

# デジタル形保護継電装置

## Digital Protective Relaying Equipment

近年、電力系統の構成が高度化、複雑化するに伴い、保護継電装置もいっそうの高性能化、小形化及び高信頼度化が必要となってきた。このような要求に対処するため、マイクロコンピュータを適用した新しいデジタル形の保護継電装置を開発した。

マイクロコンピュータには、マイクロプログラム可能な素子を適用し、保護に適したプログラム構成とすることにより高速演算が可能となった。

信頼度向上では、装置構成、ハードウェア及びソフトウェアの各レベルでメンテナンスフリーを指向した各種の対策を施してある。また装置規模は、最新のIC化保護継電装置と比べても約半に縮小が可能である。

保護性能は、高速かつ高性能であり、全電圧階級の主保護及び後備保護への適用が可能である。

松沢邦夫\* *Matsuzawa Kunio*  
 杉山 剣\*\* *Sugiyama Tsutomu*  
 牧野淳一\*\*\* *Makino Jun'ichi*  
 野原哈夫\*\*\* *Nohara Haruo*  
 佐野和汪\*\*\*\* *Sano Yoshihiro*  
 松井義明\*\*\*\*\* *Matsui Yoshiaki*

### 1 緒 言

電力系統保護装置へのコンピュータ応用の研究開発は、ミニコンピュータが出現し始めたころから世界各国で始まったが、当時のミニコンピュータでは経済性及び応答性の面から実用化が困難であった。しかし、最近の半導体技術及び応用技術の進歩により出現したマイクロコンピュータは、小形で高度の処理能力をもち、かつ経済性の面でも優れており、応答性、信頼性及び経済性を重視する保護継電技術の要求によく適合するため、マイクロコンピュータを用いた新しいデジタル形保護継電装置(以下、デジタルリレーと記す)の実用化研究が、ユーザーとメーカーの協力のもとに急速に進展した。

我々はデジタルリレーの開発を開始してから現在まで、約10年近くにわたり演算アルゴリズム<sup>1)~3)</sup>、フィルタリング<sup>4)</sup>、

高速マイクロコンピュータ<sup>5)</sup>、光伝送など<sup>6)</sup>の要素技術及び保護方式、保守運用、信頼度向上などのシステム技術を開発し、シミュレータ<sup>7)</sup>及びフィールド試験により性能検証と改良を重ねてきた結果、実用化できる段階に達した。

この論文では、デジタルリレーの特長、ハードウェア構成、ソフトウェア構成、高信頼度化対策及び距離継電方式への具体的適用例について述べる。

### 2 デジタルリレーの特長

デジタルリレーの特長を表1に示す。

#### 2.1 新機能・新特性の実現

システム構成、潮流状態など、電力系統の変化時に事故検出の内容を変化させて、システムに最も適した保護演算を行なうことができるなど従来にない新しい機能・特性の実現が可能である。

#### 2.2 信頼度の向上

1 サンプル間隔内でハードウェア各ブロックごとの自動監視が可能であり、更に自動監視用のコンピュータを別途設けることにより、従来の定期点検に相当する精度の高い点検ができるので、今後のメンテナンスフリー化(無保守化)指向に適している。

#### 2.3 保護継電方式変更に対する柔軟性の向上

保護継電方式の変更に対しては、保護演算用のメモリを交換するだけで装置構成を変えずに対処できるので、適用への柔軟性が增大する。

#### 2.4 装置の標準化

従来のアナログ形保護リレーは、保護特性及び定格値により多くの品種が必要であったが、デジタルリレーはハードウェアの形態をほとんど変更する必要がないので、大幅な標準化が可能である。

#### 2.5 小形化・低負担化

マイクロコンピュータはLSI技術の進歩により、小形化傾向が著しく、このためデジタルリレーは、従来装置の半に縮小が可能である。また補助変成器を集中化し、数を減少させたことにより、主変成器の負担を大幅に低減できる。

表1 デジタルリレーの特長 今後の可能性も含めて、ハードウェア及びソフトウェアにこのような特長がある。

No.	項 目	特 長
1	新しい機能、 新しい特性の実現	(1) 演算機能の高度化により、アナログ装置では困難であった機能、特性の実現が可能である。 (2) 保護リレー以外の機能の付加が可能である。
2	信頼性の向上 (メンテナンスフリー化)	(1) 高度の自動点検(点検範囲、頻度の向上)が行なえる。 (2) リレー特性の経年変化が少ない。 (3) オンラインのまま自動点検が可能である。
3	保護方式変更に対する 柔軟性向上	保護方式の変更がメモリの差し換えにより可能である。
4	装置の標準化	数種のハードウェアで超々高圧系から配電系統まで対応が可能である。
5	小形化・低負担化	(1) アナログ装置の半の規模に縮小が可能である。 (2) 変成器類の集中化により負担を低減できる。

\* 東京電力株式会社系統運用部 \*\* 中部電力株式会社工務運営部 \*\*\* 日立製作所日立研究所 \*\*\*\* 日立製作所大みか工場  
 \*\*\*\*\* 日立製作所那珂工場

