	364,000 円
	37 kW, 1/10, 150/180 rpm	563,000 円



[福岡製作所]



NEWS FLASH

東京電力（株）房総変電所向け 500 kV, 1,000 MVA 単巻変圧器保護継電装置

わが国最初の 500 kV 変圧器保護継電装置が完成し、東京電力(株)房総変電所に 3 Bank 分納入された。この装置は全静止形自動点検付きで構成されているほか、別置調整変圧器の保護を含めた海外でも例をみない装置である。

納入に先立ち工場試験では 5,000 V 模擬送電線に実器の特性にあわせた模擬変圧器を組合せてあらゆる試験を行ない、性能の検証に当たった。

■ 特 長

(1) 従来方式のように変圧器本体と調整変圧器を一括して差動継電器で保護すると、検出感度、動作時間の両面から保護が不十分となるので変圧器本体と調整変圧器とに分けて十分な保護ができるようにした。

(2) 調整変圧器を励磁するため、主変圧器 3 次側に 63 kV 母線が設置され、この部分の保護を行なう必要がある。このため、63 kV 母線と変圧器および調整変圧器を一括とした一括保護継電器を設置した。なお、この一括保護は変圧器保護の 2 系列化も兼ねることになる。

(3) 従来方式のように CT 回路および継電器部分を一重で構成すると、CT 回路の作業ミスあるいは継電器不良がそのまま主変圧器の誤シャ断となり、その影響が大となる。

このため、本方式では故障検出継電器と組合せて 2 重構成として 1 か所のミスでは誤動作しないようになっている。

また、これにより自動点検、常時監視が簡単に適用可能となった。

(4) シャ断失敗をとまら線路事故、CT と CB の間の盲点事故シャ断器事故ならびに母線事故で母線保護継電器不動作時のような場合には、従来方式の無方向性過電流継電器で後備保護を行なっていると、選択能力がないので全変圧器がシャ断され、当該電気所が全停となるおそれがある。

本方式では、距離継電方式を採用し変圧器インピーダンスにより事故点の選択が可能としているので、関係変圧器のシャ断のみですみ波及を最小限にいとめることが可能である。

■ 構 成

変圧器主保護継電器盤	(700 幅×2,300) 1 面/Bank
変圧器主保護継電器盤用点検盤	(700 幅×2,300) 1 面/Bank
500 kV 後備保護継電器盤	(700 幅×2,300) 1 面/Bank
500 kV 後備保護継電器盤用点検盤	(700 幅×2,300) 1 面/Bank
275 kV 後備保護継電器盤	(700 幅×2,300) 1 面/Bank
275 kV 後備保護継電器盤用点検盤	(700 幅×2,300) 1 面/Bank
後備保護用補助変成器盤	(700 幅×1,200 高) 1 架/Bank
以上 計	6 面 1 架/Bank

[神戸製作所]

東京電力（株）向け 高抵抗接地系用 母線保護装置

当社では、このたび東京電力（株）との共同研究により、高抵抗接地系用母線保護装置を開発した。

従来、高抵抗接地系、特にケーブル系重要電気所の母線地絡保護に関しては、安定した方式を得るためには種々問題が多く、東京電力管内においては設置されていなかったが、系統の拡大にともない事故の極限化を図るため、安定した新方式の開発が必要となったもので、従来の問題点を解決した下記特長を有する新方式を完成し、模擬送電線による動作試験を完了している。

■ 特 長

- (1) 短絡、地絡とも故障検出要素、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段より構成され、1個のリレーの不良では誤動作に至らない。
- (2) 短絡保護方式は超高圧、超々高圧用として標準化された高信頼度方式としている。
- (3) 地絡故障検出要素は従来の OVG に代わり 2φG に応動せず 1φG のみを検出する新方式としている。
- (4) 地絡一括保護要素は電圧差動方式とし、高感度であるため短絡保護用と共用している。
- (5) 地絡分割保護要素は母線流出有効分電流抑制による比率差動方式としているため、ケーブル系に適用しても内外部の判定が確実である。また、回路を2系列化し、正負 AND 方式としているため、過渡直流分等による CT 飽和に対しても誤動作しない。
- (6) 端子通過電流が一定以上にあれば地絡リレーをロックする短絡優先方式を併用しているため確実である。
- (7) CT、PT 等入力回路および直流シーケンス回路等の常時監視、自動点検装置を組込み高信頼度を得ている。

