

受配電系統保護制御用フィーダ マネージャ リレー

Feeder Manager Relay for Protection and Control of Power Distribution Systems

河野 史生 鳥越 秀樹

■ KAWANO Fumio ■ TORIKOSHI Hideki

情報通信技術の飛躍的な発展に伴い、電力系統の保護制御分野では、保護や制御をはじめとした様々な機能の統合により、変電所の運用・保守コストを低減する要求が高まりつつある。

東芝は、これらの要求に応えるため、受配電系統用に保護制御一体型のフィーダ マネージャ リレー (FMR) を海外向けに開発した。FMR は、単線結線図や系統電気の計測値を表示できる大型の液晶ディスプレイ (LCD)、シーケンスロジックを自由にカスタマイズできる PLC (Programmable Logic Control) 機能、更に、エンジニアリング支援用パソコン (PC) ツールを備えている。カスタマイズ性と操作性を備えたコンパクトな多機能 IED (Intelligent Electronics Device) の一つであり、これまで中国、東南アジア、中東などに数多くの適用実績を持っている。

Accompanying the rapid development of information and communication technologies, demand has been growing for the reduction of both operation and maintenance costs of power distribution systems through the integration of various functions such as protection and control.

To meet this demand, Toshiba has developed a feeder manager relay (FMR) that integrates protection and control functions in one unit, targeted at overseas markets. The FMR is equipped with a large-size LCD monitor screen to display one-line diagrams or system power meters, a programmable logic control (PLC) function allowing sequential control logics to be freely customized, and PC tools to support engineering tasks. This product is a compact, multifunctional intelligent electronic device (IED) that offers easy customization and easy operation. FMRs are now used in a variety of applications in China, Southeast Asia, the Middle East, and other regions.

1 まえがき

近年、電子デバイス性能の飛躍的な向上、デジタル技術の応用分野の拡大、更には通信プロトコルのオープン化など、情報通信技術は飛躍的に発展している。

これらを背景として電力系統の保護制御分野では、変電所構内の保護、制御、計測、監視、記録などの機能をネットワーク接続で一括して管理し、変電所の運用・保守コストを低減する要求が急速に高まりつつある。

東芝は、これらの要求に応えるため、情報通信技術を活用した受配電系統の保護制御一体型フィーダ マネージャ リレー (FMR) を海外市場向けに開発した (図1)。以下に、FMR のコンセプト、特長、エンジニアリング支援用の PC ツール、及び適用例について述べる。

2 FMR のコンセプト

従来からの受配電設備では、個々の機器を組み合わせることで保護、制御、計測、監視、記録などの機能を実現しており、設置スペース、操作性、変電所の運用・保守システムの効率化などの点で改善が望まれている。また、様々な機能の統合にあたり、ユーザーが容易にアプリケーションを設計し、ま



図1. FMRの外観 — サイズは266 (高さ) × 254 (幅) × 259 (奥行き) mm で、パネル前面にはLCDやLED (発光ダイオード) の表示器、各種操作キーのほか、試験用端子、通信ポートなどを備えている。

Feeder manager relay (FMR)

た、機能を拡張できるカスタマイズ性を備えた製品を供給することで、より使い勝手も向上できる。

FMR は、電力会社の受配電用変電所、高電圧系変電所の二次側、また一般産業電気所向けとして、保護、制御、計測、監視、記録、遠隔通信、エンジニアリング支援などの機能を

統合したコンパクトな多機能IEDの一つである。FMRをネットワーク接続すれば、従来は単独の存在であった保護リレーをデータ端末として一括して管理でき、変電所の運用・保守システムの効率化に貢献できる。

また、IEDの製品化にあたり、入出力回路を自由に設計できるロジック生成ツール(PLC)や、大型のLCDを備えた。制御対象となる単線結線図の描画や、表示情報量の選択が行え、エンジニアリング支援ツールの充実とメンテナンス性の向上を図っている。

3 FMRの特長

FMRの主な特長について以下に述べる。

3.1 保護機能

保護機能を左右するアナログ入力部は、多様な受配電設備に適用できるように、電流、電圧それぞれについて導入電流量や入力相を選択できる。特に電流については、保護機能と制御機能の一体化に伴い、軽負荷電流の計測から至近端事故時の過大電流までカバーできるダイナミックレンジを備え、計測精度の高精度化と広範囲な事故検出能力を実現している。

また保護方式としては、表1に示すリレー要素を収納しており(事故検出：90要素、保護シーケンス：20種以上)、これらを任意に組み合わせることで、多様な保護機能の適用に対応している。

