

火力発電所用トランジスタ形発電機保護継電装置

Transistorized Generator Protection Relay Equipment for Thermal Power Station

Intended for the purpose of labor-saving in maintenance and inspection at the thermal power plant as well as for the improvement of operational reliability of generating equipment, this transistorized protective relay system consists of a fault detection part using relay components, a logic sequence part, a self monitoring part, an operation and indication control part, and a power source part.

For erroneous operation and erroneous non-operation 24-hour inspection and supervision are exercised thereby to find machine faults in time. The relay components and power source part are designed in multiple unit type for higher reliability.

The first unit of this new transistorized protective relay system completed recently to the order of Tokyo Electric Power Co. has been demonstrating highly satisfactory performance in an 18-month field test at the Shinagawa Thermal Power Station.

吉松 輝彦* Teruhiko Yoshimatsu
 姫野 和映** Kazuaki Himeno
 秋沢 安郎*** Yasuo Akisawa
 岩見谷建志**** Takeshi Iwamiya

1 緒 言

近年、電力需要の急激な増大に伴い、系統規模は拡大かつ多岐化の傾向にある。一方、このような傾向に対応して発電機の単機容量も増大の一途をたどり、万一の脱落時に系統に与える影響はきわめて大きく、安定した電力の供給は重要な社会的責務である。発電所用保護継電装置の近代化およびその信頼度の向上は必要欠くことのできない条件であり、特に送電線用保護継電装置の無接点化、高信頼性の著しい進歩に対応して、近年種々の検討が進められている。ひとつの指向として現在の電磁形保護継電器に代わる無接点式のトランジスタ形保護継電装置を今回開発した。

本トランジスタ形保護継電装置は、上述のような新保護継電装置としての必要条件を具備するとともに、省力化機器としても、その保守の容易さにおいて大きな長所を具備している。

このたび本保護継電装置の約1年半に及ぶフィールドテス

トを東京電力株式会社品川火力発電所において実施完了したので、その概要について報告する。

2 火力発電所用保護継電装置の現状と問題点

事業所用火力発電所においては、一般にユニット方式と呼ばれる発電機、主変圧器および所内変圧器による構成とし、主回路においては、このユニット別保護方式が適用されている。従来この保護方式に適用する保護継電器は、一部を除き電磁形のもものが使用され、長年の経験と技術の進歩により、保護の目的を十分に達成しているが環境適合性や保守点検の容易性からみた場合、さらに改善すべき点が考えられる。すなわち、大容量火力発電所や原子力発電所における耐震性の向上や継電器異常の早期発見はなかなか困難である。特に通常、年1回実施される定期点検時のみ保護継電器の動作、特性試験が行なわれる現状にあっては、運転期間における保護