### 3 システム構成

#### 3.1 ハードウェアの基本構成と性能

図1にハードウェアの基本構成を示す。

##### 3.1.1 入力部

入力部は主に次の四つの機能から成っている。

###### (1) 電圧電流の変成(Aux. PCT)

63.5V, 5A (又は1A) レベルを、電子回路レベルに変換する。

###### (2) フィルタリング(FIL)

高調波及び過渡直流分を除去する。

###### (3) 標本化(SH)

入力交流量の瞬時値をA-D変換が終わるまでホールドする。サンプリング周波数は、リレーの動作時間と処理能力から商用周波数の6倍又は12倍としている。

###### (4) 量子化(A-D変換)

アナログ量をデジタル量に変換する。量子化ビットは精度面から12ビット(数値11, 符号1)としている。

##### 3.1.2 演算処理部

演算処理部は、デジタルリレーの頭脳に相当する部分であり、主処理ユニット(CPU)はマイクロプログラムメモリ、命令解読回路、演算ユニット、制御回路及び各種レジスタから構成されている。

##### 3.1.3 メモリ部

メモリ部は、保護演算用の不揮発性メモリROM (Read Only Memory)と、入力データ、整定値及び演算途中のデータ

記憶のためのメモリRAM(Random Access Memory)から成っている。

##### 3.1.4 出力部

出力部は、トリップ回路を構成している部分であり、主検出要素と事故検出要素が共に動作したことにより、主接点を閉じトリップコイルに電流を流ししゃ断器を開く。

##### 3.1.5 整定表示パネル

整定表示パネルは、保守運用者とのマンマシンインタフェースを形成している部分であり、リレーの整定値の読込・読出し、リレーの動作表示、各種の不良表示及び運用に関する表示を行なう。

#### 3.2 マイクロコンピュータの性能

図2にデジタルリレー用に開発した高速マイクロコンピュータの具備条件と主要性能を示す。

保護リレーは高速の応答性が必要であるため、デジタルリレーは1~3ms間隔の高速サンプリングが要求され、かつ経済的にも1サンプリング間隔内で1回線分の短絡又は地絡距離保護を処理できる能力が必要である。したがって、このためには1サンプリング間隔で30~40要素(従来の単体距離リレー換算で30~40台)分の処理を行なうことが必要となる。このような条件から、マイクロコンピュータの第一の具備条件は高速性である。