表1. FMRの収納リレー要素

Relay elements contained in FMR

保護分類	リレー要素	器具番号 (IEEE)
事故検出	過電流, 方向判別付き過電流	50P, 51P, 67
	零相過電流, 方向判別付き零相過電流	50N, 51N, 67
	逆相過電流, 方向判別付き逆相過電流	46, 67
	不足電圧, 零相不足電圧, 過電圧, 零相過電圧, 逆相過電圧	27, 27N, 59, 59N, 47
事故波及防止	過負荷	49
	過周波数, 不足周波数, 周波数変化分	95
	不足電流	37
	断線検出	BC
	CB不動作対策	50BF
再閉路	再閉路	79
	同期	25
	不足電圧, 過電圧	27, 59

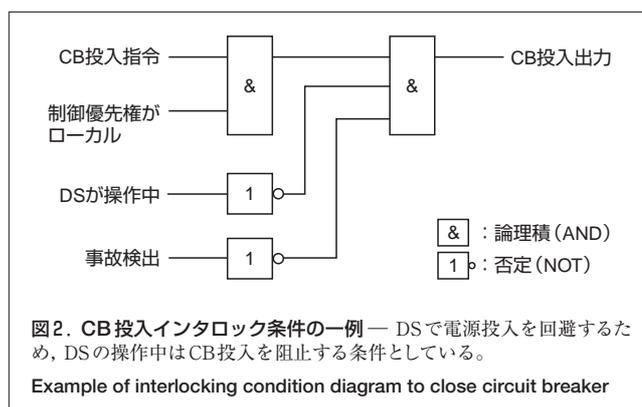
IEEE：米国電気電子技術者協会

3.2 制御機能

変電所内の遮断器(CB)、断路器(DS)、接地開閉器付き断路器(ES)などの制御が、パネル前面のキー操作によるローカル操作、又は監視制御システムからのネットワーク経由のリモート操作で行える。なお、ローカル操作とリモート

操作の制御優先権は、キー操作で切替える。

また、運転員が万一誤った制御操作をしても、系統条件に応じてCBの開放や投入ができないように制御指令をブロックして誤操作を防ぐ、インタロック機能(図2)を用意している。従来は、制御装置が設置された盤内で、ハードワイヤ回路を組んでインタロックを実現しているが、FMRではソフトウェア処理で実現しており、盤内の省スペース化や配線工数の低減に貢献できる。



3.3 計測機能

電流、電圧、有効電力、無効電力、電力量、力率、系統周波数など様々な系統電流量、及び一定期間中の最大値、最小値、平均値を高精度に計測できる(公称計測精度は、単一量で±0.5%、複入力量で±1.0%)。これらの系統電流量は、計測値の表示画面のほか、単線結線図の表示画面にも併せて表示でき、系統の運転状態が容易に把握できる。

また、制御対象となる機器への制御指令出力から機器動作完了までの動作時間についても、最大値と最新値を算出しており、機器監視に用いている。

3.4 監視機能

保護制御装置が、事故発生時や機器制御時に決められた責務を遂行するため、運転中に装置異常の有無をチェックする自動監視機能は重要な役割を果たす。

FMRでは、内部のメモリ監視や制御電源の電圧監視などの自己診断機能のほか、CBの寿命診断用として遮断電流の累積値監視や、変流器(CT)・計器用変成器(VT)・CBへの出力回路の診断、系統量計測から系統の運転状態を監視する系統電流量の上下限監視を備えている。また、モデルによっては、CBの再閉路指令の回数や、CB、DS、及びESの動作回数などのカウンタ機能も併せ持っている。

3.5 記録機能

大別して、以下の3種類の記録機能を設けている。系統事故の応動解析などの際に、これらの記録情報に基づいて発生要因を分析でき、迅速な復旧に貢献できる。

(1) 事故記録 系統事故の発生日時、応動した保護機

能の動作種別や動作相，事故点標定結果，再閉路の応動結果，及び事故発生前後の系統電気量などを8件分記録できる。

- (2) 事象記録 系統事故や監視不良をはじめとした任意の事象を，ミリ秒 (ms) オーダの時刻タグ付きで480件分記録できる。FMRは，事故検出要素の動作や監視結果などのON, OFF情報を一括して管理する信号リストを備えており，あらかじめ信号リストから必要とする信号を自由に選択し，その状態変化を各事象の記録条件に設定できるため，必要とする事象記録は，適用条件に応じて柔軟に選択できる。
- (3) 擾乱 (じょうらん) 記録 大容量のデータメモリを備えており，系統事故や系統動揺などの擾乱発生を起動条件として，状態変化前後の電流及び電圧の瞬時値データ (最大9量) と，信号リストから最大32量の事故検出要素の動作結果を採取できる。記録データは，電気角表現で7.5° 間隔，記録時間は0.1~5sまで任意である。採取したデータは，4章に述べる整定解析ツールを使うことで波形表示できる。

