

電力系統制御・保護システムの技術動向

Recent Trends of Power System Control and Protection Technology

近年、電気事業を取り巻く環境や社会的要請がますます厳しくなりつつあり、電力供給信頼度の向上及び設備運転保守面のいっそうの高効率化が求められている。このような環境下にあつて、電力機器の近代化、高信頼度化が推進される一方、電力系統の神経ともいふべき重要な役割を担う制御保護システムの分野でも新技術を採用し、性能、機能及び保守点検の面で一段の飛躍を求めようとする気運が見られる。

日立製作所ではこれらの情勢を踏まえて、かねてからマイクロコンピュータを中心としたデジタル技術、及び光通信技術を積極的に導入し、実用化する努力を行ってきた。

本論文では、この分野での技術動向を述べるとともに、この分野の要請にこたえるために日立製作所が開発した製品を紹介し、その有用性を示す。

久保隆生*	Takao Kubo
佐野和汪*	Yoshihiro Sano
後藤益雄**	Masuo Gotô
瀬尾一夫***	Kazuo Seo
川上潤三****	Junzô Kawakami

1 緒 言

マイクロプロセッサは、1971年に初めて発表されて以来、半導体技術の進歩に支えられた好運もあつて極めて急速に普及した。わずか17年しか経過していない現時点で、早くも社会や産業の広範な分野で中心的な役割を演じている。信頼性を最重要視する電力系統の制御・保護システムの分野でも同様の動きが現れている。

マイクロプロセッサを用いたデジタル形の装置が、従来のアナログ形の装置に代わり、その主役の座を奪おうとする勢いで実用化の範囲を拡大しつつある動きがそれである¹⁾。

制御、保護装置のデジタル化は、その性能・機能を向上させ得るとともに、運転・保守の省力化指向及び経済性の向上指向に適合しやすい面を持っているため、通信系のデジタル化など周辺技術の動向とあいまって、今後いっそう促進されるものと考えられる。

日立製作所では、このような情勢となることを早くから予測し、そのために必要となる技術開発を各電力会社の指導を得ながら推進してきた²⁾。本論文では、この制御・保護システム分野の技術動向及び日立製作所の製品開発例を、

- (1) デジタル保護リレー
 - (2) 変電所統合化制御・保護システム
 - (3) 系統解析技術
- に大別して述べる。

2 デジタル保護リレーの動向

電力の安定供給を確保する上で電力系統の神経ともいふべき重要な役割を果たす保護リレーは、最近、従来のアナログ形に代わり、マイクロプロセッサを使用したデジタル形が

急速に普及してきている。これは、デジタル保護リレーが近年の我が国の電力系統の量、質両面での系統条件変化、及び社会情勢面の変化に伴う保護リレーの性能・機能の向上並びに省力化・小形化などのニーズにこたえ得る最も有力な手段であることによるものと考えられる。

すなわち、次の点がデジタル保護リレー実用化拡大に強いインパクトを与えたと言えよう。

- (1) リレー特性が性能向上や精度確保に好都合な加減乗除や記憶などの定量的演算処理で実現できること。
- (2) デバイス技術の進歩によってマルチプロセッサ構成がとれるようになったので、種々の仕様に対応しやすい分散処理が可能であること。
- (3) プロセッサによるリレー演算の余裕時間を活用して、自己診断能力を高めることができるのでメンテナンスフリーの可能性があること。
- (4) 整定部、表示部、試験端子などマンマシンインタフェース部及び入出力部のほかは、ほとんどソフト処理のため標準化が容易でアナログ形に比べ $\frac{1}{2}$ ないし $\frac{1}{3}$ に縮小できること。

ここでは、このようなステータスにあるデジタル保護リレー装置の最近の動向及び製品例について述べる。

2.1 送電線保護リレー

2.1.1 デジタル電流差動リレー

我が国では最近の傾向として、基幹系送電線主保護リレーはデジタル電流差動リレーが主流となりつつある。この傾向は、重負荷送電線や多端子系統の増大などによる系統保護上のニーズと、近年の情報伝送技術の発達があいまって促進された。

* 日立製作所国分工場 ** 日立製作所国分工場 工学博士 *** 日立製作所電力事業部 **** 日立製作所日立研究所 工学博士

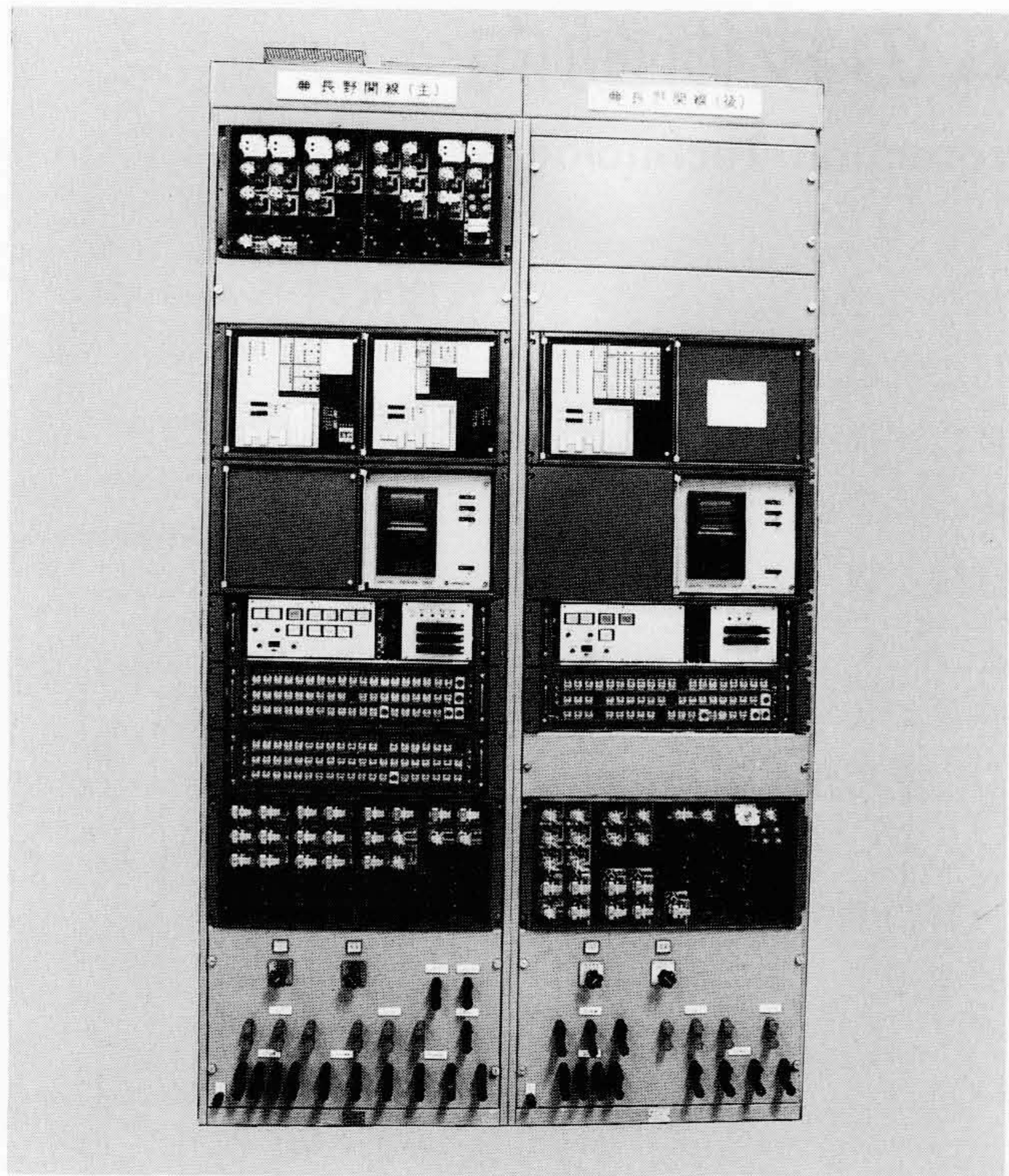


図1 サンプル同期機能内蔵形デジタル電流差動リレー装置
左側が主保護用デジタル電流差動リレー装置、右側が後保護用距離リレー装置である。

デジタル電流差動リレーは、各端子の電流値をもとにマイクロプロセッサで差動演算によって事故点電流を検出する方式のため、電流瞬時値データのデジタル伝送を必要とする。しかも、各端子の同時刻データを要するため、サンプリング同期機能が不可欠である。

当初、この同期機能は、専ら信号端局装置側に組み込まれていたが、最近システム全体をシンプルにする目的でリレー装置に内蔵したものが適用されている。サンプリング同期機能内蔵形デジタル電流差動リレー装置の外観を図1に示す。

また、154 kVや66 kV送電線に対しても、保護性能の優れたこのデジタル電流差動リレーの適用が始まっている。図2はそのシステム構成の一例を示すもので、3端子系統などで既に運用中である³⁾。このように超高压系以下にもこのリレーが適用されるようになったのは、マイクロ波回線デジタル化の急ピッチの推進やOPGW(光ファイバ複合架空地線)の実用化など光伝送技術の発達に負うところが大きい。この傾向は今後いっそう拡大していくものと推定される。

2.1.2 デジタル距離リレー

送電線の後備保護リレーは、自電気所情報だけで動作できる距離リレー方式が電磁形の時代から一貫して適用されてきた。デジタル距離リレーも導入の当初は、従来のアナログ形の特徴をデジタル処理で実現したものであった。しかし、計算機による系統シミュレーション技術の進歩は、将来系統