また保護リレーは、演算アルゴリズム及び整定値の取扱いに乗算機能を必要とする。したがって、倍長演算機能も欠くことのできない条件である。

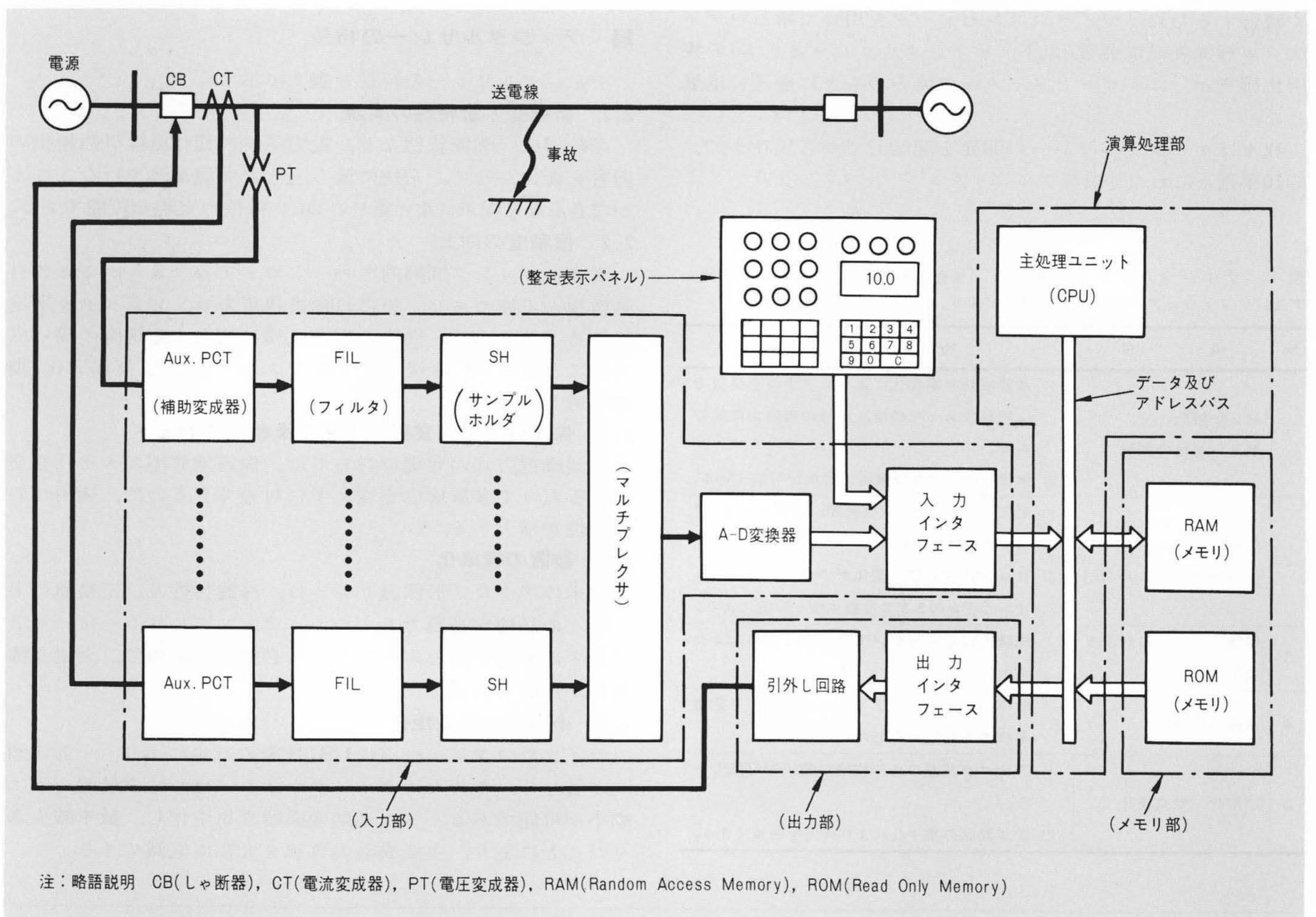


図1 デジタルリレーの基本構成 入力部, 演算処理部, メモリ部, 出力部及び整定表示部から成っている。

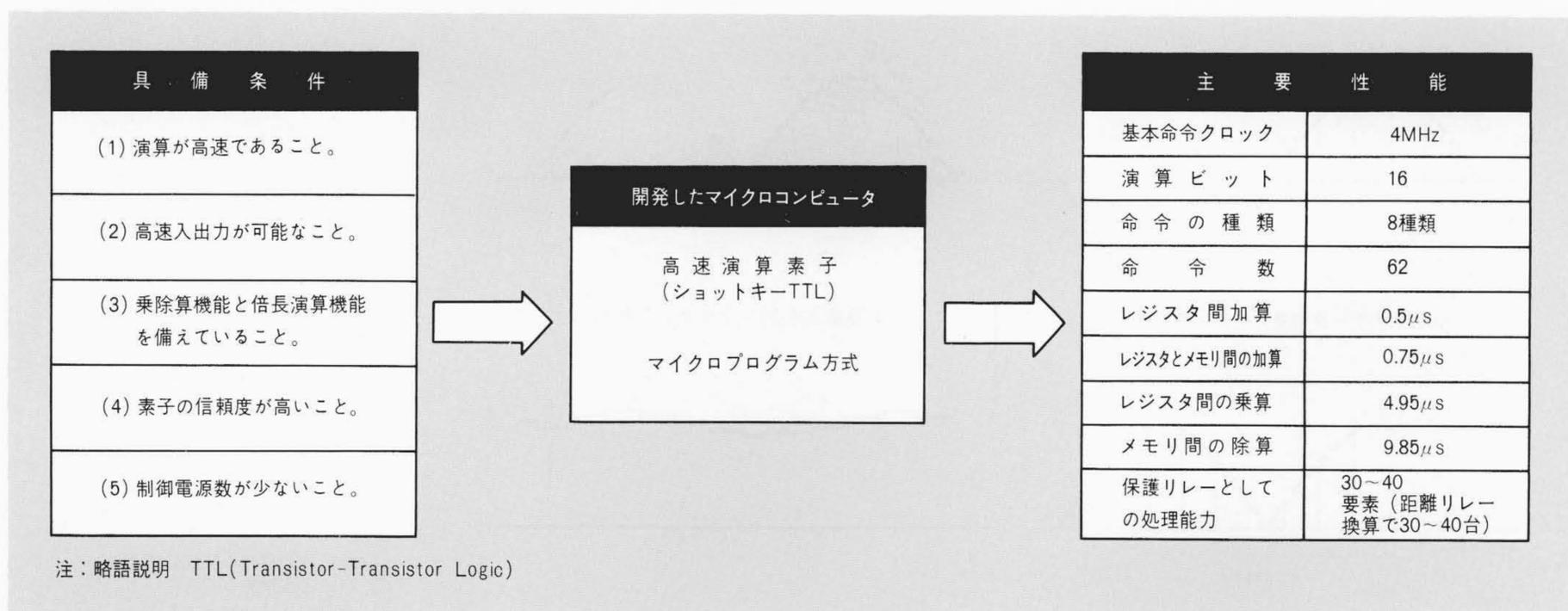


図2 マイクロコンピュータの具備条件と主要性能 保護リレー用マイクロコンピュータは、応答性と経済性から高速演算が必要である。

### 3.3 ソフトウェアの構成と性能

保護演算のアルゴリズムは種々のものが開発されているが、演算アルゴリズムの具備条件としては、

- (1) 事故検出が高速に行なえること。
- (2) 検出精度が優れていること。
- (3) 種々の保護リレーへの適用範囲が広いこと。
- (4) 処理時間が短いこと。
- (5) フィルタリング機能をもち、高調波影響が少ないこと。
- (6) 単発的な誤りデータに対して不正応動しにくいこと。

が必要である。このような項目に鑑み評価した結果、図3に示す積形演算方式と図4に示す整流積分方式がデジタルリレーに適しており、この二つのアルゴリズムによりほぼすべての保護リレー特性が実現できることが明らかになった。

図3の積形演算方式は、二つの入力量のスカラー積を求め

る方式で、入力量の積演算の結果生ずる高調波成分をデジタルフィルタにより除去し、スカラー積だけを取り出す。この方式は、サンプリング周波数を低くしても精度が落ちず、かつほとんどすべての保護リレー特性を実現することができる。