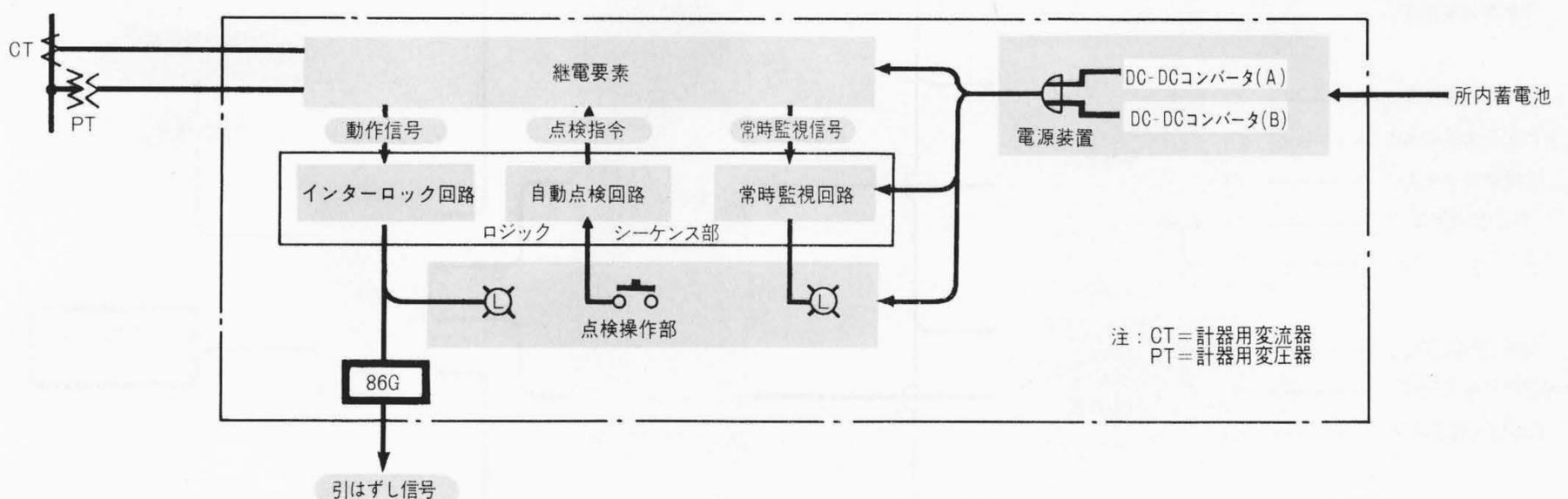


図1 保護継電装置構成 継電装置としての機能をまとめた一体装置の構成となっている。

Fig. 1 Functional Construction of Generator Protective Relay Equipment

* 東京電力株式会社川崎火力発電所 ** 東京電力株式会社火力部 *** 日立製作所那珂工場 **** 日立製作所大みか工場

上の信頼性に潜在的な不安が伴いやすい。従来、発電所における保護継電器は、系統保護に要求されるほどの高速動作、高感度を必要としないことからトランジスタ化が立ち遅れていたが、トランジスタ形継電器とすることにより機械的可動部をなくし、電気回路の構成も容易となって、使用信頼度の向上を図るとともに保守点検の省力化を実現することが可能である。

3 トランジスタ形保護継電装置

3.1 装置の構成

保護継電装置の保護方式は基本的には従来の方式と同じであるが、検出部の信頼度向上のため各種多重化を行なってい

る点が変わっている。図1は装置の全体を示す構成図であり、ユニット化された継電要素、完全ソリッドステート化され互換性のあるプラグインタイプのロジックシーケンス部、および自動点検部、常時監視部、自動点検指令用スイッチや各種表示、監視のための表示操作部ならびに完全二重化電源装置から成り、発電所用保護継電装置として一体装置化されている。装置外観は図2に示すとおりである。

本装置の動作を図3により述べる。事故発生時に当該保護継電要素が動作するが、後述の多重化により、出力条件が成立して始めて引はずし信号となる。この引はずし信号は電圧値によるオン信号として、ロジックシーケンス部へ伝達され、各検出別の時限回路を含むインターロックを経て、動作表示と同時に装置の最終段であるロックアウトリレーを動作させて、装置出力となり、接点出力とともに警報が発せられる。

3.2 保護継電要素

トランジスタ保護継電器の動作原理については、いくつかの文献⁽¹⁾に紹介されており、本論において重複して述べることは避けるが、本継電装置を構成している継電要素も原理的には整流形と位相比較形を採用している。各継電要素とも原理的には系統保護用と同様にこれら整流形もしくは位相比較形ではあるが、発電所保護として、その整定動作値などの特殊性のため、新開発したものである。図4は、継電要素の外観を示すものである。