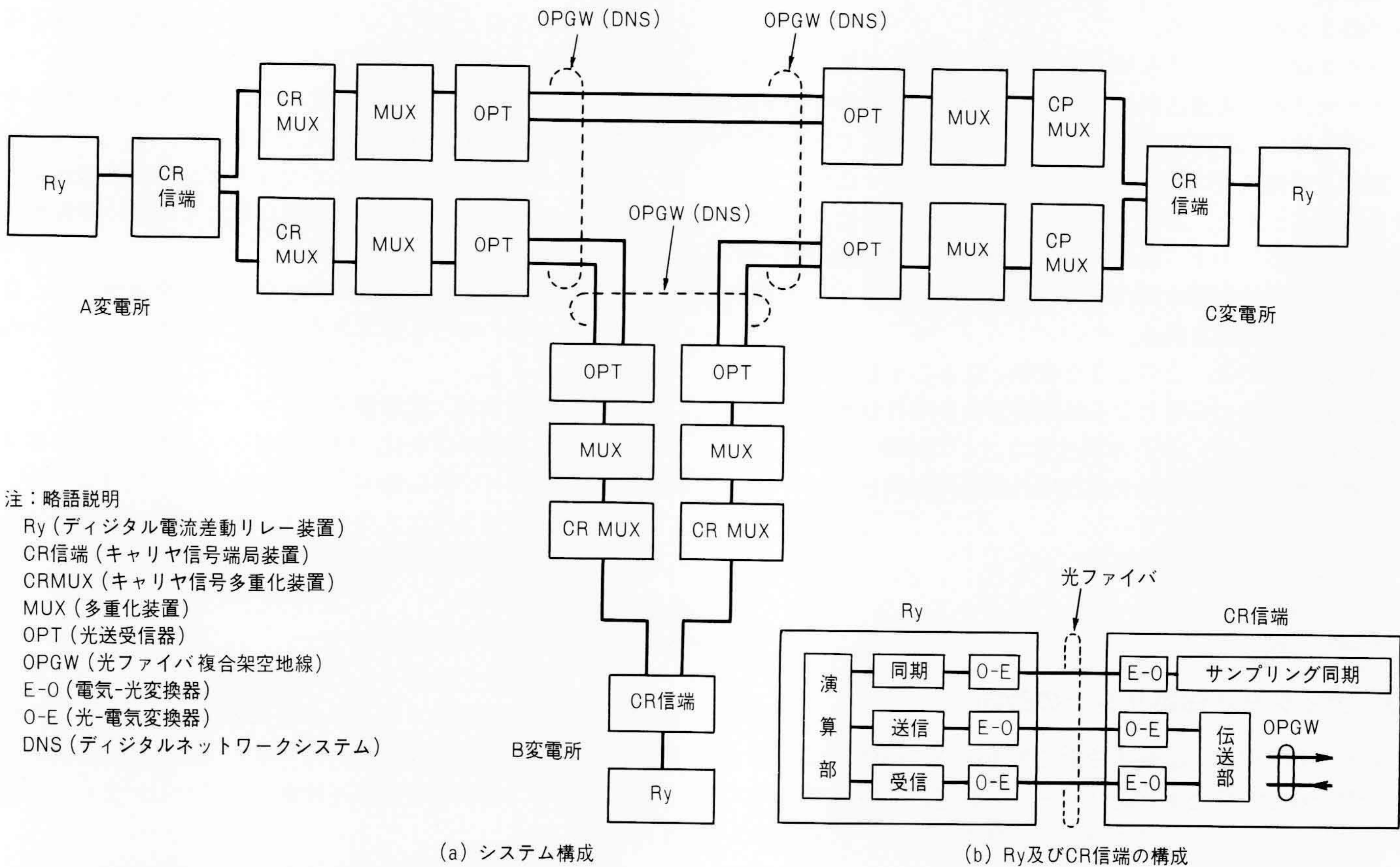


図2 15.4 kV送電線用デジタル電流差動リレーのシステム構成
伝送路はデジタルネットワークシステムの光伝送路を用いており、上り、下り2ルートのループ伝送方式である。光伝送路の一心が断心したときには、常用の上りルートから下りルートに切り替えて伝送する。全端判定方式としている。

で出現する系統現象をかなり精度よく把握することを可能としている。この恩恵を生かし、将来系統への対応も考慮に入れた保護アルゴリズムを具備した主幹系統保護用デジタル距離リレーを開発し実用化した。

この新形デジタル距離リレーは、図3に示す系統構成動向から顕在化している事故時に発生する高調波成分の、次数低下と含有率増大の問題を、次の2点を骨子とする方式によって克服したものである。

(1) 測距要素には、積分補間法による距離演算手法を用いた。これは、リレー設置点の電圧 V 、電流 I と系統のリアクタンス L 、抵抗 R の間に成立する回路方程式が V 、 I の周波数に依存しない性質を利用している。その回路方程式の微分項を、実用ベースで精度よく数値近似する方法として積分補間演算を用い、 R 、 L を算出させた点が特徴である。

(2) 方向要素は、至近端事故対策と低次高調波対策とを両立させるため、事故直後の V 、 I に含まれる基本波成分と高調波成分の重畳位相角がほぼ一致する性質を用いた判別方式として、測距要素との協調を図っている。

この積分補間形デジタル距離リレーは、変圧器励磁突入電流で誤動作するおそれがない。本リレーは、既に多数納入し実運用に供されている。

このほか、遠端事故の検出リレー要素が電力動揺や無効電力(充電電流)などの影響を受け、不要応動することを防止する目的の逆相分で動作するデジタル逆相距離リレー、インピーダンス演算方式の故障点標定機能を付加した高抵抗接地系統用のデジタル距離リレーなどを開発し、多数納入済みである。

2.2 母線保護リレー

母線保護リレーは、系統のかなめとなる部分が保護対象であることから特に高い信頼性が要求され、なかでも電流信号を入力する変流器の磁気飽和の影響による誤動作を確実に防止する必要がある。この対策として従来のアナログ形リレーでは、そのようなケースでも誤動作を防止可能な電圧差動方式を、あるいは磁気飽和が起こりにくいよう過渡特性を指定した変流器を用いた電流差動方式を採用するなどして対処している。

しかし、前者は運用回線の切替え、増設時の適用制約、後者は設置スペース、経済性などの改善が望まれている。

このような課題を解決するため、既設の過渡特性指定なしの変流器でも適用可能な電流差動方式によるデジタル母線

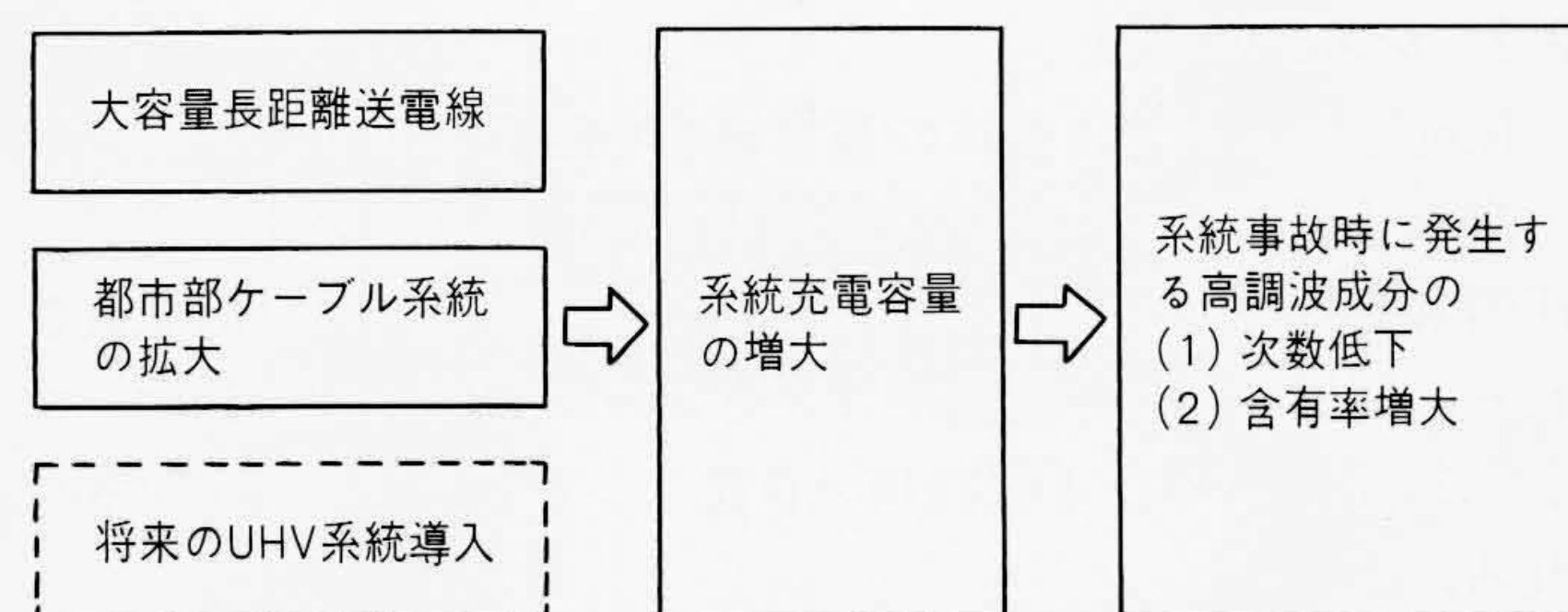


図3 系統構成多様化による事故様相変化の例 将来系統をモデルにシミュレーション結果では、2倍高調波で約200%の含有率となっている。

保護リレー方式を開発⁴⁾し、500 kV変電所に納入した。

開発したデジタル母線保護リレーの検出方式の概要と主リレーの構成を図4に示す。事故の検出は動作原理の異なる次の2要素を用いて行っている。

(1) 比率差動要素(RY-1)

(2) 波形判別要素(RY-2)

各要素とも、変流器の過渡的な磁気飽和が交流電流1サイクルごとの一部分で発生し、それ以外では正しい信号が得られることに着目したもので、RY-1は確実に内部事故を検出する役割を果たす。また、RY-2は変流器過渡飽和による誤動作防止のため、外部事故を検出しトリップロックをかける。

母線保護リレーでは、そこに出入する全回線の電流情報を有効に利用したシステムを構築しようとする動きがあり、特に高抵抗接地系でその傾向が増大している。

その一例として、66 kV系統用デジタル総合保護リレーシステムの外観と機能統合の様子を図5に示す。

2.3 変圧器保護リレー

変圧器保護は、従来から比率差動方式を基本としており、その励磁突入電流による不要応動防止対策として、第二高調波成分による高調波抑制方式を採用してきた。デジタル化の場合もその基本を踏襲する傾向にあるが、機能を演算処理によって達成できる特徴を生かし、次のような点で顕著な改善を図っている。

(1) 同一電圧階級でも容量の異なる変圧器が適用されるケースに対応するための比率差動リレー用の電流整合を、変圧器の基準容量をベースにした一次、二次の基準電流と電流変成比とを整定値として与え、ソフトウェア処理で実行させた。これによって、従来のアナログ形で必要とした電流整合用変圧器を不要とした。

(2) 従来の変圧器過負荷保護は、図6の④のような3段階の限時特性を持つ過電流リレーとタイマの組合せによって実現していた。デジタル化を契機に演算アルゴリズムに工夫を