■ 仕 様

適用系統

- | | |
|------------------------|-------------|
| (a) 母 線 | 二重母線 |
| (b) 最大短絡電流 | 約 30,000 A |
| (c) 中性点抵抗電流 | 500～2,000 A |
| (d) 地絡電流有効分
地絡電流無効分 | 1/0～1/1 |
| (e) 内部事故時の流出電流 | 最大 50 % |

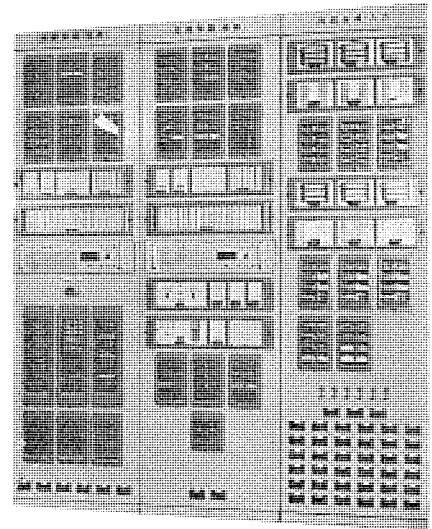
変流器特性

2,000/1 A, 40 VA, $n > 20$ を標準とする。

保護性能

- | | |
|----------|--------------------------|
| (a) 動作時間 | 短絡 40 ms 以内、地絡 200 ms 以内 |
| (b) 検出感度 | 短絡 2,000 A, 地絡 60 % |

[神戸製作所]



関西電力（株）向け 22 kV 配電線用 全静止形継電装置

このたび、高信頼度・小形ユニット化等の特長を有する 22 kV 系都市配電変電所用 全静止形継電装置の 1 号機を関西電力（株）南港変電所に納入した。

最近、都市の電力需要過密地域は急速に拡大しており、経済上従来の地中ケーブル系に架空系を併用した新しい 22 kV 都市配電が採用され、22 kV 配電線と低圧線共架に伴なう地絡故障電流の抑制などにより、地絡保護が従来の継電器ではむずかしくなった。

この装置は、この新しい 22 kV 都市配電に対処するものである。



過電流要素 地絡方向要素 再閉路要素

22 kV 系都市配電変電所用全静止形継電器
(1 回路分)

納入先	構成	盤面数	納入年月
関西電力（株）南港 S/S	1 Banks 6 Feeders	1	46 年 12 月
関西電力（株）新曽根崎 S/S	2 Banks 24 Feeders	5	47 年 3 月

■ 特 長

- (1) 高信頼度化
常時監視回路の採用
フェールセーフ回路の採用
- (2) 小形化およびユニット化（着脱自由なユニット式継電器）
- (3) ケーブル系の間欠地絡事故の特異波形（針状波形）にも確実に応動する。

■ 仕 様

Feeder 継電器の概略仕様は下記のとおりである。

- (1) 過電流継電器
定 格 AC 5 A DC 12 V
特 性 段階限時特性
タップ H : 10~40 A, L : 4~12 A
タイマ HT : 0.1~1 秒, LT : 0.3~3 秒
- (2) 地絡方向継電器
定 格 AC 110 V, 1 A, DC 12 V
特 性 単一方向特性
タップ V_0 : 5~25 V, I_0 : 50~200 mA
タイマ T : 0.2~2 秒
- (3) 再閉路継電器
定 格 DC 12 V
再閉路 1 回または 2 回（切換え）

[神戸製作所]