3.6 通信機能

パネル前面には，整定支援ツールの接続用にRS232Cポート，また，裏面には監視制御システムとの接続用にRS485ポート及び，オプションで10BASE-Tや100BASE-FXなどのEthernetポートを備えている。

特に，RS485通信では，保護制御装置間の国際通信規格であるIEC60870-5-103 (国際電気標準会議規格60870-5-103) の通信プロトコルもサポートしており，異なる製品シリーズの相互間で情報を受け渡しできる。

4 エンジニアリング支援用のPCツールを充実

当社は，FMR装置本体と併せて，エンジニアリング支援用のPCツールを提供している。PCツールの活用で，エンジニアリングの負担を低減できる。

4.1 整定解析ツール

整定解析ツールは，以下の機能を備えている。

- (1) 整定値の変更と閲覧 FMRに保存された整定値の読出し，閲覧，編集，及び変更ができる。
- (2) 記録情報の閲覧と解析 FMRに保存された記録データを読み出し，閲覧できる。記録データは，事故記録や事象記録などの記録種別単位で一画面内にまとめて表示できる (図3)。

また，アナログ波形データの表示やベクトル表示，高調波解析機能に加え，記録データを個別の解析にも転用できるよう，波形データをコンマ区切りテキストであるCSV (Comma Separated Values) 形式，又は電力系統

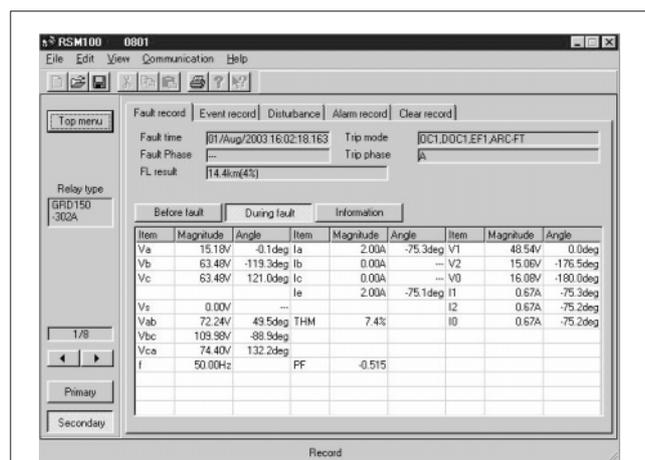


図3. 整定解析ツールの画面例 — 整定値の変更と閲覧，記録情報の閲覧と解析，及び状態表示などが行える。

Example of PC tool display for parameter setting or analysis of conditions

の過渡データのIEEE (米国電機電子技術者協会) 規格であるCOMTRADE (COMmon format for TRANSient Data Exchange) 形式にフォーマット変換する機能を備えている。

- (3) 状態表示 FMRとのオンライン接続状態で，系統電気量の計測値，カウンタ値，事故検出要素の動作状態，及び接点の入出力状態が更新周期1sで閲覧できる。

4.2 PLCツール

PLC機能は，FMRのソフトウェアを変更することなく，内部のシーケンスロジックを自由に設計できる機能である。PLCツールでは，PCを利用してこのPLC設定データの読出し，閲覧，編集，変更ができる (図4)。

ユーザーは，信号リストからロジックの生成に必要な信号 (入力信号) を選択し，論理ゲートやタイマなどと組み合わせ，論理を生成したうえで，論理計算結果の格納先となる信号 (出力信号) に渡すことで入出力制御回路が設計できる。生成した論理回路はシミュレーション機能を備えており，机上で妥当性を検証できる。