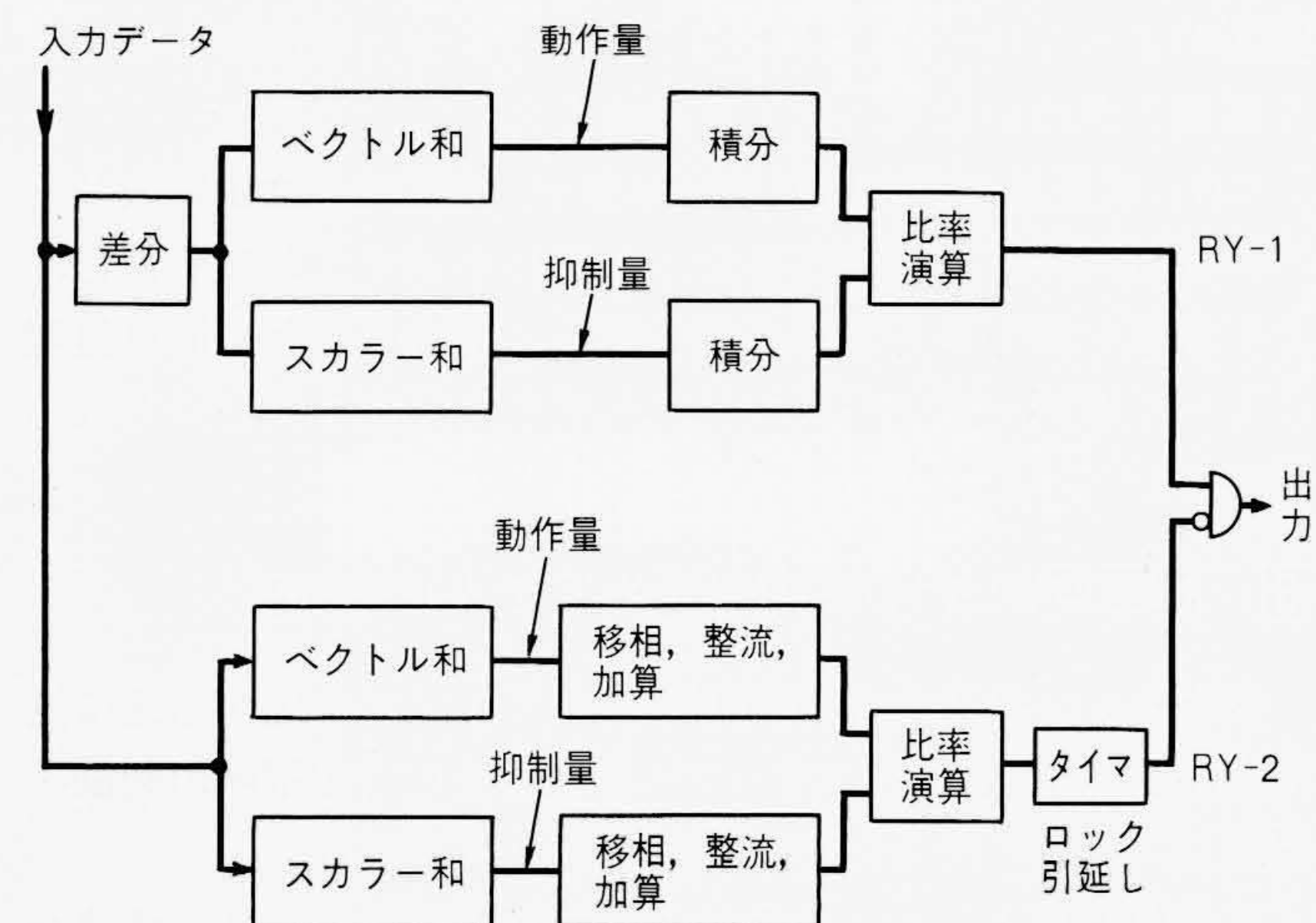
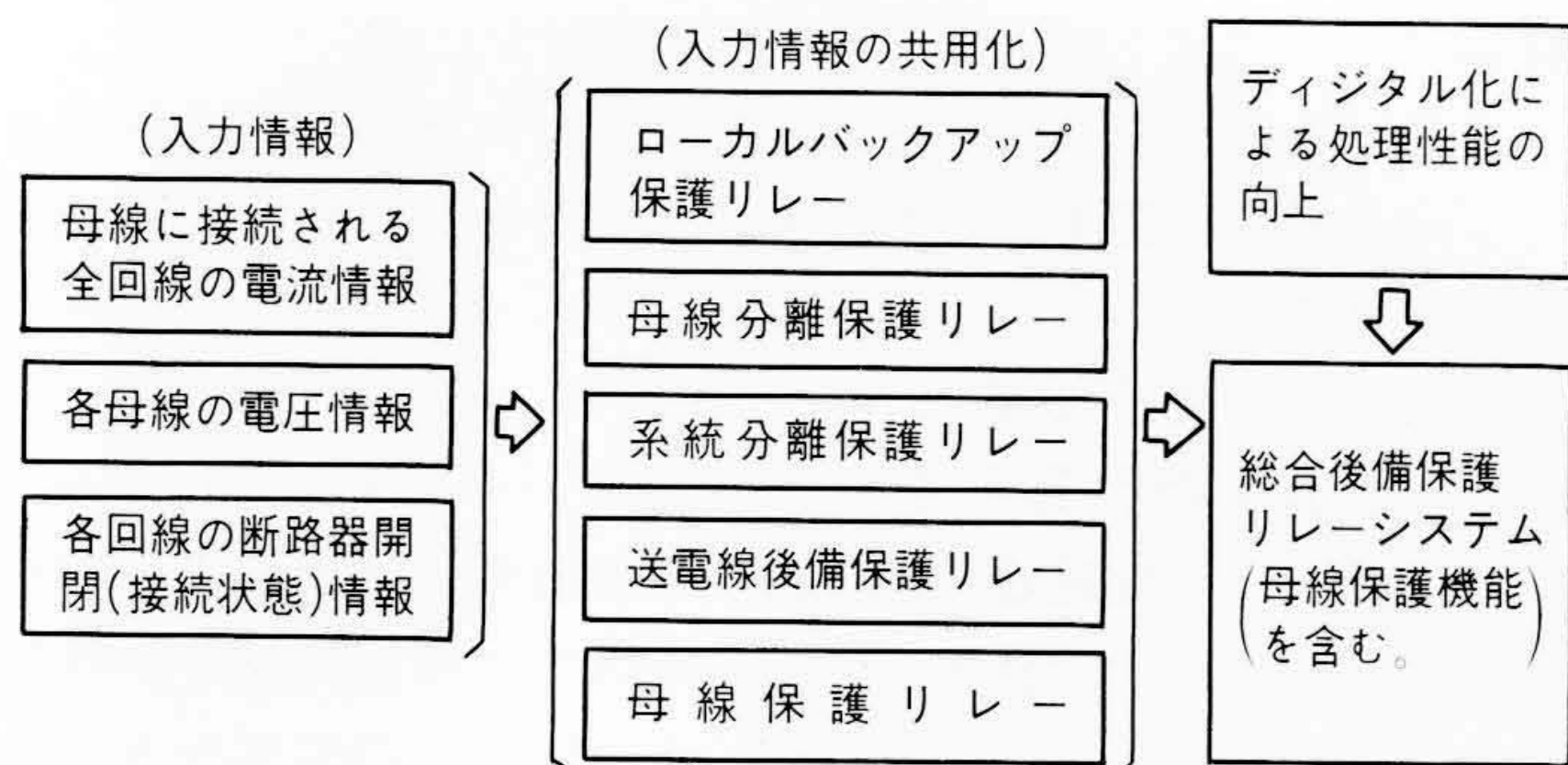
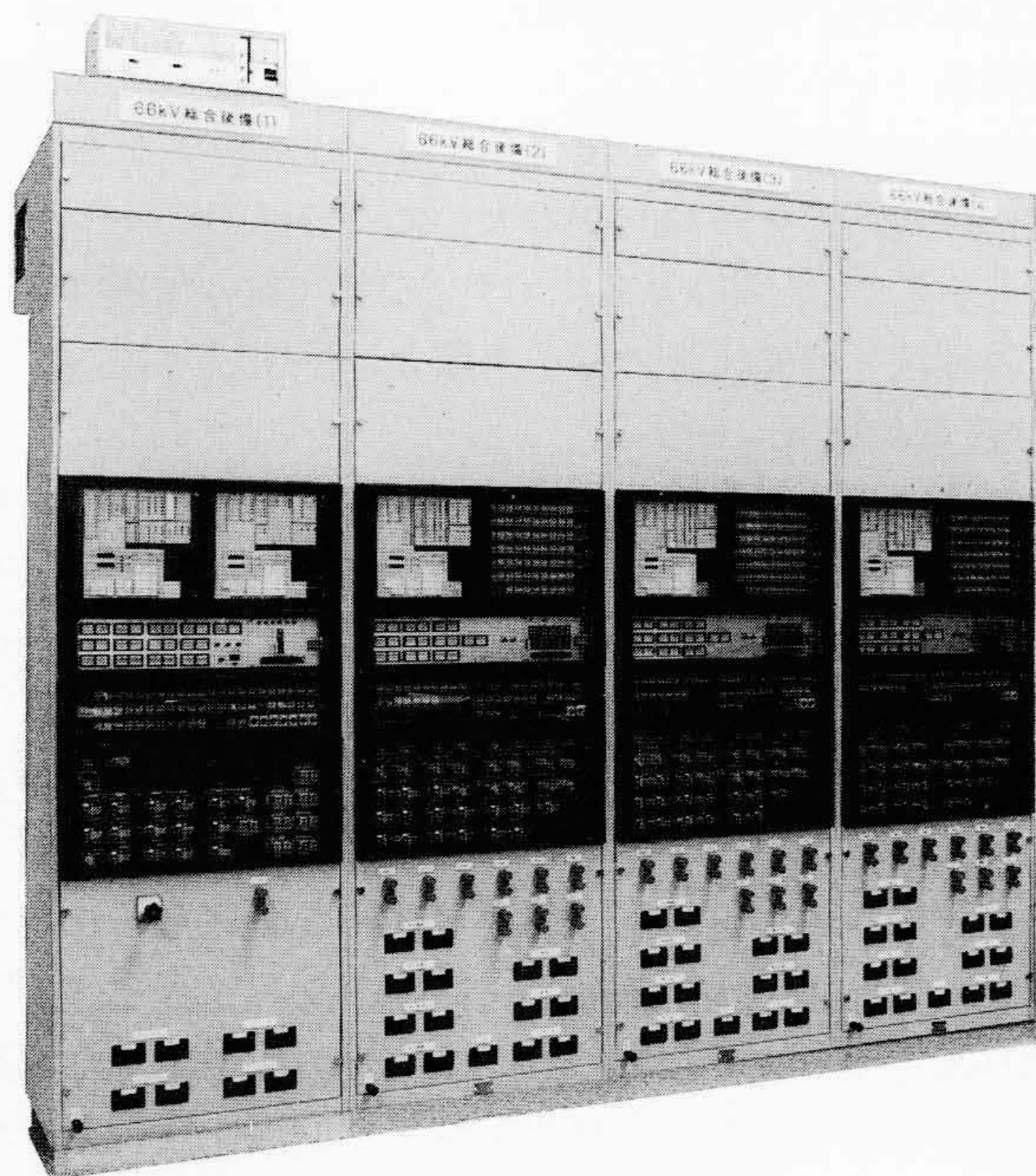