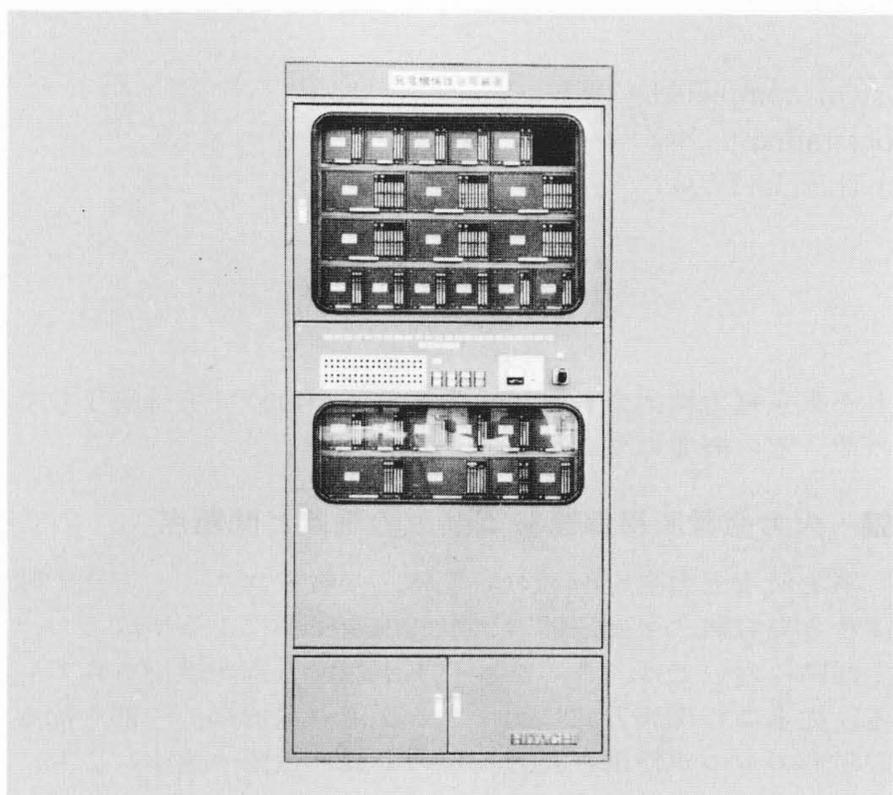


図2 保護継電装置 継電要素部は透視可能にしたキュービクル構造となっている。

Fig. 2 Front View of Generator Protective Relay Equipment

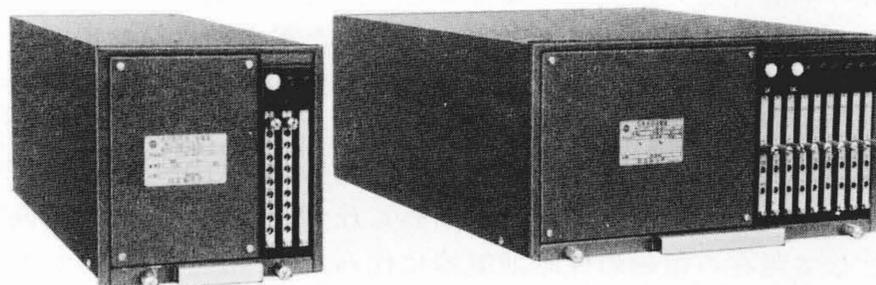


図4 継電要素 要素別のユニット構造となっており、前面にタップおよび動作表示灯が取り付けられている。

Fig. 4 Relay Component

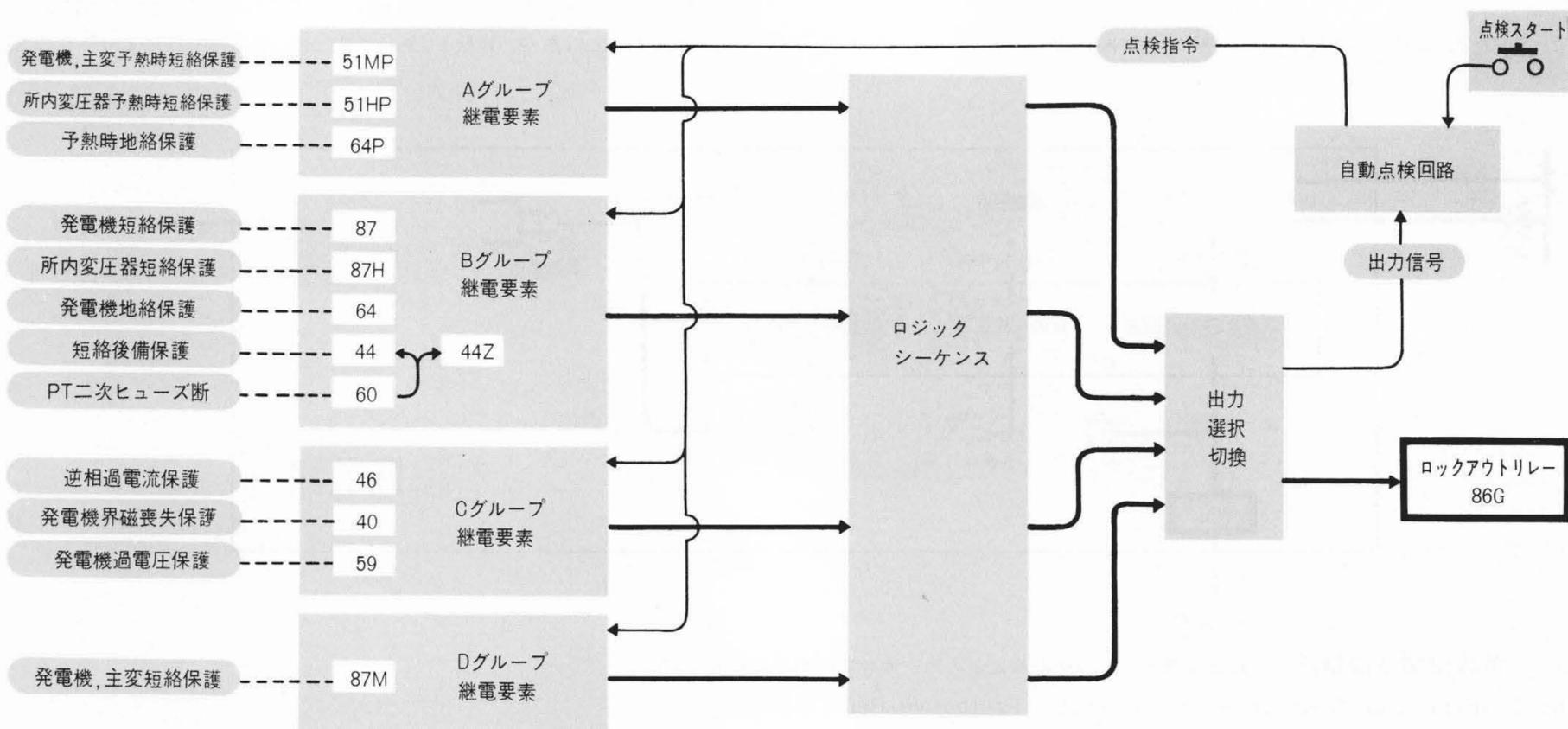


図3 動作ブロック図 保護目的およびグループ別継電要素を含み、装置の動作系統を示している。

Fig. 3 Block Diagram of Equipment

3.3 自動点検および常時監視

保守点検において省力化を実現するとともに、装置の異常を早期に発見することは、この種の保護装置として不可欠であり、その手法としては、誤不動作故障に対する自動点検、誤動作故障に対する常時監視が考えられる。具体的な方式および効果は述べられている⁽²⁾のでここでは省略し、本装置の採用手法を以下に説明する。