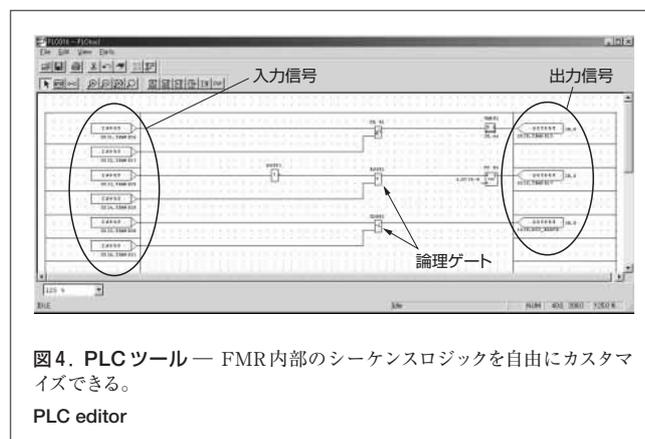


図4. PLCツール — FMR内部のシーケンスロジックを自由にカスタマイズできる。

PLC editor

4.3 単線結線図描画ツール

単線結線図描画ツールでは、CB、DS、ESなどの機器オブジェクトの配置、その他のオブジェクトや図形の編集、FMRからの設定データの読み込み、FMRへの書き込み、及び印刷などが行える。図5は、この描画ツールをもとに作成した単線結線図の一例である。

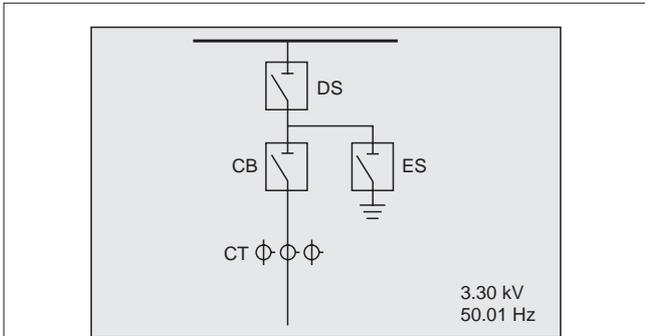


図5. 単線結線図の描画例 — 機器オブジェクト、機器名称、及び系統電気量の常時計測値は、LCD上で自由に配置できる。
Example of one-line diagram display

5 FMRの適用例

海外向け製品であるFMRは、これまで中国、東南アジア、中東などに数多くの適用実績⁽¹⁾を持っている。ここでは、36 kV 系統の保護制御用にキュービクル形ガス絶縁スイッチギヤ (C-GIS) 盤にFMRを収納し適用した例として、システム構成を図6に、C-GIS盤の外観を図7に示す。

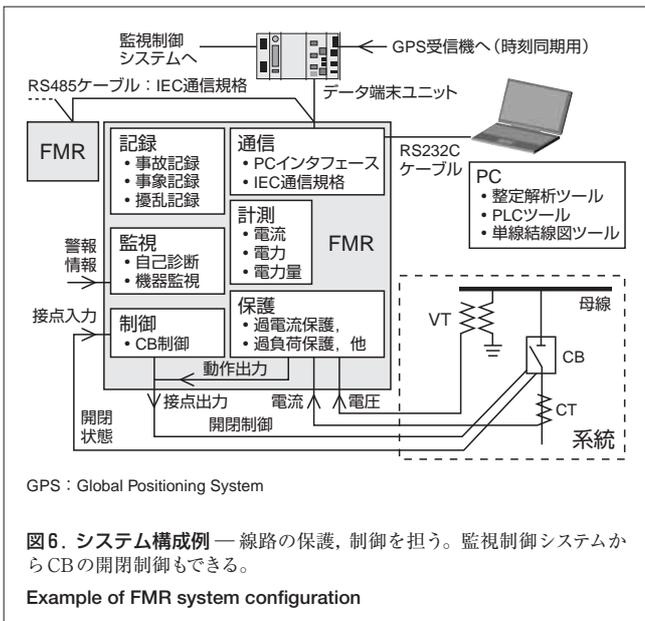


図7. C-GIS盤に設置されたFMR — C-GIS盤の前面にFMRが設置されている。
FMRs installed in cubicle-type gas-insulated switchgear (C-GIS) panels

6 あとがき

受配電系統用の保護制御一体型FMRに関して、コンセプト、特長、及びエンジニアリング支援用のPCツールについて述べた。

制御対象となる機器や単線結線図の描画機能と、シーケンスロジックを自由にカスタマイズできる機能を備えており、今後とも広範囲に適用できる、多機能コンパクト型志向の製品である。

文献

- (1) 広州地下鉄4号線向けC-GISの納入開始. 東芝レビュー. 61, 3, 2006, p.86.
- (2) 南 裕二, ほか. “配電用変電所向け保護制御ユニットの開発”. 平成15年電気学会全国大会. 2003-3, 6-267, p.455.



河野 史生 KAWANO Fumio

電力システム社 府中事業所 電力システム制御部。
保護・制御システムの設計・開発に従事。電気学会会員。
Fuchu Complex



鳥越 秀樹 TORIKOSHI Hideki

電力システム社 府中事業所 電力システム制御部。
保護・制御システムの設計・開発に従事。
Fuchu Complex