中部電力（株）向け 超高压用新形位相比較キャリヤリレー

当社では、かねてより 500 kV 送電線保護リレーとして高性能・高信頼度位相比較キャリヤリレーを開発・試作し、フィールドテスト中であつたが、これを製品化し、本年 3 月に中部電力西名古屋 S/S~中勢 S/S へ、275 kV 送電線保護用として納入した。

■ 特 長

(1) レベル切り位相比較を行なうことによって、一端非電源系統への適用、内部事故時流出電流を生じるような重負荷送電系統への適用を可能とした。

(2) デジタル式伝送遅延補償回路を使用することによって、高速度化したとき問題となる電流位相急変時の誤動作を本質的に除去した。

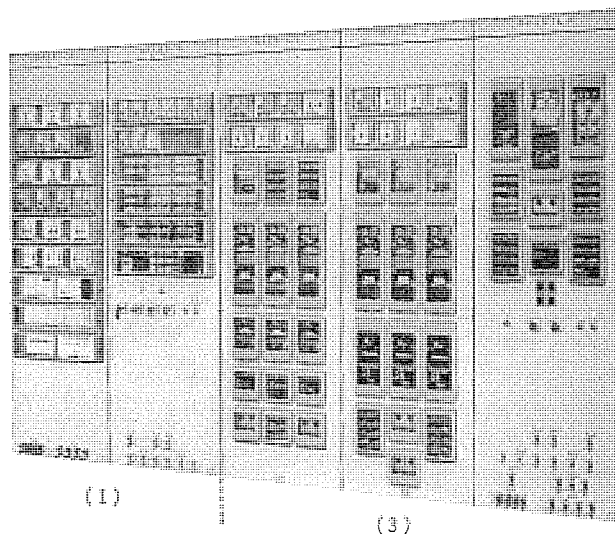
(3) DC 分フィルタによって、系統故障電流に時定数の長い過渡直流分が含まれても、スピードの遅延なく誤動作しないようにした。

■ 仕 様

- | | |
|-----------|-------------------------------|
| (1) 主保護 | 方向制御各相半波位相比較 キャリヤ (図参照) |
| (2) 再閉路 | 多相再閉路 |
| (3) 後備保護 | 方向比較 キャリヤおよび方向距離 3 段 (図参照) |
| (4) 信号伝送 | 主保護・後備保護とも マイクロ (伝送路は別ルートで構成) |
| (5) 可変電源端 | 短絡・地絡とも一端可変 |

■ 主保護のおもな性能

- | | |
|------------|-----------------|
| (1) 動作スピード | 2 c/s 以下 |
| (2) 消費 VA | CT 正 相 30 VA 以下 |
| | 零 相 1 Ω 以下 |
| | PT 20 VA 以下 |



275 kV キャリヤリレー 装置位相比較 (方向制御付き)

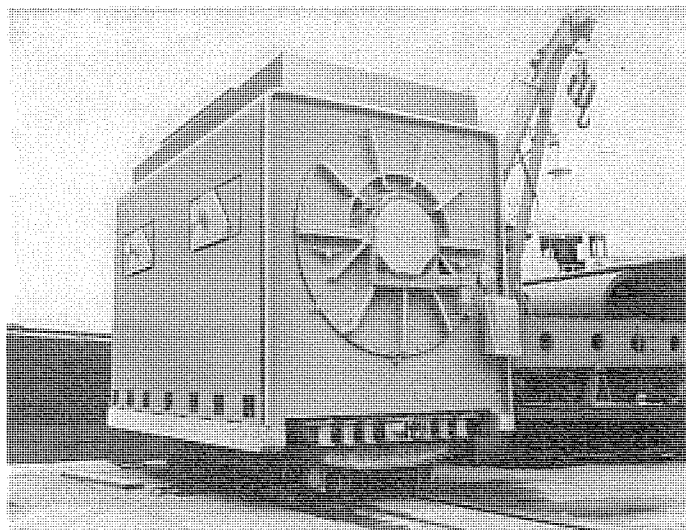
[神戸製作所]