図4 デジタル形母線保護リレー短絡主リレーの演算ブロック構成 比率差動要素RY-1は確実に内部事故を検出し、波形判別要素RY-2が変流器過渡飽和による誤動作防止のため外部事故を検出してトリップロックをかける。



(a) 入力情報の共用化による機能統合



(b) 外 観

図5 66 kV系統用デジタル総合保護リレー 母線保護ではこれに接続される全回線の情報を扱うことから、それらの情報を多くの保護機能に共用することによって、デジタル化による多重処理の特徴を生かしている。

凝らし、リレー応動特性を変圧器の過負荷曲線に近似した同図⑥のような特性とすることによって、変圧器自身の効率的な運用と供給信頼度の向上を達成した。

なお、変圧器内部の磁気結合状態が、定常時・励磁突入時・内部事故時で、それぞれ異なった変化を示すことに着目し、その状態を変圧器各巻線の端子電圧・電流をもとに演算処理によって観測し、内部事故だけを選択検出する新しい方式の開発も行っている⁵⁾。

3 変電所統合化制御保護システムの動向

保護リレー装置や各種制御装置のデジタル化が急速に進められる一方で、次のステップへの布石として変電所の制御・保護システムの統合化にも関心が高まっている。

その代表例としてこの章では、東京電力株式会社、株式会社東芝及び三菱電機株式会社と共同で開発した光LAN (Local Area Network) を用いた変電所全デジタル制御・保護システムの概要を紹介する⁶⁾。

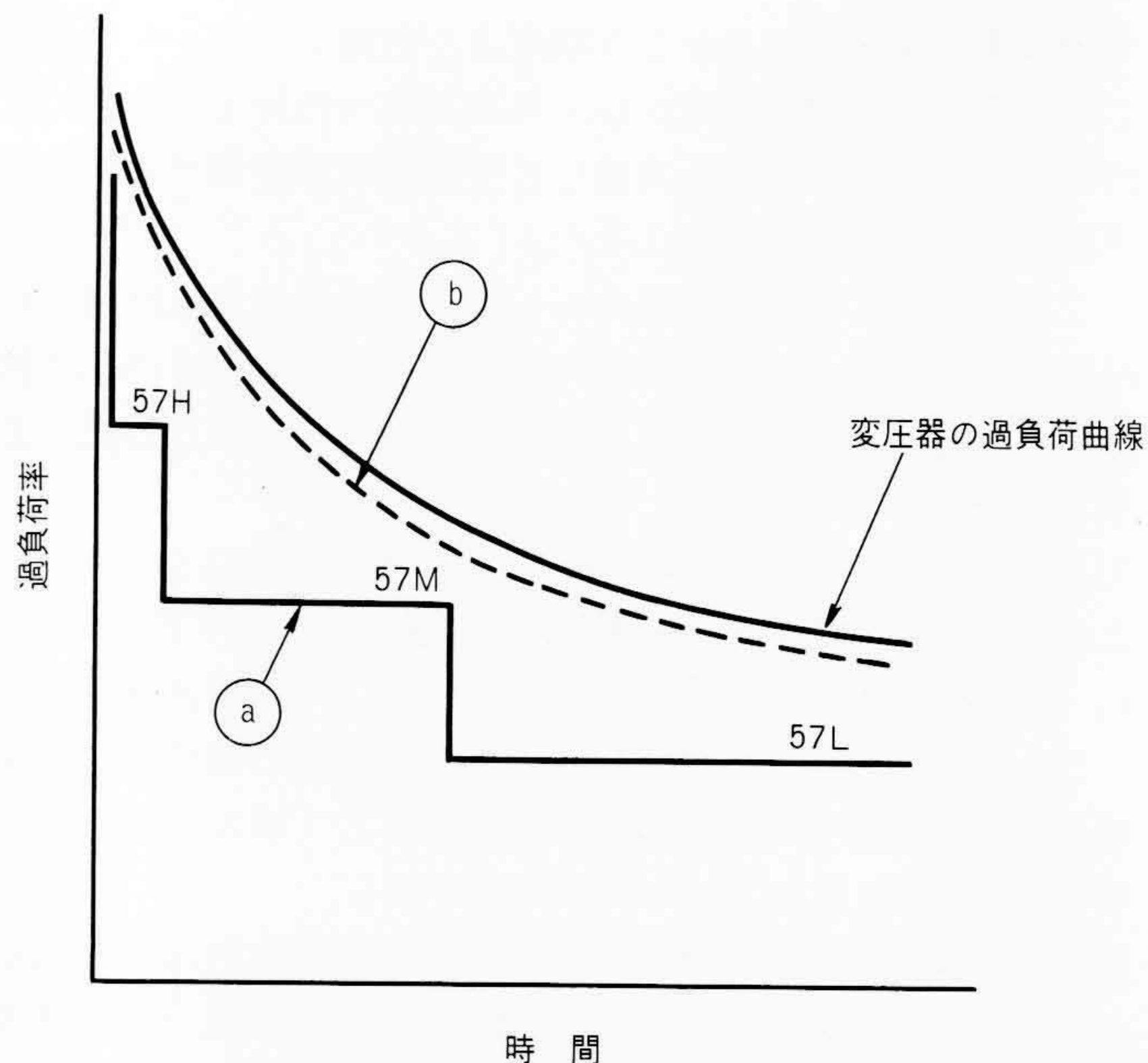


図6 変圧器過負荷保護リレーの特性 変圧器の過負荷特性は、巻線の最高点温度及びそれにより決定される寿命損失によって定まるため、新方式リレー特性はその両方を加味した近似特性とした。

3.1 開発のねらい及び主要課題

3.1.1 開発のねらい

このシステムでは、従来変電所の建屋内に集中配置していた保護リレー装置や制御装置を、温度上昇、じんあいなどの対策を施したキュービクル内に収め、屋外の主回路開閉器の近傍に分散配置する。同時に各装置間及び各装置と中央制御室の変電所コンピュータCPU(中央処理装置)間の情報伝送に光LANを適用し、システムの簡素化、ノイズサージ対策の強化、情報伝送容量の増大を図って、機能及び信頼性の向上を目指したものである。

3.1.2 主要課題

上述のねらいを達成するため、変電所での各種保護リレーと制御装置及びそれに必要な情報フローの分析、整理、系統運用上現行方式と互換性を保ち得る統合化システム構成、及びその構成を支え、かつ異メーカー製装置の結合を可能とする構内光LANの構築などの研究開発を行った。また、性能向上に寄与できる保護リレー方式、制御アルゴリズムの開発及び屋外設置に耐え得るサージやノイズの具体策を検討し、これを施したハードウェアの開発なども行って、このシステム実現のための課題を克服した⁷⁾。

3.2 システム構成

開発したシステム全体の基本構成を図7に示す。

端末装置は三つのタイプ(線路用装置、母線連絡用装置、変圧器装置)があり、それぞれ分離して変電所構内に分散配置される。制御室には、変電所コンピュータCPUとMMI(マンマシン装置)、イベント記録用の自動オシログラフなどが設置される。

各端末装置には、CU(制御ユニット)とPU(保護ユニット)及びDAU(データ取得ユニット)が収納される。また、各端末

装置間は、相互にスターバス形光LANで接続される。

これら各構成要素の概要は次に述べるとおりである。

(1) PU

端末装置の種類に応じて次の3種のものが設置される。

(a) LPU(送電線保護ユニット)

主保護として電流差動保護、後備保護として距離リレー保護の機能

(b) BPU(母線保護ユニット)

BPUマスタは、各端末に設けたBPUスレーブから送られた電流情報を使う電流差動保護機能を持つ。動作時にはトリップ信号を光LANを介してBPUスレーブへ伝送する。

(c) TPU(変圧器保護ユニット)

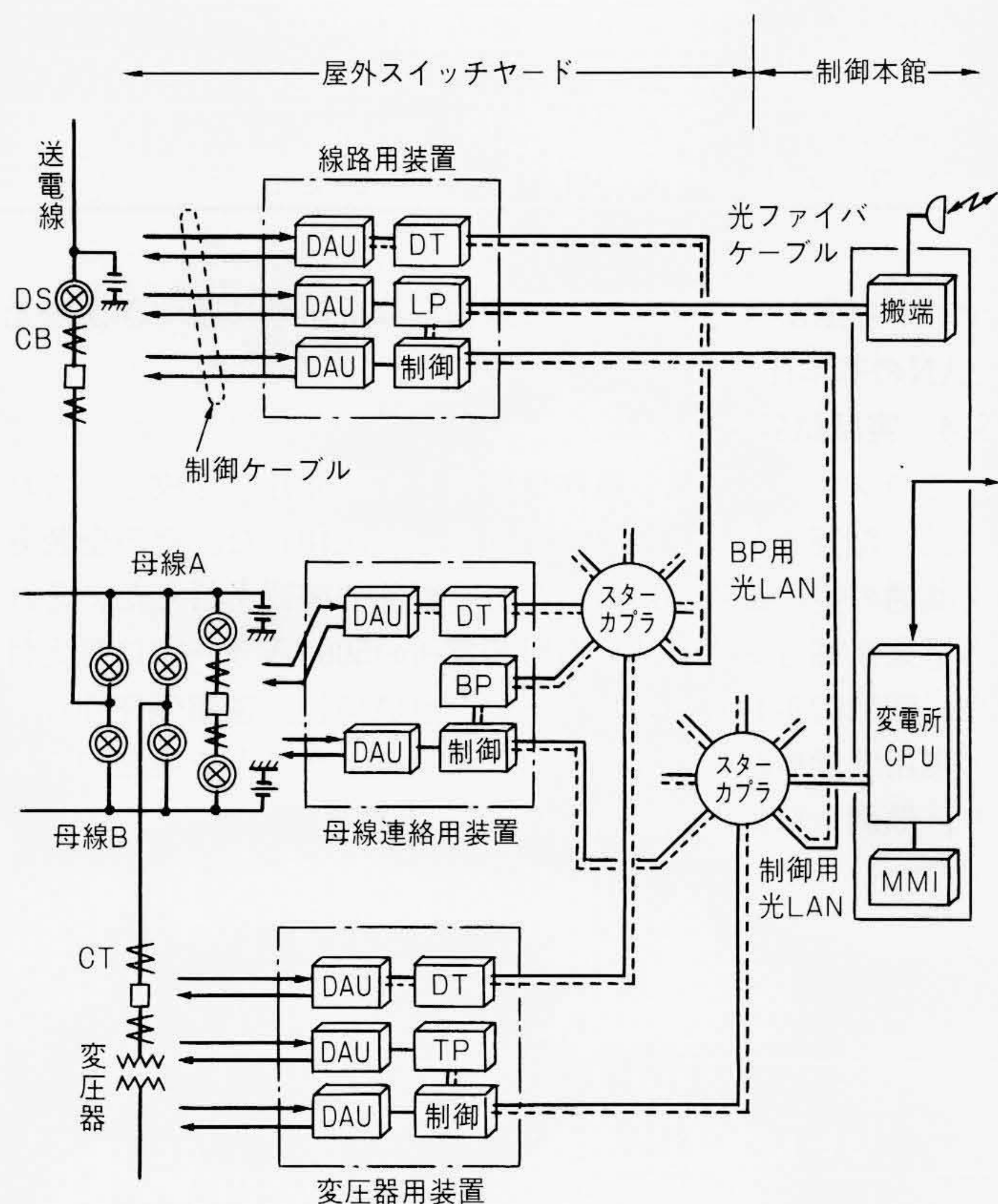
変圧器の一次、二次及び三次に設けた端末装置から電流情報を収集し、電流差動保護を行う。