一方、図4に示す整流積分方式は、サンプリング周波数を低くすると精度が悪化する欠点はあるが、演算が比較的簡単であり、特に単一入力量のリレーに適している。

また、両者とも積分を含むので、フィルタリング機能をもち、高調波影響は少ない。

### 4 システムの信頼度向上対策

デジタルリレーの信頼度向上対策の基本的考え方は、従来のアナログリレーで確立された方式を踏襲している。すなわち、

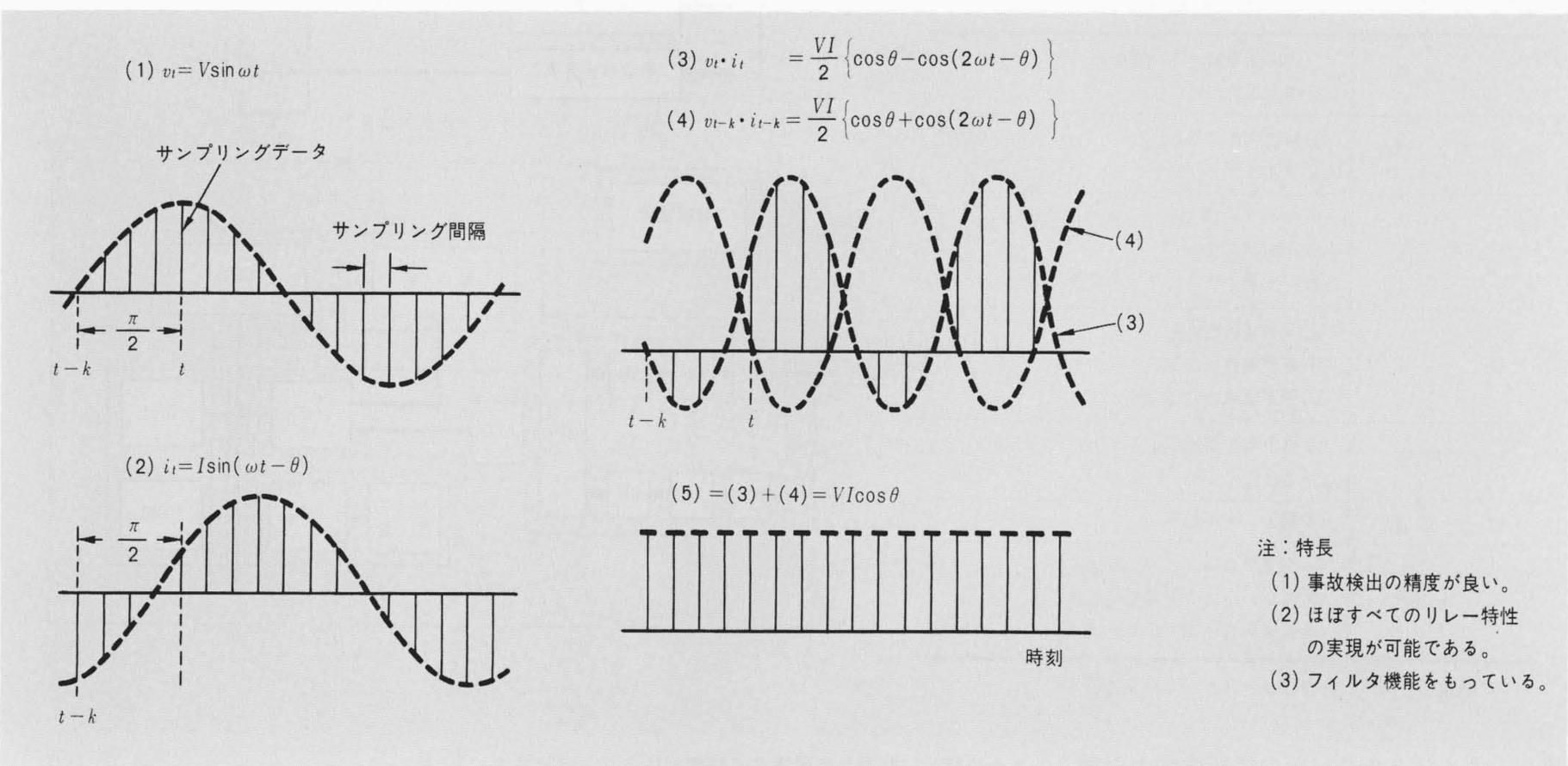


図3 積形演算方式 主検出要素には、精度の良い積形演算方式が適している。

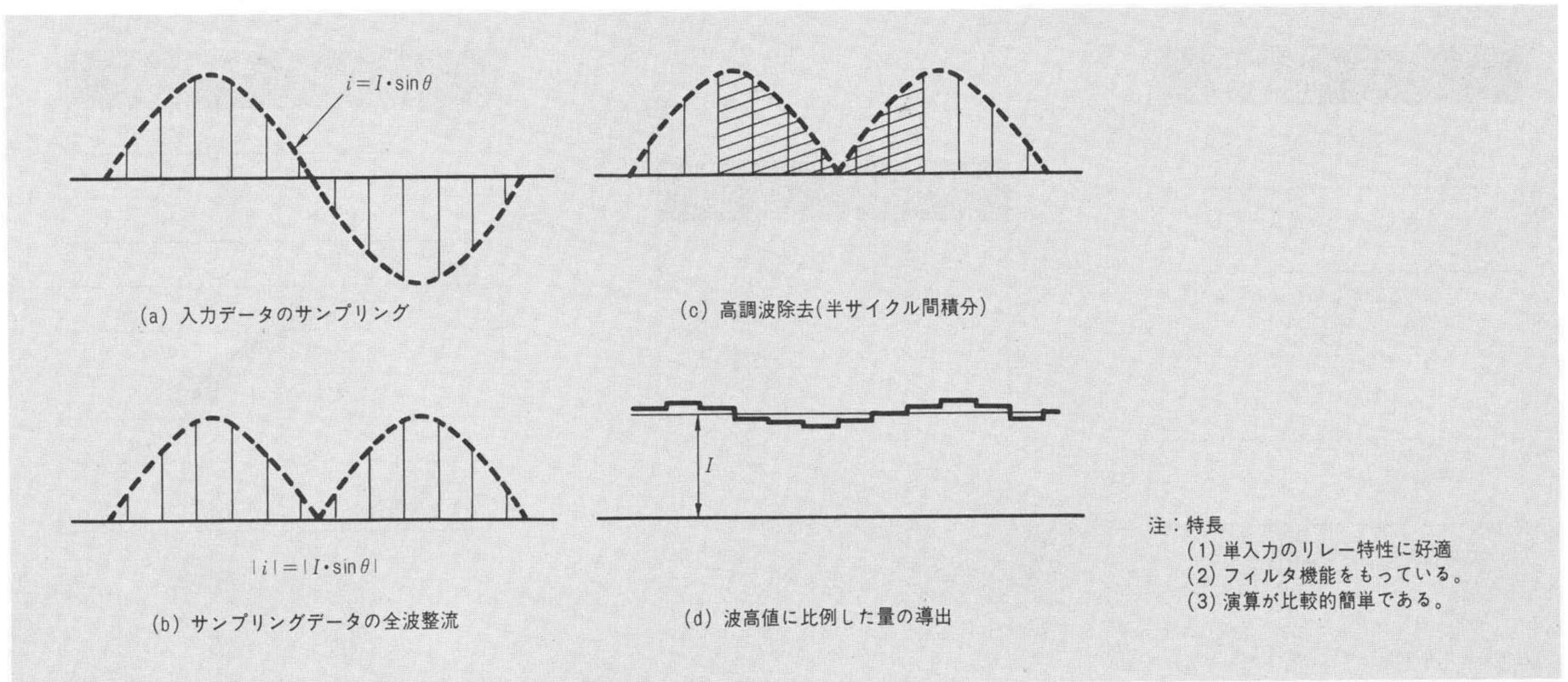


図4 整流積分方式 事故検出要素の演算に適している。

- (1) 高信頼度部品の選択、品質管理及びエージングによる初期不良の排除など、部品、装置の品質向上。
- (2) 部品の定格低減、サージ、ノイズ対策など、不良発生の防護。
- (3) ハードウェアレベル及びソフトウェアレベルでの直並列多重化
- (4) 主検出要素と事故検出要素の演算アルゴリズムを、異な

った方式にすること。  
 (5) ハードウェアブロック単位及びシステム全体の自動監視などである。図5にデジタルリレーの自動監視方式の具体例を示す。

常時監視については、各サンプリングごとにCPU、メモリ、整定、入力回路、リレー出力及びトリップ用リレーのチェックを行なうが、このチェックにはデジタルリレーに適した

