

154kV送電線用デジタル形距離リレー装置

Digital Distance Relay System for 154kV Line Protection

電力需要は、かつての高度成長期を過ぎて安定成長期に入り、省エネルギー、省電力が進められている最近でも着実に増加している。これに対し電力設備は、高電圧化、大容量送電化、多端子併架化などの設備効率の向上により対処しており、このような電力系統の大規模化、複雑化に対して保護リレーシステムに課せられる要求はますます多様化、高度化している。

これらの要求にこたえるために、マイクロコンピュータを核としたデジタルリレーが演算能力及び記憶能力に優れていることから、近年その実用化の検討が盛んに行なわれている。本稿では、実用化したデジタル形距離リレー装置について、その構成と機能及びソフトウェア構成、自動監視手法などについて述べる。

安藤 智久* Tomohisa Ando
香田 勲* Isamu Koda
田舎中一夫** Kazuo Tayanaka
青木 泰雄*** Yasuo Aoki
瀬谷 稔*** Minoru Seya
嶋崎 敏*** Satoshi Shimazaki

1 緒 言

半導体技術の急速な進歩によるマイクロコンピュータを中心とした集積回路技術の発達は、身近な家庭電気業界をはじめとして、社会産業の広範な分野へ大きなインパクトを与えている。電力系統の保護を目的とした保護リレーでも、従来のアナログ形に代わり、マイクロコンピュータによるデジタル演算形の保護リレー実用化の検討が盛んに行なわれている。デジタル形リレーはアナログ形リレーに比べ、多様化、高度化への対処のしやすさ、装置の小形化、高信頼度化などの面で優れているので、今後大規模化、複雑化が予想される電力系統への適用拡大が期待されている。

中部電力株式会社と日立製作所は、昭和52年からデジタルリレーの実用化をねらい、保護リレーの基本となる距離リレーを中心とした共同研究を進め、以下に示す3種類のデジタルリレー装置を開発した。

(1) 超高压系統保護用距離リレー装置¹⁾
(2) 高抵抗接地系統保護用距離リレー装置²⁾
(3) 多端子併架送電線用保護リレー装置³⁾

これらのそれぞれについては、図1に示すように試作装置による実系統での長期実証試験により、十分な保護特性、耐ノイズ・サージ性及び信頼性のあることを検証できた。

本稿では、これらの成果をもとに実用機として製品化した154kV送電線距離リレー装置について、その構成、機能、特長などについて述べる。

2 装置の構成と機能

2.1 システム構成

本装置は、高抵抗接地系統の154kV送電線の後備保護を目的とした距離リレー装置であり、そのシステム構成を図2に示す。

本装置では、16ビットマイクロコンピュータやA-D(アナログ-デジタル)変換回路を中心に構成するデジタルリレーユニット2台を用い、それぞれのユニットに送電線1回線分の主検出機能と事故検出機能の処理を行なわせるようにしている。また、補助PCT(電圧・電流変成器)、A-D変換回路は回線ごとに完全に分離し、万一の不具合発生時にも誤ってトリップ指令を発することがないように、万全を期している。

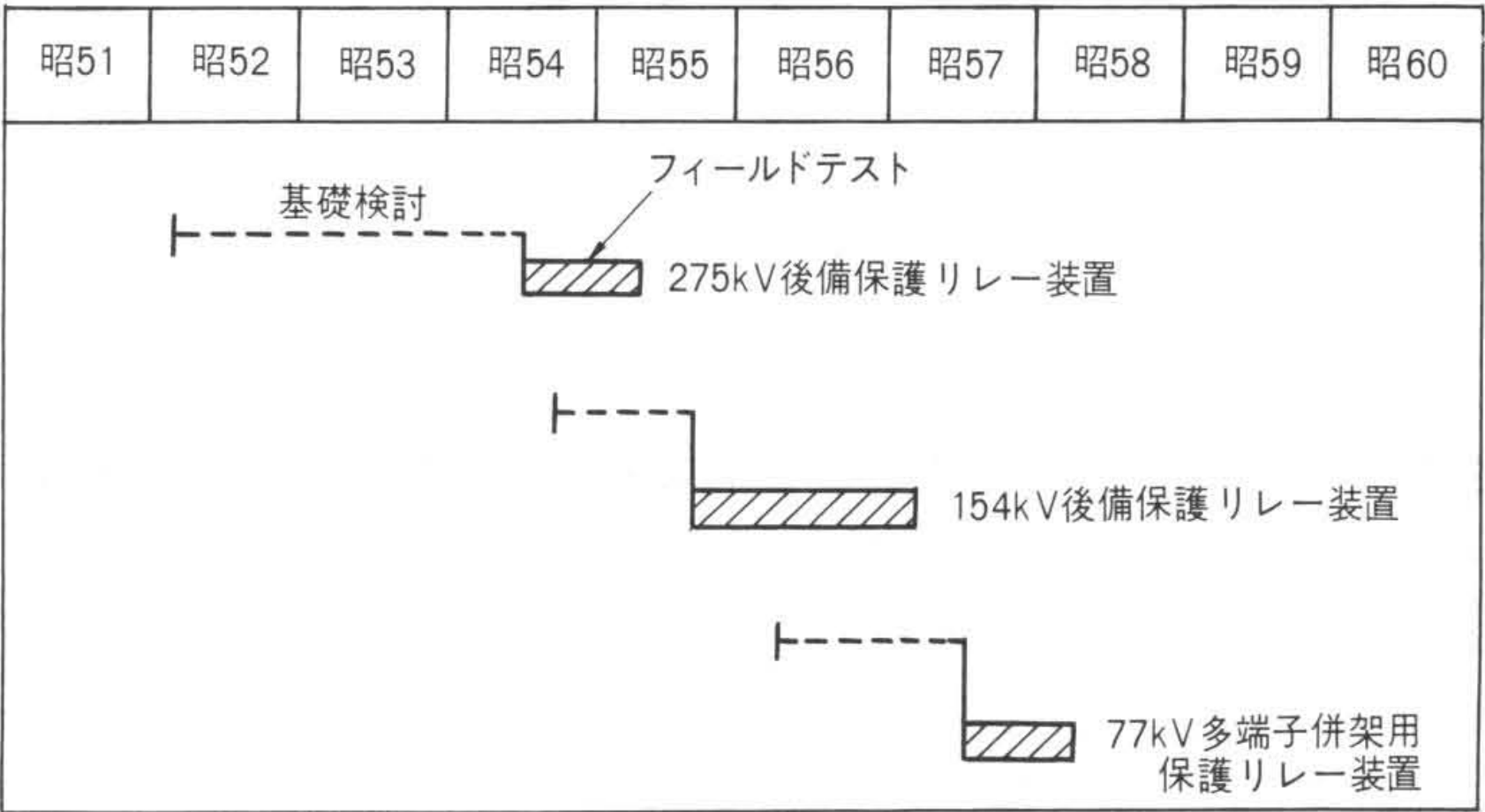


図1 デジタル形距離リレーの開発 昭和52年からデジタルリレーの実用化をねらい、長期の実証試験を含めた共同研究を行ない、十分な保護特性、耐ノイズ・サージ性などのあることを検証できた。

保護リレーシステムの構成方法には、種々の方法が考えられるが、本装置では、主保護リレーが使用中であることを条件に、2回線分を同時に停止してその保守作業を行なう前提のもとに、ソフトウェアタスク配分の均等性及びコストパフォーマンスを勘案し、主検出と事故検出機能の処理を図中に示すような配分とした。本装置は送電線2回線分の後備リレーを標準リレー盤1架に収納し、従来装置に比べ盤構成を $\frac{1}{2}$ に小形化した。図3に、装置とデジタルリレーユニットの外観を示す。

2.2 保護方式

保護方式としては、表1に示すように動作実績があり、保護信頼性が高い従来のアナログ形で採られてきた短絡距離リレー方式と、地絡方向リレー方式をそのまま踏襲することを基本とし、これをデジタル演算処理で実行することとした。

2.3 リレー演算処理ソフトウェア

リレー演算アルゴリズムには種々の方式が開発されているが、リレー性能に優れ、適用範囲が広いという条件のもとに複入力リレーには積形演算方式^{4),5)}、単入力リレーには面積形演算方式^{4),5)}をそれぞれ採用した。以下、リレー要素への積形演算方式の代表的な適用例として、リアクタンスリレー及びモーリレーの演算処理について説明する。

