

# 海外配電システム向け新形保護リレー GREシリーズ

## GRE Series New Multifunctional Numerical Protection Relays for Distribution Networks

炭田 義尚      前原 宏之      土屋 武彦

■ SUMIDA Yoshihisa

■ MAEHARA Hiroyuki

■ TSUCHIYA Takehiko

保護リレーは、送電線や変電機器などの電力流通設備に発生する落雷や短絡故障などの事故を数十msという短時間で的確に検出して遮断器に事故区間を切り離す指令を出し、電力システムの安定運用を維持している。

東芝は、1980年に世界で初めてデジタル形保護リレーを実用化し、1999年から海外市場向けのデジタルリレーとしてGRシリーズを電力会社や一般産業企業などに納入している。今回、配電システムの保護に加えて、様々なアプリケーションに適用できるGREシリーズを開発した。小型でユーザーが使いやすく、従来のマルチ機能リレーと同等レベルの保護機能に加え、制御、計測、監視といったアプリケーションにも適用でき、海外各国の電力システムの安定運用に貢献できる。

A protection relay is a device that detects lightning strike faults and short circuits in electric power transmission systems such as transmission lines and substation equipment within several tens of milliseconds, and issues a tripping signal to a circuit breaker to isolate the fault point from the normal network in order to maintain stability of the electric power system.

Toshiba launched the world's first numerical protection relay in 1980. Since then, we have been contributing to electric power system stability throughout the world by continuously developing protection relays, including the GR series introduced in 1999. We have now developed a new family of numerical protection relays called the GRE series mainly for application to distribution networks, featuring compact design and improved usability.

## 1 まえがき

保護リレーは、送電線や変電機器などの電力流通設備に発生する落雷や短絡故障などの事故を数十msという短時間で的確に検出して遮断器に事故区間を切り離す指令を出し、電力システムの安定運用を維持する重要な装置である。

東芝は、海外市場向けのデジタルリレーとしてGRシリーズを電力会社や一般産業企業に納入している。今回、機能のいっそうの充実と機種拡大を図るためGREシリーズを開発した。

ここでは、GREシリーズの概要と特長、また新規に適用した技術について述べる。

## 2 東芝の海外市場向け保護リレー

当社は1980年に、マイクロプロセッサを用いたデジタル形保護リレーDIシリーズを世界で初めて実用化した。その後1985年に複数のCPUを搭載したDIIシリーズを開発し、変電所監視制御システムなどにも適用して電力システムでのデジタル化を進めた。更に、1994年に高機能と高性能を図ったDIIIシリーズを開発し、1999年には海外市場向けGRシリーズリレーを開発し、機能の充実化と機種展開を図ってきた。

今回開発したGREシリーズは、このGRシリーズの新ラインアップである。主な用途である配電システムの保護に加え、高電圧送電システムや発電機、変圧器の後備保護といった様々なアプ



図1. GREシリーズ(タイプGRE110)—小型で使いやすく、充実した機能を持つという特長がある。

GRE110 type medium-voltage (MV) relay

リケーションにも適用できる。特に、小型でユーザーが使いやすく、かつ従来のマルチ機能リレーと同等レベルの保護機能に加え、制御、計測、監視といったアプリケーションを持つという特長を備えている。GREシリーズの外観を図1に示す。

## 3 GREシリーズの機能と特長

GRシリーズにおけるGREシリーズの位置づけ、機能、及び特長について、以下に述べる。

### 3.1 GRシリーズでの位置づけ

GRシリーズリレーは、初期は132 kV以上の高電圧電力系統の主保護を行う装置として開発された。例えば、多数のリレー要素と複雑なシーケンスロジックによって構成される複合リレーとして、送電線を保護する距離リレーや電流差動リレー、変圧器保護リレー、母線保護リレーなどがあり、そのほか、特定の機能を備える再閉路リレーや周波数リレーなどがある。また、これら主保護の後備保護、高電圧系統での連結母線部分の保護などに用いる単機能リレーとして過電流リレーや方向過電流リレーなど、一連のモデルがある。

