

アナログリレー代替用デジタルリレー

Digital Relays for Replacement of Analog Relays

田中 年男 小杉 貢

■ TANAKA Toshio

■ KOSUGI Mitsugu

誘導円板形リレーや誘導円筒形リレーに代表される電磁形アナログリレーは、長年にわたり重要な電力系統及び電力設備の保護リレーシステムの一翼を担っているが、東芝においては、生産設備の老朽化、構成部品の廃止、製造・試験技能者の不足によりその生産維持が困難な状況となり、2002年に廃止となった。トランジスタ形に代表される静止形アナログリレーについても、各種電気部品及び電子部品の廃止に伴い、一部を除いて生産継続が困難となった。

そのため当社は、従来のアナログリレー代替用として、性能や信頼性を向上させた新しいデジタルリレーを開発し、2000年以降ラインアップしている。

Electromagnetic type analog relays of both the induction cup type and induction disk type have been used to protect critical power systems and power equipment for approximately 60 years. However, these devices went out of production in 2002 because of aging production facilities, discontinued components and parts, and a shortage of manufacturing and testing technicians. At the same time, static type analog relays, or transistorized relays, are also facing a difficult situation with the exception of some special types, because of the discontinuation of electric and electronic parts.

Toshiba has developed a series of new digital relays to replace conventional analog relays, offering improved performance and reliability. The lineup of these products was completed in 2000.

1 まえがき

1907年のプランジャ形リレーの実用化により、日本国内における保護リレーの歴史がスタートした。誘導円板形リレーは1920年、誘導円筒形リレーは1939年から国産化がスタートし、1959年にトランジスタを使用した静止形アナログリレーが開発された。1971年ころから静止形アナログリレーが急速に普及し、それにより、同一用途に対して多種の特性のリレーが製作されるようになった⁽¹⁾。

しかしながら、現在ではそのすべての生産を維持することは困難であり、仕様や性能に互換性を持った、アナログリレー代替用デジタルリレーの製品ラインアップにより、既存アナログリレーの廃止を進めている。

アナログリレー代替用デジタルリレーの開発と製品ラインアップにあたっては、既設アナログリレーの欠点を補い利点を生かすこと、デジタル化により性能と信頼性のいっそうの向上を図ることを基本コンセプトとした。

なお、ラインアップしているアナログリレー代替用デジタルリレーには、既設品と構造互換性を持ち、高信頼性化を図ったVシリーズと、小形・軽量化を図り、汎用性に重点を置いたNシリーズがある。

(注1) 1回路に故障があっても誤動作しない構成(2回路AND条件で有効)。

2 Vシリーズリレー

Vシリーズリレーは、各電力会社で数多く使用されている、動作が高速で信頼性が極めて高い誘導円筒形リレーを中心としたアナログリレーの代替機種であり、表1の特長を持つ。

表1の特長の中で、高信頼性の実現を目的に採用した内部の2回路によるフェールセーフ構成^(注1)と、常時監視機能について述べる。

表1. Vシリーズリレーの特長

Features of V series digital relay

特長	手段
高信頼性の実現	①単独で遮断指令を送出する機種は、内部の2回路によるフェールセーフ構成を採用 ②常時監視機能を付加
高精度の実現	16ビットCPUを採用
耐震性、耐衝撃性の向上	出力補助リレー以外に可動部がない。
操作性の向上	①数値表示LEDとの連動表示による誤整定の防止 ②整定完了押しボタンスイッチにより整定値を更新
互換性	誘導円筒形リレー(当社C形リレー)と同一リレー箱を採用
トリップ出力表示	動作表示“黄”からトリップ電流検出により“赤”を表示
シーケンス試験を考慮	強制動作(復帰)スイッチと制御ジャックピンにより強制動作(復帰)が可能

LED：発光ダイオード

Vシリーズリレーの外観を図1に、回路構成を図2に示す。

図2のように、電子回路をA, Bに示す独立した2回路構成とした。静止形リレーの障害のほとんどは電子回路に発生するものであり、高信頼性の実現のため、A, B両回路が共に動作判定した場合にリレーが動作する構成とし、電子回路不良による誤動作を防止している。

また、内部のA, B両回路間は、シリアルインタフェースを介して常時相互監視を行い、何らかの異常が発生した場合には、リレー演算処理の停止、出力ロック、及び故障警報の出力を行う(表2)。

