

最近の配電線保護継電器

Recent Protective Relays for Distribution Lines

新しいニーズに対応して最近開発した配電線用保護継電器の中から、末端短絡検出、間欠地絡検出、小形継電器シリーズ及びそれら継電器の自動点検装置について紹介する。末端短絡検出は、短絡電流と潮流とのベクトル差分電流を検出する方式とした。間欠地絡検出は、故障除去時に発生する10Hz程度の低周波成分を検出し、動作時間の速い地絡検出回路を制御する方式により可能にした。小形継電器はIC素子とトロイダルコイル形のトランスを1枚のプリント板にまとめたもので、従来の定格電圧・電流がそのまま適用できるうえ、盤面積を約 $\frac{1}{3}$ に縮小した。自動点検装置はマイクロコンピュータを利用し、システムの変更をソフトウェアの変更だけで対応させるようにした。

安藤 弘\* Andô Hiroshi

芳賀 博\* Haga Hiroshi

大辻英臣\* Ôtsuji Hideomi

1 緒 言

最近の配電線用保護継電器には、従来の保護方式では検出できなかった系統事故の検出、盤面数を少なくするための小形化、保守点検の省力化などが要求されてきている。

これに対応して開発してきた代表的な継電器について、方式、機能、仕様など以下その概要を述べる。

2 最近の配電線用保護継電器

2.1 ベクトル差電流方式による過電流継電器

配電線路のこう長が長い系統では、末端付近の短絡電流が小さく負荷電流と比較して量的に判別がつかない場合があり、従来使用されてきた限時過電流継電方式及び逆相過電流継電方式では、それぞれ動作時間が長くなったり、3線短絡が検

出できないなどの欠点があった。

本方式は、末端短絡電流が故障発生前後の線路電流のベクトル差となることに着目したもので、整定は従来と同様に最小設備容量で決めることができ、また3線短絡保護も可能である。

表1は、系統の諸現象に伴う線路電流の特徴を示したものである。末端短絡現象と他の現象とを区別するために、DOC(ベクトル差検出要素)のほかに、-DOC(電流スカラー量の減少を検出するロック要素)と、F<sub>2</sub>(高調波電流を検出するロック要素)とを設け、図1のブロック図に示す組み合わせにより、不要動作を抑制して末端短絡故障を確実に検出する構成とした。更に、従来の短絡保護範囲の故障は、OC(過電流検出要

表1 配電線の電流変化の要因とその特徴

電流変化の要因に対し最終出力は、配電線の末端短絡故障及び至近端短絡故障時だけであることが分かる。

| 電 流 変 化 の 要 因 |     | 特 徴                                                       | 検出要素 |    | ロック要素 |                | 最終出力 |
|---------------|-----|-----------------------------------------------------------|------|----|-------|----------------|------|
|               |     |                                                           | DOC  | OC | -DOC  | F <sub>2</sub> |      |
| 1. 配電線の末端短絡   |     | (1)波形ひずみなし。<br>(2)故障相電流は、短絡電流と負荷電流のベクトル和にほぼ等しく、増加方向。      | ○    | ×  | ×     | ×              | ○    |
| 2. 外部故障       | 発生時 | (1)波形ひずみなし。<br>(2)電流値は減少方向。                               | ○    | ×  | ○     | ×              | ×    |
|               | 除去時 | (1)波形ひずみあり。<br>(2)電流値は増加方向。                               | ○    | ×  | ×     | ○              | ×    |
| 3. 配電線順送時     |     | (1)波形ひずみあり。<br>(2)電流値は増加方向。                               | ○    | ×  | ×     | ○              | ×    |
| 4. 配電線のループ開閉時 |     | (1)波形ひずみなし。<br>(2)電流値は増加、減少の変化。                           | ×    | ×  | ×     | ×              | ×    |
| 5. 平常時の負荷変動   |     | (1)波形ひずみなし。<br>(2)電流値は増加、減少の変化。                           | ×    | ×  | ×     | ×              | ×    |
| 6. 配電線の至近端短絡  |     | (1)波形ひずみなし。<br>(2)故障電流大。<br>(3)電流値は増加方向。                  | ○    | ○  | ×     | ×              | ○    |
| 7. そ の 他      |     | 負荷電流の最大変化幅は、最小設備容量の $\frac{1}{3}$ とみてDOC要素の感度をこの値以上に整定する。 |      |    |       |                |      |

