

# リレー整定支援システム

## Advanced Integrated Support System for Protective Relay Setting

伴 浩二 市川 忠 藤井 淳

■ BAN Koji ■ ICHIKAWA Tadashi ■ FUJII Jun

昨今、電力システムの増強や分散型電源の大量導入など、電力システムの複雑・巨大化が進み、電力システムの事故を検出し除去する保護リレーシステムに対する責務と要求は厳しさを増している。こうしたなかで、保護リレーの整定業務は、リレー装置の事故検出感度や装置間の協調を適正に定める重要な業務である。

東北電力(株)は、かねてからリレー整定業務の的確化と効率化を目的に解析・支援システムを導入してきたが、今般、一次系統(500 kV・275 kV系統など)用として、Windows<sup>®</sup>(注1)環境で動作する東芝製ソフトウェアへの更新を完了した。

With the recent progress of large and complex power systems due to the enhancement of power systems and the introduction of dispersed power sources on a large scale, protective relay system technology for detecting accidents occurring in power systems and stabilizing them in the event of such accidents has become increasingly important. However, a wide variety of complex and labor-intensive calculations and coordination studies are required in order to set a protective relay.

To realize not only efficient setting of protective relays but also improved operations, Tohoku Electric Power Co., Inc. and Toshiba have developed an advanced integrated support system for protective relay setting in which the software for the primary power systems runs in the Windows<sup>®</sup> environment on general-purpose PCs instead of the conventionally required engineering workstations.

### 1 まえがき

昨今の電力システムの増強や分散型電源の大量導入などにより電力システムの複雑・巨大化が進み、電力システムの事故を検出し除去する保護リレーシステムに対する責務と要求はますます厳しくなっている。こうしたなかで、保護リレー整定業務は、リレー装置の事故検出感度や装置間の協調を適正に定める重要な業務として位置づけられている。

このため東北電力(株)は、かねてからリレー整定値検討の的確化と効率化を目的に解析・支援システムを導入してきたが、このうち一次系統用システムは、以前に導入したEWS(Engineering Workstation)装置が陳腐化してきていることや、複数人での使用ニーズが高まったことなどから、近年機能が向上している汎用パソコン(PC)を使用したシステムへの更新を計画した。

一方、東芝は、高性能を実現するWindows<sup>®</sup>用ソフトウェアパッケージ“グラフィック電力システム解析プログラム”を保有することに加え、これを応用したシステムや保護リレー装置本体の豊富な納入実績がある。これら当社の総合的な技術が東北電力(株)のニーズにマッチし、共同で、リレー関連業務の大幅な効率化や迅速化、確実性の向上を目的に一次系統用保護リレー整定支援システムを開発した。2年間の開発期間を経

(注1) Windowsは、米国Microsoft Corporationの米国及びその他の国における商標又は登録商標。

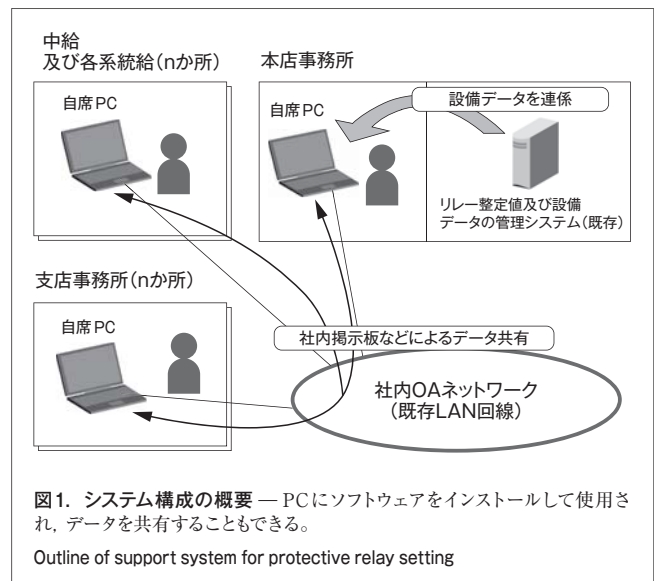
た後、今般、Windows<sup>®</sup>環境で動作する当社製ソフトウェアを適用したシステムへの更新を完了した。