関西電力 (株) 大阪発電所向け 68,500 kVA ガスタービン発電機

当社ではこのほど、関西電力 (株) 大阪発電所向けにわが国最大容量の 68,500 kVA ガスタービン発電機 2 台を完成した。本機はピークロード用として、三菱重工業製 MW-501 形 1 軸 オープンサイクルガスタービンに結合される屋外開放形 (ユニットパッケージ形) の発電機で、現日程では 47 年 4 月据付け完了、6 月 1 日営業運転開始の予定であるが、ますます増大する大容量 ガスタービン 発電設備の需要にこたえるものとしてその活躍が期待されている。

■ 特 長

- (1) 起動時間が短く通常起動で 30 分、急速起動では 10 分以内
- (2) ユニットパッケージ形の採用で据付け工期が短い。
- (3) フレームに二重防音カバー、吸排気口には特殊サイレンスを設け、低騒音化を図り、100 m 地点で 60 ホン以下としている。
- (4) 自動化、無人化のためコンピュータコントロールシステムを大幅に採用している。



■ 仕 様

形 式：	円筒界磁屋外開放 ユニットパッケージ 形
出 力：	$\begin{cases} 68,500 \text{ kVA (周囲温度 } 20^{\circ}\text{C にて)} \\ 78,500 \text{ kVA (周囲温度 } 0^{\circ}\text{C にて)} \end{cases}$
電 圧：	13,200 V
周波数：	60 Hz
回転数：	3,600 rpm
力 率：	0.9
励磁方式：	ブラシレス

[長崎製作所]

BHB-20 形 直流高速しゃ断器

ミル 用、工業用として定格電流 2,000 A の直流高速しゃ断器を完成した。

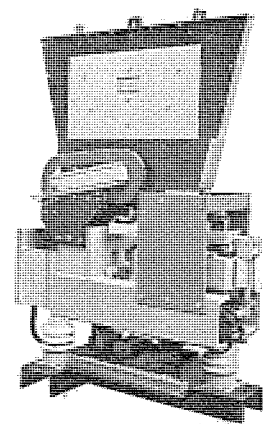
本しゃ断器は従来より多数製作納入している BHB 形しゃ断器の系列に入るしゃ断器で、電磁保持方式によるすぐれた限流性能、正逆いずれの方向の電流に対しても動作し、その動作値として正逆非対称目盛の設定が可能であることなど、従来の 3,000 A 以上の定格のしゃ断器と同等以上の機能を有している。

さらに本しゃ断器は、回路のしゃ断に際して発生するアーク電圧が一定値以下になるように設計されているため、しゃ断器が設置される回路のその他の機器との協調が容易である。

しゃ断器のおもな定格は下記のとおりである。

定格電圧	DC 750 V
定格電流	DC 2,000 A
定格しゃ断容量	50 kA $\left(\frac{di}{dt} : 3 \times 10^8 \text{ A/S において} \right)$
定格制御電圧	DC 100 V/220 V
操作方式	電磁操作
据付方式	固 定

[神戸製作所]