* 中部電力株式会社制御通信部制御技術課 ** 中部電力株式会社岐阜電力所発電電課 *** 日立製作所国分工場

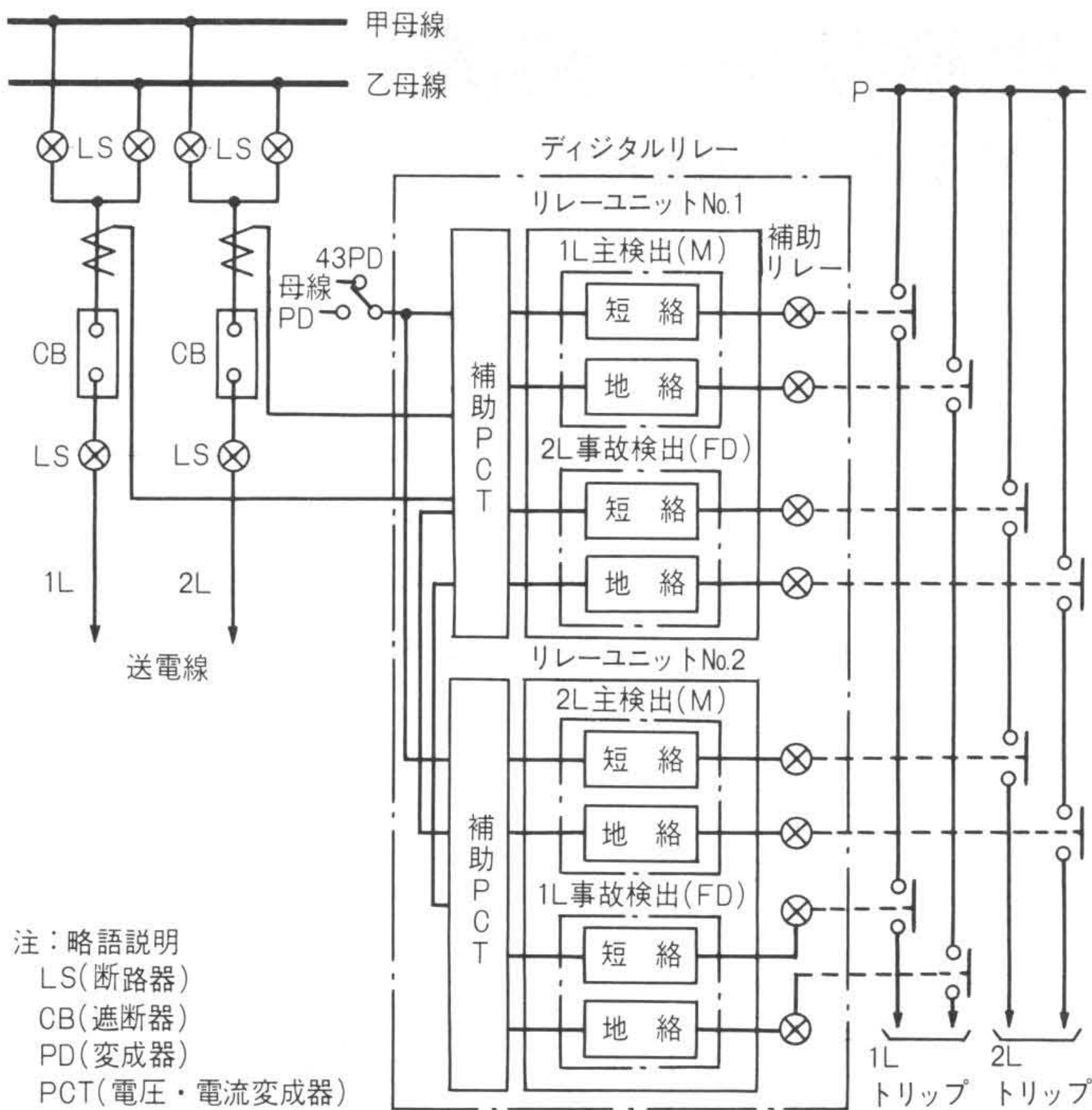


図2 システムブロック図 デジタルリレーユニットNo.1, No.2は、各々16ビットマイクロコンピュータ1台を収納し、1L, 2Lの保護機能をもつ。

2.3.1 リアクタンスリレーの演算処理

リアクタンスリレーの動作原理は図4に示すとおりで、入力である電流 i 、電圧 v を用い、これらと整定値 Z_0 からベクトル iZ_0 と $iZ_0 - v$ を求め、これら両者の内積 $(iZ_0 - v) \cdot iZ_0$ の値が正か負かを判定することにより、動作判定を行なう。判定式は次に示すとおりである。

$$(iZ_0 - v) \cdot iZ_0 \geq 0 \quad (\theta \leq 90^\circ) \cdots \cdots \text{内部事故}$$

表1 保護方式の概要 保護方式は従来の電磁形リレーと同じ短絡距離リレー方式及び地絡方向リレー方式である。

保護対象	保護方式	組合せリレー要素	
		主検出(M)	事故検出(FD)
短絡	距離一段	jX 44SD	jX 44SDF
	距離二段	44SR 44SX ₂ 44SX ₁	44SRF
	距離三段		
地絡	電力方向	67G+64V+67GA	64V

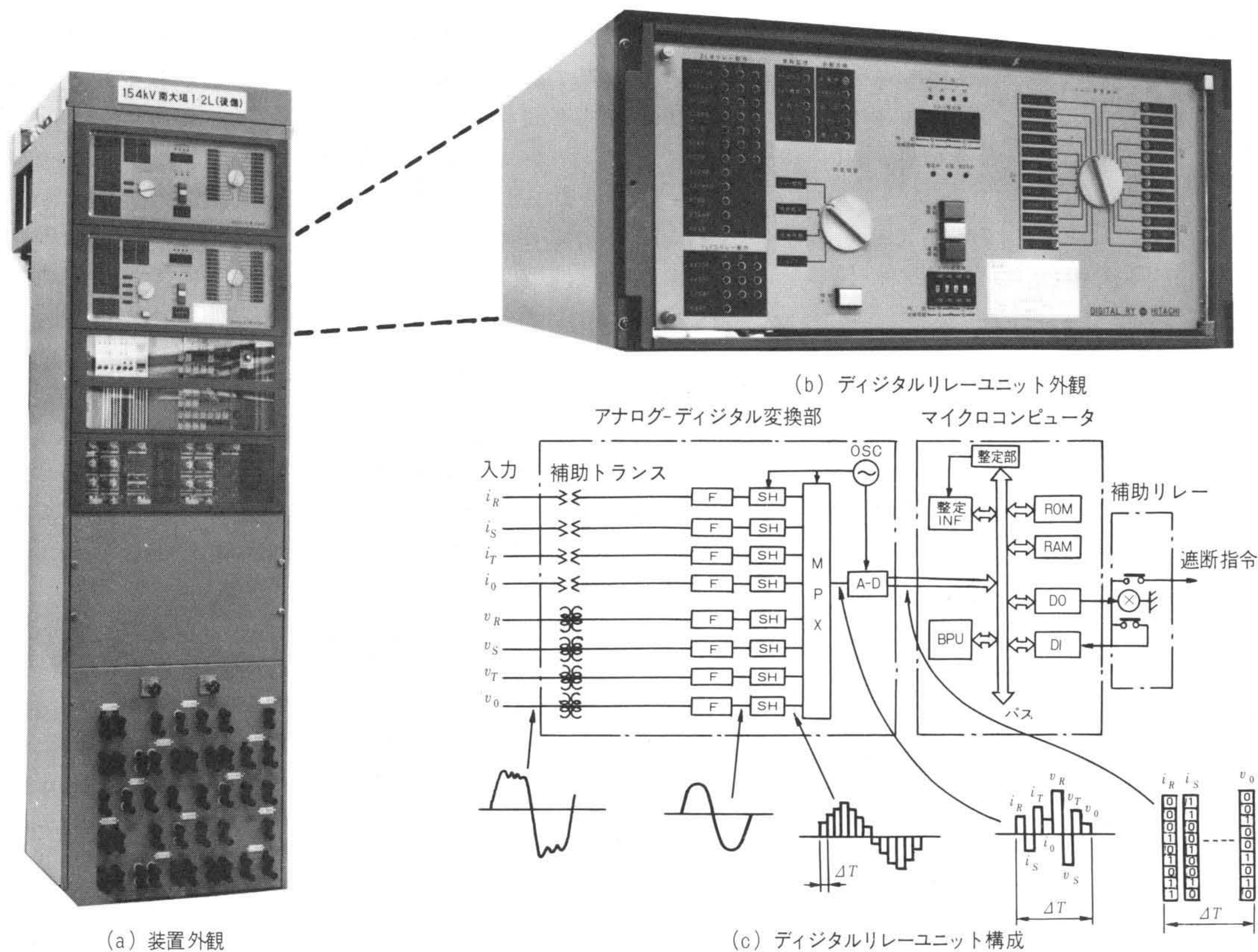
$$(iZ_0 - v) \cdot iZ_0 < 0 \quad (\theta > 90^\circ) \cdots \cdots \text{外部事故}$$