注：○(動作)，×(不動作)を示す。表中の英略語説明は、図1参照

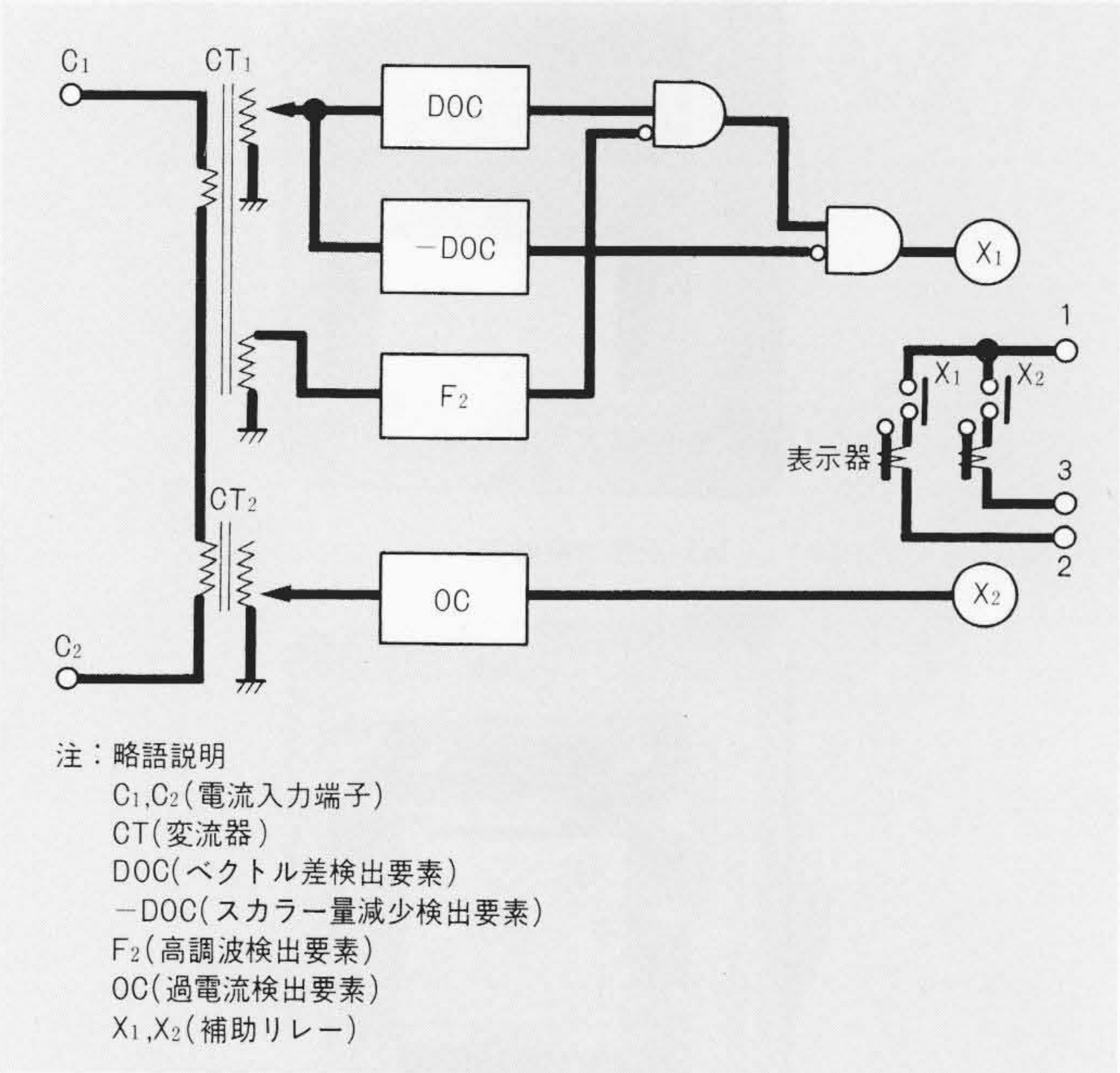


図1 過電流継電器のブロック図

補助リレーX<sub>1</sub>は、線路の末端短絡故障検出要素の出力用で、X<sub>2</sub>は至近端短絡故障検出要素の出力用である。

\* 日立製作所那珂工場

素)により検出して、上位系保護継電器との時間協調をとった。  
表 2 に人工末端短絡試験のデータ解析を基に決定した各要素の仕様を示す。この仕様に基づく継電器の約 1 年間のフィールド試験で、正規動作が実証され実用化段階に入った。

図 2(a)に本器の外観を示す。

2.2 地絡方向継電器及び地絡過電圧継電器

非接地系配電線に用いられる絶縁電線のピンホール絶縁破壊、及びがい子不良により発生する地絡故障は、間欠アーク地絡となることが知られている。この種の故障は、継続時間が不安定のため、従来の 67 G (地絡方向継電器)及び 64 V (地絡

表 2 過電流継電器の検出感度及び動作時間 この仕様により保護範囲は従来の過電流継電器に比較して最大2.7倍まで拡大する。

| 項目             | 検 出 感 度                                             | 動 作 時 間            |
|----------------|-----------------------------------------------------|--------------------|
| DOC            | 1.0-1.5-2.0-2.5-3.0-3.5(A)<br>(タップ整定)               | 20ms以下             |
| -DOC           | DOC要素の80%動作<br>(固定)                                 | 20ms以下             |
| F <sub>2</sub> | 第2高調波電流/基本波電流<br>=10%以上(固定)                         | 35ms以下             |
| OC             | L要素 4-5-6-7-8-10-12(A)<br>(タップ整定)<br>H要素 L×200%(固定) | L要素:1s<br>H要素:0.1s |
| 形式、品名          | SDO形R式過電流継電器(末端短絡検出付)                               |                    |