GREシリーズは、従来の単機能リレーを用いるには性能・価格面で過剰であった配電系統での主保護として用いるため、保護リレーとしての機能は従来の単機能リレーとほぼ同等にしつつ、シンプルなハードウェア構成をベースに新たなプラットフォームによって設計した。配電系統での送電線や地中ケーブルの保護、小型変圧器、小型電動機などの保護に適している。また、高電圧送電系統や発電機、大型変圧器の後備保護としてのアプリケーションにも適用できる。

GREシリーズの命名についてGRはGlobal Relayを意味し、EはElementary (簡単な)、Environmentally friendly (環境に優しい)、Easy to use (使いやすい)、Enhanced (強化された)などを意図している。

### 3.2 機能

MVリレーの基本タイプであるGRE110に収納されたりレー要素と基本機能一覧を表1に、電力系統とGRE110機能との関連を図2にそれぞれ示す。

基本機能である保護要素や制御・監視機能は従来の単機能リレーと同等であり、そのほか、実効値やピーク値の計測機能、1 msの分解能がある最大200件のイベント記録機能、最大4件の事故記録機能、及び1件当たり4アナログ入力と32のバイナリー信号を5秒間、最大5件まで記録できるオシログラフ機能を備えた仕様となっている。

### 3.3 特長

- (1) 従来機種より部品数を削減し、部材の共通化を図ることでコンパクトなハードウェア構成とした。タイプGRE110の外形図を図3に示す。従来の単機能リレーと比較して、体積で約30%小さく、質量で約70%軽量化した。19インチラックパネル幅の1/3に収まるので、パネルの設計を容易に行うことができる。
- (2) (1)で述べた部品数削減の結果として、保護リレーに必要な高信頼性の評価指標である平均故障寿命 (MTTF: Mean Time to Failure) を、設計値で従来機種の約2倍とした。
- (3) 分割処理の見直しやハードウェアの備える機能を最大限活用することで、ソフトウェアの1周期演算時間を従来機種の約2/3とした。

表1. GRE110の機能

Functions of GRE110

分類	機能	ANSI/IEEE保護要素番号 <sup>1)</sup>
保護要素	過電流リレー	50/51
	地絡過電流リレー	50N/51N
	高感度地絡過電流リレー	50N/51N
	不足電流リレー	37
	過負荷リレー	49
	逆相過電流リレー	46
	断線検出リレー	46BC
	遮断器不動対策リレー	50BF
制御	制御権選択と遮断器制御	-
	トリップ回路監視	74TC
監視	自己監視	-
	遮断器接点状態監視	
	トリップカウンタ	
	負荷電流監視	
	遮断器動作時間監視	
通信	USBポート	-
	Modbus RTU通信 (RS485)	
整定グループ	2	-
LCD画面	16×8文字	
LED	固定表示×8個 表示設定可能×6個	

USB : Universal Serial Bus      RTU : Remote Terminal Unit  
 LCD : 液晶ディスプレイ      LED : 発光ダイオード  
 ANSI : 米国規格協会      IEEE : 電気電子技術者協会