(1) 常時監視

常時監視は継電要素の多重化と組み合わせにより、出力の監視を行なっている。本装置の多重化は継電要素の検出故障の特徴により、次の3種の方式を採用している。

- (a) 直列二重化方式—A継電要素とB継電要素が同一（図5(a)参照）。
- (b) 異動作域直列二重化方式—A継電要素とB継電要素において一方の動作域が広い（図5(a)参照）。
- (c) 直並列多重化方式—事故時三相分同時動作すべき継電要素において、三相中二相分動作でもって成立（図5(b)参照）。

(a)は全く同一な継電要素の二重化を行ない、アンド条件により両継電要素の動作を正規動作信号と判断し、どちらか一方のみ動作した場合は、判定機能としての微小時限後、常時監視として警報表示回路へ入力される。

(b)は保護目的に合致した動作域の継電要素とより動作域の広い継電要素との組み合わせにより構成され、両継電要素の動作でもって引はずし信号が成立し、どちらか一方のみ動作した場合は誤動作検出とするが、一方の継電要素は動作域が広いため運転条件によっては過渡的に動作する可能性が大きくなる。したがって、このときの装置としての誤表示を回避するため、上述(a)に比べ長时限後に常時監視信号成立としている。この例として短絡後備保護について説明する。短絡後備保護としては従来オフセットモー保護継電器が使用されており、その主保護目的は発電機外部短絡に処するもので動作域は図6において“A”としている。本装置では継電要素として、この動作域“A”のものと動作域“B”のインピーダンス継電要素を備え、保護目的を達成している。したがって、インピーダンス継電要素“44Z”は広い動作域により動作側

表1 継電要素多重化方式 検出事故の特徴によって多重化方式を適用している。

Table 1 Multiplex Methods for Relay Components

継電要素	記号	方式
発電機短絡保護	87	異動作域直列二重化
主変圧器短絡保護	87M	"
所内変圧器短絡保護	87H	"
逆相過電流保護	46	"
短絡後備保護	44	"
発電機界磁喪失保護	40	直並列多重化
発電機過電圧保護	59	"
発電機地絡保護	64	直列二重化
発電機、主変圧器予熱時短絡保護	51MP	"
所内変圧器予熱時短絡保護	51HP	"
発電機予熱時地絡保護	64P	"

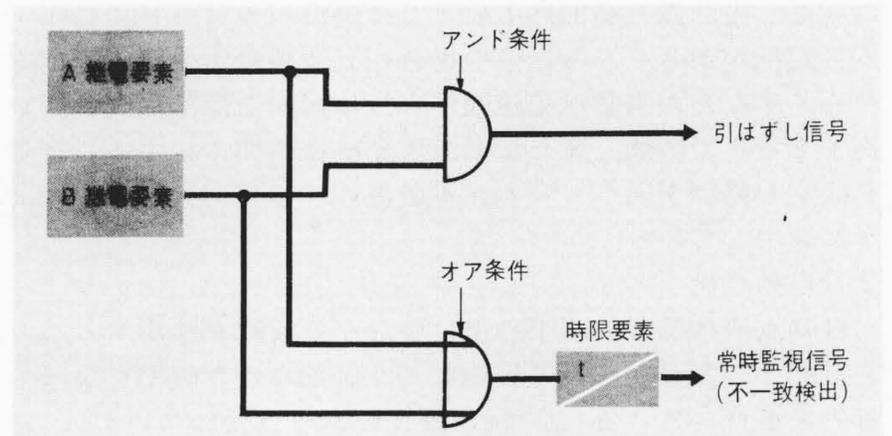


図5(a) 直列二重化方式および異動作域直列二重化方式 アンド条件成立でもって引はずし信号とし、オア条件成立後一定時限経過かつ継続でもって常時監視信号としている。