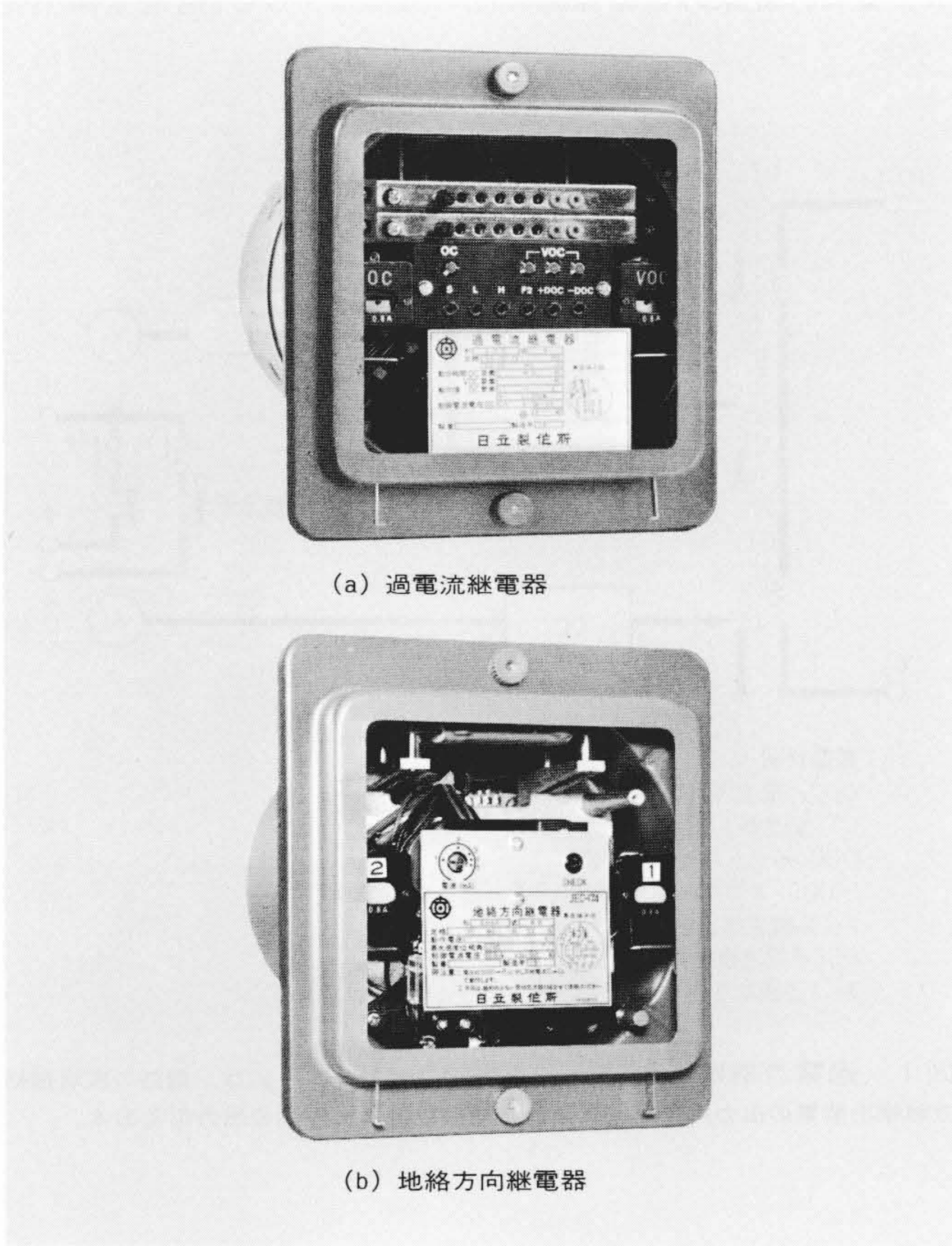


図 2 継電器外観 従来の継電器と同様の丸胴ケースに収納し、盤取付け上の互換性をもたせている。

過電圧継電器)では検出できないケースがある。  
模擬配電線装置により、6.6kV用CVケーブルで間欠地絡故障を発生させ、零相電流、零相電圧<sup>1)</sup>の過渡現象を調査した。この結果、表 3 に示す間欠地絡故障を検出することを目標とした。故障継続時間が短いため、67 G 及び 64 V の検出時間を短くして、検出後の復帰時間を発生間隔に合わせ安定に動作できるようにし、更に、図 3 の地絡継電器ブロック図に示すように F (低周波検出回路)を設け、故障除去時に発生する 10 Hz 程度の低周波零相電圧によって、健全回線の地絡継電器が不要動作を行なわないようにした。

表 3 検出すべき間欠地絡 30Hz以下で動作する低周波検出要素を設け、故障除去時の零相電圧減衰振動による不要動作を阻止する。

| 諸 量     | 内 容        | 67 G                | 64 V                        |
|---------|------------|---------------------|-----------------------------|
| 零 相 電 流 | 継続時間       | 2 サイクル以上            | —                           |
|         | 発生間隔       | 1 サイクル以下            | —                           |
|         | 波 形        | 針状波, 三角波            | —                           |
| 零 相 電 圧 | 継続時間       | 2 サイクル以上            | ○                           |
|         | 発生間隔       | 連続発生<br>300ms以内の再発生 | 出力200ms<br>継続 出力300ms<br>継続 |
|         | 故障除去後の減衰振動 | 30Hz以下              | 不動作のこと 不動作のこと               |