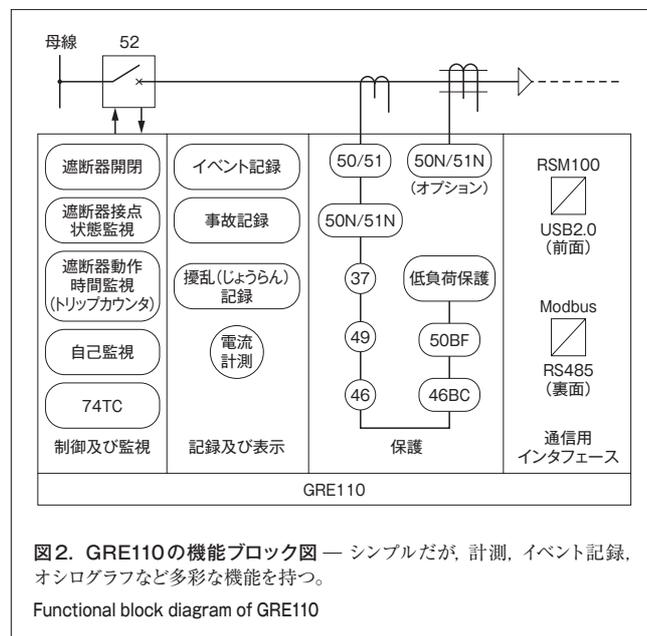
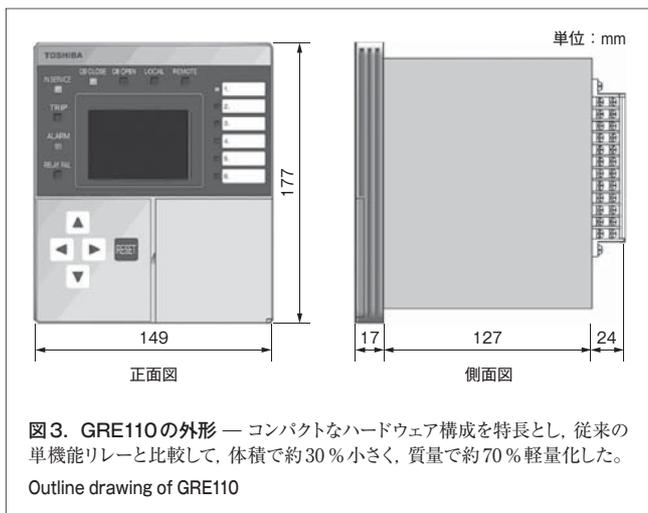


図2. GRE110の機能ブロック図 — シンプルだが、計測、イベント記録、オシログラフなど多彩な機能を持つ。

Functional block diagram of GRE110

- (4) 環境調和に配慮した設計とした。鉛フリー設計はもちろん、欧州連合でのRoHS指令 (電気・電子機器中の特定有害物質の使用制限に関する指令) に適合した部材だけを適用している。また、消費電力10 W以下、入力負担<sup>(注1)</sup>

(注1) リレーで消費される皮相・有効電力などが入力源に及ぼす影響の度合い。



0.5 VA 以下と従来機種より低負担化による省電力化を図った。

## 4 GREシリーズでの新規採用技術

GREシリーズを開発するにあたっての課題と、それを解決した技術を、以下に述べる。

### 4.1 共用CT定格

通常、電流変成器 (CT: Current Transformer) の二次側定格値は1 Aか5 Aのどちらか一方であるため、コスト面、リレー内部CTの計測精度面などから、リレーもそのCT定格に合わせた設計であった。GREシリーズでは、ユーザーが製品の形式を容易に選択でき、かつ購入後もアプリケーションに応じて柔軟に適用できるよう、両方の二次側定格値に対応できるハードウェア構成とした。

小電流領域での線形性を確保するとともに、大電流領域での飽和電流防止策を強化し、単独で広いダイナミックレンジを持つリレー内部CTを開発することで、1 A、5 Aの共用CT定格を実現した。

また、過電流耐量として、リレーの安全性を規定したIEC 60255-27 (国際電気標準会議規格60255-27) で、電流入力回路は定格の100倍の電流 (1秒間) に耐えることと規定されている。GREシリーズは1 A、5 A共用のため、500 A (1秒間) の耐量が要求されることになる。CT一次回路の銅導体をリレーの端子台から直接リレー内部CTへ貫通させる構造とすることによってCT一次回路の抵抗を小さくするとともに、パターン部及びはんだ接続箇所を最小化し、規格の要求を満足させた。