デジタルリレーでは、入力された電流 i 、電圧 v のサンプリング値 $i(t_N)$ 、 $v(t_N)$ を用い演算により動作判定を行なう。その動作判定の具体的な処理フローは図5に示すとおりであり、各処理ステップの主要演算は図6のようになる。図4～6の中で同一の番号をもって示したステップは、同一の処理を示している。

2.3.2 モーリレーの演算処理

モーリレーの演算はリアクタンスリレーと同じ積演算手法を用いる。このため、演算処理フローは前述のリアクタンスリレーとほぼ等しく、相違点は次の2項である。

- (1) 電流データの移相が90度ではなく60度であること(③のステップ)。
- (2) 基準量は、 iZ_0 ではなく $v + v_M$ (v_M :メモリ電圧)であるこ



注：略語説明
F(フィルタ)
SH(サンプルホールド)
MPX(マルチプレクサ)
OSC(発振器)
A-D(アナログ-デジタル変換器)
BPU(マイクロコンピュータ)
ROM(リードオンリメモリ)
RAM(ランダムアクセスメモリ)
DO(デジタル出力)
DI(デジタル入力)
 ΔT (サンプリング周期)

図3 154kV送電線保護用距離リレー装置の構成 2回線の保護機能を標準盤1架に実装する。デジタルリレーユニットは、16ビットのマイクロコンピュータを中心に構成している。

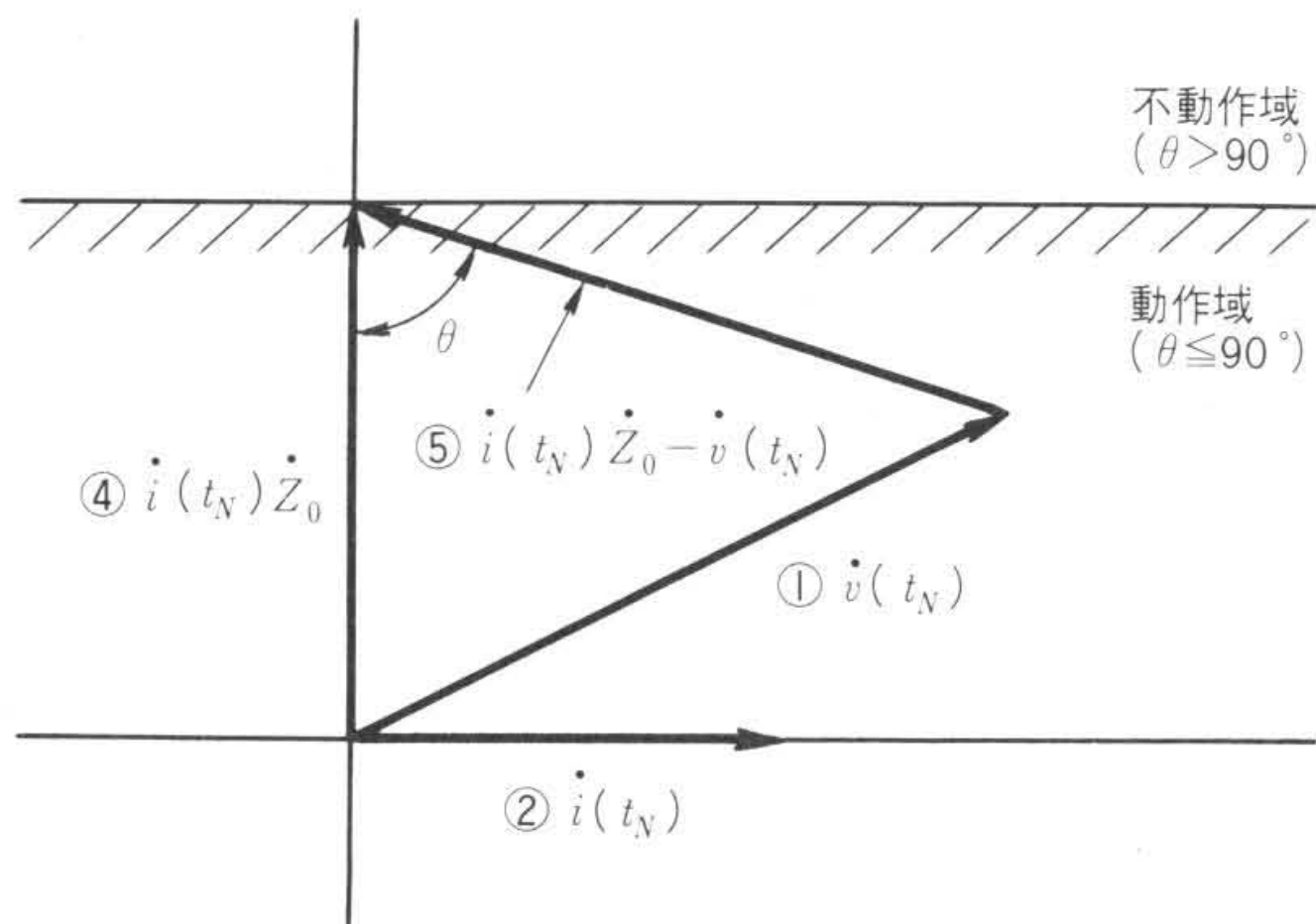


図4 リアクタンスリレーの動作判定原理説明図 $\{i(t_N)Z_0 - v(t_N)\}$ と $i(t_N)Z_0$ の内積値が ≥ 0 ($\theta \leq 90^\circ$) で動作と判定する。