注：○(検出条件)、—(検出不要)を示す。

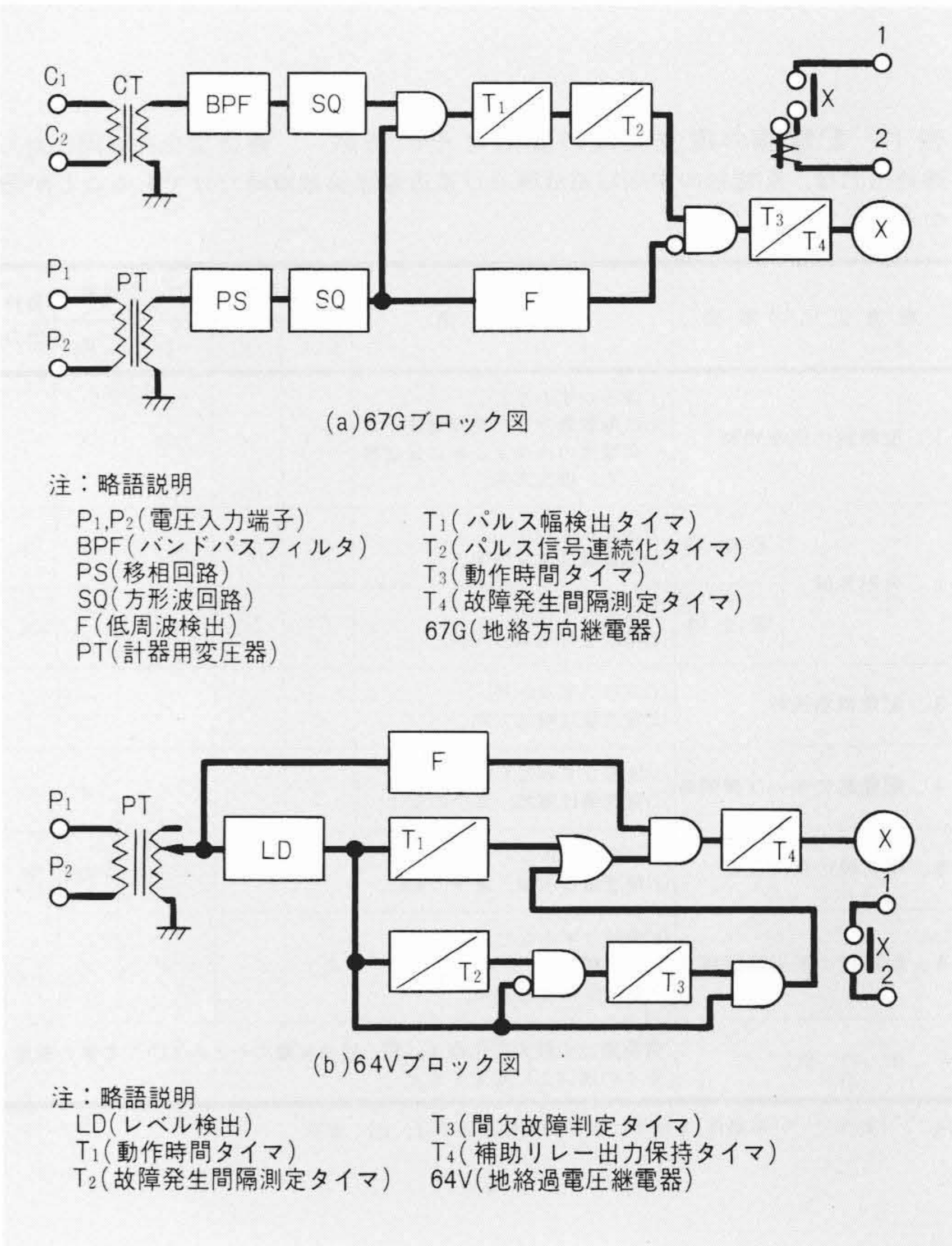


図 3 地絡継電器のブロック図 故障除去時の零相電圧減衰振動に対し、誤動作しないように低周波回路を設けている。(b)でT<sub>2</sub>間に再び入力があれば動作となる。