Fig.5(a) Series-dual Method or Series-dual Method with Various Operation Area

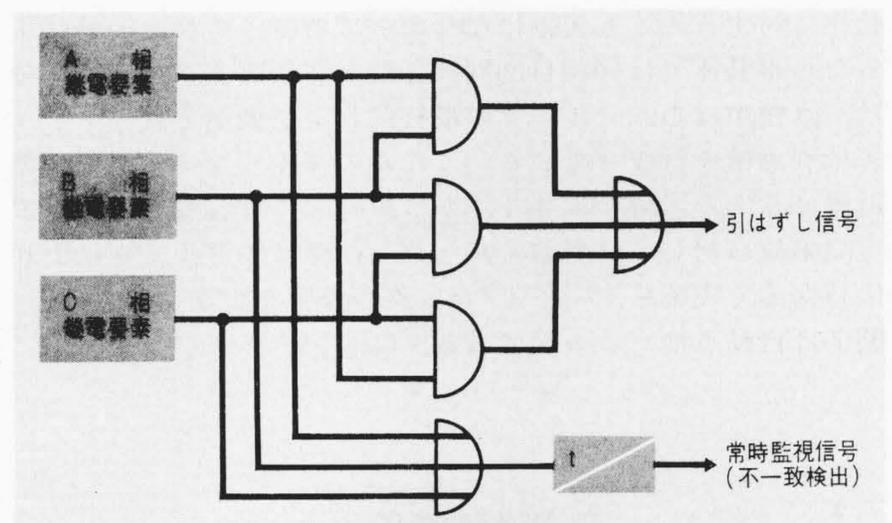


図5(b) 直並列多重化方式 三相中、二相の継電要素動作でもって引はずし信号とし、いずれか一相のみ動作後一定時限経過かつ継続でもって常時監視信号としている。

Fig.5(b) Series and Parallel-multiplex Method

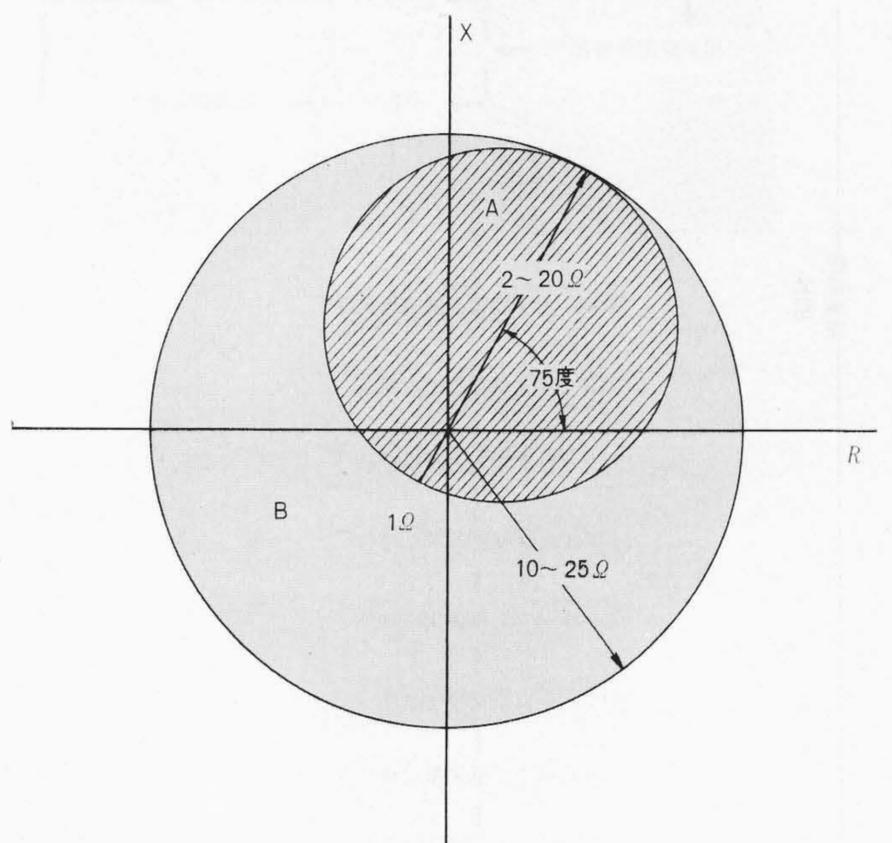


図6 短絡後備保護動作域 本来の保護目的に合致した動作域“A”なる継電要素44（オフセットモー要素）と、動作域の広い継電要素44Z（インピーダンス要素）の“B”の重量部で当該動作とする。

Fig.6 Operation Area of Short Circuit Fault Back-up Protective Relay Components

に立ち、当該保護範囲外事故または過渡現象によって動作する可能性が大きくなる。この場合の装置誤動作表示を避けるため、すなわち当該保護範囲外事故に対する外部保護動作が終了するまでの間、または過渡現象継続時間に相当する時限を設定し協調を図っている。本装置の多重化方式は表1のように適用している。

(2) 自動点検

自動点検は装置の誤不動作につらなる故障を検出することを目的としており、その実施により装置の残存確率を改善する効果を持っている。この種の継電要素の点検については二、三の方式が考えられているが、本装置では回路的に簡略化可能なDC信号を点検指令としてトランジスタ回路の確実な点検を行なっている。本装置が適用される火力発電所の保護はその目的において多岐にわたっている。したがって、結果的に継電要素の種類も多くなり、点検ループの数が増えることは避けにくい。また、点検時の装置出力の処置および事故動作に対する処置も複雑になりがちである。これを簡易にするため本装置では保護目的別に各継電要素を4グループに分け、点検中は当該グループの最終段および表示をロックし、各相別点検を行なっている。これらのグループにおいては発電機に与える影響が大きく、かつ短時間に許容限界に達する短絡事故に対しては当該グループ点検時は他グループにより代替保護を実施し、グループロックの弊害を少なくしている。図7は自動点検フロー図である。

