

変電所停電操作支援エキスパート・システム

6B-3

— ATMS による系統の状態表現 —

鈴木常彦*¹ 田中庸平*¹ 矢田四郎*¹ 志澤通正*¹ ° 工藤隆司*² 塩崎慎治*² 伊神克典*³*¹中部電力(株)*²日本ユニシス(株)*³中部ソフトエンジニアリング(株)

1. はじめに

変電所停電操作支援エキスパート・システムは、変電設備に対する停電操作を検証するためのシミュレータである。このシステムでは、系統の電圧の加圧範囲の決定や、故障時の異常電流の伝播等を、ATMSを用いて表現しており、その有効性を確認したので報告する。

2. 変電所停電操作支援エキスパート・システム

2.1 システム化の背景

中部電力の各変電所では、変電設備の点検や新設、撤去に伴う変電設備の停電操作が日々行なわれている。停電操作の範囲は、個別機器の停電から、系統にまたがる停電まで多岐に渡る。停電操作を誤ると故障が発生し、保護回路の動作に伴って停電範囲が広がり、電力の受給者に悪影響を及ぼす。

停電操作は、停電操作の手順を記述した指令操作票に基づいて実施される。指令操作票は、停電操作を行なう操作者により記述され、何名かの変電保守部門の専門家により検証されている。この人間系の検証システムにより、故障の発生はほとんど無くなっているが、皆無ではない。さらに、故障の発生を経験する事が少なくなっている。このような背景により、停電操作の検証システムの実現が検討された。

2.2 システムの概要

変電所停電操作支援エキスパート・システム(以下ES)は、停電操作を検証するためのシミュレータであり、3つのサブシステムから成る。

- ① 模擬操作盤サブシステム
- ② 指令操作票作成サブシステム
- ③ シミュレーション・コンサルテーションサブシステム

なお、当システムは、日本ユニシスのKS-303上にKEE(Level 3.1)を用いて構築している。

2.2.1 模擬操作盤サブシステム

岡崎変電所をモデルとした模擬操作盤を表現したサブシステムである。模擬操作盤上の単線結線図には主機器として、変圧器、しゃ断器、断路器、接地変圧器等の機器が実現されている。しゃ断器や断路器等の開閉器は、マウスから開閉操作が可能である。内部的には、各種のシーケンス(保護方式)も組み込まれており、主保護/後備保護の関係も実現されている。

2.2.2 指令操作票作成サブシステム

エンドユーザーが指令操作票を簡単に作成できる事を目的とした、インテリジェントな指令操作票エディタである。これで作成された指令操作票は、シミュレータで実行可能であり、指令操作票の検証が出来る。

2.2.3 シミュレーション・コンサルテーションサブシステム

作成した指令操作票を連続的に実行したり、マウスから直接機器を操作する事で、指令操作の正当性を検証して

きる。指令操作に誤りがあった際には、故障を発生させ、故障の発生した原因をコンサルテーションする。

3. ATMSを用いた知識表現

3.1 ATMS

ATMS (An Assumption-based Truth Maintenance system)は、命題論理を基礎としたシステムであり、知識ベース上での命題の真偽を自動的に取扱う。命題間の関係は、命題のホーン節を宣言する事でその依存関係を定義できる。この宣言文をJustificationという。各命題はnodeで表現され、各nodeはその命題が信じられているかどうかを保存するための環境、すなわち、仮説の集合と、そのnodeを結論部とするjustification、および、そのnodeを前提部にもつjustificationを保持している。環境が空でない限り、その命題は信じられており、それをbeliefと呼ぶ。任意の命題は、仮説によりbeliefとなり、ATMSは、justificationを用いて他のbeliefを導き出す。もし、ある仮説が真でなくなる(すなわち翻意)と、その仮説を前提としてbeliefとなっていた命題群はその知識ベース上では信じられなくなる。

当ESでは、系統の電圧の加圧範囲の決定や故障時の電流の伝播、母線間のブリッジ条件の判定等にATMSを用いた。

3.2 電圧の表現

電圧の伝播の表現は、隣り合った機器と回線の関係に着目してjustificationを宣言すれば良い。

例えば、受電端である東名古屋線(東名線)での電圧のjustificationは、図1のようになる。図1の1行目は、「L592に電圧があるのは、L592の状態がIN、かつ、東名1LAの電圧があり」を宣言している。

図1の宣言は、上位の機器から下位の機器に向かって電圧の伝播を宣言しており、下方の機器から上位の機器に向かって宣言すれば、電圧の逆圧を表現できる。

このように、アルゴリズムに依らず宣言的に知識を表現したものを、宣言的知識という。宣言的知識の特徴は、宣言する順番は気にせずに、特定の機器間関係だけに着目して宣言すれば良いと言う事であり、知識のメンテナンスという点で優れている。

この宣言のもとで、東名1LAに電圧「あり」を仮説として与えると、開閉器の状態に従って電圧が伝播していく。図2は、東名1LAからの電圧の伝播を表現したグラフである。東名1LAの電圧の仮説「あり」を知識ベースから除除くと、この仮説に依存して伝播していた電圧は消失する。

3.3 故障時の電流の表現

図3は、岡西2Lの故障電流の伝播を宣言している。線路や母線を監視しているデモンは、地絡や短絡を発見した際には、その地点に故障電流「あり」を事実として付加える。ATMSはこの事実を仮説として故障電流を伝播させていく。

図4は、岡西2LAに故障が発生し、故障電流が伝播したグラフであり、岡西線の主保護によりCB724がしゃ断されると、CB724の開閉状態「in」を前提として成立していたCB724の電圧が消失し、この電圧を条件として伝播していた故障電流も消失する。

An expert system for verification of switching sequences at substation.