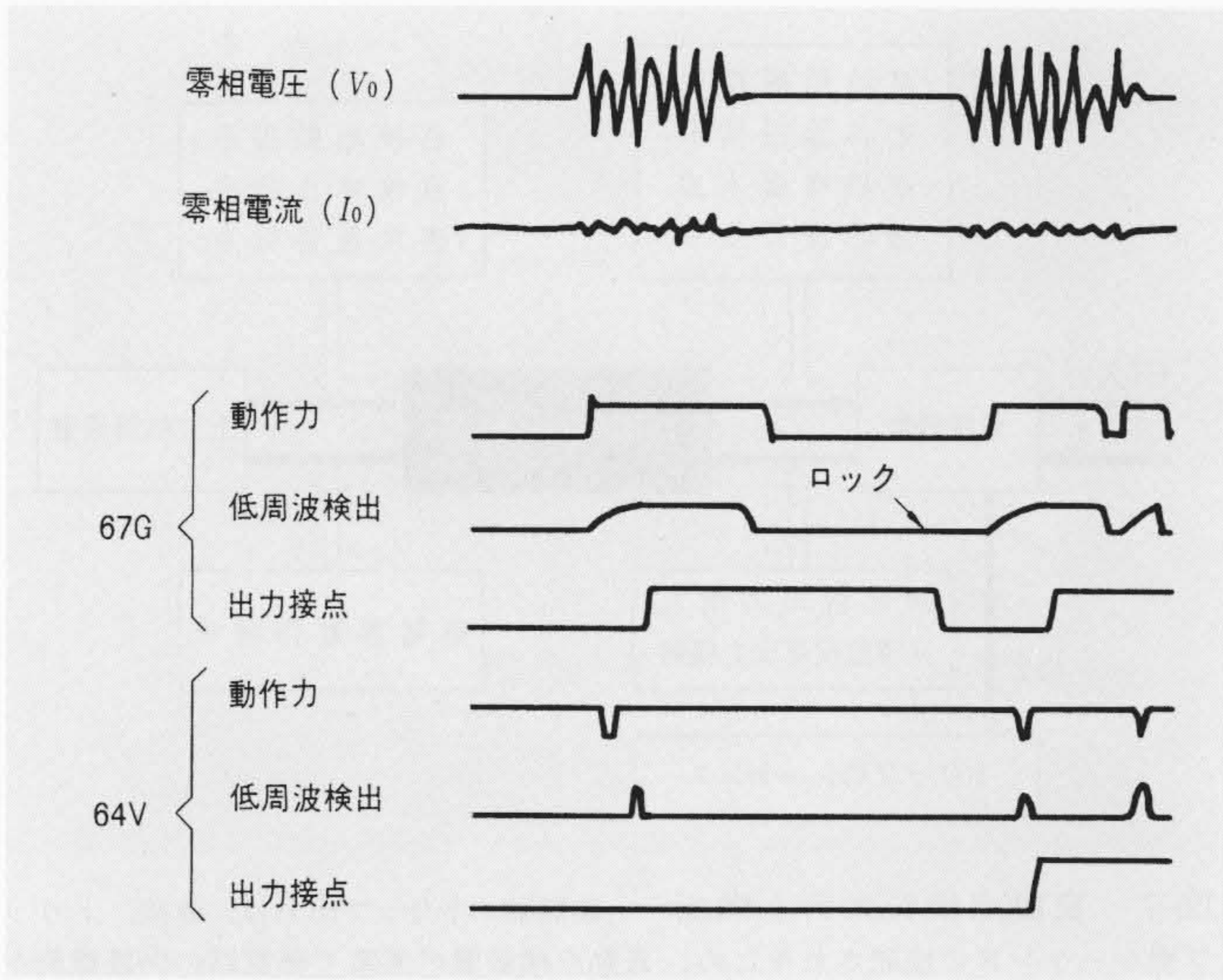


図4 間欠アーク地絡時の地絡継電器の応動状態 対地充電電流2Aの模擬配電線装置によるCVケーブル(故障点ピンホール)絶縁破壊試験の結果を示すもので、継電器が確実に応動していることが分かる。

表4 地絡継電器の仕様 この仕様の継電器で、2サイクル程度の間欠アーク地絡故障を早期除去できる。

| 項 目       |             | 継 電 器 名 称   |                     |
|-----------|-------------|-------------|---------------------|
|           |             | 67G         | 64V                 |
| 検出感度      | 電圧( $V_0$ ) | 20V (固定)    | 20-25-30V (タップ整定)   |
|           | 電流( $I_0$ ) | 1-5mA(連続可変) | —                   |
| 最高感度位相角   |             | 進み60°       | —                   |
| 動作時間      |             | 50-70ms     | 150ms               |
| 間欠地絡検出    |             | 2サイクル以上     | 300ms中の2サイクル故障で第2波目 |
| 低周波ロック周波数 |             | 30-35Hz     | 30-35Hz             |

表4に地絡継電器の仕様を、図4に模擬配電線による間欠地絡時の波形と継電器の応動状態を示す。

図2(b)に本器の外観を示す。

この継電器は、既に約1,000フィーダに設置され正規動作が確認されている。

2.3 小形継電器(K<sub>4</sub>シリーズ)

最近の電力需要の増加による配電システムの規模拡大に伴い、保護継電器の設置台数はますます増加の傾向にある。その一方では、変電所用地難などから設備のコンパクト化が強く要求され、保護継電器もいっそう小形化が必要となってきた。

K<sub>4</sub>形保護継電器(K<sub>4</sub>リレー)は、このようなニーズにこたえて開発した小形保護継電器シリーズである。開発の課題として、入力変成器の開発、小形化及び保守点検の容易さを重点とし、図5に示す対応策をとった。また、図6にK<sub>4</sub>リレー単体を10台収納したときの外観を示す。

K<sub>4</sub>リレーの主な特長は、小形トロイダルトランスとICを採用して、1個の継電器を1枚のプリント板で構成(1ボード化)したこと、及び新しく開発したジャックを取り付けたプラグイン形としたことである。なお、従来の定格電圧及び定格電流もそのまま適用できる<sup>2)</sup>。このため、継電器の組合せ自由度が大きく高密度実装ができる。例えば、図6に示した収納状態では、従来の継電器を用いたものに比較し盤面積を $\frac{1}{3}$ にすることが可能である。電流回路には、変流器回路の自動短

