関西電力向け転送遮断装置の開発

DEVELOPMENT OF THE TRANSFER TRIP RELAY FOR KANSAI ELECTRIC POWER COMPANY

宮澤一貴 *・佐藤直人 *・豊島重樹 **・山内孝尚 **
Kazutaka MIYAZAWA, Naoto SATOU, Shigeki TOYOSHIMA and Takahisa YAMAUCHI

The stable supply of electricity is essential for the development of industry. When a fault occurs in power supply equipment, means are needed to prevent further faults from developing and to facilitate restoration of the power supply. We developed the Transfer Trip Relay device for use in the electric power supply system of Kansai Electric Power Company. This device is composed of a transmitter and receiver. The fault signal inputted to the transmitter is sent to the receiver installed in distant transformer substations. The receiver activates a breaker at the substation thereby preventing the propagation of additional faults or accidents.

Keywords : *electric power system, accident, protection relay, transfer trip relay*

1. はじめに

現代社会における電力の安定供給は、我々の生活を豊かにするだけでなく、産業界発展の支えとして欠くことのできない重要な要素となっている。このような電力に依存する社会において電力設備に事故が発生した場合には、事故の拡大防止と電力供給の早期復旧が急務となる。

開発した装置は、系統保護装置として関西電力（株）管内の配電系統に適用するものである。開発にあたっては、関西電力（株）の開発方針、当社と協同で実施した設計のプロセス、および装置の必須性能である動作時間の検証結果について報告する。

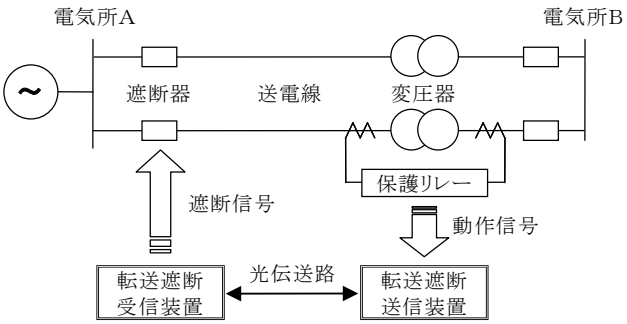
2. 装置の目的

本装置は、(1) 変圧器の巻線間短絡や地絡等の事故時に受電が継続することによる事故の拡大を防止するため、電源端遮断器を開放する転送遮断、(2) 電力ケーブルの導体間短絡や地絡あるいは断線等の事故時に再閉路動作を回避する再閉路ロックの 2 つの目的を有している。

(1) 転送遮断装置

電力設備に発生する事故は保護リレーにより検出され、事故の拡大を最低限に抑えるため、速やかに遮断器を開放し、事故点の切り離しが行われる。一方、ある変電所の事故が遠方の変電所へ波及する場合には、事故検出後、速やかに遠方の変電所の遮断器を開放する必要がある。

今回の転送遮断装置は、変圧器一次側に遮断器の無いユニット受電型配電用変電所に適用される [1),2)]。例えば、変圧器事故が発生した場合、送信装置は保護リレーからの事故情報を取り込み、遠方の変電所に設置される受信装置へ信号を伝送し、受信側の当該遮断器に開放指令を出力する。このように、事故の拡大を防止することを目的として転送遮断装置は設置される（**図－ 1**）。



図－ 1 転送遮断装置の適用例

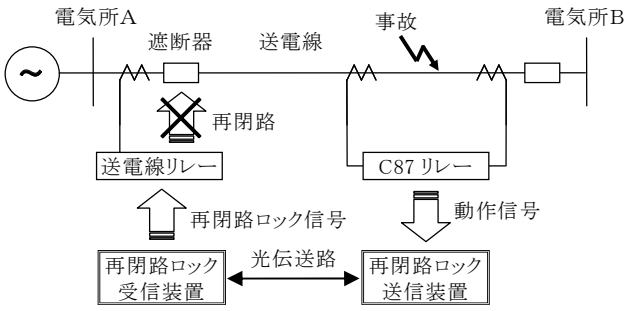
(2) 再閉路ロック装置

架空送電線における事故の多くは雷害である。このような事故は、保護リレーにより遮断器を開放し、送電は遮断されるが、短時間後に自動的に再閉路が行われ、多くは復旧される。しかしながら、ケーブル事故のように事故が継続する場合は、再閉路機能をロックする必要がある。