- State representation of electric power system by ATMS -

Tsunehiko SUZUKI, Yohei TANAKA, Shiro YATA, Michimasa SHIZAWA : Chubu Electric Power Co.,INC.

Ryuji KUDO, Shinji SHIOZAKI : Nihon Unisys,LTD.

Katsunori IKAMI : Chubu Soft Engineering.

4. 実行例

図5は、電圧のある岡西2LCにアースを付けてしまい、地絡故障が発生した例である。主保護として、77KV地絡母線保護が働いた。

なお、太い線は電圧のある線路、母線を示す。○印は断路器を、□印はしゃ断器を示す。断路器、しゃ断器ともグレーは閉（回路としてつながっている状態）を、白は開を示す。

5. 研究の過程

この研究は、昭和63年4月から平成元年3月の2年間にわたり行なわれている。昭和63年度は、模擬操作盤サブシステムとシミュレータの一部を作成した。平成元年度は、指令操作票作成サブシステムとコンサルテーションの部分構築する。

(宣言 (L592 電圧 あり) :- (L592 状態 in) (東名1LA 電圧 あり))

(宣言 (東名1LB 電圧 あり) :- (L592 電圧 あり))

(宣言 (CB592 電圧 あり) :- (CB592 状態 in) (東名1LB 電圧 あり))

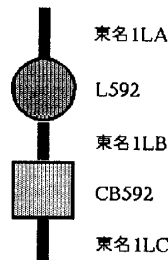


図1. 電圧の伝播の宣言

(宣言 (L724 故障電流 あり) :- (L724 電圧 あり) (岡西2LA 電圧 あり))

(宣言 (岡西2LB 故障電流 あり) :- (L724 故障電流 あり))

(宣言 (CB724 故障電流 あり) :- (CB724 電圧 あり) (岡西2LB 故障電流 あり))

図3. 故障電流の伝播の宣言

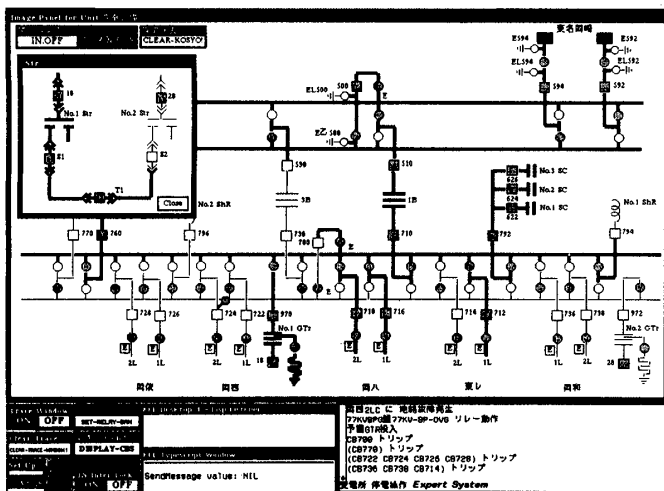


図5. 実行例

6. おわりに

系統の状態表現に、宣言的な知識表現としてATMSが利用でき、その記述の明快さと論理的整合性の保証が、システム構築に有効である。

参考文献

J.de Kleer : "An Assumption-based Truth Maintenance System", Artificial Intelligence 28(1986)pp.127-162

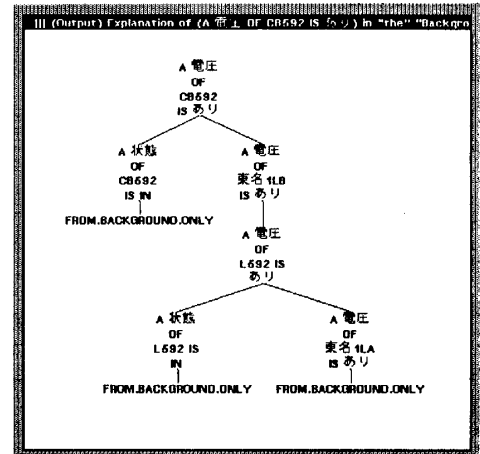


図2. 電圧の伝播のグラフ

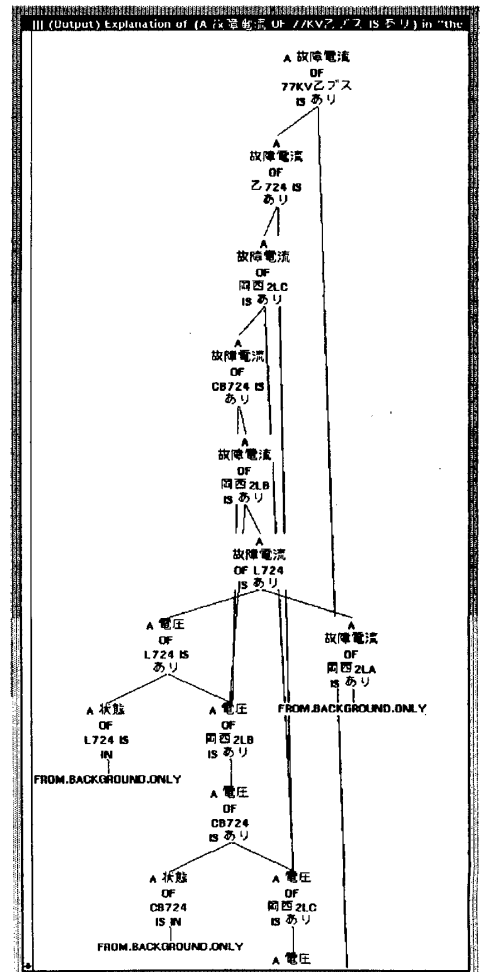


図4. 故障電流の伝播のグラフ