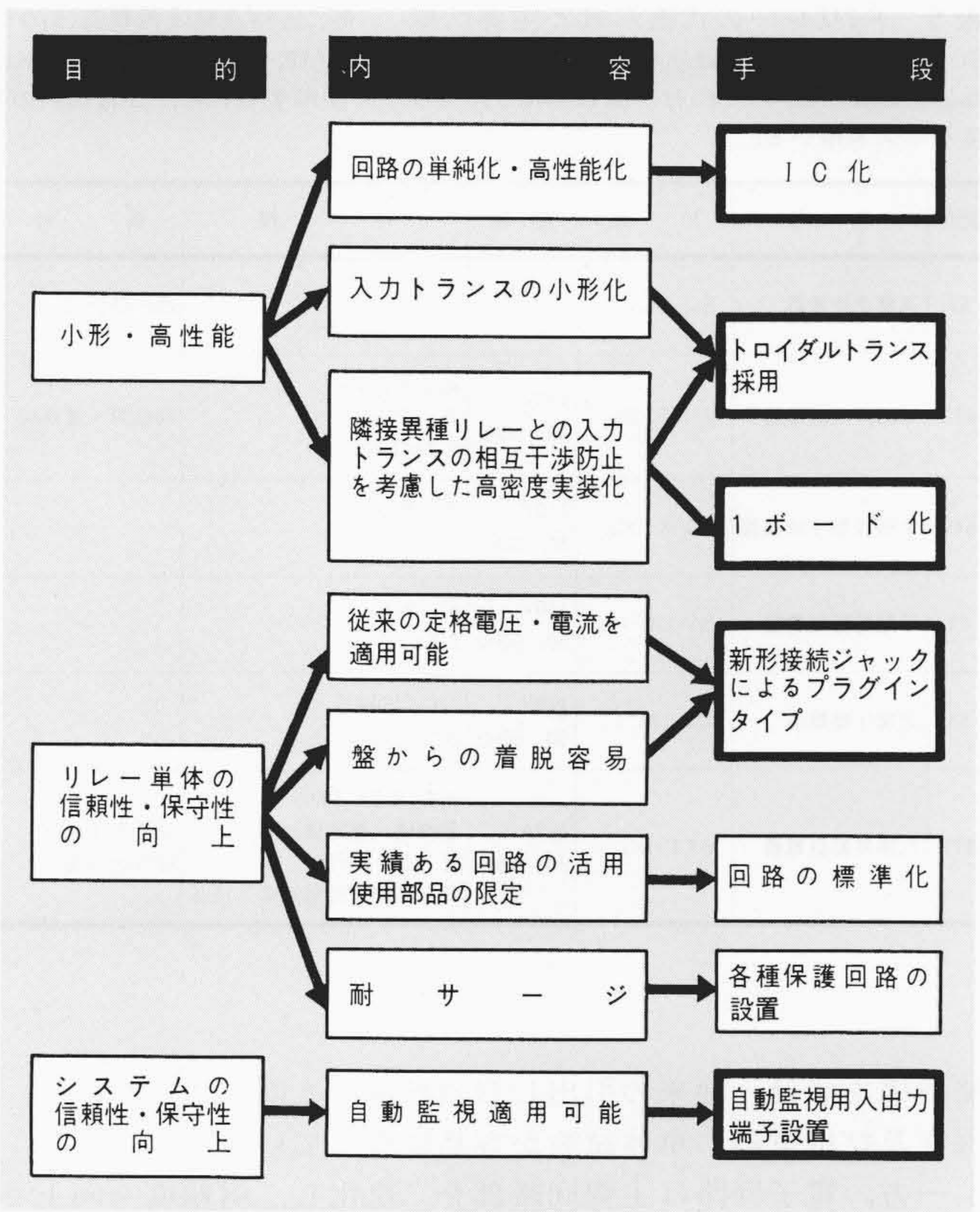


図5 K<sub>4</sub>リレー開発の目的と対応策 K<sub>4</sub>リレーには、自動監視用入出力として、動作監視用、常時監視用、事故対応用の各出力と自動点検用入力を設け、いずれもOPアンプレベルの電圧受渡しとした。

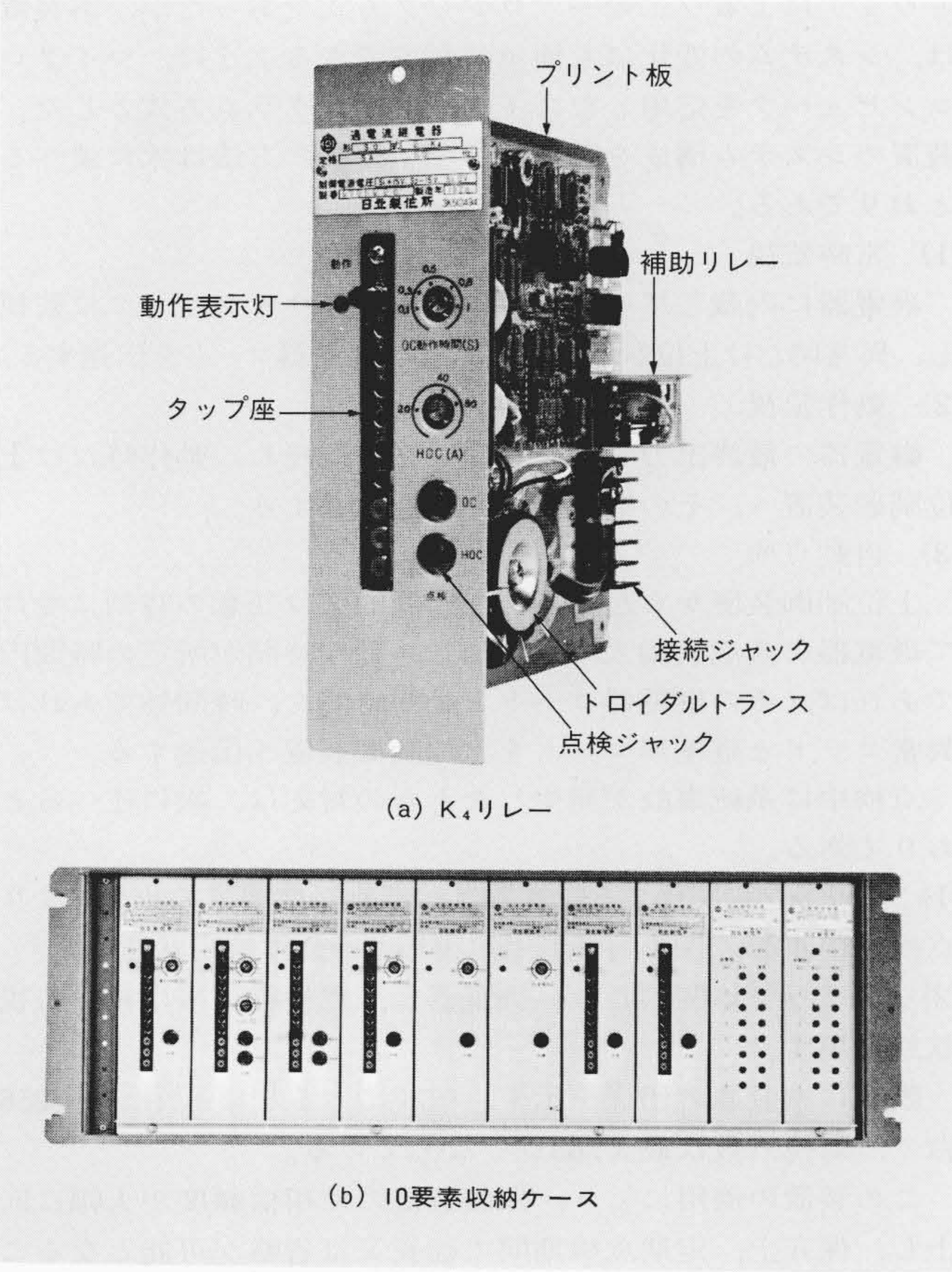


図6 K<sub>4</sub>リレーの構造とケース収容時外観 縦198×横55×奥行235(mm)の小形の1ボードプラグインタイプで、盤取付け面積は従来の約 $\frac{1}{3}$ となっている。