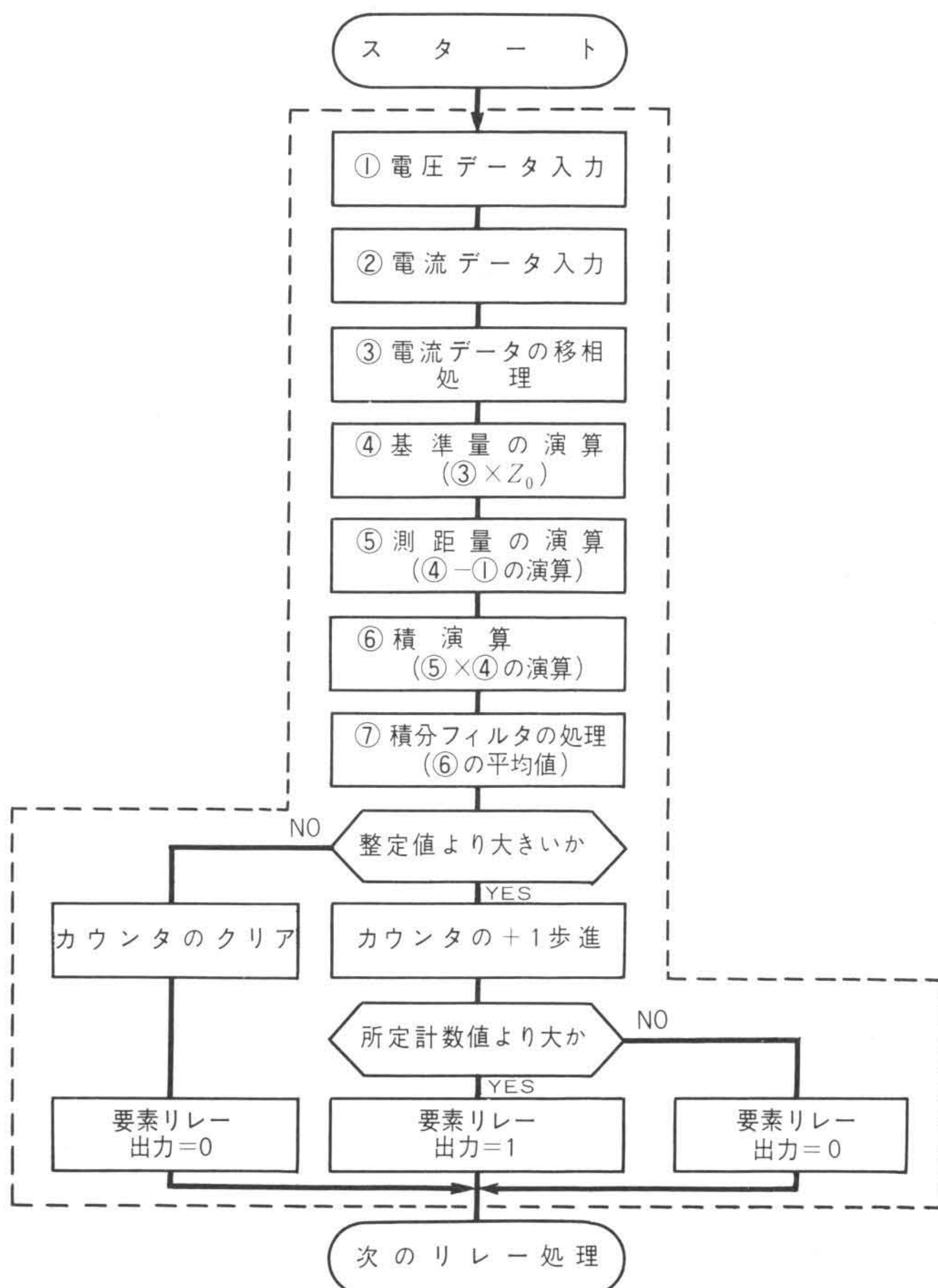


図5 リアクタンスリレーの演算処理フロー 時々刻々と変動する電圧、電流瞬時値データから、積演算方法によりリアクタンスリレーを実現している。

と(④のステップ)。

すなわち、図5～6の③、④ステップの内容が変わること及びこれに伴い⑥のステップの内容が相違するだけである。

2.3.3 リレー演算処理のタイムチャート

リレー演算処理を時間軸上でみると図7の例に示すとおりであり、多数のリレー演算は、系統周波数60Hzの電気角30度に相当する毎サンプリング周期の1,389μs以内に処理される。デジタル保護リレーでの動作時間の決定要因の概念を、装置構成ブロックと対応させたタイムチャート上で示すと図8のようになる。これら一つ一つの要因は、動作時間に対し固定的な影響をもつものと、事故発生位相などによって変化する変動要因とに2分される。