再閉路ロック装置も転送遮断装置と同様、送信装置と受信装置より構成する。ケーブル事故が発生した場合、送信

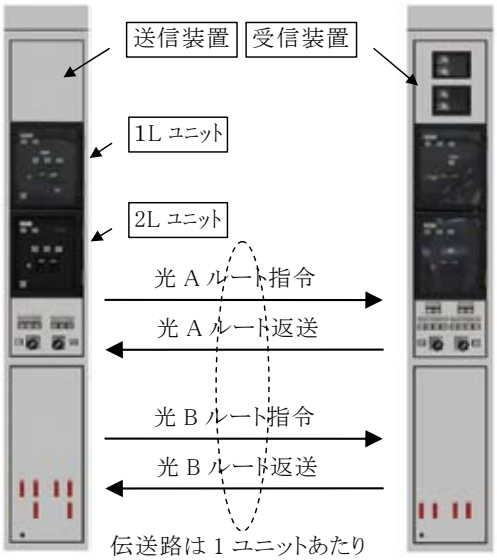
* 電力事業本部 福島事業所 システム事業部 制御装置部
** 電力事業本部 生産事業部 システム営業技術部

装置は保護リレーよりケーブル事故情報を取り込み、対向する変電所に設置される受信装置へ伝送する。受信装置は、送電線リレー盤へ再閉路ロック信号を出力する。このように、継続事故時に再閉路を防止することを目的として再閉路ロック装置は設置される（**図－2**）。



図－2 再閉路ロック装置の適用例

開発した転送遮断装置を**写真－1** に示す。



写真－1 新型転送遮断装置

3. 開発の背景

転送遮断装置は、送信装置から受信装置へ転送遮断信号を伝送するための装置であり、装置間の情報伝達に通信回線が用いられる。関西電力（株）で従来採用されてきた通信回線は、メタルケーブルである。ところが、近年、中和トランスやワイヤー監視リレーなどのメタルケーブルに必要な部品の入手・製造が困難となり、保守ならびに信頼性に問題が生じてきた。また、装置の信頼度向上を目的とした自動点検機能や常時監視機能の実現には CPU 等による論理演算処理が必要であるが、既設装置は中和トランスを用いた純ハードウェアで構成するアナログ型のため自動監視機能はなく、現場での保守･点検業務が不可欠であった。このような状況から、関西電力（株）では、通信回線にメタルケーブルを使用せず、かつ、従来型より保守性の高い装置の開発が急務となり、当社が提案した、光伝送によるデジタル型の転送遮断装置の開発に着手することとなった [1),2)]。

4. 開発の方針

デジタル型転送遮断装置の開発は、保護継電装置仕様を満たす必要があり、関西電力（株）において次のコンセプトを掲げ、開発に着手した。

(1) 信頼度の向上

転送遮断の入力回路の不具合や光伝送路に不良が発生した場合でも、誤った遮断出力によるミストリップや線路停止に至らないフェイルセーフ機能を盛込む。

(2) 保守の効率化

従来はアナログ型のため、装置の保守・点検業務を現場で実施する必要があったが、デジタル化により、常時監視機能や自動点検機能を具備し、保守･点検の効率化を図る。

(3) 動作時間の短縮

1) 転送遮断時間 50ms 以内

系統事故に伴い短絡電流が生じた場合には、変圧器巻線に作用する過大な電磁機械力から瞬時に保護する必要がある。このため、変圧器事故時における転送遮断装置の動作時間は、送信装置への動作信号入力から受信装置による遮断出力までを 50ms 以内とする。