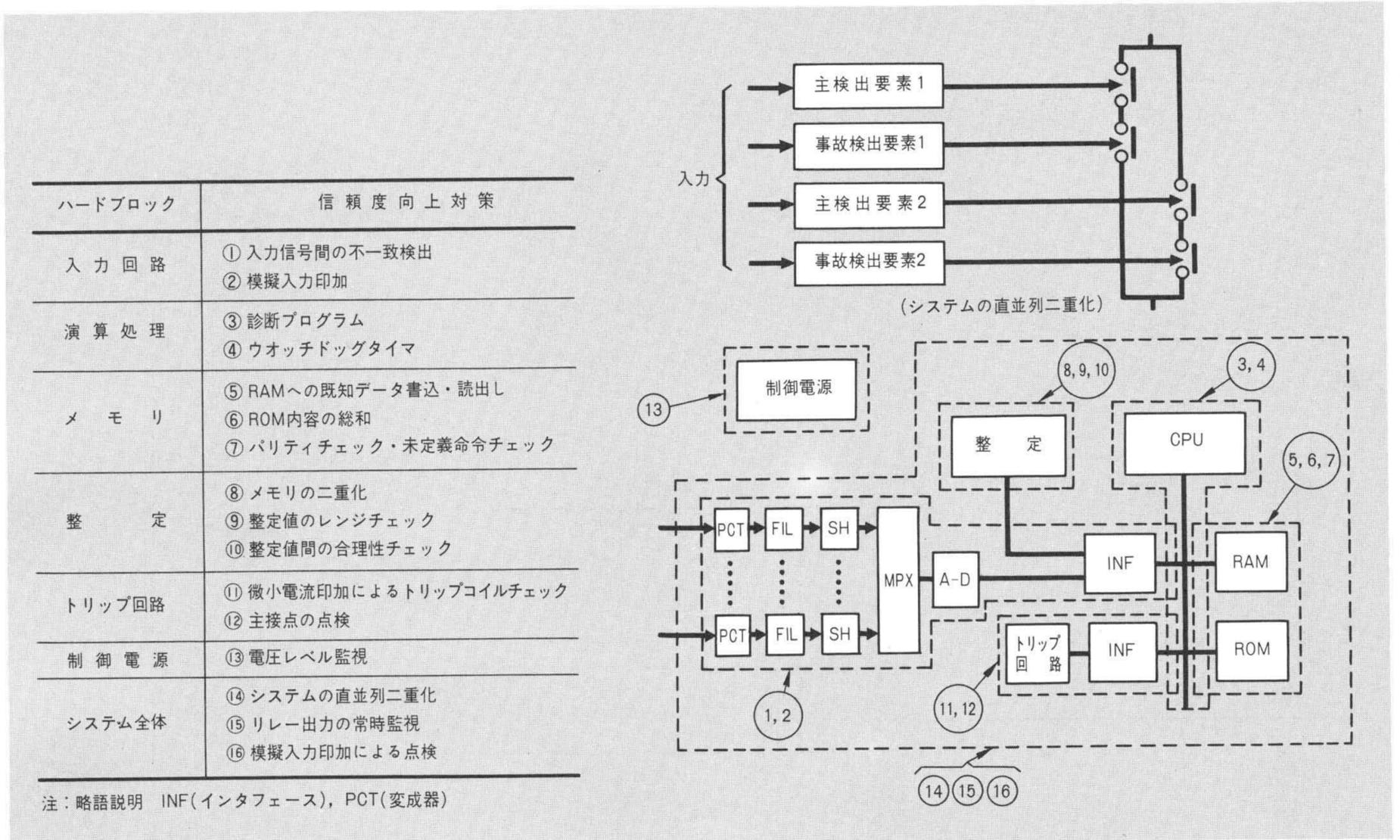


図5 デジタルリレーの信頼度向上対策 きめの細かい監視と高精度な点検機能により、メンテナンスフリーを指向した高信頼度な構成となっている。

独特の方式を採用している。

また自動点検については、自動点検用のCPUを設けることにより、点検用模擬電圧・電流の大きさ及び位相差をソフトウェアで制御することができるので、従来よりいっそう高精度な点検が可能であり、これにより高い信頼度を確保することができる。従来定期点検時に行なっていた業務をコンピュータで処理することができ、大幅な省力化が可能となる。これにより今後定期点検周期を大幅に延ばすことができ、究極的にはメンテナンスフリー化が可能となるであろう。