ここでは、開発したシステムの概要と特長について述べる。

### 2 システムの概要

#### 2.1 システムの構成

システム構成の概要を図1に示す。



このシステムは、東北電力(株)の本店、各支店、中央給電指令所(以下、中給と略記)、各系統給電指令所(以下、系統給と略記)における一次系統リレー整定担当者のPCに、ソフトウェアパッケージをインストールして使用される。このため、専用のハードウェアは必要とせず、そのうえ既存のインフラや管理システムにはいっさい変更を行っていない。また、これら既存のインフラやシステムをそのまま活用してデータを共有することにより、社内全体でも活用可能なツールとなっている。

## 2.2 機能の概要

整定業務の一般的な流れとシステムによる支援範囲を図2

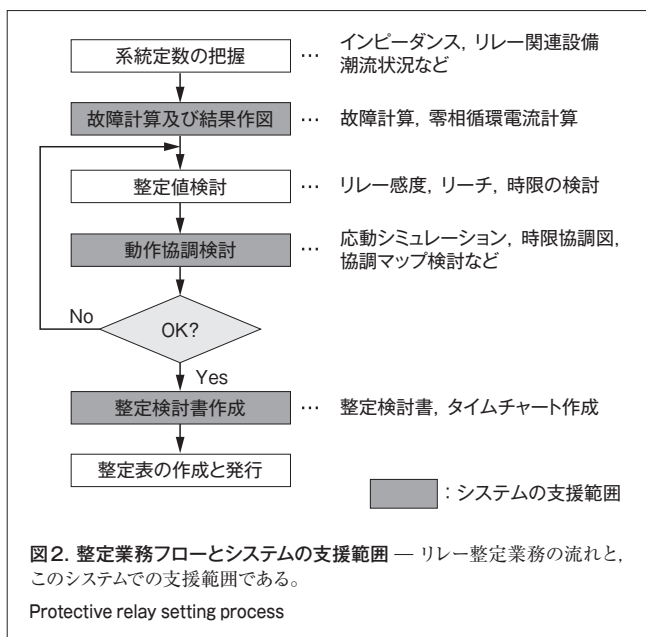


表1. 機能一覧

System functions

機能	概要
系統データベース構築	系統図編集, 各種データ編集, トリップシーケンス編集
潮流計算*1	ニュートンラフソン法*2による潮流計算
故障計算	対象座標法による故障計算 基本モード, 検討ケース自動実行モード, 及び事故条件一括設定モード スコット結線変圧器*3二次側短絡事故時の故障計算
リレー応動シミュレーション	詳細故障計算による事故時リレー応動の時系列シミュレーション ・基本モード, 検討ケース自動実行モード, チェックケース一括自動実行モード, 及び事故条件一括設定モード ・トリップ履歴, タイムチャート, 任意断面の特性図作成, 及びトリップシーケンスのトリップルート結果表示
DZ及びDZG協調図	DZ及びDZG協調図作成, 協調チェック, 協調図作成ケース自動作成, 分流効果考慮時の故障計算自動実行
零相循環電流計算	平衡負荷電流, 不平衡故障電流による零相循環電流計算
データ連携	設備数, 潮流計算用データ, 及びリレー整定データ組込み
整定検討書作成支援	タイムチャートエディタ, 系統図描画ツール, 各種計算ツール

DZ: 距離リレー DZG: 地絡用距離リレー

\*1: 需給条件を既知として電圧と潮流(電力の流れ)分布を算出する計算

\*2: 非線形連立方程式の反復修正近似による解法

\*3: 一次側の三相平衡を保ちつつ二次側に単相交流を得る変圧器

に示す。まず、対象系統の設備と定数を把握し、検討に必要な故障計算や零(ゼロ)相循環電流計算を複数ケース実行する。これらの計算結果と整定指針及び整定担当者の経験的判断により仮整定値を求める。この仮整定値に対し、他端子のリレーとの動作協調を確認したうえで、問題なければ正式な整定値として決定する。

システムの主な機能を表1に示す。このシステムは、東北電力(株)の一次系統を一括模擬するため、最大3,000ノード(母線)規模で、主要リレー方式及びリレー要素を実装した。

## 3 システムの性能と機能

このシステムは、当社製ソフトウェアパッケージ“グラフィック電力系統解析プログラム”をベースにカスタマイズして開発した。また、当社の系統解析技術による演算処理の高速化のほか、東北電力(株)で通常行われる整定業務を十分考慮し、各種業務を一括で自動検索し自動実行する機能を設けるなど、自動化及び支援機能の強化を図っている。