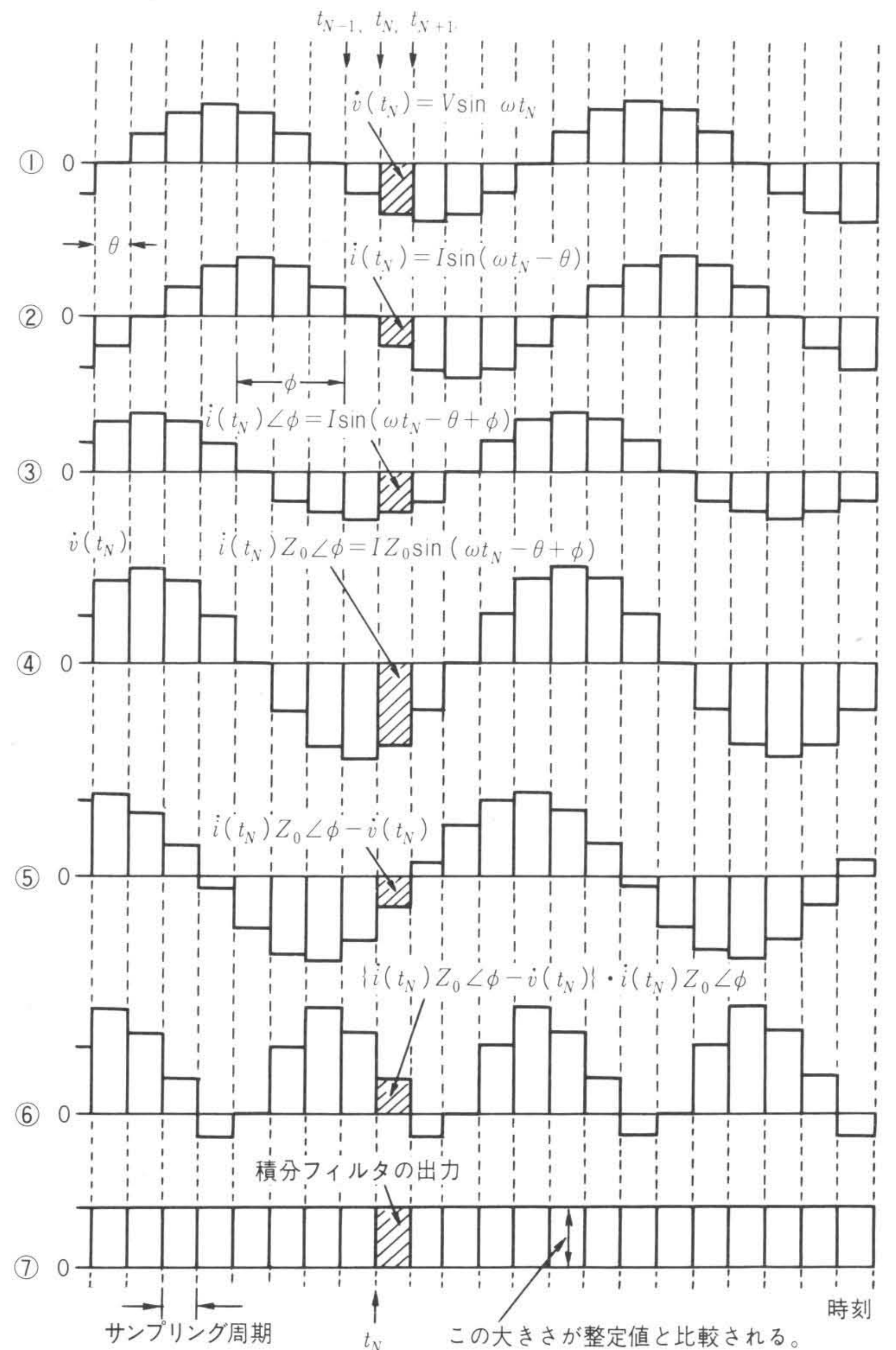


図6 主要演算ステップ概要 積演算により求めた⑦のデータは、時刻に依存しない一定の量となり、動作判定はこの大きさを判定する。

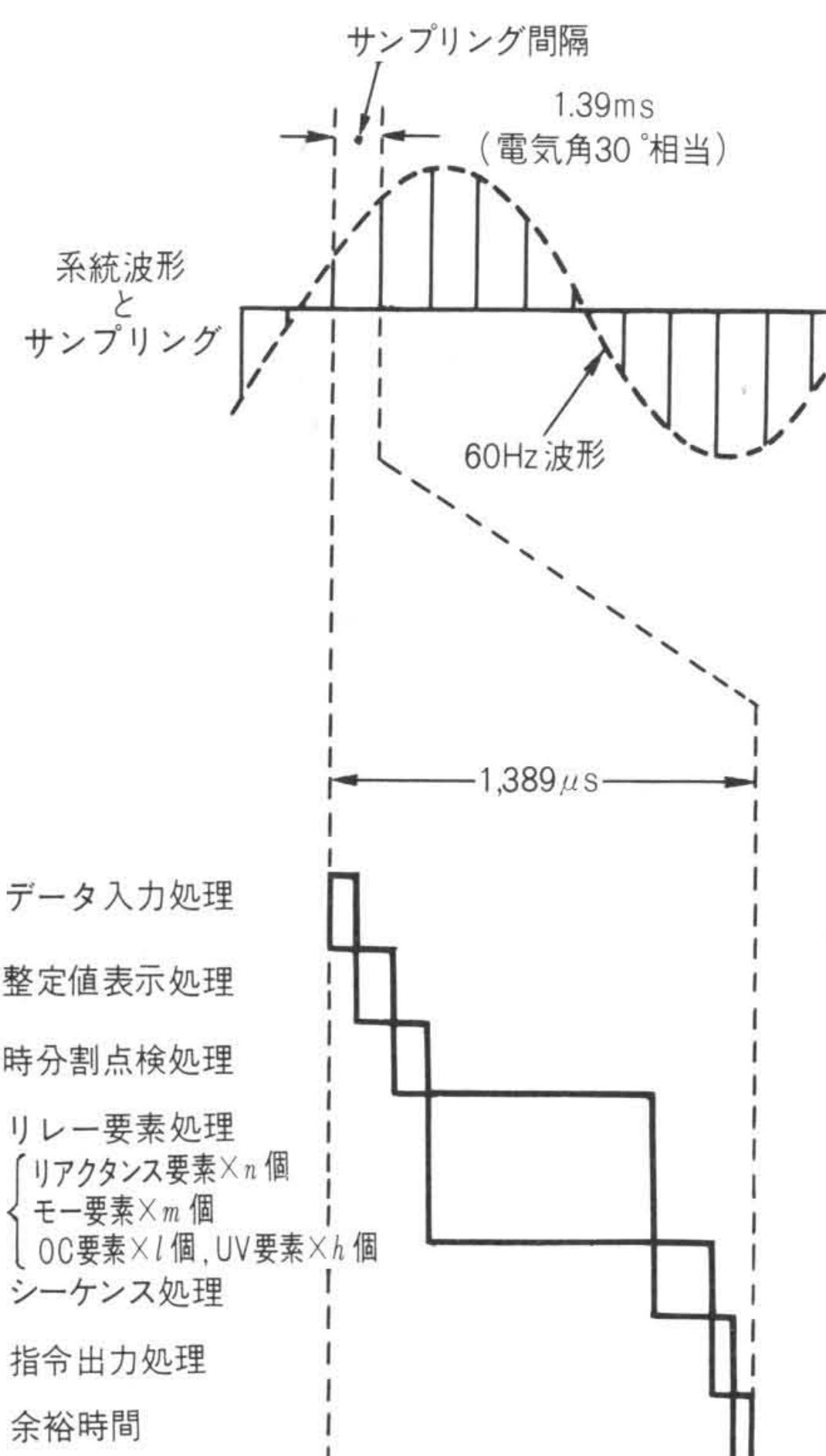


図7 毎サンプリングでの演算処理タイムチャート 多数のリレー演算は、系統周波数60Hzの電気角30度に相当する毎サンプリング周期1,389μs以内に処理する。

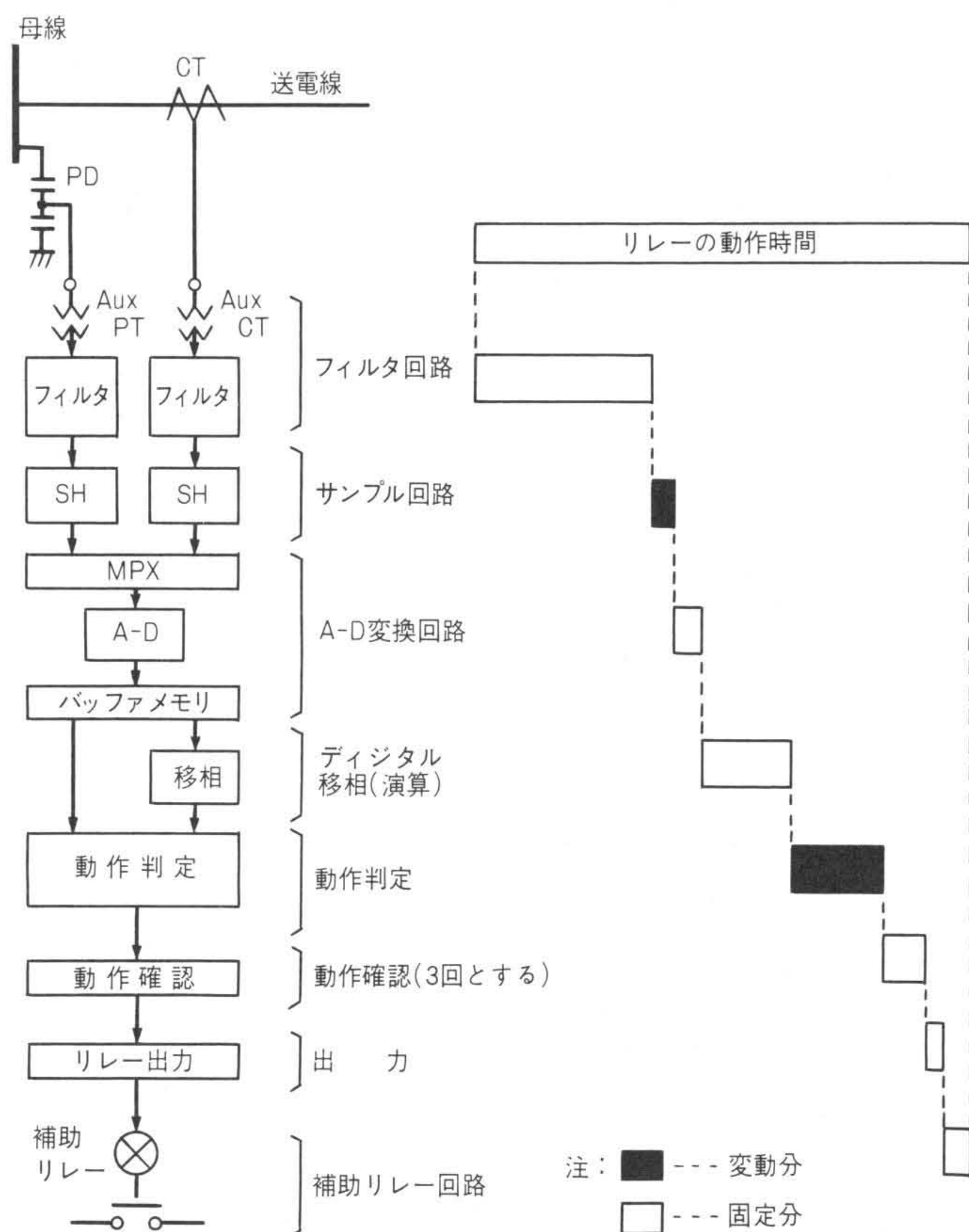


図8 リレー動作タイムチャート 動作時間の決定要因には、固定的要因と変動的要因のものに2分される。

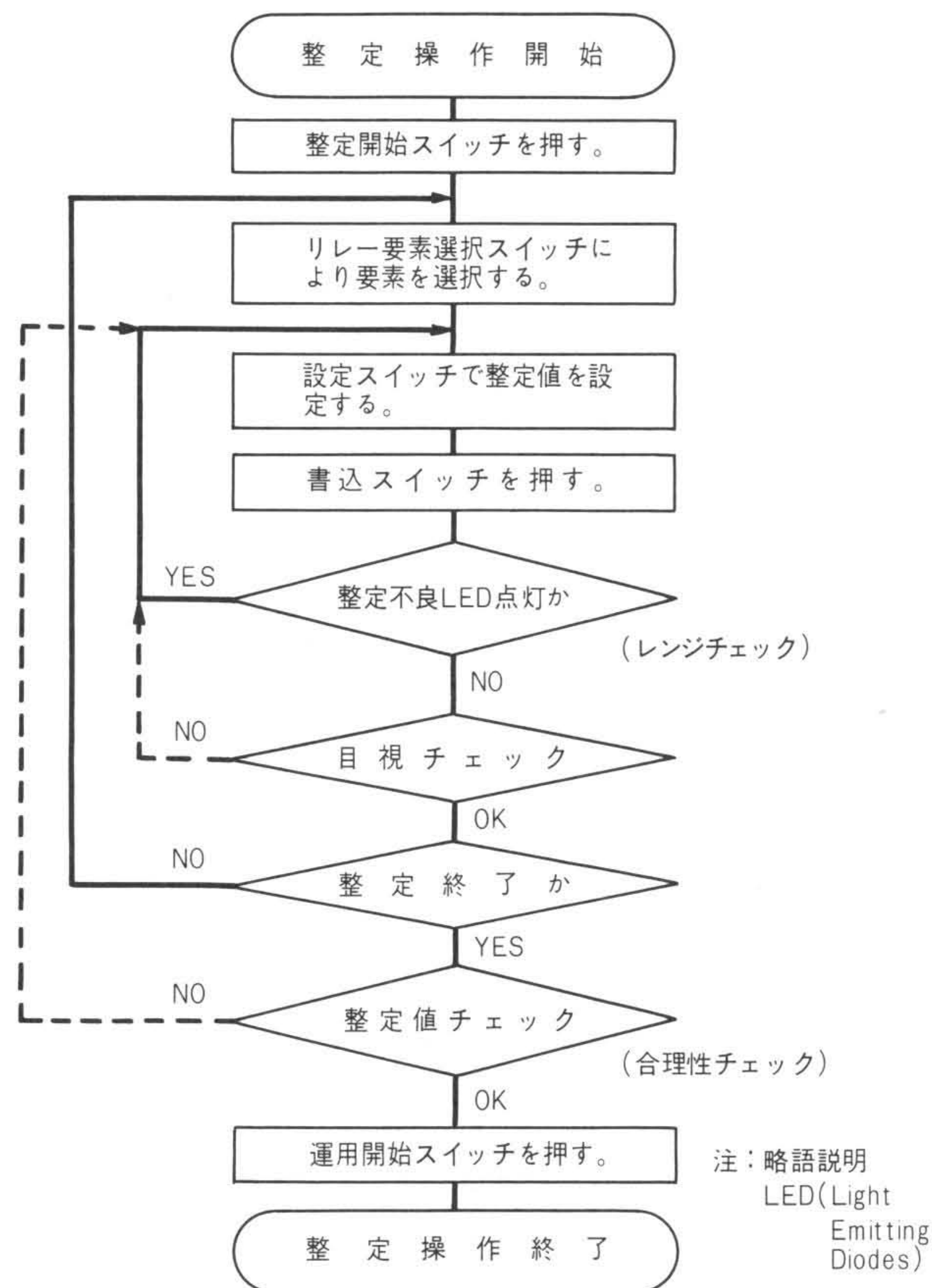


図9 整定手順フロー 誤整定防止を図る目的で、リレーのレンジチェック及び整定したリレーの相互間の合理性チェック(例： $44SX_1 < 44SX_2 < 44SD$)を実施している。

2.4 整定機構

デジタルリレーは従来のアナログリレーと違って、共通のハードウェアで多数リレーを処理しているため、整定部も共通整定方式をとることになる。また、使いやすさの観点からは整定作業を極力簡素化することが重要である。これらの点を考慮して三相一括整定方式を採用することとし、リレーの整定レンジチェックや整定したリレーの相互間の合理性をチェックする機能も具備して誤り整定防止を図った。