(2) 構内光LAN

図7のように、制御、母線保護、変圧器保護用とそれぞれの機能ごとに分離・独立している。具体的内容は3.3節に述べる。

(3) DAU

扱うデータのダイナミックレンジが異なるため、それぞれ



注：略語説明

MMI (マンマシンインタフェース) LP (送電線保護リレーユニット)
DAU (データ収集ユニット) BP (母線保護リレーユニット)
DT (母線保護用データ端末ユニット) TP (変圧器保護リレーユニット)

図7 屋外分散形全デジタル制御・保護システム 保護用(BP用)と制御用に独立の光LANを設けている。両者の仕様は伝送フォーマットが異なる以外はほぼ統一してある。

の保護、制御機能に個別に設けており、電流変成器、電圧変成器からのアナログデータのデジタル変換のほかに、遮断器、断路器などの開閉情報、トリップや投入指令のインタフェース機能を持っている。

(4) CU

CUは各端末装置に設けられ、計測演算や自動同期投入機能などを持ち、同時に制御室のCPUに計測・制御情報を伝送する。オシログラフ記録のための情報の一時記憶、転送機能の一部もこのCUに設けられ、事故時の電圧、電流波形や保護リレー動作情報の収集機能も持っている。LPU, BPU及びTPUなど各保護リレーの整定・動作表示や自動監視などの情報、フォルトロケータによる標定データの収集はすべて制御系を介して実行される。このため、各端末装置ではCUとLPU, BPU, TPUの間を光シリアル伝送によって情報結合している。

3.3 構内光LAN

3.3.1 伝送路構成(トポロジー)

変電所構内光LANのネットワーク構成方式としては、バス形とリング形が一般的であるが、本システムには図8に要約した理由から、バス形を採用した。伝送路は、受動形光スターカプラ(図9参照)と光ファイバケーブルで構成している。

3.3.2 伝送路制御手順(プロトコル)

変電所の制御・保護統合化システムでは、異メーカー製装置の結合を可能にする手段が必要である。しかし、制御、保護用に最適化したLANプロトコルを新規に開発することは、標準化や経済性の観点から有利とは言い難い。そこで、国際標準に準拠したプロトコルを採用することを目指した検討を行い、バス形LAN用として実時間性に優れた唯一の国際標準であるIEEE(米国電気電子学会)802.4トークンバス方式(図10(a)参照)を選定した。ただし、変電所制御・保護システム用LANとして必要なサンプリング同期を達成するため、同図(b)のように、トークンの巡回周期が常にサンプリング周期と等しくなるように、可変長グミーデータを親局#Nから送出制御するよう拡張機能を付加している。

3.3.3 基本仕様

変電所の制御・保護に関連するデータの量・質・頻度及び

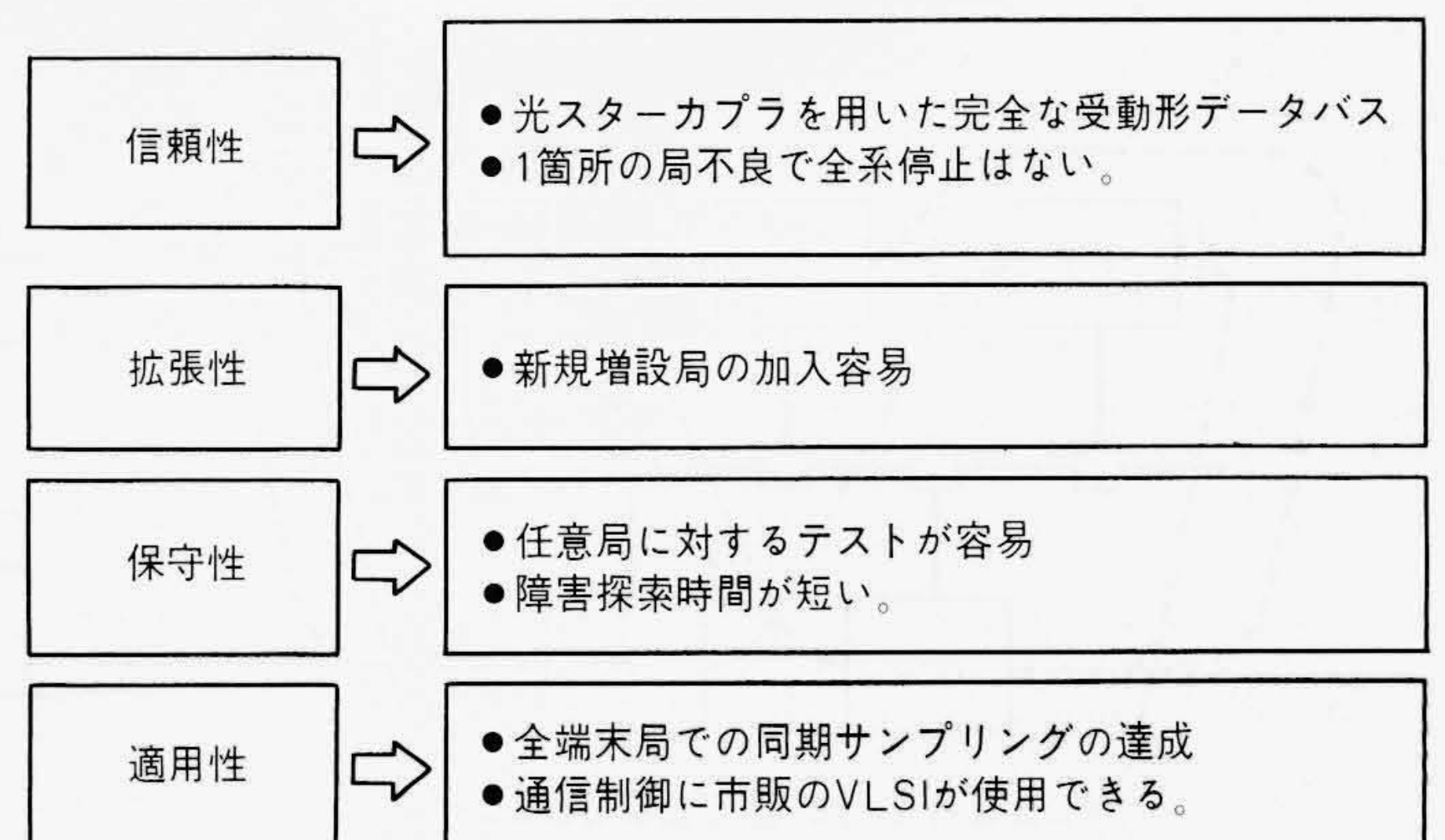
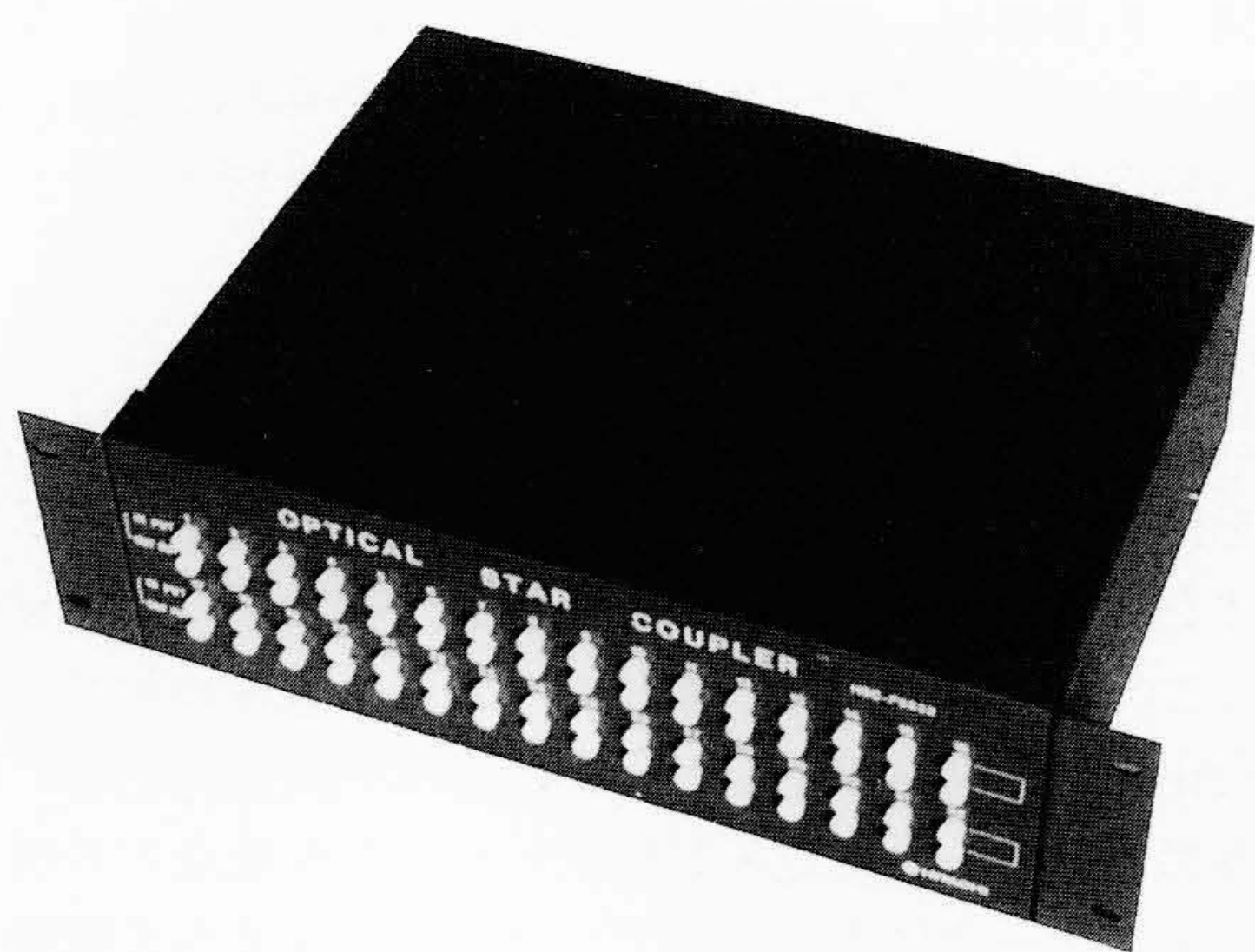