主な性能と機能を以下に述べる。

### 3.1 高速な計算性能

このシステムは、基本的に500 kV系統から66 kV系統(主要変圧器二次側母線など)までを同一のモデルで取り扱うことから%インピーダンスの値域が幅広いため、倍精度浮動小数点演算を適用してけた落ちなどの数値誤差を防止した。また、整定業務の検討に必要な故障計算では、系統に設置している移相変圧器を模擬するために、正相インピーダンス行列とは別に逆相インピーダンス行列を算出する必要があった。いずれも計算性能上は高負荷を生じるが、高速逆行列計算などのプログラミングを駆使して、実用上問題のない計算性能を得ている。具体的には、汎用PC(CPUはPentium<sup>®</sup>(注2) M, 1.73 GHzで、メモリは1 Gバイト)上で、実用系統(1,338ノード)における1線地絡故障計算の所要時間は4.7秒である。

### 3.2 業務の自動化と支援機能

整定検討の事前計算として行う故障計算は、数十ケースの実施が必要となる場合がある。また、故障計算の結果は系統図マップ形式(図3)でまとめて整定検討書へ添付するため、従来はこれら一連の業務に膨大な時間と労力を要していた。

このためこのシステムでは、故障計算機能に“検討ケース自動実行モード”を付加し、更に、計算結果を整定検討書様式で出力可能とすることで、これら業務の自動化を実現している。また、検討ケース自動実行モードでは、運用者が整定対象端子を1端子指定するだけで、システムが関連する全端子分の整定検討に必要な故障計算ケースを自動作成し故障計算を実行するため、従来に比べ業務の大幅な効率化も期待できる。

(注2) Pentiumは、米国又はその他の国における米国Intel Corporation又は子会社の登録商標又は商標。

検討ケース自動実行モードで自動作成した故障ケースと故障計算結果の整定検討書様式を図4に示す。

整定業務における動作協調検討に用いられるのが、リレー応動シミュレーション機能である。この機能は、任意の事故に対して事故発生から事故除去までの時系列なリレー応動模擬を実現しており、整定検討後の協調確認のほか、事故時のリレー応動解析への活用も見込まれる。

この機能における設定と結果出力の例を以下に示す。

- (1) 任意時間経過後のリレー動作強制模擬
- (2) 43SW (スイッチ), 不動作CB (遮断器) 設定
- (3) 各時刻断面のリレー動作マップ出力, リレーシーケンス出力, リレー動作及びCB動作タイムチャート出力

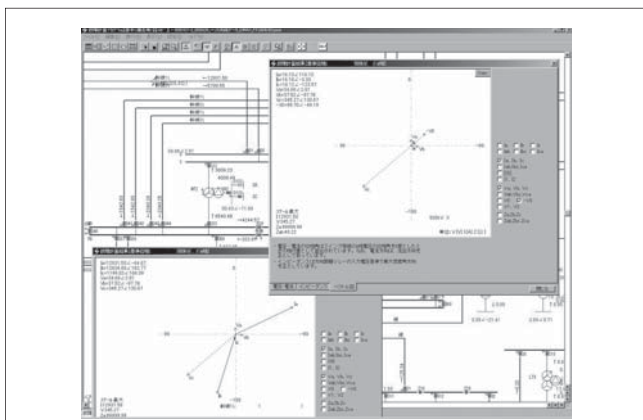


図3. 故障計算結果の表示例 — 故障計算の結果を系統図上やベクトル図で確認できる。

Example of fault analysis diagram

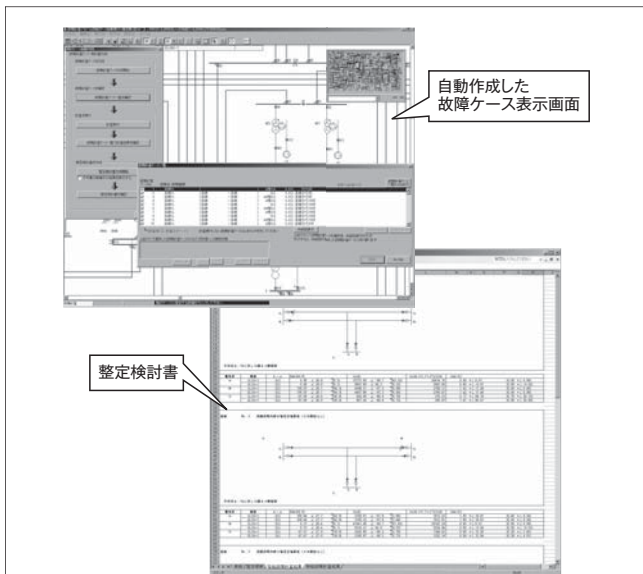


図4. 自動作成した故障ケースと整定検討書の表示例 — 故障ケースを自動で作成し、そのケースの故障計算結果を整定検討書として出力できる。

Example of automatically generated documents

(4) 任意時刻断面における任意端子の特性図描画

また、故障計算機能と同様、リレー応動シミュレーション機能にも検討ケース自動実行モードを付加しており、整定対象リレーの協調確認に必要なケースの作成から、実行、結果の良否判定までを自動的に行える。応動シミュレーションの結果表示例を図5に示す。