表5 K<sub>4</sub>リレーの代表形式と主要仕様 他に地絡過電流継電器(51G: SO-3K<sub>4</sub>), 電圧継電器(84: SV-2K<sub>4</sub>), 速度継電器(12, 14: SF-1K<sub>4</sub>, 2K<sub>4</sub>)などがある。SYT-1K<sub>4</sub>は, 常に三相分, セットで使用するため, 3台収納の専用ケースを用いる。

| 記号  | 名 称      | 形 式                   | 定 格              | 仕 様                                                                | 備 考             |
|-----|----------|-----------------------|------------------|--------------------------------------------------------------------|-----------------|
| 51  | 過電流継電器   | SO-2K <sub>4</sub>    | 5 A<br>50, 60Hz  | 3 / 12A 0.1 ~ 1 s<br>20 ~ 80A 50ms                                 | 反限時特性           |
| 67G | 地絡方向継電器  | SHGF-2K <sub>4</sub>  | 110V<br>50, 60Hz | V <sub>0</sub> : 5 / 40V<br>I <sub>0</sub> : 2 mA<br>0.2 ~ 0.8s    | 特性角: 進み60°      |
| 64V | 地絡過電圧継電器 | SG-X-1K <sub>4</sub>  | 110V<br>50, 60Hz | 5 / 40V<br>0.2s                                                    | —               |
| 27  | 不足電圧継電器  | SV-UC-1K <sub>4</sub> | 110V<br>50, 60Hz | 65 / 90V<br>0.5s                                                   | —               |
| 59  | 過電圧継電器   | SV-1K <sub>4</sub>    | 110V<br>50, 60Hz | 120 / 150V<br>0.5s                                                 | —               |
| 87T | 比率差動継電器  | SYT-1K <sub>4</sub>   | 8.7A<br>50, 60Hz | 2.9 / 8.7A 50ms<br>動作値 = 整定値 × 30%<br>比 率 = 35%<br>第2高調波抑制比率 = 15% | 三相2巻線<br>変圧器保護用 |

絡機構を設け, 従来の引出し形の継電器と同じ扱いができ, 保守及び継電器の単体試験が容易になっている。

一方, 電子回路は主要回路部を二重化し, 信頼度を向上させている。表5に, K<sub>4</sub>リレーの代表形式と主な仕様を示す。

2.4 自動点検装置

保護継電器の監視装置は, (1) 常時監視により誤動作を発見する, (2) 点検模擬入力を印加し誤不動作状態を発見する, という二つの目的をもっている。従来の監視装置は, 専用ハードウェアによるワイヤードロジック方式であったが, 本装置は, システムの変化にも簡単に対応できるように, マイクロコンピュータを応用したストアードプログラム方式とした。装置のシステム構成を図7に示す。監視の方法は次に述べるとおりである。

(1) 常時監視

継電器に内蔵している常時監視出力をサイクリックに監視し, 異常時だけ上位制御装置へ, その継電器コードを伝送する。

(2) 動作監視

継電器の最終出力をサイクリックに監視し, 動作時だけ上位制御装置へ, その継電器コードを伝送する。

(3) 自動点検

上位制御装置から起動指令を周期的又は任意の時刻に受けて継電器に直流模擬入力を印加し, 動作時間が所定の時間内であれば, その継電器コードと動作時間を, 時間外であれば異常コードと継電器コードを上位制御装置へ伝送する。

点検中に系統事故が発生したときの対応は, 次に述べるとおりである。

- (1) トリップに関係する継電器は, 事故対応要素の出力により点検を中止し, 保護可能状態に復旧させ動作監視状態に戻す。
- (2) トリップに関係しない継電器は, 点検終了後に動作監視状態に戻す。

