

77kV系統復旧支援エキスパートシステムの開発

4K-1 大規模問題へのオブジェクト指向知識表現の適用

藤田秀紀 柴崎誠 植木芳照 松井哲郎 竹中道夫
 (中部電力) (富士電機総合研究所) (富士ファコム制御)

1. はじめに

電力分野では、系統の大規模・複雑化、経験豊富な運用者の減少、経験機会の減少によるエキスパート育成の困難等を背景として、供給信頼度を向上させるべく復旧操作の自動化が強く望まれている。その有効な手法として、経験や判断を工学的に実現できる知識工学に着目して、そのエキスパートシステム(以下ES)化が鋭意研究されている。

ここで対象とする77kV系統の復旧方法は、電圧階級の高い基幹系統に比べてリレー(以下Ry)の選択遮断機能が不十分、送電線にT接続されている配電用変電所、特高需要家の数が多い等の特徴から複雑になっている。そのため、復旧方法を判断する知識は、複雑・膨大になり、単にプロダクションルールで表現すると知識獲得、検証、保守に膨大な労力がかかり、管理しきれなくなるのが現状である。

筆者らは、実際の給電運用に携わる経験豊富な運転員の知識を収集し、それをオブジェクト指向知識表現することによって、支店給電所での故障時77kV系統復旧支援ESを開発した。本論文では、このような大規模・複雑な判断知識を必要とする復旧手順作成業務のシステム化において、オブジェクト指向知識表現の有用性を中心に本システムについて報告する。

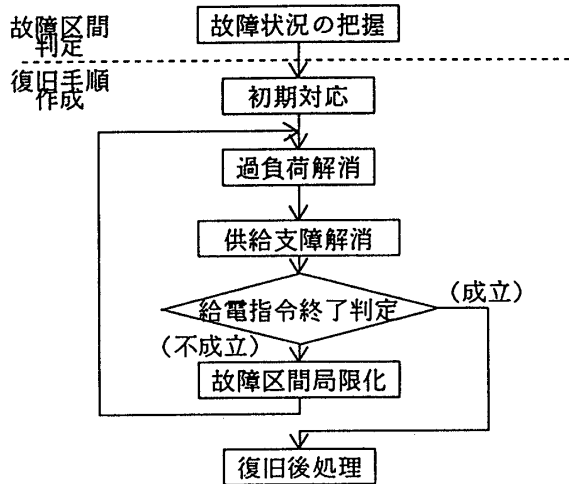


図1. 復旧手順の概略

2. 現状の77kV系統復旧処理

故障時の系統復旧処理は、給電所における故障区間判定、復旧操作手順作成、制御所における復旧操作実行の処理から構成される。図1に復旧手順の概略を示す。給電所員は、この流れに従って遮断器(CB)、ラインスイッチ(LS)、Ryの状態、現時点での需要予測、作業状況などを判断の情報として復旧のための給電指令を出し、制御所員は、その給電指令に従って実際のCB、LSの操作を行っている。

3. システムの概要

本システムは富士通ワークステーションFM-G160上にESHELL/Xで構築している。本システムの構造を図2に示す。

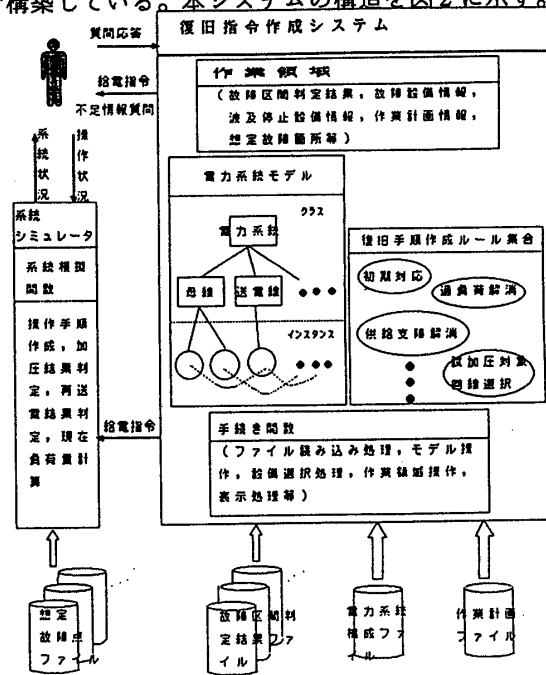


図2. システムの構造

(1) 電力系統モデル

オブジェクト指向の知識表現形式に従って電力系統の設備毎に階層的にまとめた情報である。設備種類をクラスオブジェクトとして表現し、スロットとして設備名、形態、接続設備、構成タイプ等の情報、メソッドとしてその設備に関する知識(ルール集合名と手続き名)が定義されている。