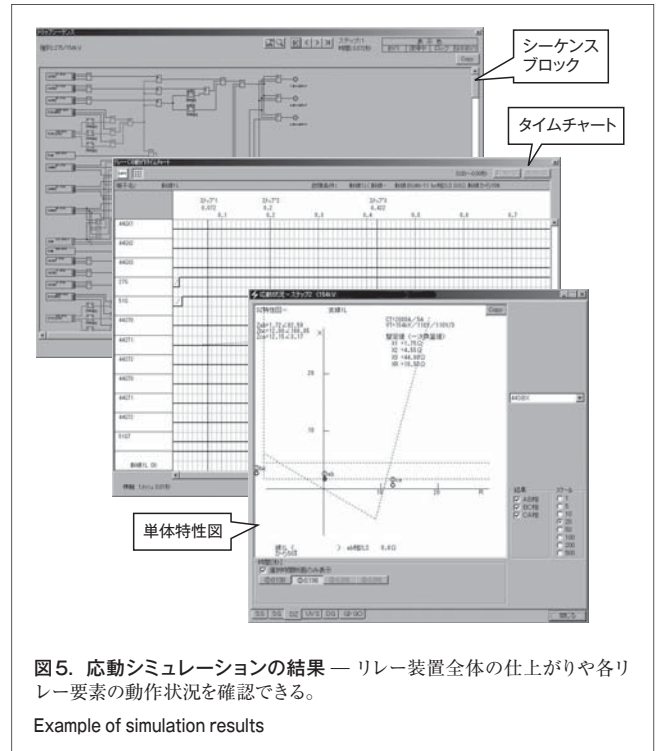


図5. 応動シミュレーションの結果 — リレー装置全体の仕上がりや各リレー要素の動作状況を確認できる。

Example of simulation results

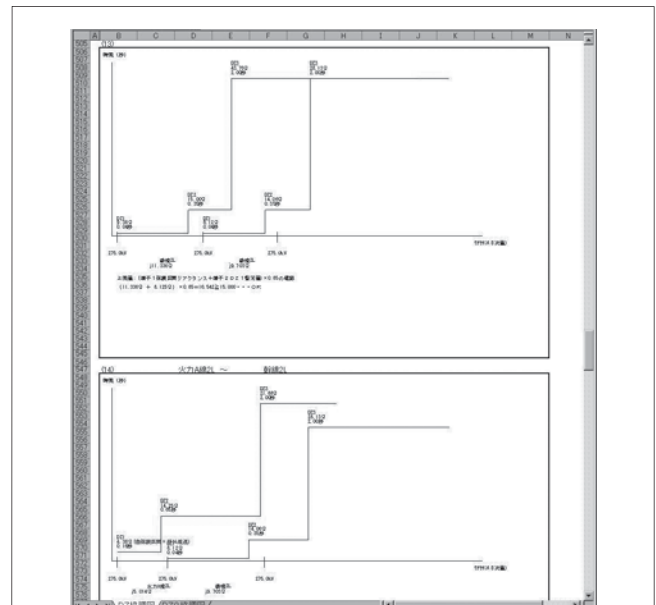


図6. DZ及びDZG協調図作成結果 — リレー間の協調図を出力できる。

Cooperation diagram of directional distance relay DZ and directional ground relay DZG

DZ (距離リレー) 及び DZG (地絡用距離リレー) 協調図作成機能においても自動化を図った。一括自動実行モードは、協調を確認したい任意の端子を選択すると、システムが自動的に前方・後方端子を検索しケースを作成する。協調図作成結果では、定義された協調チェックポイントに基づく判定式によりチェックが行われ、結果を表示する。DZ 及び DZG 協調図作成結果を図 6 に示す。