表6に本装置の仕様を示す。監視できるリレー数は最大256台で, 監視点数は最大768点となっている。

この装置の適用により, 保護装置の使用信頼度が大幅に向上し, 保守上, 定期点検期間の延長又は省略が可能となることが予想される<sup>3)</sup>。

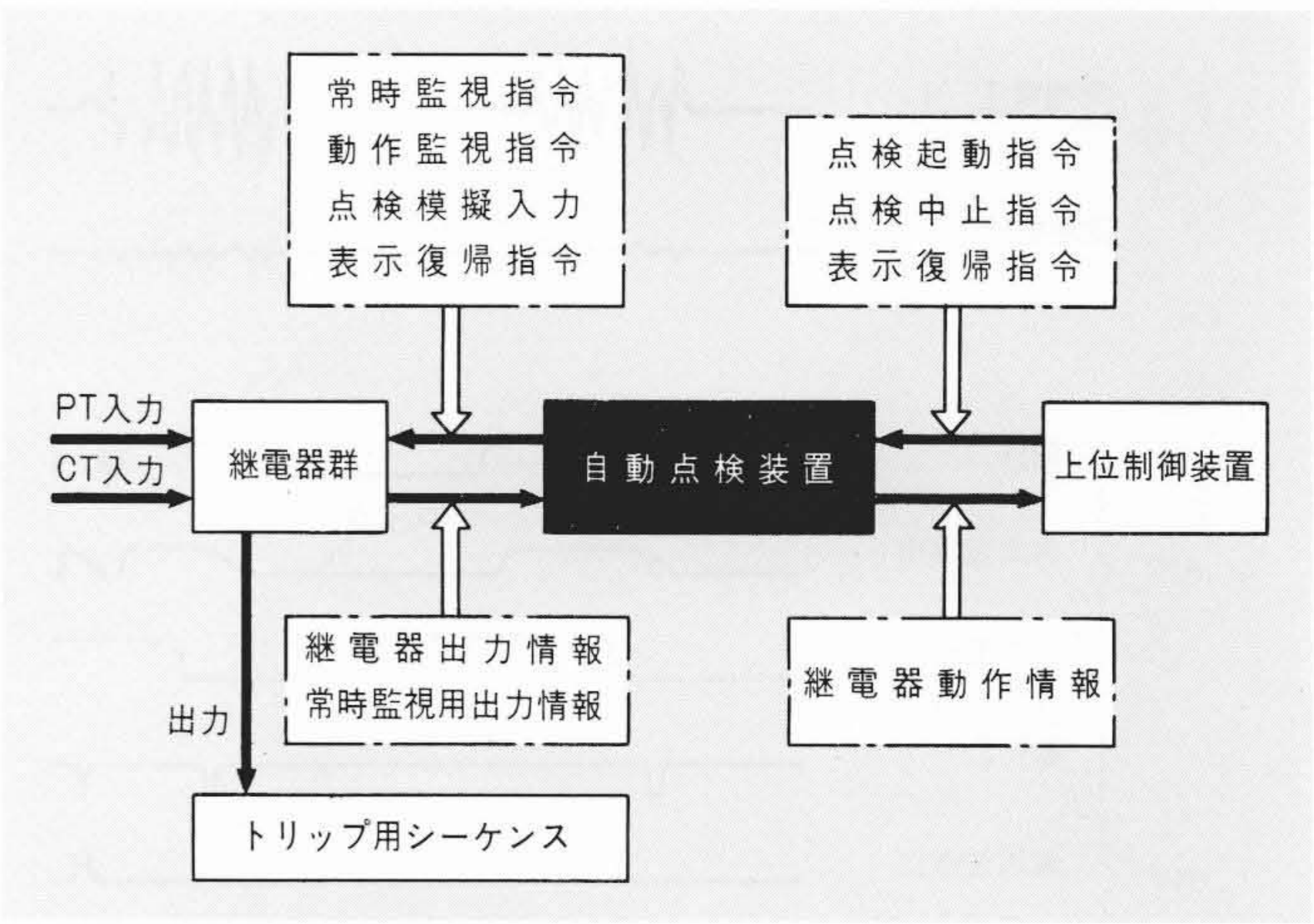


図7 自動点検システム構成 継電器のトリップ出力は, 直接, トリップ用シーケンスに接続されるため, 自動点検装置の異常で継電器の保護機能が失われることはない。

表6 自動点検装置仕様 構造は, 縦230×横450×奥行250(mm)の盤取付け形で, 電子回路は4枚のプリント基板で構成している。各装置間とは, バスラインシステムで接続するため, 配線本数が少なく, システムの信頼性, 保守性が向上する。

| 項 目         | 仕 様                                                                                                                                   |
|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 自動監視機能      | 常時監視 1ケース内継電器(最大8台)の常時監視出力を一括取り込み, 監視。<br>動作監視 1ケース内継電器(最大8台)の動作監視出力を一括取り込み, 監視。<br>自動点検 直流点検方式(動作時間は定量点検)<br>継電器3台の同時点検可能<br>事故対応機能付 |
| 被点検リレー盤の規模  | ケース32台<br>継電器数として最大256台まで可能。<br>継電器8台/ケース<br>継電器の種類は任意に組合せ可能。<br>(監視出力総点数 256×3=768点)                                                 |
| 自動点検所要時間    | 継電器の動作時間, 復帰時間の総和でほぼ決定。                                                                                                               |
| 使用LSI       | “HMCS 6800”シリーズ                                                                                                                       |
| 制御装置とのデータ通信 | PIA(HD46821)による。<br>(8ビット双方向データバス×2,<br>インタラプト入出力4ビット)                                                                                |

注: 略語説明 “HMCS”=Hitachi Microcomputer System  
PIA=Peripheral Interface Adapter

3 結 言

最近の配電線用保護継電器について, ニーズに対応した新製品の概要を紹介した。今回述べた保護継電器の技術は, 他の継電器へも拡大してゆく考えである。

終わりに, 末端短絡検出及び間欠地絡検出の方式の決定に当たり, 人工故障試験, フィールド試験をはじめ多大の御指導, 御協力をいただいた中部電力株式会社並びにK<sub>4</sub>リレーの構造決定及びフィールド試験に多大の御指導, 御協力をいただいた関西電力株式会社の関係各位に対し, 厚く御礼申し上げる。

参考文献

- 1) 磯野, 外: 高圧配電線故障時の電圧, 電流, 日立評論, 51, 395~398(昭44-5)
- 2) JEC-174-1968: 電力用継電器, 電気書院(昭43-9)
- 3) 吉崎, 外: トランジスタ継電器の高信頼度化, 日立評論, 53, 252~257(昭46-3)