図8 構内光LANの伝送路構成方式にバス形を選定した理由

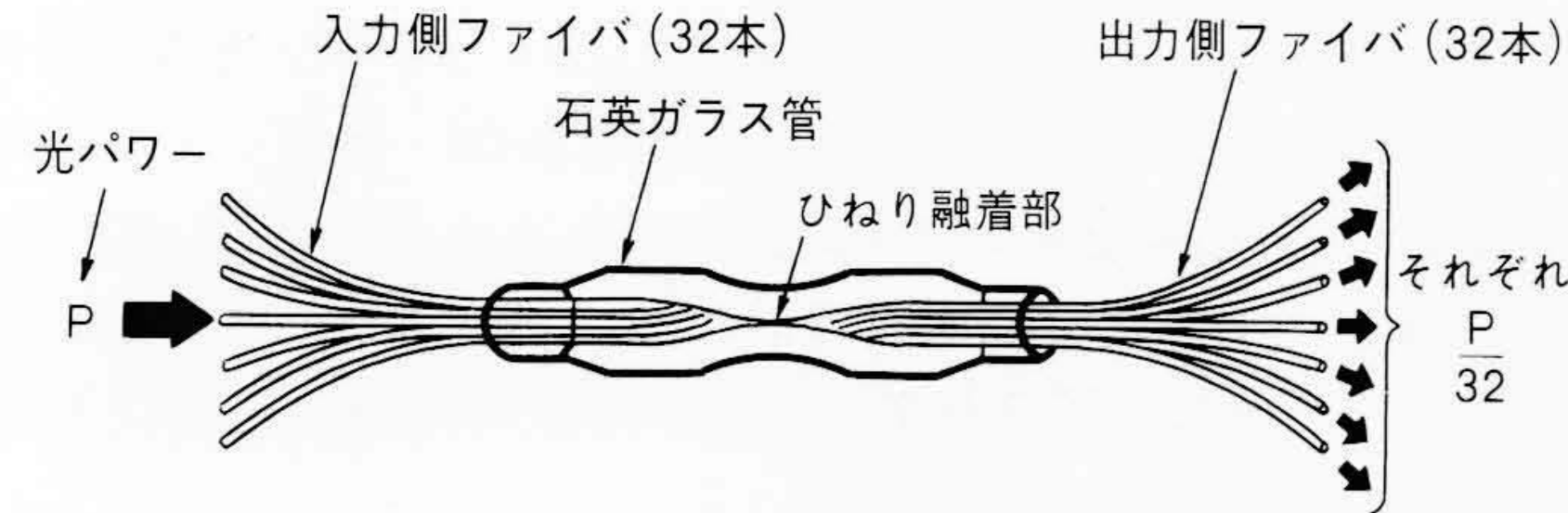
LANのネットワーク構成方式としては、バス形とリング形が一般的であるが、図中の理由からバス形を採用した。



(a) 外 観

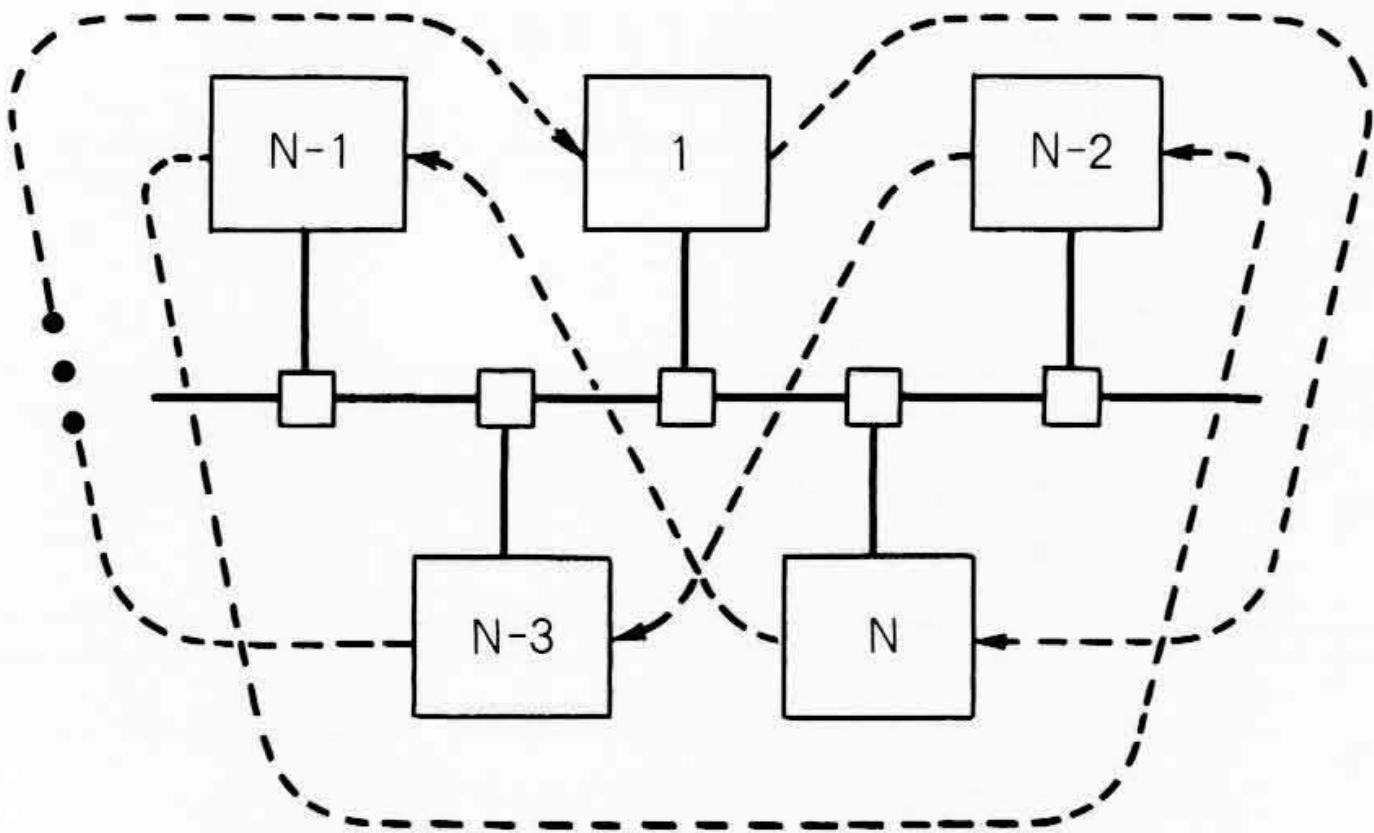


(b) 内 部

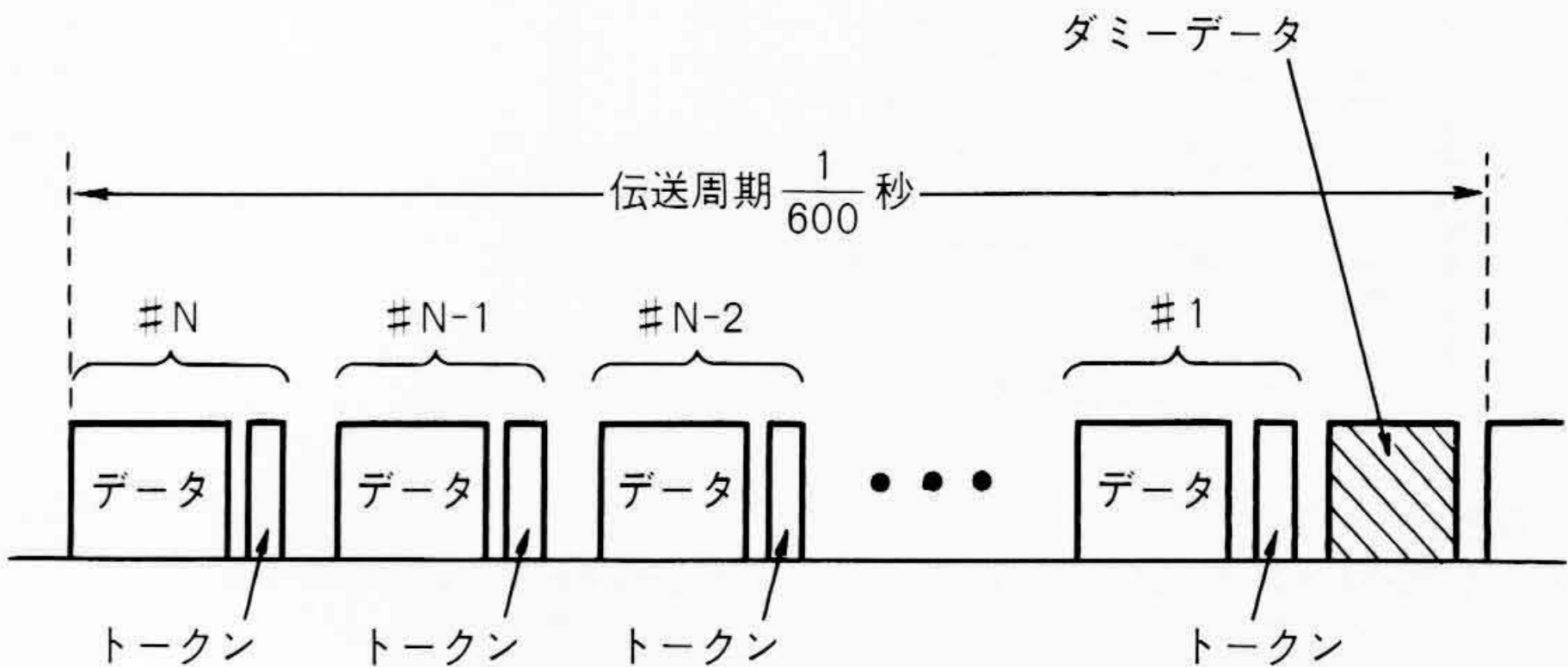


(c) 原 理

図9 受動形光スターカプラ 光スターカプラは、一つの端末からの出力信号をすべての局に分配する多分岐形の光分岐器であり、本システムでは32ポートのものを使用した。



(a) トークンバス方式



(b) サンプリング同期方式

図10 トークンバス方式とサンプリング同期 (a)はバスの部分に光スターカプラを使用する。局アドレスの大きい順にトークンを渡す。(b)はダミーデータ長を制御し、トークンが全局を一巡する周期を一定に保つ。各局は親局データ受信時に自局データをサンプリングする。

表1 光LANの基本仕様 変電所の制御保護機能のデータ量とデータの所要応答性能、変電所ヤードの広がり、機器配置などの調査分析から光LANの基本仕様を決定した。

(a) 光LAN

項 目	仕 様
ト ポ ロ ジ ー	スターバス形
伝 送 媒 体	光ファイバケーブル
分 岐 素 子	受動形光スターカプラ
発・受光素子	LED・APD
端 局 間 距 離	最大 2 km
伝 送 速 度	10 Mbps
符 号 方 式	差分マンチェスタ
プ ロ ト コ ル	IEEE 802.4 トークンバス