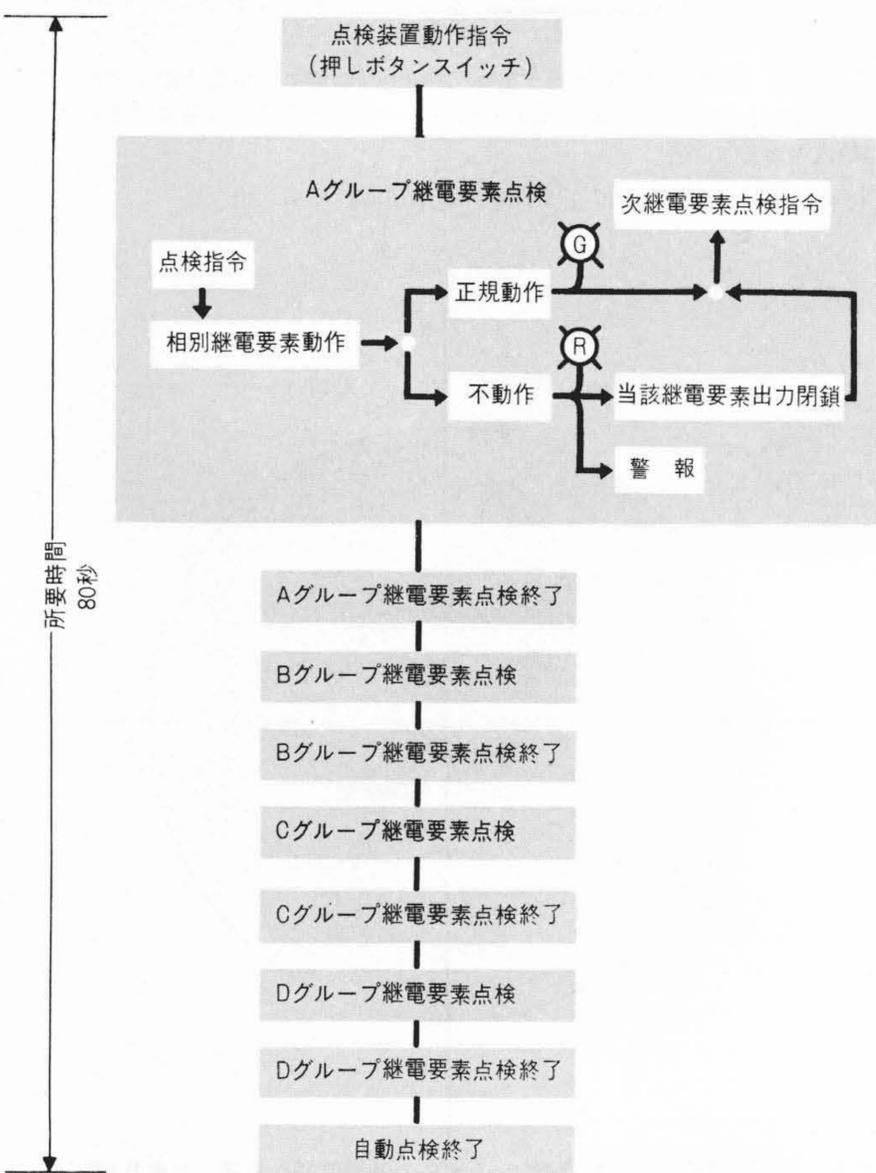


図7 自動点検フロー図 押しボタンスイッチにより自動点検が開始され、グループ別に各継電要素を自動的に点検していく。その所要時間は全時限要素も点検しているため80秒である。

Fig. 7 Flow Diagram of Automatic Checking System

4 試験結果

4.1 工場試験

(1) 温度、耐サージ試験

温度試験は長時間のエージング後、ヒートサイクル試験を実施し、特性が全く安定していること、動作に特に問題がないことを確認した。

耐サージ試験では継電要素のPT、CT入力回路および電源装置の入力回路にインパルス標準波形を印加して装置に異常がないことを確認した。

(2) 火力発電所模擬装置による総合動作試験

装置を火力発電所模擬装置と組み合わせ、想定される各種事故現象について事故点を変え、詳細な動作試験を行なった結果、所期の動作が確認された。図8は発電機短絡保護比率差動継電要素の動作オシログラム例である。

4.2 現地実機試験

工場試験により装置の性能を確かめ得たが、装置の信頼性と保守上の問題点を確認するために、2回にわたり、延べ18ヶ月間、東京電力株式会社品川火力発電所3号機(125MW)において既設保護継電器と並列運転し実機試験を実施した。この期間における周囲条件は次のとおりである。

周囲条件

- (1) 温度：20～31℃
- (2) 湿度：19～74%
- (3) 発電機出力：60～125MW
- (4) 無効電力：0～77MVAR

(ただし、上記値は午前10:00におけるもの)

第一次実機試験時の結果は表2に示すとおりである。この第一次および第二次実機試験を通じて異常は認められず、またこの間、現地で行なった3回にわたる特性試験においても特性の変化などは認められず、良好な結果を得た。