また、整定回路はA, B両回路に共通であるが、時分割でそれぞれの回路がスイッチデータを取り込んでいる。A, B両回路の動作判定は、それぞれ“整定完了”して記憶されて



図1. Vシリーズリレー — 既設のアナログリレーと同じ引出し形ケースを採用している。

V series digital relay

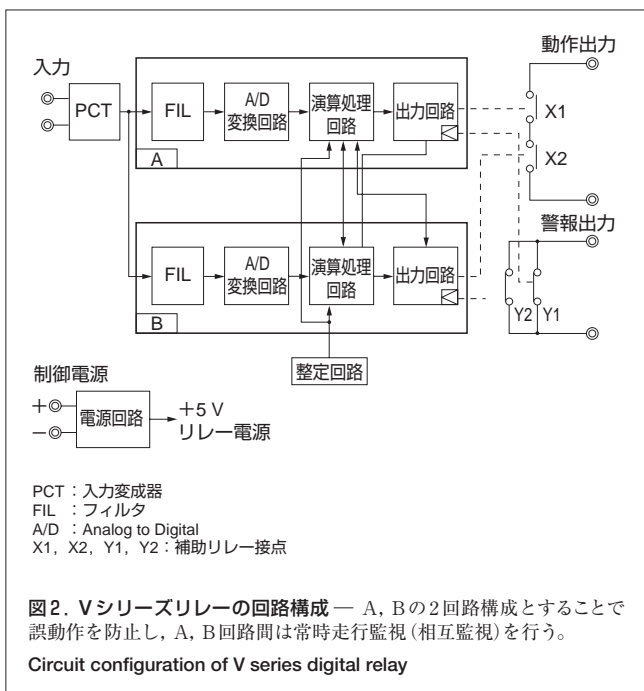


図2. Vシリーズリレーの回路構成 — A, Bの2回路構成とすることで誤動作を防止し、A, B回路間は常時走行監視(相互監視)を行う。

Circuit configuration of V series digital relay

表2. Vシリーズリレーの監視項目

Constant monitoring items of V series digital relay

監視項目	概要
メモリ監視	サム値 ^{(*)1} チェックなど
CPU暴走監視	ウォッチドックタイマ ^{(*)2}
A/D変換精度監視	基準信号のデータ値精度監視
出力監視	出力折返しチェック
出力点検	出力ドライバ回路の自動点検
電源電圧監視	電源電圧レベル監視
走行監視	A側, B側間での相互監視
状態不一致監視	同上

*1 : メモリ内のプログラムデータの加算値
*2 : 監視用ハードタイマ

いる整定値によっており、常時行われるスイッチの読み込みは、この内部記憶値との一致の確認を目的にしている。

3 Nシリーズリレー

Nシリーズリレーは、誘導円板形リレーの代替機種であり、外観を図3に示す。電力分野から一般産業分野まで、幅広いニーズに対応できるようにした汎用保護リレーであり、表3の特長を持つ。

ここでは、一部の機種で実現した制御電源不要タイプについて述べる。

保護リレーの安定動作のためには、安定な制御電源の供給が望ましいが、適用先によってはその確保が困難な場合がある。また、誘導形リレーはその付勢エネルギーをVT (Voltage Transformer) とCT (Current Transformer) から得ており、この置換え用途では制御電源不要タイプのニーズがあるため、一部の機種について製品化を行った。

VTから制御電源を供給するUV (Under Voltage) リレー



図3. Nシリーズリレー — 軽量、コンパクトなモードケースを新たに採用している。既設リレーとの交換時には、専用のアタッチメントパネルを準備している。

N series digital relay

表3. Nシリーズリレーの特長
Features of N series digital relay

特長	手段
高信頼性の実現	常時監視機能を付加
高精度の実現	16ビットCPUを採用
耐震性、耐衝撃性の向上	出力補助リレー以外に可動部がない
操作性の向上	①数値表示LEDとの連動表示による誤整定の防止 ②整定完了押しボタンスイッチにより整定値を更新
互換性	従来の誘導形リレーの特性を考慮、ただし、リレー箱の互換性はなし(小形・軽量化を実現)
シーケンス試験を考慮	強制動作スイッチと完了スイッチにより、強制動作が可能
制御電源不要タイプの実現(一部機種)	CT 2次電流又はVT 2次電圧からリレー内部電源を確保する、電源不要タイプを一部の機種で実現