2) 再閉路ロック転送時間 100ms 以内

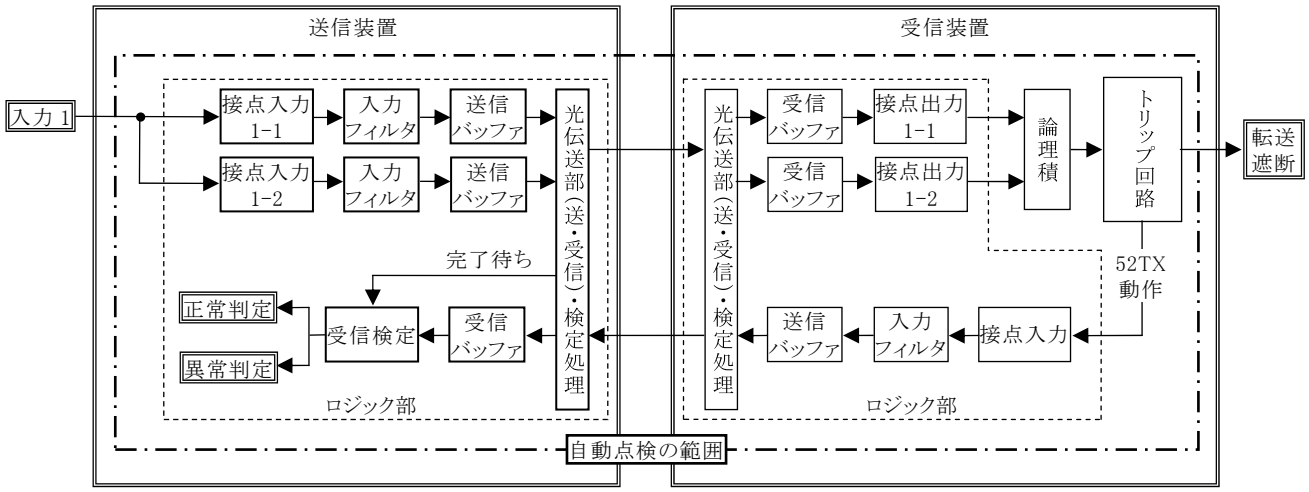
事故遮断から再閉路までの時間は電圧階級により異なるが、本装置が適用される配電系統では、高速再閉路は適用されない。再閉路ロック装置の動作時間は、転送遮断装置で規定した 50ms 対応のハードウェアを流用した上で、本装置内部の出力回路応答時間を考慮し 100ms 以内とする。

3) 自動点検中の転送遮断時間（150ms 以内）

自動点検起動時は、遮断出力回路をロックした上で、転送遮断回路を実動作させる。このときに系統事故が発生した場合には、自動点検を中止し、出力ロックを解除した上で転送遮断を行う必要があることから、平常時の転送遮断時間に中止処理時間が加算される。本状態における転送遮断時間は、保護継電装置仕様を適用し、150ms 以内とする。

4) 最小入力パルス幅（3ms）

送信装置における動作信号の取り込みは、保護リレー要素の瞬時動作 / 復帰に対応するため、最小入力パルス幅 3ms を取り込めるものとする。



図－ 3 転送遮断入出力ブロック図

5. 装置の開発

前記の開発方針に基づき、転送遮断装置は次のような機能を有する。

転送遮断入出力ブロック図を**図－ 3** に示す。

(1) 信頼度の向上策

1) 動作完了信号の折り返し処理

既設装置は送信装置から受信装置へ向けた動作指令系の信号だけで構成されていたが、本装置は受信装置から送信装置へ折り返す信号を新たに設けた。その結果、送信装置は受信装置へ転送遮断信号を送信後、受信装置からの転送完了待ち監視に移行する。送信装置は、転送完了の受信により正常と判定､未受信の場合には異常と判定し､装置ロックに移行する。

送信装置における折り返し監視は、転送遮断機能に加えて自動点検機能にも適用した。

2) 入力回路の二重化

送信装置の入力回路から受信装置のトリップ回路への出力までを二重化とした（**図－ 3 接点入力 1-1 と 1-2**)。

送信装置は、保護リレーからの無電圧による単独接点で動作信号を受信する。これを送信装置内部で独立した二つの入力回路に分岐入力し、光伝送路上にそれぞれの情報を送出する。受信装置は、二重化された情報の論理積処理によりトリップ回路へ受け渡す。その結果、受信装置において論理積の転送遮断条件が成立しない場合にはトリップ回路が動作することはなく、また送信装置において、先の動作完了信号の折り返し処理により異常を検出し、外部に異常通知するとともに装置ロックを実施する [1),2)]。

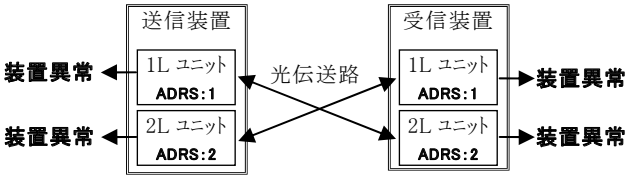
3) 光伝送路の自動切替え

光伝送路は､指令回線／返送回線とも 2 ルート構成とし、運用中の回線における異常（回線状態、データ検定、光伝送部）検出時は、即座に予備回線へ切替える。従来は、手動で通信ルートを切替えるまでの間、送電線の停止が必要であったが、本機能により、運用回線に異常が発生しても転送遮断装置を使用できるため、送電線の停止が不要となった [1),2)]。