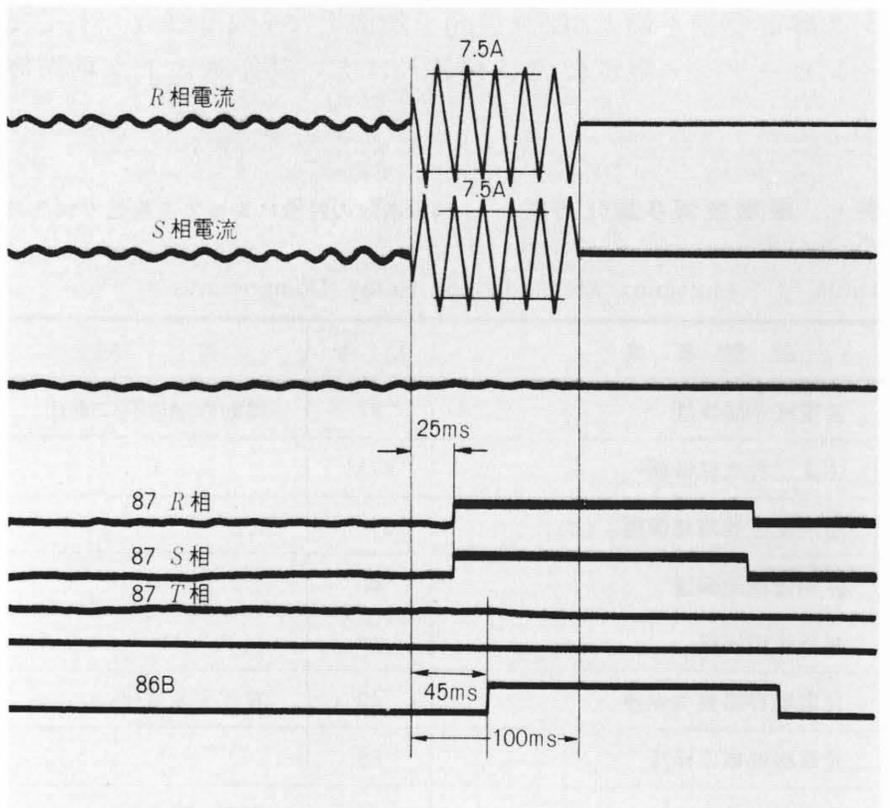


図8 比率差動継電要素動作オシログラム例 火力発電所模擬装置で、発電機電機子巻線のR相とS相を短絡させたものである。87は当該継電要素、86Bは装置出力接点を示す。

Fig. 8 Example of Oscillogram of Percentage Differential Relay Component Operated

表2 実機試験結果 昭和45年8月から昭和46年2月の7ヶ月にわたる第1回実機試験の結果であり、この期間および第2回実機試験を通じ、装置の異常動作は発生しなかった。

Table 2 Result of Field Test

No.	期 間 (月/日)	運転時間 (停止時間) (h)	実 運 転 時 間 (h)	装 置 不 ぐ あ い	系 統 事 故
1	8/1~ 8/31	744 (0)	744	なし	なし
2	9/1~ 9/30	720 作業停止 (31)	689	"	9/3甲信幹線 地絡 9/15 66kV地絡
3	10/1~ 10/31	744 (0)	744	"	なし
4	11/1~ 11/30	720 (0)	720	"	"
5	12/1~ 12/31	744 (0)	744	"	"
6	1/1~ 1/30	744 特性試験 (48.7)	695.3	"	"
7	2/1~ 2/27	648 回路点検 (34)	614	"	"
計		5,064 (113.7)	(4,950.3)	"	"

5 結 言

火力発電所の新しい保護継電装置として開発された本保護継電装置は、工場試験および現地実機試験を経てその意図した、

- (1) 自動点検および常時監視方式による保守点検の省力化
 - (2) 上記機能と検出要素の多重化による信頼度の向上
- の2点について確認できた。

本装置は対象を火力発電所用として開発し、その基本範囲は、

- (1) 125MW以上の容量機
- (2) 母線構成はユニット方式
- (3) 発電機中性点接地は柱上変圧器接地方式
- (4) 予熱運転も考慮

としている。しかし、これには必ずしも限定する必要はなく、水力および原子力など発電所全般に拡張適用も可能である。

今後の課題としては、自動点検時の定量的特性把(は)握、所内回路保護継電器の無接点化および集中管理化があり、種種の面から検討の必要がある。

終わりに本装置の開発にあたり、貴重なご意見、ご援助をいただいた関係各位に深く感謝の意を表わす次第である。

参考文献

- (1) たとえば、渡井、高林：「保護継電器のトランジスタ化」 日立評論 47, 12 (昭40-12)
- (2) 吉崎、抜山ほか：「トランジスタ継電器の高信頼度化」 日立評論 53, 3 (昭46-3)

お詫びと訂正

本誌第55巻第4号49頁掲載論文「札幌市交通局納め電車総合自動試験装置」につきまして、「札幌市交通局」の英文社名を「The Sapporo City Transportation Bureau」とすべきを、誤まって「The Sapporo City Communication Bureau」と掲載いたしました。

札幌市交通局の関係各位にご迷惑おかけいたしましたことを、深くお詫び申し上げます。



ソフトウェアの検査の考え方

日立製作所 菅野文友

情報処理 13-5 294 (昭47-5)