BHB-20 形 直流高速しゃ断器

当社の登録実用新案

名 称	登録番号	考 案 者	名 称	登録番号	考 案 者
端子装置	916401	高石政一・田中伍一	同期噛み合せ式変速機の変動制御装置	919524	松本 剛
動圧形浮動磁気ヘッド支持装置	916402	{東山昇・小川芳徳 菊地清秋	軸封装置	921572	池上秋水
直流回転電機	916403	杉原治達	スチームアイロン	921573	{町原義太郎・荒木 勲 高橋 洋
温水器	916404	赤羽根正夫・根岸宣匡	電気掃除機のホース接続装置	921574	加藤 悟
自動車用エレベータ	916405	矢田昇純弘	扇風機	921575	長瀬卯三郎
電動缶切り機	916406	{服部信道・岩田尚之 村本光熙	扇風機の羽根車取付装置	921576	{白石和男・林 悦二 安江 享
反射形ストーブ	916407	慶野長治・内藤修一	反射笠用ガード	921577	日山数久・前山紘一郎
電気ストーブ	916408	中村富家・慶野長治	液体遮閉装置	921578	高江国雄
ストーブのザード取付け装置	916409	慶野長治・内藤修一	ミシンの縫目調節装置	921579	本田英三
電源コード収納用ケース付電気かみそり	916410	鶴田剛司・三輪美嘉	度数計	921580	林 正之
格納式電気かみそり	916411	熊田泰治	横流型送風機	921581	新倉宗寿
格納式電気かみそり	916412	熊田泰治	内蔵アンテナ位置調整装置	921582	堀江 登
格納式電気かみそり	916413	熊田泰治	スチームアイロン	921583	町原義太郎・荒木 勲
静止形誘導電器の積層鉄心	916414	白井 満	スチームアイロン	921584	高橋 洋・石井寛夫
自動点滅器	916415	武田克己・神本明輝	低温試料取出装置	921585	渡辺光人
ゲッタイオンポンプ	916416	稲山 昌	電車電動機等の自動排水装置	921586	平野昭二・前田義和
携帯プレス器	916711	高柳直孝	調理器の焼網支持装置	921587	{野畑昭夫・原崎 実 丹野正道
携帯プレス器	916712	高柳直孝	電動工具	921588	入江 厚・本告寿雄
パン自動供給式トースタ	917827	高沢正二・古屋芳明	調理器	921589	丹野正道・原崎 実
パン自動供給式トースタ	917828	高沢正二・古屋芳明	コード止め兼用バンド調整具	921590	川合 昇・川合輝一
自動トースタ	917829	横尾俊一郎・益子喜雄	ミシンテーブル	921591	{松本久志・市川昌次 谷口諒次
ホイール形集電子取付装置	917830	国友善雄	单相誘導電圧調整器	921592	白神十九一
集合制御盤	917831	永野只幸	ヘアドライヤー	921593	田原淑子・鶴谷嘉正
ヘアドライヤー	917832	武井久夫・小川 昇	ヘアドライヤー	921594	田原淑子・鶴谷嘉正
減流装置	917833	中原敏行	ヘアドライヤー	921595	田原淑子・鶴谷嘉正
ヘアドライヤー	917834	武井久夫	ヘアドライヤー	921596	田原淑子・鶴谷嘉正
減流装置	917835	中本勝博	ヘアドライヤー	921597	田原淑子・鶴谷嘉正
ヘアドライヤー	917836	小川 昇・福田興司	ヘアドライヤー	921598	田原淑子・鶴谷嘉正
ヘアドライヤー	917837	小川 昇・福田興司	積算用記録装置	921599	林 正之・山根満徳
ヘアドライヤー用ボンネット	917838	{小川 昇・川合輝一 蟻川正吾	自動温度冷蔵庫の寒温筒の取付け装置	921600	荒野喆也・辻 幹夫
しゃ断器	917839	大野 玲	電熱布	921601	中村富家・大竹 操
温水器の給水装置	917840	{赤羽根正夫・宮崎昭信 鶴谷嘉正	電熱布	921602	中村富家・大竹 操
凝縮器	917841	中島 勇	冷蔵庫	921603	林 八郎
同期信号分離回路	917842	八塚普治	ヘアドライヤー兼用電気カミソリ	921604	福田興司
高周波コイル端子	917843	牟田克己・鹿島 矯	ドライヤー兼用カミソリ	921605	小川 昇
冷凍機の除霜装置	917844	酒井誠記	カミソリ兼用ヘアドライヤー	921606	小川 昇
衣類乾燥器	917845	{町原義太郎・鶴谷嘉正 三ヶ田文彦・上原乾夫	カミソリ兼用ヘアドライヤー	921607	小川 昇
誘導電器の巻線	917846	竹岡 修	カミソリ兼用ヘアドライヤー	921608	小川 昇
誘導電器の巻線	917847	竹岡 修	ボンネット形ヘアドライヤー	921609	川合輝一・橋本 一
雑音制限回路	917848	高橋広充・江崎光信	ヘアドライヤーの付属品収納装置	921610	川合輝一・橋本 一
レーザヘッド	917849	宮川日出男・羽深嘉郎	空気調和装置	921611	丸山 忍
エレベータの制御装置	917850	宮城 晃・板垣晃平	加湿装置	921612	安田光男
移動通路	917851	外野範吾・浅野 勝	冷暖房装置	921613	{町原義太郎・三ヶ田文彦 小林雅和
充電装置	919516	佐藤正通	冷暖房機のドレン皿取付け装置	921614	牛越 諒・小栗 敦
回路開閉装置	919517	古茂田 勇・竹内孝治	電波雨量計	921615	御法川秀夫・梅村 宏
スチームアイロン	919518	荒木 勲・高橋 洋	オープン形ショーケース	921616	安生三雄
ミシン	919519	{松本久志・谷口淳次 市川昌次	機関始動促進装置	921632	久保喜邦・松本新太郎
エアカーテン	919520	牛越 諒・小栗 敦	電気黒板ふき	922229	{加藤 悟・飯塚 保 武井久夫
ミシンテーブル	919521	{松本久志・谷口敦次 市川昌次	放電管装置	922230	都竹 尚・寺園成宏
除霜装置	919522	大畑晃一	開閉器	922231	阿部 智・中島松雄
換気扇	919523	今井 進	高信頼度論理回路	922232	壺井芳昭