### 4.2 接点入力回路のワイドレンジ動作電圧

従来の接点入力回路は、発熱を抑制するなどの目的から、制御電源の定格に即した電圧範囲だけに対応していた。GREシリーズでは、電圧を検出するしきい値を広範囲に切り替えられるようにするため、トランジスタによる定電流回路を採用し

て接点入力回路への入力電流を制御するようにした。これによって、フォトカプラの特性に左右されにくく、また発熱の小さい回路で、定格電圧の1/2以下から定格電圧以上の値まで、動作電圧を設定できる機能を実現した。

この結果、通常の制御用外部入力信号に加え、トリップ回路の監視用信号などもDC/DC変換装置を介さずに行えるようになり、1台のリレーで複数のアプリケーションに対応できるようになった。

### 4.3 USBポート

従来のGRシリーズでは、リレーの記録情報や整定値をパソコン (PC) 上で表示、編集、解析、及び保存することができるリレー遠隔監視ソフトウェアRSM100と通信するためには、リレーのRS232Cシリアルポートを介して接続しなければならなかった。GREシリーズでは、通常のPCに装備されているUSB (Universal Serial Bus) ポートを標準として装備した。これによってユーザーは、RS232Cコンバータを準備することなく汎用のPCをリレーに接続できるようになった。

### 4.4 リレー遠隔監視ソフトウェアRSM100

ユーザーの使いやすさと変電所全体の保護制御ソリューション提案を図り、ソフトウェア1本だけで、MVリレーだけでなく従来のGRシリーズリレー全機種に接続できるように、RSM100の開発と設計を行った。

RSM100を搭載したPCとGRE100の接続例、及びPCの画

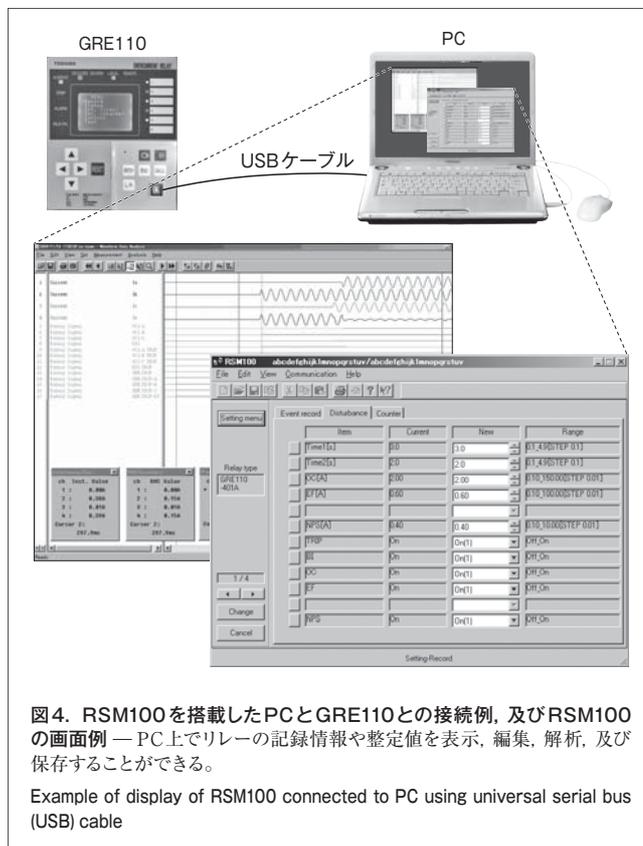


図4. RSM100を搭載したPCとGRE110との接続例、及びRSM100の画面例 — PC上でリレーの記録情報や整定値を表示、編集、解析、及び保存することができる。

Example of display of RSM100 connected to PC using universal serial bus (USB) cable

面例を図4に示す。波形データはIEEE C37.111 (電気電子技術者協会規格 C37.111) 準拠のComtradeフォーマットや汎用のCSV (Comma Separated Values) フォーマットで保存でき、汎用ソフトウェアによって系統事故の解析やデータの編集が行える。また、リレー裏面のRS485ポートを用いた、Modbus RTU (Remote Terminal Unit) プロトコルによるシリアル伝送によって、最大247台のリレーを遠隔で監視制御できる。