(2) 復旧手順作成ルール集合

復旧手順作成の各処理フェーズで必要な判断の知識を「IF ～条件～ THEN ～処理～」のルール形式で表現し、設備単位にルール集合としてまとめたものである。

(3) 手続き関数

システムの環境設定のためのファイルの読み込み処理、設備単位に整理された給電指令表示処理、潮流計算、系統探索等の手続きである。

(4) 作業領域

故障区間判定結果、故障区間候補、作業計画情報等復旧支援処理の途中結果を保持する領域である。

(5) 簡易シミュレータ

本システムを監視・制御システムとの連携はなくオフラインでも動作できるようにした系統模擬を行うシミュレータである。想定故障点ファイルに指定された故障箇所として試加圧、再送電の結果を模擬する。また、給電指令を具体的な機器操作（オブジェクトのスロット値を変更）に展開する制御所業務は、設備単位に手続きとし、ここに位置付けている。

4. 推論処理構造

図3の故障例を使って推論処理構造を説明する。本例は、送電線1Lに永久地絡故障が発生し、故障区間候補として1L、D配変とE配変の1L側構内、F需要家構内があり、波及停止区間としてC配変構内があることを示している。

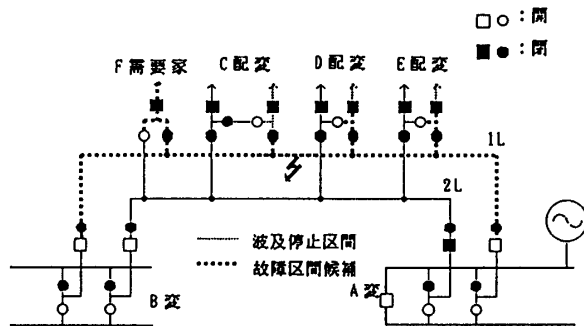


図3. 送電線故障例

推論は、電力系統オブジェクトに「復旧開始」メッセージを送ることによって始まる。復旧開始メソッドは、図1に示した手順に従って電力系統オブジェクトに「初期対応」「過負荷解消」「供給支障解消」「故障区間局限化」「復旧後処理」のメッセージを送る。これらのメソッドは、それぞれの処理の対象設備を選択し、処理を依頼するルール集合である。本故障例では、まず故障区間候補の中で一番電源側の1Lに初期対応のメッセージが送られる。送電線初期対応では自

送電線にたいして出向準備依頼をし、構内保護Ryを有した特高需要家が存在するならばその動作確認処理を行うルール集合が定義されているため、本例では、1Lの出向準備依頼とF需要家のRy確認が行われる。

過負荷解消でも対象設備として1Lが選択される。ここでは過負荷をチェックする設備を選択して過負荷対応の処理を依頼するルール集合が定義されており、本例では健全側2Lがそれに当たるが過負荷しないので処理はない。

供給支障解消でも1Lが選択される。ここでは波及停止設備を復旧する優先順位がルールで定義されており、本例ではC配変、F需要家の順で健全側2Lから受電する復旧指令が出される。以降、故障区間局限化、復旧後処理についても同様に判断処理が行われ、復旧のための給電指令が作成される。

5. まとめ

77kV系統を対象とした復旧支援エキスパートシステムを開発し、中部電力(株)岡崎給電所給電所管轄の4つの一次変電所を中心とする系統をモデルとして約100ケースについて複数のベテラン給電員による評価を行った結果、実際の給電運用者の判断と一致し、正しいことが確かめられた。また、オブジェクト指向知識表現を適用した結果、以下のような効果があった。

- (1) 復旧操作のマニュアルである故障対策処置フローに表現されている故障ケース以上に対応可能となった。
- (2) 知識を設備種類毎にまとめているので、膨大な判断知識をコンパクトに効率よく整理することができた。
- (3) 知識の検証・保守は、設備種類の判断処理単位に確認すればよいので作業を軽減することができた。

本システムは、実用に先駆けて、系統作業時に故障が発生した場合のオフラインでの事前検討、教育支援への使用などを検討中である。今後、実用化にあたっては次のような機能拡張が必要であり、引き続き研究開発をおこなっていく予定である。

- (1) 独立した知識源(ルール、手続き)の協調的問題解決機構の確立、適用
- (2) 電力分野向け専用ツールによる推論処理の効率化・高速化
- (3) 制御所業務の知識工学手法利用による構築・保守の効率化

<参考文献>

- (1) 奥田, 他: 「二次系統における事故時復旧操作への知識工学の応用」, 電学論B, 107, 509 (昭62-10)
- (2) 福田, 他: 「基幹系統故障復旧エキスパートシステムの開発」, 電気学会電力技術研資, PE-88-23
- (3) 柴崎, 他: 「77kV系統故障時復旧支援エキスパートシステムの開発」平成2年電気学会全大
- (4) 科学技術庁編: 「科学技術情報活動の現状と展望 第8巻 知識ベース・システム」大蔵省印刷局 (昭60-12)