本社・営業所・研究所・製作所・工場所在地

本 社 東京都千代田区丸の内2丁目2番3号(三菱電機ビル) (電) 100 (電) 東京 (03) 218局2111番

大阪営業所	大阪市北区梅田町8番地(西阪神ビル) (電) 530	(電) 大阪 (06) 343局1231番
名古屋営業所	名古屋市中村区広井町3丁目88番地(大名古屋ビル) (電) 450	(電) 名古屋 (052) 565局3111番
静岡出張所	静岡市伝馬町16の3番地(明治生命静岡支社) (電) 420	(電) 静岡 (0542) 54局4681番
福岡営業所	福岡市中央区天神2丁目12番1号(天神ビル) (電) 810	(電) 福岡 (092) 72局2111番
長崎出張所	長崎市丸尾町7番8号(長崎底曳会館) (電) 852	(電) 長崎 (0958) 61局6101番
札幌営業所	札幌市中央区北2条西4丁目1番地(北海道ビル) (電) 060-91	(電) 札幌 (011) 261局9111番
仙台営業所	仙台市大町1丁目1番30号(新仙台ビル) (電) 980	(電) 仙台 (0222) 21局1211番
富山営業所	富山市桜木町1番29号 (電) 930	(電) 富山 (0764) 31局8211番
広島営業所	広島市中町7番32号(日本生命ビル) (電) 730	(電) 広島 (0822) 47局5111番
岡山出張所	岡山市駅前町1丁目9番地(明治生命館) (電) 700	(電) 岡山 (0862) 25局5171番
高松営業所	高松市鶴屋町2番1号 (電) 760	(電) 高松 (0878) 51局0001番
新潟営業所	新潟市東大通1丁目2番地23号(北陸ビル) (電) 950	(電) 新潟 (0252) 45局2151番
東京商品営業所	東京都千代田区丸の内2丁目2番3号(三菱電機ビル) (電) 100	(電) 東京 (03) 218局2111番
関東商品営業所	与野市上落合後原842番地 (電) 338	(電) 与野 (0488) 33局3181番
大阪商品営業所	大阪市北区堂島北町8番地の1 (電) 530	(電) 大阪 (06) 344局1231番
名古屋商品営業所	名古屋市中村区広井町3丁目88番地(大名古屋ビル) (電) 450	(電) 名古屋 (052) 565局3111番
機器静岡営業所	静岡市小島2丁目1番22号 (電) 420	(電) 静岡 (0542) 82局2061番
機器浜松営業所	浜松市上西町42の5 (電) 430	(電) 浜松 (0534) 63局6121番
福岡商品営業所	福岡市中央区天神2丁目12番1号(天神ビル) (電) 810	(電) 福岡 (092) 72局2111番
札幌商品営業所	札幌市中央区北2条西4丁目1番地(北海道ビル) (電) 060-91	(電) 札幌 (011) 261局9111番
仙台商品営業所	仙台市大町1丁目1番30号(新仙台ビル) (電) 980	(電) 仙台 (0222) 21局1211番
北陸商品営業所	金沢市小坂町西97番地 (電) 920	(電) 金沢 (0762) 52局1151番
広島商品営業所	広島市中町7番32号(日本生命ビル) (電) 730	(電) 広島 (0822) 47局5111番
高松商品営業所	高松市鶴屋町2番1号 (電) 760	(電) 高松 (0878) 51局0001番
東京機器営業所	東京都港区北青山1丁目2番3号(青山ビル) (電) 107	(電) 東京 (03) 404局0336番
大阪機器営業所	大阪市北区堂島北町8番地の1 (電) 530	(電) 大阪 (06) 344局1231番