注：略語説明 LED(発光ダイオード),
APD(アバランシェ ホトダイオード)

(b) 物 理 層

項 目		仕 様
発 光 素 子	中 心 波 長	850 ⁺⁴⁰ ₋₁₀ nm
	半 値 幅	60 nm以内
	ファイバ内入力電力	－13～－15 dBm
受 光 素 子	受 光 電 力 範 囲	－28～－45 dBm
光送信波形	幅 ひ ず み	± 5 ns
	立 上 り	10 ns以下
	立 下 り	10 ns以下
光ファイバ ケ ー ブ ル	形 式	GI 50/125
	伝 送 損 失	3 dB/km以下
光 ス タ ー カ プ ラ	形 式	32×32
	挿 入 損 失	17～21.2 dB

ヤードの広がりや機器配置の調査・分析結果に基づき構内光LANの基本仕様を決定した。表1にこれを示す。

3.4 実証試験システム

このシステムの統一製作仕様書を前記4社で作成し、これに従った装置を3メーカーで分担して試作した。その全装置を共通の室内試験場に設置して全機能の確認を行った。それらを東京電力株式会社新秦野変電所の500 kVヤードに据え付け、昭和62年11月から耐サージ、耐環境性、運用保守性などの実用性能検証を行うためのフィールドテストを実施中であり、順調な稼動実績が得られている⁷⁾。

3.5 内外の動向と本システムの位置づけ

変電所の制御・保護システム統合化を指向したアプローチは、アメリカのEPRI(Electric Power Research Institute)、AEP(American Electric Power Service)、フランスのEdF(Electricite de France)及びスウェーデンのSSPB(Swedish State Power Board)などでも開発検討が行われている。

EPRIは最も早く構想を発表したが、当初発表の華々しさに比べこれに引き続く実績の発表が乏しい。EdFも光スターカプラを用いたバス形構成の小規模実験システムを、配下のレナルディエレ 高压研究所に設置し着手は早かったが、その評価も十分公表されないうちに、統合化システム実現のための変電所内のクラス分けなどの再整理を行っている形跡が、その後の発表論文から推察される⁸⁾。AEP、SSPBのものは構想段階を抜け切っていないようである。

これらの動きに比べ本システムは、現実を踏まえ、必要な技術課題のすべてを並行して検討を進めてきており、実用化年度をも含め各検討フェーズの年限を明確にして開発研究を行うなど、ユーザーとメーカーが一体となり実用化を意識した着実な歩みを続けていると言える。

4 系統解析技術と知識処理技術の応用

4.1 系統解析技術⁹⁾

系統解析は、大別すると電力潮流計算などの定常解析と安定度計算などの過渡解析とに分けられる。過渡解析では系統に事故が発生したり、じょう乱が加わったときの安定性や過渡変動などを解析するのが目的であるが、電力系統に発生する諸現象は速いものではサージなどのマイクロ秒の現象から負荷曲線のように1日あるいはそれ以上の周期で変動するゆっくりした現象までである。

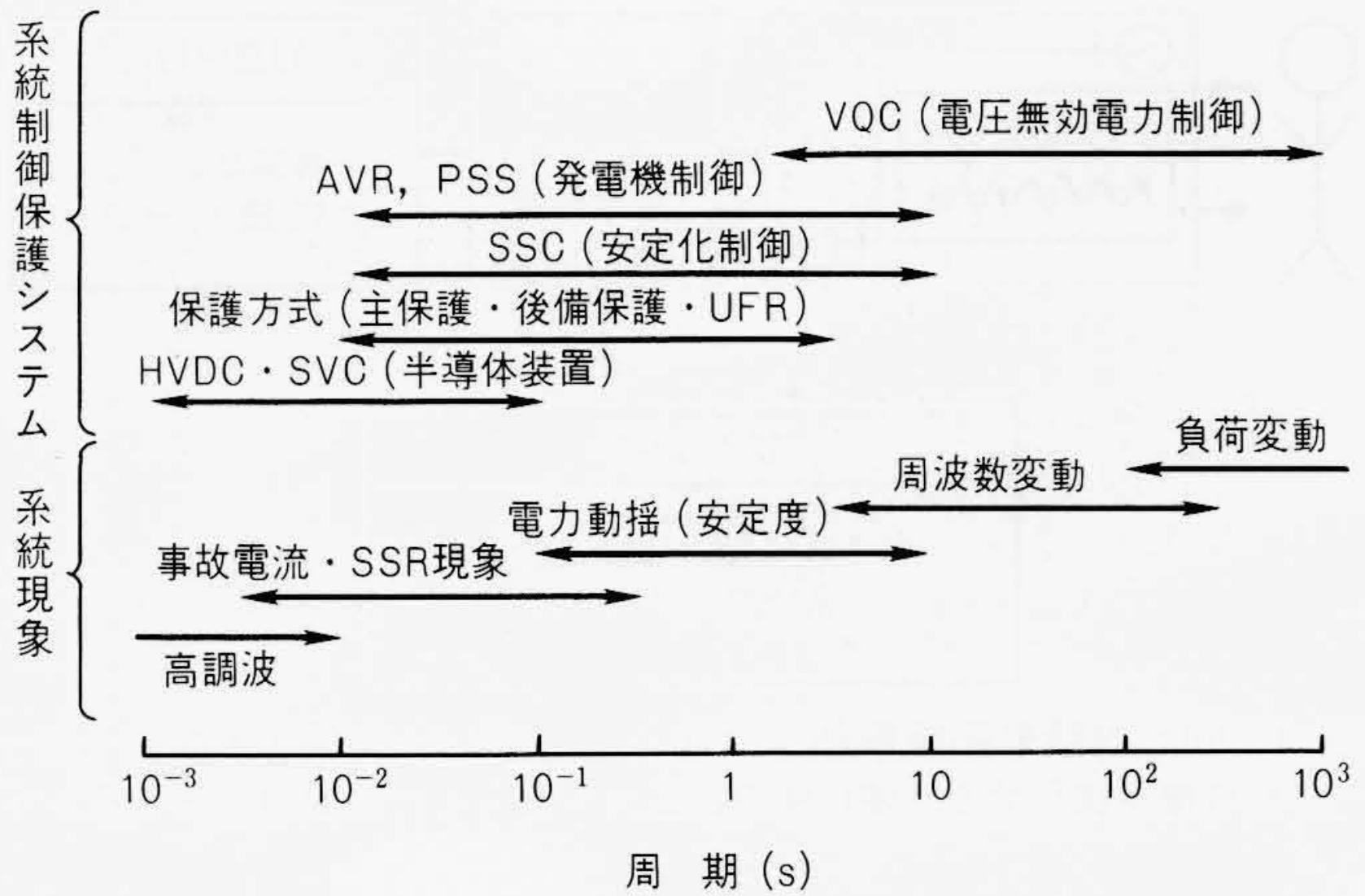
これらのうち、変電関連の制御保護システムで対象とする現象は、図11に概略を示すように、高調波に関連するミリ秒の現象から負荷変化に伴う電圧制御などの数十分間の現象が挙げられる。

近年、系統解析はそのほとんどがデジタル計算機を用いて行われており、過渡解析の手法としては、時間的な変動を計算するものと、系の固有値などから安定性の判定を行う方法に分かれる。それぞれ長所、短所があり互いに補完して使用される。

また、過渡解析では図11のように変動する周期が広範囲にわたっているので、すべての現象を1本のプログラムで解析するのは困難であり効率的でない。したがって、通常は解析目的ごとにプログラムを用意して解析する。

日立製作所で系統解析に用いている主なプログラムを表2に示すが、目的によってはそのつどプログラムの改造などを行って、制御保護システムの高度化に対して最適な支援(問題点の摘出、対応策の評価)を行えるよう留意して使っている。

一方、系統の計画及び運用にかかわる電力系統の解析は、非常に重要な業務であるにもかかわらずかなりの実務経験を要する。不慣れな者にとってはかなりの労力を必要とし、熟練者にとっても簡単なものではないため、この解析業務の省力化をねらいとした知識処理の導入が試みられている。



注：略語説明
VQC (電圧無効電力制御装置) UFR (周波数低下保護リレー装置)
AVR (自動電圧調整器) HVDC (直流系統制御装置)
PSS (系統安定化装置) SVC (静止形無効電力系統制御装置)
SSC (系統安定化制御装置) SSR (次同期共振)

図11 系統制御・保護・現象とその変動周期 変電所の制御・保護システムで対象とする現象は、高調波に関連するミリ秒から、負荷変化に伴う電圧制御などの数十分間の現象である。

表2 系統解析用プログラムの例 制御保護システムの高度化に対して最適な解析面での支援が行えるように解析プログラムをそろえている。

分類	プログラム例
定常解析	短絡容量計算
	電力潮流計算
	故障計算
過渡解析	動的安定度(シミュレーション)
	動的安定度(固有値)
	電圧安定性(シミュレーション)
	電圧安定性(固有値)
	高調波安定性(固有値)
	過電圧・電流解析(EMTP)

注：略語説明 EMTP (Electro Magnetic Transients Program)

次節ではその一例として日立製作所で開発した知的対話形系統解析支援システムを紹介する¹⁰⁾。

4.2 知的対話形系統解析支援システム

本システムは、対話的な系統解析支援環境を解析者に提供するCAE(Computer Aided Engineering)システムであり、図12に示すように数値処理部と知識処理部、インタフェース管理機構から構成している。

通常のCAEシステムでは、すべて解析者の指令によってデータ編集や解析が行われるが、本システムでは推論エンジンの判断によって、データ操作や解析が自動的に実行できるモードを備えている。このため、解析業務の過程で通常、人間に大きな負担を強いる膨大な解析結果をすばやく評価したり、評価・判断を正しく計算条件変更に反映させるような単調な作業をこの推論で実現し、人間から解放した点が大きな特長である。