### 3.3 PC 活用によるメリット

このシステムは、現在主流となっている Windows® 環境で動作し、運用者の PC に搭載可能である。PC を活用することにより、以下のメリットが得られる。

- (1) ユーザーフレンドリーな操作性と OA ソフトウェア (文章や表計算) との親和性による高い付加価値
  - (2) ハードウェア及び基本ソフトウェア (OS) のコストダウン
  - (3) ノート型 PC の活用による省スペース化と作業性向上
- 特に(1)においては、画面に表示する図表はすべて、市販のソフトウェアに連携可能とした。これらはメタファイルとして連携しており、このシステムの図表を市販のソフトウェア上で加工したり編集することができるため、整定業務での活用はもとより、ほかの業務への活用も期待できる。

### 3.4 メンテナンス性

このシステムで扱うデータはデータベース化されており、運用者が保守することが可能である。

データベース一覧を表 2 に示す。

**表 2. データベース一覧**

Database list

データベース種別	主なデータ項目	
システムデータ	ノードデータ	各ノードの電気所名, 母線名, 発電量, 負荷量, 基準電圧, 調相量, 系統区分コード, 発電機リアクタンスなど
	インピーダンスデータ	各ブランチの線路名, 正相・零相・相互インピーダンス, アドミタンス, CB 名, CB 動作時間, 冬期連続容量など
	変圧器データ	各変圧器の電気所名, 結線方式, バンク No., タップ電圧, インピーダンス, NR・NL 定格値, 位相シフト角, CB 名, CB 動作時間など
	整定データ	各端子の各リレーの整定項目, 整定値, リレー型式, VT・CT コードなど
	系統図データ	系統図の図形データなど
マスターデータ	線路諸元データ	使用頻度の高い線路構成の電線種別, 導体数, 導体間隔, 太さ, 抵抗, 半径など
	リレー型式データ	各リレーの型式, メーカーで規定される整定項目, タップ系列, 特性コードなど
	リレーメーカーデータ	メーカーコード, メーカー名など
	VT・CT データ	VT コードに対する VT 比, CT コードに対する CT 比など
	タップ系列データ	LRT タップ, LPC タップなど
	整定表データ取込用定義データ	リレー整定データ (他システム) を取り込むためのデータ対応表
	リレーシーケンスデータ	各保護リレー方式のリレーシーケンス模擬データなど
	系統区分定義データ	系統区分コードと系統区分名との対応表
		NR: 中性点抵抗    VT: 計器用変圧器    LRT: 負荷時タップ切替変圧器 NL: 中性点リアクトル    CT: 計器用変流器    LPC: 位相調整器

これらのデータベースは、専用ビジュアルツールによる効率的なデータメンテナンスを可能にしている。また、外部のデータ管理システムとの連携は媒体などを介して行われる。このため、外部システムで管理している設備定数、潮流計算用データ、及びリレー整定データ (テキストデータ) をこのシステムの系統データベースに自動的に取り込む機能を実装することにより、データの一元管理及び、入力ミスなどのヒューマンエラー防止も図っている。

## 4 あとがき

ここでは東北電力 (株) の一次系統用に開発した保護リレー整定支援システムについて述べた。東北電力 (株) は、2009 年 3 月からこのシステムの本格的な運用を開始しており、実際の業務において大幅な効率化、的確化を実現している。これにより、電力の安定供給に貢献できるものと考えている。

当社は、Windows® 環境で動作するグラフィック電力系統解析プログラムの開発以降、各電力会社のリレー整定業務や給電計画業務などへ幅広く適用を進めてきた。電力会社の EA (Enterprise Architecture) 及び OA のインフラ環境が日々強化されるなか、PC を活用した系統解析応用システムがもたらす付加価値は、この例に見られるようにいっそうの高まりが期待できる。

今後も、電力供給の更なる安定化のために、最新の計算機技術と伝統の系統解析技術を融合して、付加価値の高いシステムを提供していきたい。

## 文 献

- (1) 市川 忠, ほか, “一次系リレー整定支援システムの更新について”. 電気学会研究会資料, PPR-09-16. 香川県, 2009-02. 電気学会 保護リレーシステム研究会. 2009, p.75 - 79.



伴 浩二 BAN Koji

電力流通・産業システム社 電力流通システム事業部 電力系統技術部主務。電力系統監視制御システムのエンジニアリング業務に従事。  
Transmission & Distribution Systems Div.



市川 忠 ICHIKAWA Tadashi

電力流通・産業システム社 府中事業所 電力系統システム部 参事。給電システムの設計・開発に従事。  
Fuchu Complex



藤井 淳 FUJII Jun

東芝システムテクノロジー (株) システムソリューション第六部 主務。給電システムの設計・開発に従事。  
Toshiba System Technology Corp.