### 5 デジタルリレーの適用例

#### 5.1 デジタルリレー適用の代表的システム構成

図6(a)に送電線主保護用電流差動キャリヤリレー方式への適用例を、(b)に送電線後備保護リレー及び回線選択リレー方式(距離リレー方式)への適用例を示す。

#### 5.2 デジタル形距離リレー装置

図7(a)に超高压系に適用するデジタル後備保護リレー装置の写真を示す。このシステムは、フィールドテスト装置で

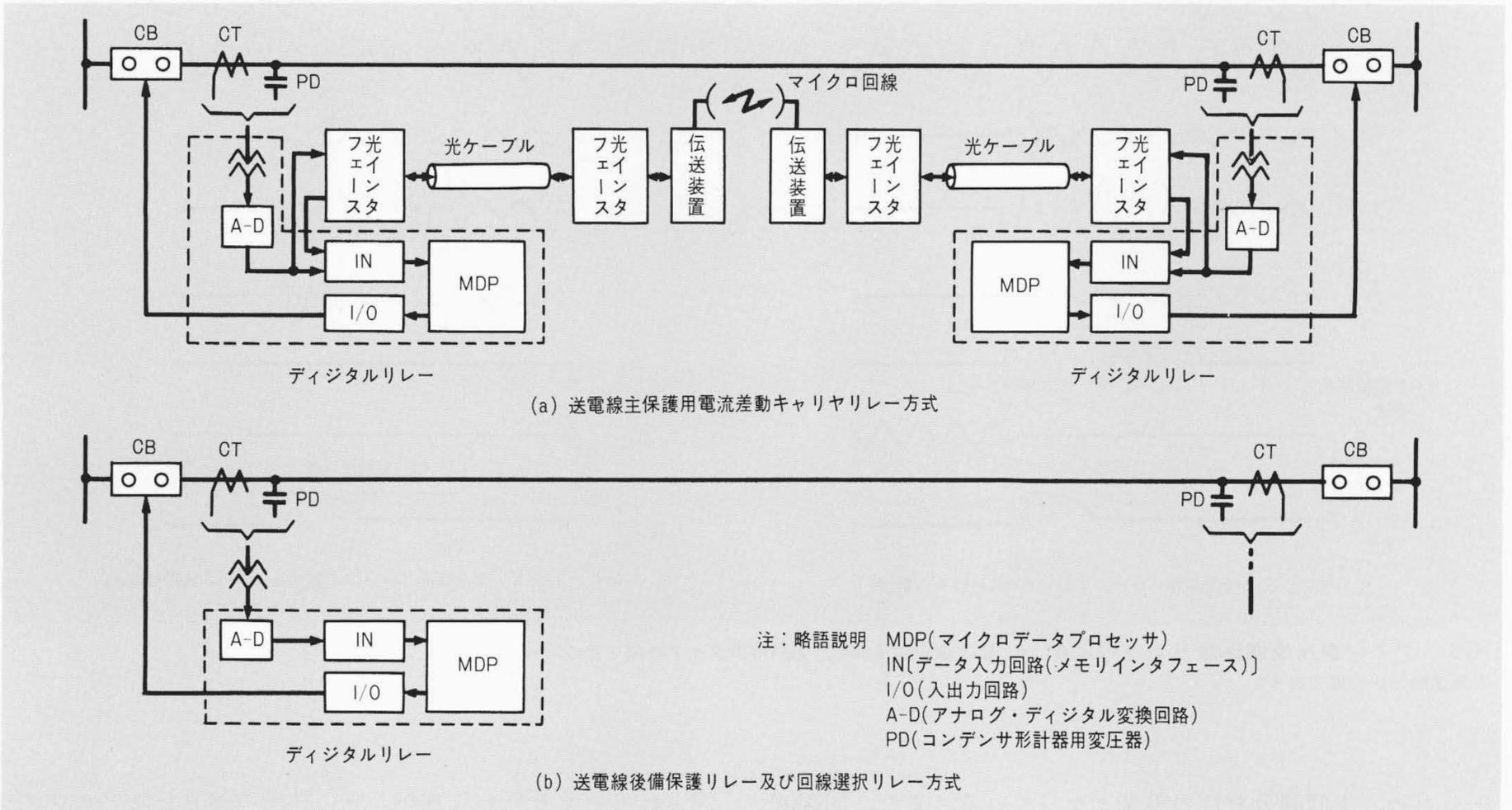


図6 デジタルリレー適用の代表的システム構成 デジタルリレーは超々高压系から配電系統まで、すべての保護システムに適用が可能である。

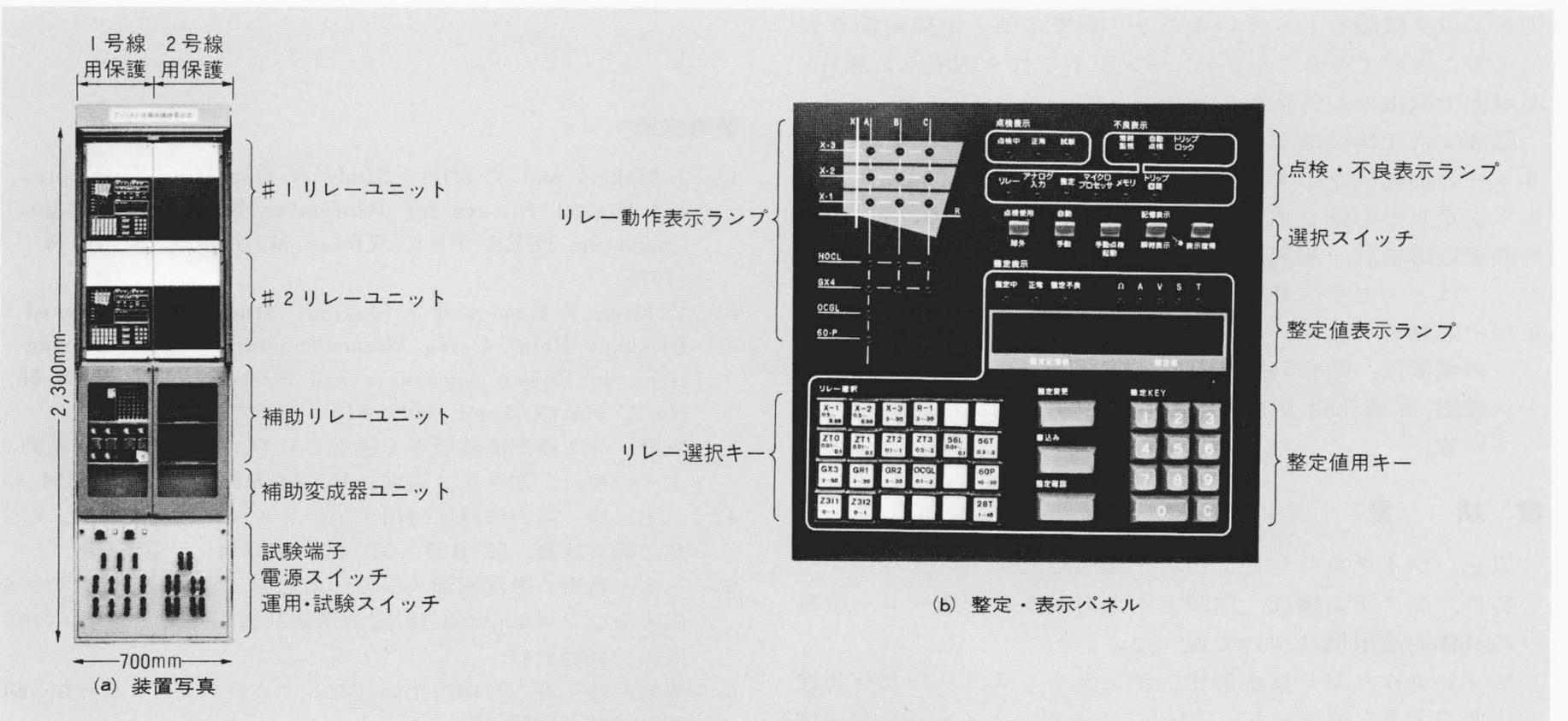


図7 超高压系用デジタル後備保護リレー装置 短絡保護と地絡保護を2台のコンピュータで構成し、かつ2回線分の保護機能を盤一面に収納している。

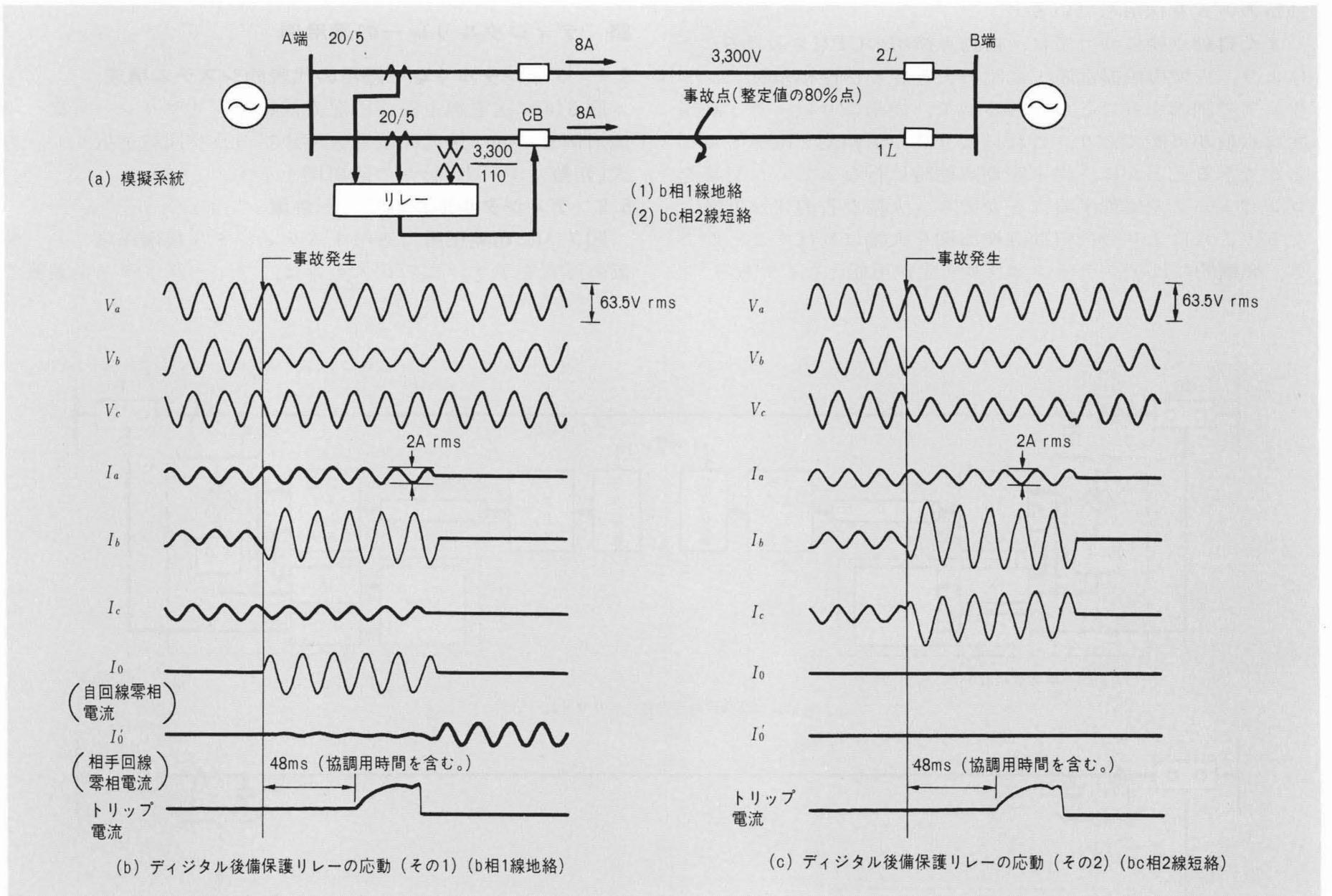


図8 デジタル後備保護リレーの応動 整定値の80%点で、協調用のタイム時間を含めて50ms以内の高速動作が可能である。

あるため、1回線分だけの実装となっている。また、同図(b)に整定・表示パネルの写真を示す。整定は電圧、電流、インピーダンスなどの実整定値をキーインすることができること、整定値のレンジチェック及び整定値間の大小を判定する合理性チェック機能をもっていること、新整定値と旧整定値を表示することができることなど、マンマシン性を向上し、保守・運用面で取扱いが便利になっている。