4) 対向アドレスの設定

対向する装置間でアドレス検定を行い、不良検出時には装置をロックして誤遮断を防止する機能を持たせた。

送信装置と受信装置間の伝送路は、送電線一回線あたり 1:1 の構成であり、本装置は、二回線分の転送遮断回路を実装する。同一変電所内に複数の転送遮断装置を設置する場合には、対向先も複数存在する。そこで、送受信装置の 1:1 対向を確認するため、伝送フォーマットのうち 4 ビットを対向アドレスの設定に割り当てる仕様とした。同一対向先の送信･受信装置は互いに同じアドレスとし､全ユニットに異なるアドレスを設定する。その結果、万一異なるアドレス同士が対向した場合には、双方で瞬時にアドレス不一致を検出し、外部に異常通知するとともに装置をロックする [1),2)]（**図－ 4**)。



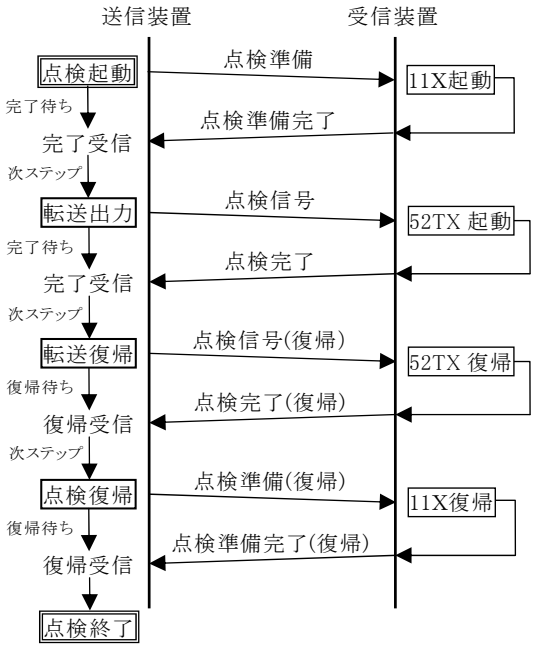
図－ 4 対向アドレスの監視

(2) 保守の効率化対策

本装置の監視機能は、常時監視と自動点検で構成した。常時監視機能は､装置全体と伝送路の異常を常時監視する。自動点検機能は、常時監視では発見できない、送信装置の接点入力から受信装置の遮断出力までの全回路を点検範囲とした。

自動点検の起動は、設定周期による自動起動や手動起動により開始する。その結果、現場で実施する点検周期を大幅に延長することが可能となった。受信装置の出力回路を点検範囲としたことから、送信装置より受信装置へ点検準備信号を送信し、出力回路ロック（11X 起動）の返送を確認してから点検を起動することとした。

図－5 に自動点検シーケンスを示す。



注）11X ：点検時、転送遮断出力ロック用リレー
52TX：トリップ出力用リレー

図－5 自動点検シーケンス

(3) 動作時間の短縮

関西電力（株）が要求する 50ms 以内の転送遮断時間を実現するため、当社従来装置における各部の処理時間を精査し改良を行った。最小入力パルスの検出や入力検定・出力検定は、従来のソフトウェア処理からハードウェア（FPGA：Field Programmable Gate Array）による電気的な受け渡しで実現することにより、ソフトウェアに必要な論理演算処理時間を削減した。また、伝送速度は、従来の 9,600bps から 128kbps へ高速化し、伝送遅延時間を削減した。その他処理時間を考慮した設計上の動作時間は約 35ms となり、要求を満足する結果が得られた。

表－1 に当社従来装置と本装置との動作時間比較を示す（部品の動作時間は、カタログ値より積算）。

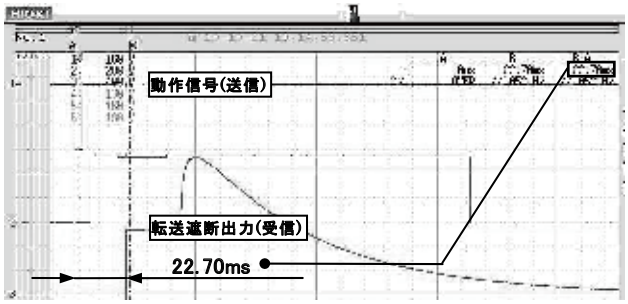
6. 動作時間の検証結果

実機による動作時間を検証した結果、いずれの機能とも、開発方針に掲げた動作時間を満たす結果であることを確認した（当社内において測定）。

① 転送遮断装置　動作時間の測定（**図－6**）
② 再閉路ロック装置　動作時間の測定（**図－7**）
③ 自動点検中の転送遮断動作時間の測定（**図－8**）
④ 送信装置　最小入力パルス幅 3ms の測定（**図－9**）

