パソコンによる電力系統平常時操作支援 エキスパートシステム

正員 永田 武 (松江高専)
正員 佐々木 博司 (広島大学)
正員 北川 稔 (中国電力)
正員 杉原 弘章 (中国電力)

Knowledge Based System Supporting for Power System Operation Procedure on Personal Computers

Takeshi Nagata, Member (Matsue College of Technology), Hiroshi Sasaki, Member (Hiroshima University), Minoru Kitagawa, Member, Hiroaki Sugihara, Member (Chugoku Electric Power)

Power system apparatuses are often deenergized for maintenance, followed by reenergization. Switching operations to change the network configuration are performed according to a predetermined switching sequence list. So far, a dispatcher in the power system control center manually makes up a switching sequence list in consideration of network conditions and security. In recent years, knowledge based approaches have been proposed and implemented in real systems. However, this sort of approaches tends to be expensive in real implementation. One of main causes of high implementation cost lies in the requirement of high performance computers.

In this research, we have developed an economical knowledge based system for supporting the power system operation procedure which can be implemented on personal computers. This expert system has the following characteristics :

- (1) It can automatically make up a valid switching sequence list for any network configuration, and verify switching sequence lists by simulating the switching operations on the graphic monitor.
- (2) It can also verify the knowledge base by dynamic verification technique.
- (3) Two personal computers are linked by serial interface to simulate a control center. The display scrolling and the voice announcement are also implemented on the system.

キーワード：電力系統，平常時操作，知識ベースシステム，動的検証，PC，マンマシンインターフェイス

1. まえがき

一般に、電力系統は遮断器、断路器、変圧器、母線、調相設備等の変電設備と、送電線、開閉塔等の送電設備からなる。これらの設備は、保守作業あるいは系統運用上の理由により停止したり、停止したものをその後再運用する必要がある。これらの停止対象設備の停止および使用の操作は、平常時操作と呼ばれており、複数のステップからなる操作指令手順表に基づいて実施されている。この操作指令手順表の作成方式は、手動作成方式、ファイル方式、論理生成方式、知識ベースによる方式の4つに大別される。

まず第一の方式は、制御所等の運転員が系統の運用方式や安全性を考慮しながら1ステップずつ作成する方式であ

る。しかし、大規模で複雑な系統構成に対応するには運転員の負担が大きくなりすぎている

ファイル方式は、あらかじめ主要設備に関する標準的な手順表を計算機に保存しておき必要に応じて呼び出し、一部修正の上再利用する方法である。しかし、系統構成の変更と同期して保存してある標準的な手順表も変更しなければならず、計算機システムのデータベースの管理を難しくしている。

論理生成方式⁽¹⁾は、系統の運転員が実施している平常時操作の考え方をいくつかの処理単位にまとめて手続き型言語で記述したものであり、ほぼ計算機による操作指令手順の自動生成が可能になっている。平常時操作における実際の運用規則や運用経験から幾つかの知識を抽出し、これ

を規則の形に表現し、これらの規則と操作する時点の系統状態を比較することにより手順表を生成しているため、その時点で最も適切と考えられる操作指令手順が自動生成される。この方式は、I F〜T H E Nで表現した規則がプログラムのロジック部に配置されている点が知識ベース処理と異なっている。従って、プログラムの規模が非常に大きくなっており、ソフトウェアの保守の点から難点が多い。

知識ベースによる方式⁽²⁾⁽³⁾⁽⁴⁾は、問題解決の手続きを汎用性をもつ推論機構と問題向きの知識に分離した手法であり、優れた方式であるといえる。しかし、本手法は本質的に知識の不完全性という問題点が残る。文献(6)は、このような問題解決のために電力系統操作手順作成に対する知識の動的検証の枠組みを提案した先駆的な論文である。そこでは、システムが満足すべき仕様を「状態禁止」、「遷移禁止」、および「サブゴール到達」の3つの制約条件として知識ベースに格納し、ワーキングメモリ上にこれらの制約条件に違反する状態が発生すれば、推論を中断させている。しかし、同論文で示されている3つの制約条件の具体的な実現方法は、実在の開閉器毎の状態を個々に規定して知識ベースに格納しており、実用的なシステムに搭載するには、開閉器数に比例するような膨大な数のルールを入力しなければならず煩雑すぎる。更に、知識ベースによる方式は、その開発や維持に要するコストが従来のシステムに比べ著しく増大する傾向にある。その理由の1つとして知識ベース処理を実現するための高性能な計算機の必要性がある。

本論文では、知識ベースによる方式の上述の問題点を克服する目的で、平常時操作の基本的な考え方に基づいたより深い知識を用いて、検証用知識数を少なくした動的検証機構を備え、更に、安価なパソコンと汎用的な言語を用いて開発コストを抑えた平常時操作支援システムを提案する。本論文の方式の特長は以下の3点である。

- (1) 動的検証用の知識として、平常時操作の基本的考え方に基づく深い知識を導入するとともに、パソコン用に簡易な動的検証機構を提案していること。
- (2) 2台のパソコンの並列駆動により、制御所等の実システムと同等な感覚で操作指令手順の作成とシミュレーションが行えること。
- (3) 系統図の大画面スクロール、マウスカーソルの2画面連続移動、および音声出力を組み込み操作性の向上を図っていること。