図9は、整定手順フローであり、整定は二次整定値とし、オンラインの状態では整定変更ができる。

2.5 保守・信頼性の向上策

2.5.1 自動監視

デジタルリレーの場合は、特別なハードウェアを付加しなくとも自己診断が行なえるので、その手法の工夫・充実に図ることにより、万一装置に不具合が起こったとしても、実害に至る前に発見することが可能である。また、ハードブロック単位に守備範囲を限定した監視・点検手法を組み合わせることにより装置の不具合を漏れなく早期に発見でき、かつローカライズすることが期待できる。そこで、これらの特徴を生かした自動監視方式の検討を行なって、図10に監視項目と守備範囲の概要を示す自動監視方式を採用した。図示のように入力PCT回路から出力リレーに至るまで漏れのない監視を行なっていることが分かる。

図11は、自動監視のうち常時監視の実施タイミングを示すものであり、リレー演算処理の空き時間を使って多数項目の常時監視処理を#1～#4のようにモード別に分割して繰り返し実施している。その処理フローは、図12に示すとおりである。

このような自動監視機能を具備することにより、万一不具

合が発生した場合でも、これをローカライズして発見し誤動作を防ぐことを可能にした。また、このような場合の修復をしやすくするため、不具合関連のデータをメモリの特定エリアに凍結させ、メンテナンスツールによりその探索が容易にできるように配慮した。