図8(a)に工場試験での模擬系統を、(b)及び(c)にデジタルリレーの応動例を示す。地絡事故及び短絡事故共に高速にしかも安定した応動を示していることが分かる。このほか、内・外部至近端事故、潮流反転事故、多重事故、再閉路中の事故など、ほとんどすべての事故を想定し試験を行なったが常に正規の応動を示した。

この装置は、昭和54年7月から実フィールドに入り、耐サージ性能、保護性能、信頼性及び保守運用面の実証試験を行なっている。

## 6 結 言

以上、マイクロコンピュータを適用したデジタルリレーの特長、システム構成、信頼度向上対策及び距離リレー装置への具体的適用例について述べた。

デジタルリレーは小形化、メンテナンスフリー及び高性能化面で大きな特長をもち、ユーザーとメーカーが一体となって開発を進めてきた結果、実用化できる段階に達した。今後経済的にメリットの出る保護継電方式から適用の拡大が

図られていくと思われるが、既に技術の確立したアナログリレーを凌駕するためには、今後更に保守・運用面での改良、高性能化、高機能化、低価格化、部品の陳腐化などに対するいっそうの努力が必要である。

## 参考文献

- 1) J. Makino and Y. Miki: Study of Operating Principles and Digital Filters for Protective Relays with Digital Computer, IEEE PES Winter Meeting C75 197-9 (1975)
- 2) Y. Miki, Y. Sano and J. Makino: Study of High-Speed Distance Relay Using Microcomputer, IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, Vol. PAS-96, No. 2, March/April, 602~613 (1977)
- 3) 牧野, 外: 積形演算原理を適用したデジタル形電流差動リレーの検討, 電学誌, 論文誌B, 54-B19, 9~16 (昭54-3)
- 4) 三木, 外: 電力系統保護用デジタルフィルタの検討, 電学誌, 論文誌B, 52-B27, 53~60 (昭52-4)
- 5) 三木, 奥田: 系統制御・保護への応用, 昭和53年電気学会全国大会シンポジウムS.10「電力系統制御へのマイクロコンの応用」(昭53-4)
- 6) 黒岩, 外: 電力用構内光伝送システムの開発, 日立評論, 60, 727~732 (昭53-10)
- 7) 山越, 外: 電力系統保護用デジタルシミュレータ, 日立評論, 60, 291~296 (昭53-4)