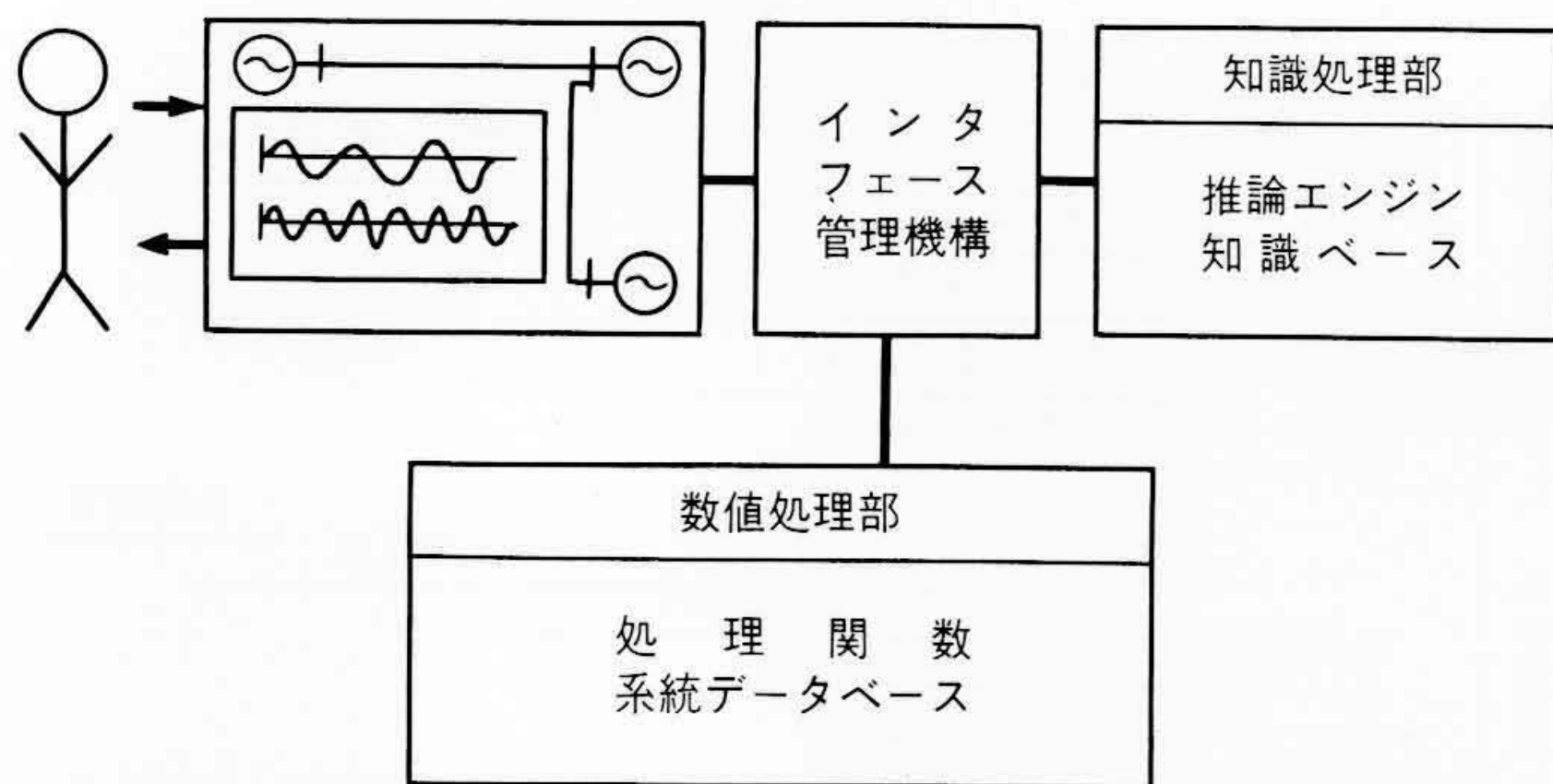


図12 知的対話形系統解析システム 解析者は右側のメニューを使って解析作業を指示する。使い勝手に工夫を凝らした画面表示法を採っている。

本システムは、エンジニアリングワークステーションES-310/ES-330上に実現したもので、

- (1) グラフィックディスプレイなどを最大限に利用した高度のマンマシンインタフェース
- (2) 常識的かつ経験的な知識に裏づけされた知的ガイダンス機能を具備している。

本システムを使って、運用計画策定のため短絡容量と潮流状態から系統構成の良否を検討中のグラフィックディスプレイ画面の一例を図13に示す。解析者は右側のメニューを使って解析作業を指示するが、例えば短絡容量を円の大きさと、また有効電力潮流を矢印の大きさと向きで表現するなど、解析結果を分かりやすく表示するなどの使い勝手に工夫を凝らしてある。

本システムは、今後使い込みを図って、その結果をフィードバックし、より良いシステムにしていく考えである。

5 結 言

以上、最近の電力系統の制御・保護システムの技術動向と

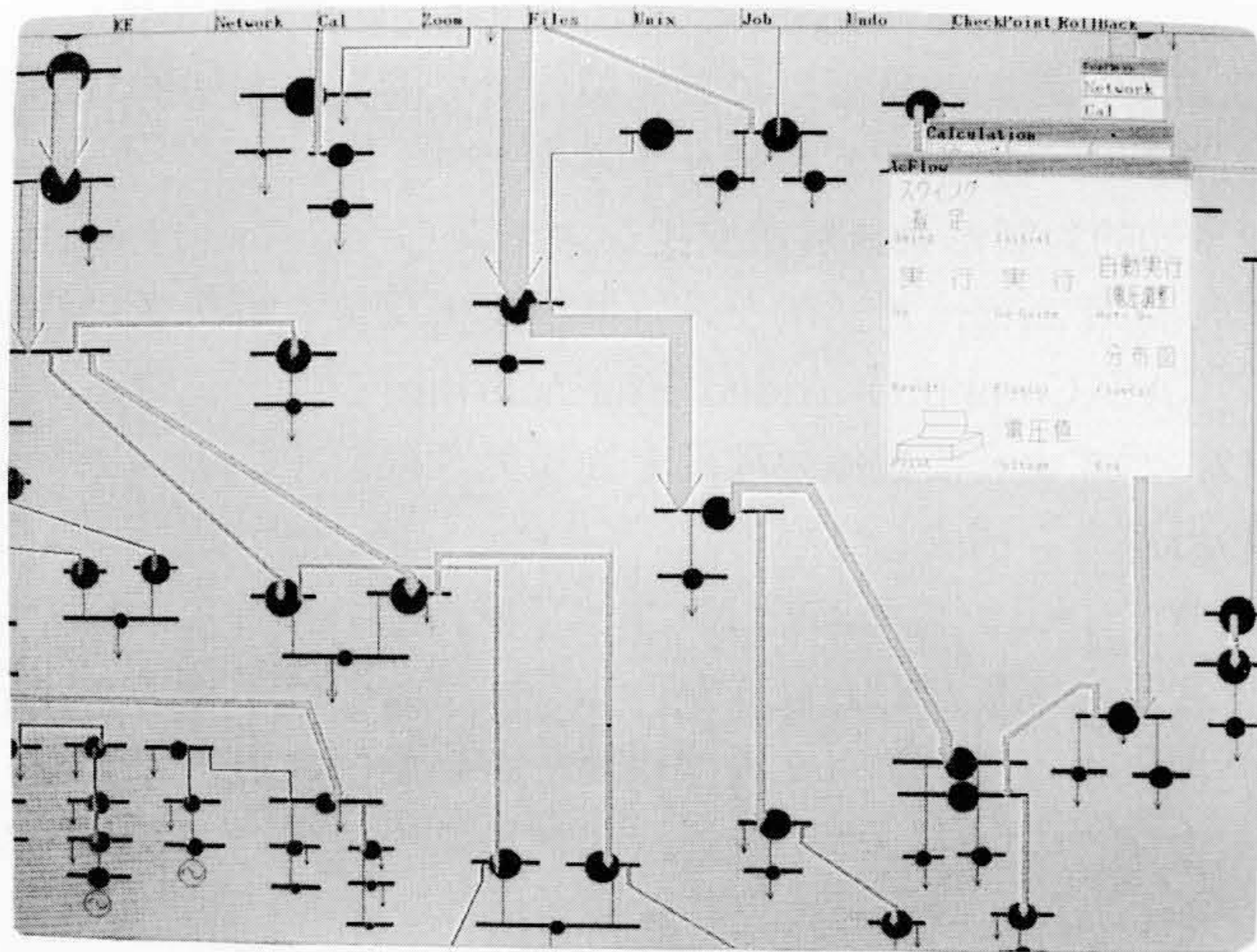


図13 知的対話形系統解析システムの画面例 解析者は、右側のメニューを使って解析作業を指示する。解析結果も分かりやすく表示するよう工夫が払われている。

製品開発例を概観し、開発を側面からサポートする系統解析技術の動向についても述べた。

制御・保護システムは、マイクロプロセッサを中心としたデジタル化によって、この数年の間に性能・機能両面で極めて大きな飛躍を遂げた。今後我が国では、本格的に実用が拡大する時期に突入していくものと考えられる。

この分野での次のステップへの布石として開発研究が進められている変電所制御・保護統合システムに関しても、開発の輪が一段と広げられる傾向にあり、1990年代の初めには実用1号機が登場するものと推測される。

系統解析は今後とも制御保護システムを側面からサポートするための重要な技術であるが、この分野にも知識処理を導入し、省力化を達成しようとする動きが現れている。しかし、まだ導入の端緒についたばかりなので、知識ベースの充実及びシステム使用経験の蓄積と、その反映によるシステムブラッシュアップの継続した努力が今後必要である。

制御、保護システムは、電力系統の神経系統ともいえるべき極めて重要な使命を担うことから、これまでも絶えずその信頼性に留意した開発を進めてきた。今後とも本分野の技術開発に努力を傾注し、電力供給信頼度の向上に寄与していく考えである。

終わりに、本稿で述べた多くの装置・システムの開発に当たっては、各電力会社の御理解・御指導に負うところが大きくあり、ここに関係各位に対し厚く感謝の意を表す次第である。

参考文献

- 1) 小特集：最近の電力系統保護リレーシステムの動向，電気学会誌，Vol.105，No.12(昭和60年12月)
- 2) 三木，外：最近の電力系統でのデジタル形制御保護装置，日立評論，65，5，333～338(昭58-5)
- 3) 松田，外：OPGW伝送適用デジタル形電流差動リレーシステム，昭和62年電気学会全国大会予稿，1352(昭和62年4月)
- 4) 大浦，外：デジタル形母線保護リレー方式，昭和62年電気学会全国大会予稿，1337(昭和62年4月)
- 5) K.Inagaki, et al.: Digital Protection Method for Power Transformer Based on an Equivalent Circuit Composed of Inverse Inductance, IEEE PES '87 SM 629-9
- 6) 大浦，外：光LANによる変電所全デジタル保護制御システム化の動向，OHM Vol.74，No.4(昭和62年9月)
- 7) 鈴木，外：屋外分散形変電所全デジタル保護制御システムの開発(1)～(4)，昭和63年電気学会全国大会予稿，1209～1212(昭和63年3月)
- 8) P.Borrard, et al.: Architecture of the Digital Control and Protection System for EHV Substations, CIGRE 1986 SC-34 No.1(1986-8)
- 9) 後藤，外：電力系統解析における最近の動向，日立評論，65，5，339～344(昭58-5)
- 10) 川上：エキスパートシステムの設計・計画への応用，昭和62年電気学会全国大会予稿，S15-3(昭和62年4月)