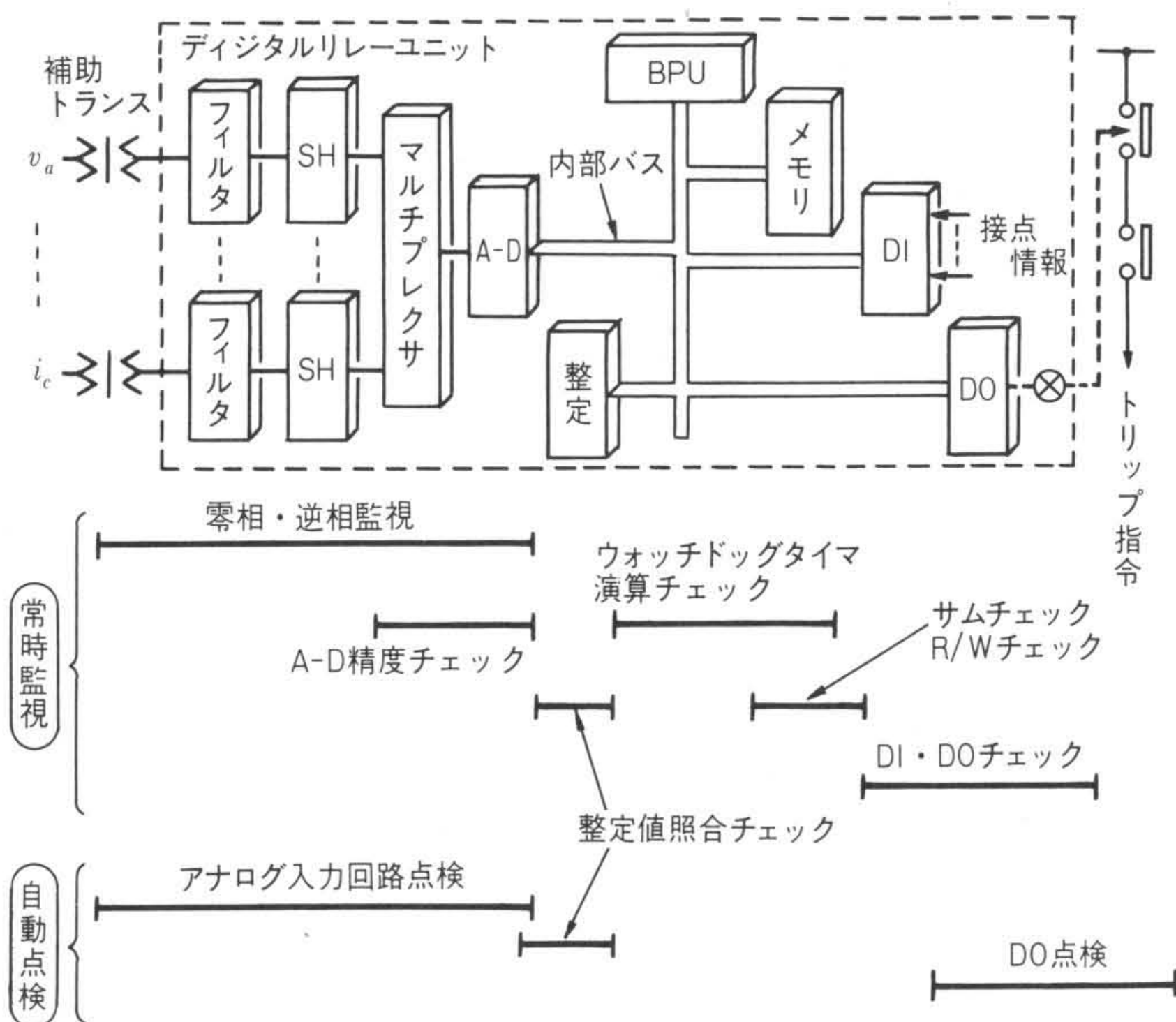


図10 自動監視項目と守備範囲 ハードブロック別の監視は入力PCT回路から出力リレーに至るまで、漏れのない監視を行なっている。

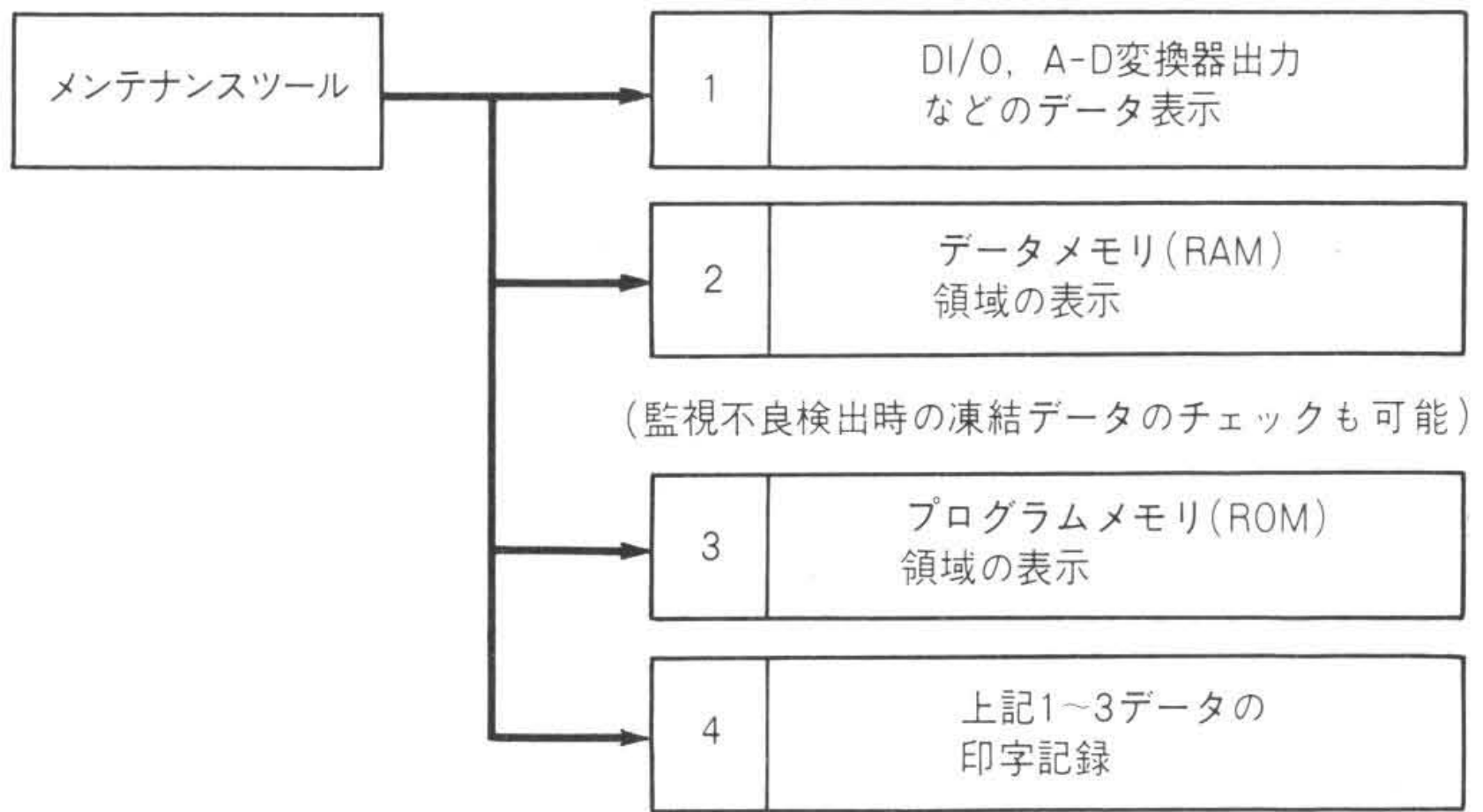


図14 メンテナンスツールの主な機能 メモリの内容やDI/O, A-Dなどの状態の表示を行なうと同時に、内容をプリントアウトする。

3 試験結果

本装置は、工場試験で所期の機能、性能を確認後、中部電力株式会社大垣変電所に納入され、昭和59年6月から運用に入り現在まで順調に稼動している。

装置試験については、試験精度の向上及び試験時間の短縮を図るために、従来の模擬送電線による試験と合わせて波形発生、故障発生、故障解析などを具備した図15に示すような総合動作試験装置を使い試験を行なった。その主な機能は表2に示すとおりであり、図16は3線地絡時の装置の動作オシログラムの例である。

4 装置の特長と適用効果

- 装置の主な特長としては、
- (1) 従来の電磁形リレーに比べ1/2に小形化した。
 - (2) 自動監視機能の具備により、信頼性の向上、保守の省力

表2 総合動作試験装置の主な機能 高調波重畳試験などの特殊試験やリレー応動解析などができ、試験精度の向上及び試験時間の短縮化に有効である。

試 験	機 能
特 殊 仕 様 試 験	● 高調波重畳試験
	● 直流分重畳試験
	● 多機系脱調模擬試験
	● 事故時アーク抵抗試験
データの解析・編集	● 電圧・電流の位相解析
	● 事故インピーダンス解析
	● リレー応動の解析と結果の編集