LED：発光ダイオード

についてはVT電圧喪失時の動作出力を確保したり、CTから制御電源を供給するOC(Over Current)リレーについては、事故電流で内部電源を確立し、マイコンをインシャライズ後、続いて動作判定を実施し、かつ高速動作を実現するなど、技術課題を克服している。

4 高性能・高信頼化技術

小形・軽量化を実現するために、リレーに内蔵しているVTとCTを従来のアナログリレーと比べ約1/5の大きさとした。この小形化に伴い、低入力領域でのリレー特性低下が懸念されるため、独自のリニアリティ補正処理及び位相補正処理を設けることで性能を確保している。

また、動作値や動作時間特性などの整定及び強制動作制御については、単独スイッチ操作では有効とせず、整定スイッチと整定完了スイッチの二挙動、及び強制制御スイッチと整定完了スイッチの二挙動により有効とすることで、誤った整定や動作、及び単一部品不良による誤整定や誤動作の防止を図っている。

なお、各種常時監視によりリレー異常を認識した場合に、電源断操作と電源再印加でCPUを正常復帰させることにより、発生したリレー内部異常の原因を専用ツールで確認できるようにしている。

また、VTとCTは過去の実績から部品故障率が極めて低いため、常時監視の対象としていないが、Vシリーズの一部の機種については、ケースカバー外部から操作できる動作表示復帰レバーの操作により、各入力量を数値表示LED(発光ダイオード)に一定時間表示することで、入力量が正しく取り込まれていることを確認できるようにし、各入力変成器の巻線断線など異常の有無を巡視により目視確認できるようにしている。

5 耐環境性能

適用環境条件や各種仕様、性能は、JEC-2500-1987(電気学会電気規格調査会標準規格-2500-1987)に準拠して開発しているが、それに規定がない耐ノイズ性能(方形波インパルス性ノイズ、電波ノイズ、静電放電ノイズ)については電力用規格B402に準じて評価検証を行い、性能保証している。更に、一般需要家の近傍へ設置されることを配慮し、国内保護リレー規格には現在規定されていない放射電界強度や雑音端子電圧(ノイズエミッション)についても評価検証を行い、IEC CISPR Pub.22(国際電気標準会議国際無線障害特別委員会規格Pub.22)に規定されているCLASS Aの性能を保証している。

また、Vシリーズリレーについては、火力発電所などの所内電源系への適用に配慮し、表4に示すIEC61000の各種ノイズイミュニティ評価試験、及び実遮断器との組合せによる開閉ノイズの影響評価試験を実施し、誤動作や誤表示などの好ましくない事象がないことを確認している。

表4. Vシリーズリレーのノイズイミュニティ試験項目
Immunity test items for noise protection

規格No.	試験名称
IEC61000-4-2	静電気放電イミュニティ
IEC61000-4-3	放射無線周波数磁界イミュニティ
IEC61000-4-4	電氣的ファーストトランジェント/バーストイミュニティ
IEC61000-4-5	サージイミュニティ
IEC61000-4-6	伝導性無線周波数磁界イミュニティ
IEC61000-4-8	電力周波数磁界イミュニティ
IEC61000-4-12	1 MHzバーストイミュニティ
IEC61000-4-16	電力周波数イミュニティ
IEC61000-4-17	直流電源リップルに対するイミュニティ

6 ラインアップ機種

Vシリーズ及びNシリーズリレーは、単要素リレーであり、表5に示す機種をラインアップしている。

なお、既設のアナログ静止形リレーには、一般産業用に製作していたB形リレーがあるが、これは専用ラック収納形のリレーであり、多くのユーザーからラック内部のリレー要素だけ交換できないかという要望が聞かれる。これへの対応として、性能互換性はもとより構造互換性も持つことで、既設のリレーユニットだけを交換できるようにしたNBシリーズ(ラック収納形Nシリーズ)も、新たにラインアップに追加している。

表5. Vシリーズ, Nシリーズリレーのラインアップ機種一覧

Protection capabilities of V and N series

機種	Vシリーズ	Nシリーズ
過電流	○	○
過電流 (HDO要素付)	○	○
過電流 (電圧抑制付)	○	—
過電圧	○	○
不足電圧	○	○
地絡過電流	○	○
地絡過電流 (2f ロック ^(*) 機能付)	○	○
地絡過電圧	○	○
地絡方向 (高抵抗接地系)	○	—
地絡方向 (非接地系)	○	○
地絡方向 (5~10 A 接地系)	○	○
過電力	○	○
不足電力/逆電力	—	○
周波数 (過周波/不足周波)	○	○
比率差動 (変圧器保護用)	—	○
比率差動 (発電機保護用)	○	—