中央研究所	尼崎市南清水字中野80番地 (電) 661	(電) 大阪 (06) 491局8021番
生産技術研究所	尼崎市南清水字中野80番地 (電) 661	(電) 大阪 (06) 491局8021番
商品研究所	鎌倉市大船2丁目14番40号 (電) 247	(電) 鎌倉 (0467) 46局6111番
神戸製作所	神戸市兵庫区和田崎町3丁目10番地の1 (電) 652	(電) 神戸 (078) 67局5041番
伊丹製作所	尼崎市南清水字中野80番地 (電) 661	(電) 大阪 (06) 491局8021番
三田工場	三田市三輪町父々部85番地 (電) 669-13	(電) 三田 (07956) 4371番
赤穂工場	赤穂市天和651番地 (電) 678-02	(電) 赤穂 (07914) 3局2221番
長崎製作所	長崎市丸尾町6番14号 (電) 850-91	(電) 長崎 (0958) 61局6211番
稲沢製作所	稲沢市菱町1番地 (電) 492	(電) 稲沢 (0587) 32局8111番
和歌山製作所	和歌山市岡町91番地 (電) 640-91	(電) 和歌山 (0734) 23局7231番
鎌倉製作所	鎌倉市上町屋325番地 (電) 247	(電) 鎌倉 (0467) 44局1111番
通信機製作所	尼崎市南清水字中野80番地 (電) 661	(電) 大阪 (06) 491局8021番
北伊丹製作所	伊丹市瑞原4丁目1番地 (電) 664	(電) 伊丹 (0727) 82局5131番
熊本第一工場	熊本市竜田町弓削720番地 (電) 862	(電) 熊本 (0963) 62局7211番
熊本第二工場	熊本県菊池郡西合志町御代志997 (電) 861-11	(電) 熊本 (09624) 2局0151番
名古屋製作所	名古屋市中区矢田町18丁目1番地 (電) 461	(電) 名古屋 (052) 721局2111番
旭工場	尾張旭市下井町下井 (電) 488	(電) 尾張旭 (05615) 3局5101番
福岡製作所	福岡市今宿青木690番地 (電) 819-01	(電) 福岡今宿 (09295) 6局0431番
福山製作所	福山市緑町1番8号 (電) 720	(電) 福山 (0849) 21局3211番
相模製作所	相模原市宮下1丁目1番57号 (電) 229	(電) 相模原 (0427) 72局5131番
姫路製作所	姫路市千代田町840番地 (電) 670	(電) 姫路 (0792) 23局1251番
静岡製作所	静岡市小島3丁目18番1号 (電) 420	(電) 静岡 (0542) 85局1111番
中津川製作所	中津川市駒場町1番3号 (電) 508	(電) 中津川 (05736) 6局2111番
大船製作所	鎌倉市大船5丁目1番1号 (電) 247	(電) 鎌倉 (0467) 46局6111番
郡山製作所	郡山市栄町2番25号 (電) 963	(電) 郡山 (0249) 32局1220番
群馬製作所	群馬県新田郡尾島町大字岩松800番地 (電) 370-04	(電) 尾島 (02765) 2局1111番
藤岡工場	藤岡市本郷字別所1173番地 (電) 375	(電) 藤岡 (02742) 2局1185番
京都製作所	京都府乙訓郡長岡町大字馬場小字図所1番地 (電) 617	(電) 京都 (075) 921局4111番
長野工場	長野市大字南長池字村前 (電) 380	(電) 長野 (0262) 27局1101番
札幌営業所	札幌市北2条東12丁目98番地 (電) 050	(電) 札幌 (011) 231局5544番
札幌工場		