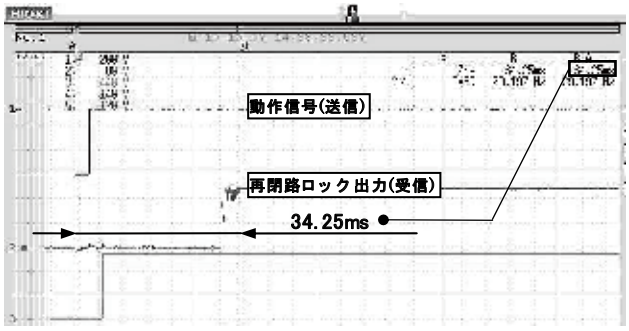
表－1 当社従来装置と本装置の動作時間比較表

項　　目	従来装置	本 装 置	備　　考
最小入力パルス幅の検出時間	10ms	3ms	入力サンプリングのハードウェア化
入力検定・出力検定時間	20ms	0ms	検定処理のハードウェア化
伝送速度	14ms	1ms	9,600bps → 128kbps
送信装置内部処理時間	3ms	3ms	
受信装置内部処理時間	3ms	3ms	
受信装置信号受信リレーの動作時間	20ms	20ms	
受信装置遮断器開放リレーの動作時間	－	5ms	従来装置は、無電圧出力のため実装無
合計動作時間	70ms	35ms	



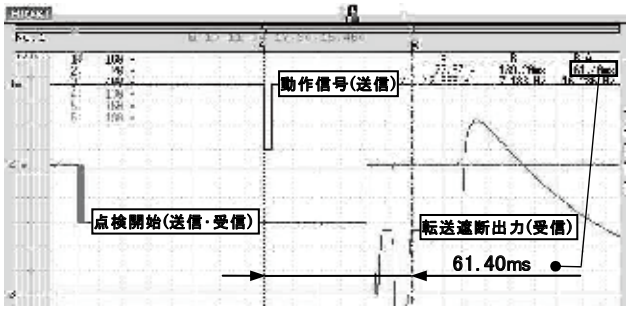
【転送遮断装置】
測定結果:22.70ms(目標:50ms以内)

図－6 動作時間の測定



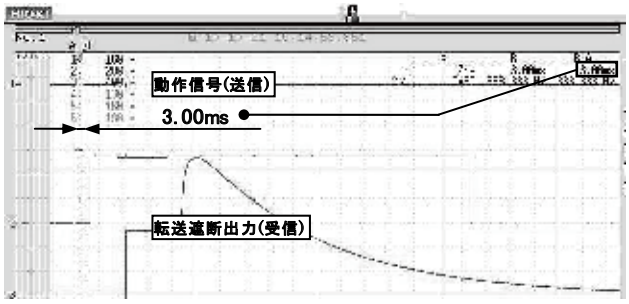
【再閉路ロック装置】
測定結果:34.25ms(目標:100ms以内)

図－7 動作時間の測定



【転送遮断装置】
測定結果:61.40ms(目標:150ms以内)

図－8 自動点検中の転送遮断動作時間の測定



【転送遮断装置】
測定結果:3.00ms 入力にて動作(目標:3ms)

図－9 送信装置 最小入力パルス幅 3ms の測定

7. おわりに

本装置は、当社として初めて関西電力（株）制御部門で採用された製品である。平成 22 年度上期の御立会試験において型式承認を頂き、平成 23 年 6 月までに 14 対向の転送遮断装置と再閉路ロック装置を納入し、順次運開へと至っている。

今後は、電力系統と分散型電源との連系が増えると考えられるため、関西電力（株）と需要家が連系された系統へ、単独運転防止用としての適用を目指す。これは、需要家と連系する系統で事故等により系統遮断器を開放した場合、発電設備側が系統から解列されずに供給を続けることが予想され、公衆の感電、機器の損傷、復旧活動の遅れによる供給信頼度の低下など、様々な悪影響を排除する手段として転送遮断装置を利用するものである。

謝辞：本装置の開発にあたり、ご指導・ご助言頂きました関西電力（株）電力システム技術センターに対し、心から謝意を表します。

参考文献

1) 電気評論：Ⅶ.系統運用部門“1.光転送遮断装置の開発”2011.1
2) 電気学会：平成 23 年電気学会全国大会講演論文“光転送遮断装置の開発について”2011.3