#### 4.5 新国際規格への対応

GREシリーズは、2009年8月に新たに制定された過・不足電流保護リレーの機能を規定したIEC 60255-151 Edition 1.0に準拠した動作時間特性を持ち、特性検証試験でも良好な結果を得た。IEC 60255-151に規定された過電流リレーの反限時特性例を図5に示す。この特性は式(1)で計算できる。

$$t(I) = \text{TMS} \times \left\{ \left[ \frac{k}{\left( \frac{I}{I_s} \right)^a - 1} \right] + c \right\} \quad (1)$$

- $t$  : 動作時間
- $I$  : 入力電流値
- $I_s$  : 電流整定値
- TMS : Time Multiplier (=1)
- $k, a, c$ : 定数

式(1)中の定数  $k, a$  及び  $c$  は、IEC 60255-151では表2のように規定されている。

このほかにも、前述の安全規格や環境対応規格など、最新の国際規格と世界情勢を考慮して製品開発を行った。

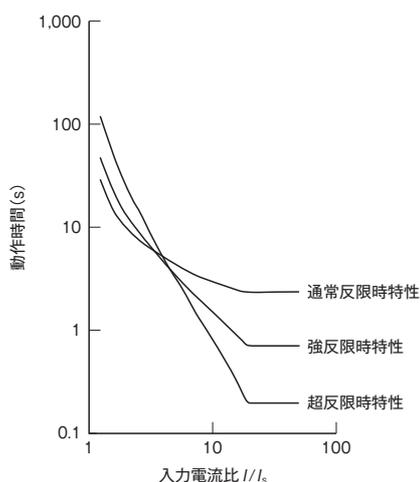


図5. IEC 60255-151で規定された過電流リレー要素の反限時特性 — 東芝のMVリレーは、IEC 60255-151に準拠した特性を持っている。

Inverse-time characteristic curves of overcurrent protection relay in accordance with IEC (International Electrotechnical Commission) 60255-151

表2. IEC 60255-151で規定された反限時特性の定数

Constants of inverse-time characteristics in accordance with IEC 60255-151

特性	式(1)中の定数		
	k	a	c
通常反限時特性 (IEC)	0.14	0.02	0
強反限時特性 (IEC)	13.5	1	0
超反限時特性 (IEC)	80	2	0
通常反限時特性 (IEEE)	0.0515	0.02	0.114
強反限時特性 (IEEE)	19.61	2	0.491
超反限時特性 (IEEE)	28.2	2	0.1217

## 5 あとがき

今回開発したGREシリーズは、主に海外配電系統向けのアプリケーションに適した機能を持ち、小型で、ユーザーが使いやすいことを特長としている。既存の機種も含めたGRシリーズの新モデルとして各国の電力系統の安定運用に貢献できるものとする。今後は、GREシリーズの機能の充実を図るとともに、製品のラインアップをいっそう拡大していく。

## 文献

- (1) ANSI/IEEE C37.2: IEEE Standard Electrical Power System Device Function Numbers and Contact Designations.
- (2) 伊藤 八夫, ほか. 電力系統保護制御技術の動向. 東芝レビュー. 62, 2, 2007, p.2-7.



炭田 義尚 SUMIDA Yoshihisa

電力流通・産業システム社 電力流通システム事業部 電力系統技術部。電力系統保護制御システムの開発及びエンジニアリング業務に従事。

Transmission & Distribution Systems Div.



前原 宏之 MAEHARA Hiroyuki

電力流通・産業システム社 府中事業所 電力システム制御部 主務。配電機器応用システムの開発に従事。電気学会会員。Fuchu Complex



土屋 武彦 TSUCHIYA Takehiko

電力流通・産業システム社 府中事業所 電力システム制御部 主務。配電機器応用システムの開発に従事。情報処理学会、電気学会会員。

Fuchu Complex