次 号 予 定

三菱電機技報 Vol. 46 No. 7

普 通 号

- | | |
|--|--|
| ○ 電子線加速用 超高压直流電源装置 | ○ 新形大容量単一圧力式 SF ₆ ガスしゃ断器 SFM シリーズ |
| ○ 6kV 高压サイリスタ装置 | ○ パワーレグセンタ (はん用形 可変電圧直流電源装置) |
| ○ サイリスタ式フリッカ防止装置 | ○ 車両用新方式サイリスタインバータ |
| ○ 140 kV 油入サイリスタバルブ | ○ 小田急電鉄納め 9000 形電車用回生 ブレーキ 付き電機品 |
| ○ アルゼンチン向け 500 kV 変圧器 | ○ 新日本製鉄 大分製鉄所納め 60,000 kW 高炉送風設備用電機品 |
| ○ ベネゼラのグリ P/S 向け 密封形水冷式乾式変圧器 | ○ 新日本製鉄 大分製鉄所納め 60,000 kW 同期電動機の低周波同期起動 |
| ○ 関西電力(株)南大浜開閉所設置 77 kV ガス絶縁開閉装置 (GIS) | ○ さいたま水上公園向け機械設備 |
| ○ 縮小形大容量磁気しゃ断器 | |
| ○ 24, 36 kV 級真空しゃ断器 | |

三 菱 電 機 技 報 編 集 委 員 会

委員長	正 木 茂 雄	常任委員	湊 武 雄
副委員長	神 崎 遼	"	武 藤 正
常任委員	石 川 理 一	"	吉 松 誠 一
"	上 田 重 夫	委 員	北 垣 成 一
"	宇 佐 見 重 夫	"	武 田 忠 夫
"	北 川 和 人	"	田 附 和 夫
"	古 賀 亨	"	中 尾 致 一
"	塚 本 信 雄	"	南 日 達 郎
"	福 家 章	"	林 昇 寿
"	堀 謙 二 郎	"	待 鳥 正
"	牧 野 六 彦		(以上 50 名順)

昭和 47 年 6 月 22 日印刷 昭和 47 年 6 月 25 日発行「禁無断転載」定価 1 部 金 200 円(送料別)

編集兼発行人

東京都千代田区丸の内 2 丁目 2 番 3 号

印刷所

東京都新宿区市谷加賀町 1 丁目 12 番地
(郵便番号 162)

印刷者

東京都新宿区市谷加賀町 1 丁目 12 番地

発行所

東京都千代田区丸の内 2 丁目 2 番 3 号 (郵便番号 100)

三菱電機株式会社内 「三菱電機技報社」

(電話) (03) 218 局 2323 番

発売元

東京都千代田区神田錦町 3 丁目 1 番地 (郵便番号 101)

株式会社 オーム社書店

(電話) (03) 291 局 0912 番 振替口座 東京 20018 番