「ソフトウェアは商品である」という基本的な考え方に立てば、検査の存在が重要視されることは当然である。また一方において、ソフトウェアの検査が工場技術として完全に確立、定着したものは、まだいいにくい面もあり、いろいろと流動性に富み、今後幾多の変革が予想されるものである。こういった立場から、ソフトウェアの検査を取りまく周辺の事項を含めて、二、三のアプローチを試みた。

ソフトウェアとハードウェア(類似性、異質性、システムとしての相補性)、検査のあり方(生産管理との関係、検査無用論について、検査における保全業務)、品質評価の本質(多面性、変移性、評価指数の設定)、ソフトウェア検査の基本的立場(ソフトウェア検査の理念、ソフトウェア検査の内容、ソフトウェア検査技術とその管理、ソフトウェア品質保証へのアプローチ)、現状と今後の問題(現在までの経過、成果と反省、

今後の課題)、といった諸項目を取り上げ、ソフトウェアの検査の考え方を中心とした検討結果について述べた。

ソフトウェア検査の第一のアプローチは、ドキュメント検査である。ソフトウェア・エンジニアリングにおけるドキュメンテーションの占める位置、ならびにその意義は、はかり知れないほど高い。検査の対象とするドキュメントは、生産における内部的ドキュメントのすべてと、顧客に提供する外部的ドキュメントのすべてである。

ソフトウェア検査の第二のアプローチは、ハードウェアとタイアップした状態で行なうシステムの検査である。つまり、ソフトウェアをマシンに組み合わせて、顧客と同じ形で動かしてみる検査である。

一般に、検査業務を生産工程の変遷過程から分類した場合、受入れ検査、中間検査、製品検査、出荷検査などになるが、ソフトウェアの場合には、中間検査は、計画、設

計、製造、統合の各生産段階で行なわれるドキュメンテーションに対して遂行されるべきものであり、ドキュメンテーションに対する検査の意義は、生産工程から見た場合、中間検査として各工程の完了を明示するものである。マシンを使用するシステムの検査は、製品検査に対応するものである。

なお、設計・製造部門の自主的テスト(いわば品質管理)の内容を知るためにも、マシンを使用するシステム検査遂行上の効率からいっても、チェックリストは多大の重要性を発揮する。このチェック・リストには、プログラム・チェック・リストとシステム・チェック・リストがあり、それぞれ製造工程およびシステム・テスト時に作成するものである。また、検査プログラムや検査データの作成という業務も、一般のソフトウェア生産の場合と同じく、システムのなアプローチが必要である。



ICパッケージの実装・布線基準

日立製作所 川崎 淳 遠藤裕英

電気学会論文誌 92-C, 6 240 (昭47-6)

最近の情報処理装置はIC、LSI(以下、ICと総称する)から構成されているが安定な装置を経済的に設計するにはICの実装法が問題となる。換言すれば、論理設計とICの特性のインターフェイスとなり、処理装置の動作マージンと価格のバランスの上に計算機システムを最適設計するものがデジタルICの実装技術、すなわち、ICパッケージの実装・布線基準で、これが上記の問題の解決に最も重要な研究課題である。

従来、立上りの速いパルス波形を対象として、その波形伝送の諸問題、すなわち、反射、クロストークなどを個別に検討した論文は数多くある。しかし、個別的問題を解析しただけでは布線基準は作成困難である。

本論文は日立制御用計算機ハードウェアシステムの高信頼化を目標として開発したICパッケージの実装・布線基準を論じている。しかし、その設計手法は一般性に富み、

汎用計算機システム、産業用エレクトロニクスシステムなどにも広く適用できるものである。

本論文では、布線基準の作成における基本的パラメータは、発生する雑音電圧と信号の伝搬遅れ時間の二つであると考えている。また、これらの二つのパラメータと処理装置の動作マージンとの関係を評価するには論理構造(たとえば、同期方式か非同期方式か)が強く関係することを明らかにしている。さらに、布線基準の作成にはパルス波形の反射、クロストークなどの個別的問題とその組合せはもちろん、ICの特性、実装法(たとえば、多層プリント板かディスクリット配線か)、論理構造の相互関係がきわめて重要であることを述べている。

本論文で明らかにした布線基準の作成手法のポイントは次のとおりである。

(1) 論理構造に基づいて同期方式、非同期方式を区別する。

(2) 多段接続ゲートの遅れ時間とクリティカルパスを算出する。

(3) 布線に伴うすべての雑音をいったんクロストークと考え、次に、そのクロストーク値を発生する並行線長(二本の線が並行して布線された長さ)にそれを換算する。これが等価並行線長である。布線設計では布線長と布線ルートを決定するのがいちばん重要な項目で、結局、これはクロストークの値を正しく求めることに帰着される。したがって、この手法をとれば、たとえばゲート切換雑音を考慮すべきときにはその等価並行線長を全許容等価並行線長から差し引き、残りの等価並行線長をクロストークと反射に割り当てればよい。

特に第(3)項が本論文の大きな特徴である。布線基準はICの特性と計算機システムの動作マージンをインターフェイスするもので、経済性を考えた最適設計が強く望まれる重要な技術である。