HDO : High Drop Out

* : 2f (2倍の高調波) 成分によりリレー動作をロックすること

7 人工地絡検証試験

非接地系及び5~10 A 接地系の地絡向けリレーについて、6.6 kV 配電システムを模擬した人工地絡試験を実施し、良好な結果を得ている。JISC 4609-1990 解説「ケーブル地絡に対する性能」に準じた間欠地絡(ケーブル地絡)試験のようすを図4に、その試験時の事故波形とリレー応動の測定波形の例を図5に示す。

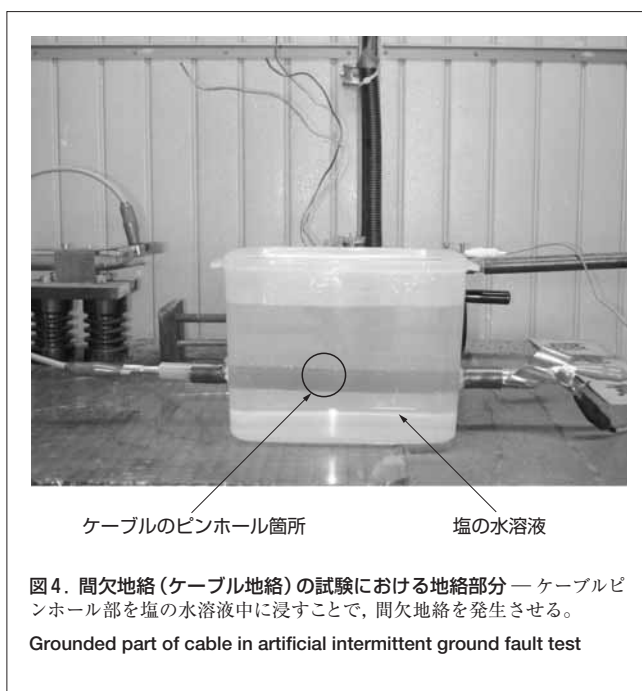


図4. 間欠地絡(ケーブル地絡)の試験における地絡部分 — ケーブルピンホール部を塩の水溶液中に浸すことで、間欠地絡を発生させる。

Grounded part of cable in artificial intermittent ground fault test

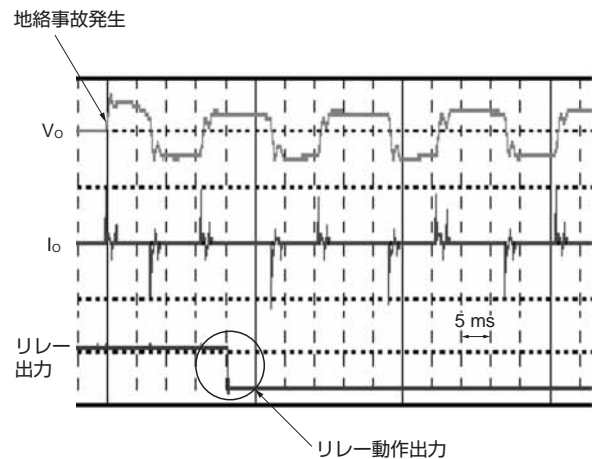


図5. 間欠地絡(ケーブル地絡)事故波形とリレー応動(例) — 間欠地絡時は、電圧波形(V_o)は台形波、電流波形(I_o)は針状波となり、これが間欠的に発生するが、正常にリレーは動作している。

Waveform of electric current produced in intermittent ground fault and relay response

8 あとがき

歴史あるアナログリレー(誘導形、静止形リレー)で培ってきた技術やノウハウを踏襲し、デジタル化によりいっそうの高性能と高信頼性を実現したVシリーズ, Nシリーズリレーについて、製品ラインアップを含めて述べた。

これらの製品は、アナログリレーの代替だけでなく、新設設備用としても、現在までに多くの需要家で既に採用いただいている。

文献

- (1) 安藤文郎. 現場の継電器技術. 東京, オーム社, 1976, 137p.



田中 年男 TANAKA Toshio

電力システム社 府中事業所 電力システム制御部主務。
リレー応用製品の設計・開発に従事。電気学会会員。
Fuchu Complex



小杉 貢 KOSUGI Mitsugu

電力システム社 府中事業所 電力システム制御部。
リレー応用製品の設計・開発に従事。
Fuchu Complex