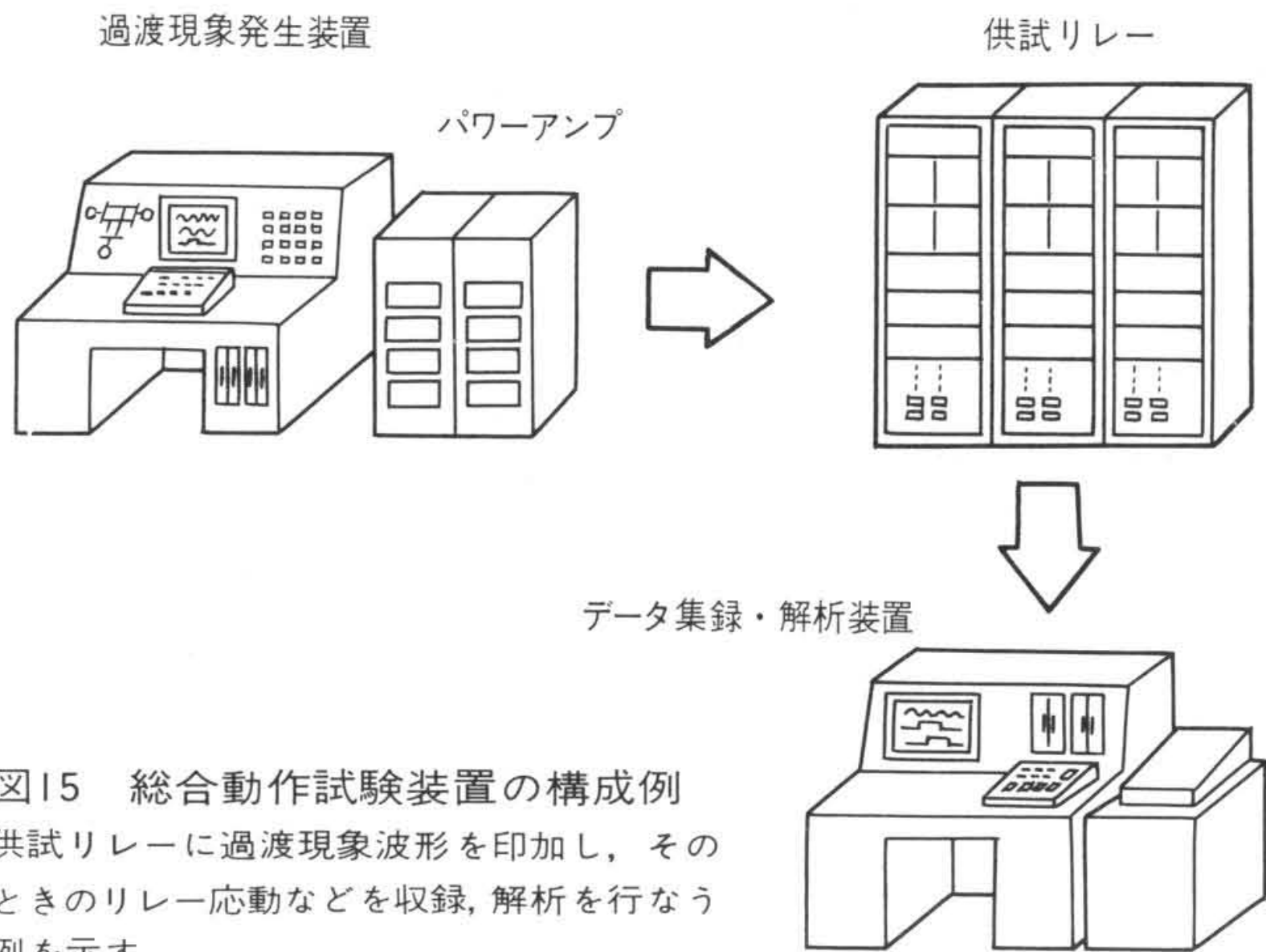
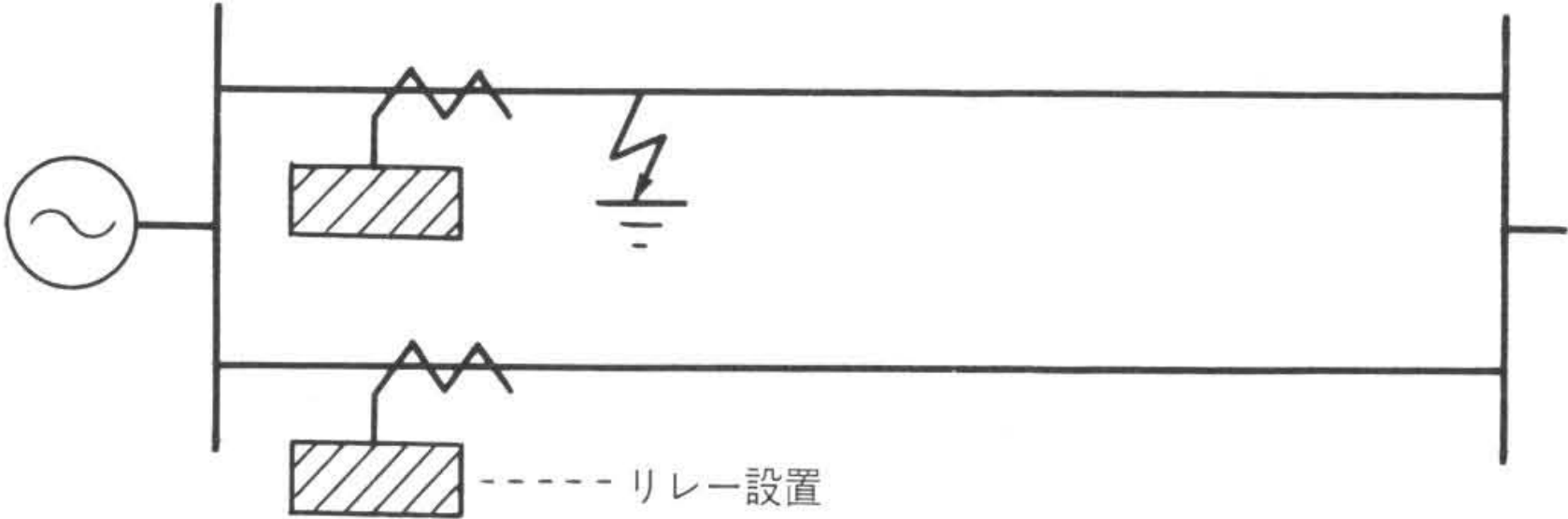
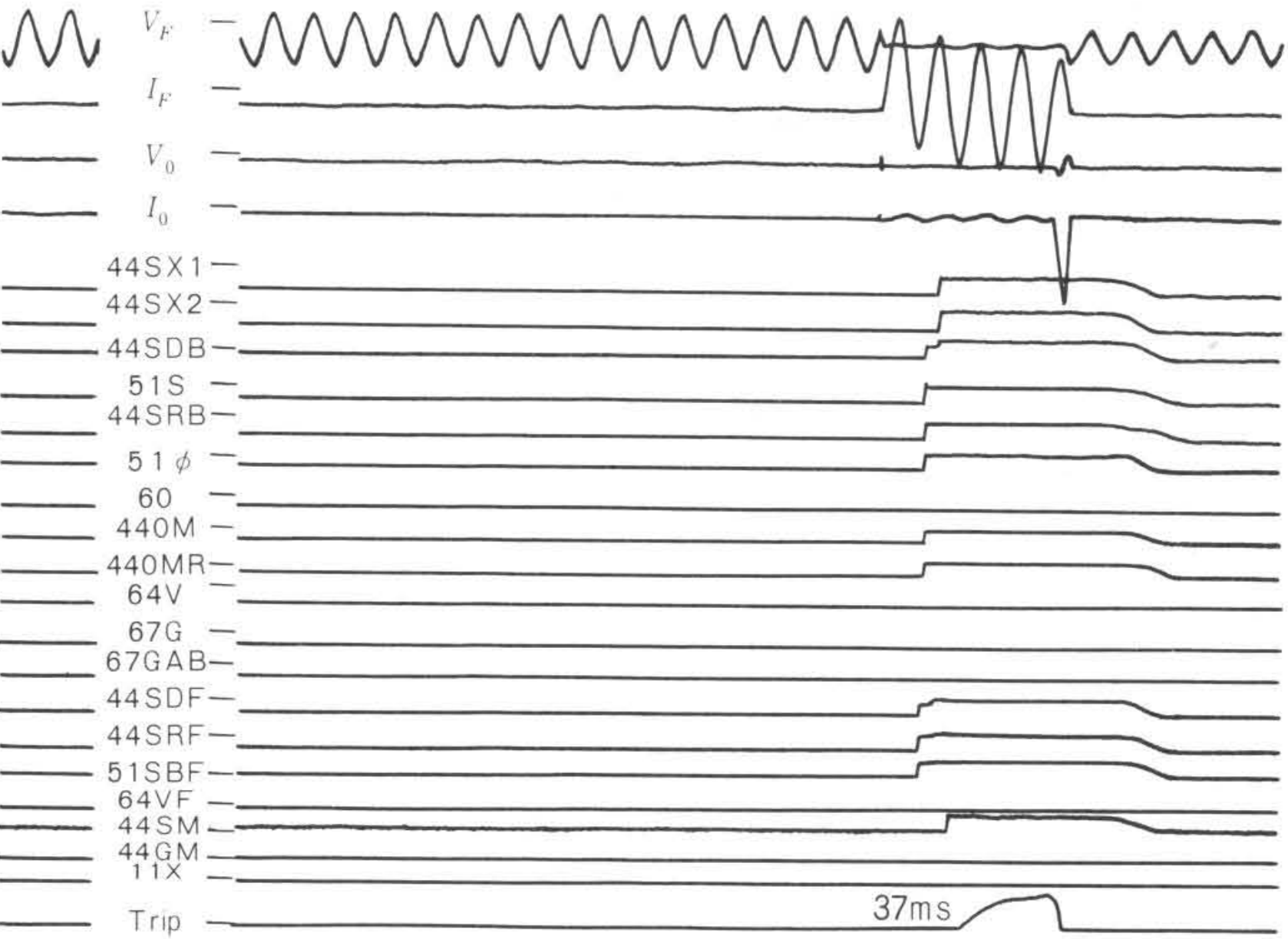


図15 総合動作試験装置の構成例 供試リレーに過渡現象波形を印加し、そのときのリレー応動などを収録、解析を行なう例を示す。



(a) 模擬系統



(b) 動作オシログラム

図16 工場試験結果のオシログラム例 3線地絡故障時のオシログラム例を示すもので、リレー応動時間は37msである。

- 化が期待できる。
- (3) 将来の系統構成を考慮した保護機能としているため、装置の適用拡大が図れる。
 - (4) 整定機構の簡素化により保守の省力化が期待できる。などがある。

本装置に用いた距離リレー演算アルゴリズムは、送電線保護だけでなく母線保護、変圧器保護などの後備保護リレーに標準的に使える。

5 結 言

以上、高抵抗接地系の送電線を対象としたデジタル形距離リレー装置の構成、機能、特長などについて述べた。本装置は、中部電力株式会社大垣変電所に納入されて順調に稼動しており、従来の電磁形に比べ、小形化、保守の省力化の面で大きな効果が得られた。

参考文献

- 1) 杉山, 外: 超高圧系統用デジタル形後備保護継電装置のフィールドテスト結果, 昭和56年電気学会全国大会, No. 1086 (昭和56-4)
- 2) 安藤(満), 外: 高抵抗接地系回線選択用デジタル形後備保護装置の開発と実証試験, 昭和56年電気学会全国大会, No. 1087 (昭和56-4)
- 3) 安藤(智), 外: 多端子併架送電線地絡保護用デジタル形回線選択リレー装置の開発, 昭和58年電気学会全国大会, No. 1221 (昭和58-4)
- 4) 牧野, 外: 積演算原理を適用したデジタル形電流差動リレーの検討, 電気誌, 論文誌B, 54-B19, 9~16 (昭和54-3)
- 5) J. Makino, et al.: IEEE Winter Power Meeting No. C75197-9 (1975-1)