ここで、(1)は信頼性の高い実用の知識ベースシステムにするためには必要不可欠なものである。本システムでは、次章で述べる平常時操作の基本的な考え方の制約条件を個々の開閉器のレベルではなく、もっと抽象的な電力系統設備・機器の充電状態と運転状態(使用中、運用停止中、作業中)を用いて記述して、検証用の知識数の低減を図っている。また、シングルタスクの動作が基本であるパソコン上でシステムを構築するために、文献(6)の機構を簡易にして実現している。両者の相違は、推論エンジンとワーキングメモリを監視している検証用のタスクが独立

に存在するか否かであり、検証結果に影響を与えるようなものではない。次に、(2)は実システムでの操作性に極力近づけるためである。実システムの平常時操作業務は、操作指令手順表と系統図を同時に表示させながら実施されているからである。また、(3)は操作性の向上のために考慮した機能である。マウスカーソルの2画面連続移動により、実システムよりも操作性が向上している。すなわち、実システムではライトペン等のポインティングデバイスは、左右切替え釦を押下した側のCRT画面の受け付けを可能とさせているが、本方式はこの釦押下の行為を不要とし左右のCRT表示装置間でマウスカーソルを自由に移動できるからである。また、操作シミュレーション時に操作手順内容の音声出力を付加したため、使用者は系統図上の状態変化に意識を集中させることができ、より確実な手順の検証ができる。

以下では、まず平常時操作の考え方について述べ、次に提案する手法の具体的実現方法について述べる。更に、システム構成について述べ、最後に本システムの有効性を確認するために、実系統の一部をモデル化した送電系統に適用した結果を示す。

2. 平常時操作

〈2.1〉 基本的考え方 一般に平常時操作を行う場合には、系統の安定供給を維持しながら安全な操作を実施する必要性から、下記のような考え方のもとで操作指令手順表を作っている⁽¹⁾。

- (1) 停電範囲を最小とする (制約条件(1))
- (2) 停電時間を最短とする (制約条件(2))
- (3) 操作の安全性を確保する (制約条件(3))

知識ベース方式による操作指令手順を作成するためには、上記(1)〜(3)を制約条件として操作対象設備を停止し、更に使用する適切な知識の集合を抽出することが必要である。平常時操作の知識を整理しやすくするため、電力系統を以下のグループに分類する。

- (i) 停止対象設備グループ
- (ii) 関連停電設備グループ
- (iii) 従属停止設備グループ
- (iv) その他停電設備グループ
- (v) 操作の影響を受けない充電系統設備グループ

ここで、「停止対象設備グループ」は停止件名として入力された停止対象の設備の集合、「関連停電設備グループ」は停止対象設備を停止した結果として停電する設備の集合、「従属停止設備グループ」は停止対象設備を停止するために無電圧操作開閉器の操作を必要とするために従属して停止せざるを得ない設備の集合、「その他停電設備グループ」は初期系統において既に停電している設備の集合である。

これらのグループの中で、制約条件(1)は「関連停電設備グループ」と「従属停止設備グループ」の最小化問題として扱うことができる。すなわち、「関連停電設備グループ」の最小化のためには、停止対象設備の停止に先立って予め他の充電設備と併用する知識を、「従属停止設備グ

ループ」の最小化のためには、停止対象設備の停止後に他の充電設備から課電する知識を知識ベースに登録すればよい。一方、制約条件(2)(3)は同一グループ内の操作順序を適切に行うための知識を知識ベースに登録することにより実現できる。

〈2.2〉 処理の流れ 一般的な平常時操作の処理の流れを図1に示す。同図の[2]～[5]が知識ベース処理に関係する部分である。以下、図に従って説明する。

- [1] 停止対象設備の入力 停止対象設備コード、作業目的および作業開始・終了時間等の入力。
- [2] 操作順序の決定 停止対象設備として入力した設備を停止するためには、その停止対象設備の境界にある開閉器を開く必要がある。例えば、送電線の場合に操作を必要とする箇所は複数の異なった発電所や配電用変電所、そして特別高圧需要家(特高)等の引込み線になる。従って、操作の安全性や開閉する機器種別の制約により、操作の順序を決定する。
- [3] 停止側手順の作成 操作順序に従って停止側操作指令手順を作成する。また、給電所で作成される操作指令手順は効率化のために目的指令用語(1つの指令用語で実際には複数の開閉器が操作される: 作業停止、使用等)を用いて作成する。
- [4] 使用側手順の作成 実際の作業等が完了した後、停止している停止対象設備等を操作前の初期システムに戻すために、一連の操作指令手順を作成する。
- [5] 操作シミュレーション 完成した操作指令手順が正しいか否かを1ステップ毎の操作シミュレーションにより検証する。
- [6] 指令実行 実際に、現地の開閉器を操作する信号を送出する。

図1 処理の流れ
Fig.1. General flow

本システムでは[1]～[5]をカバーしている。

3. 実現方法

本システムを実現する上で必要となる基本機能には、充電設備判定、課電操作開閉器の抽出、最短経路決定等があるが、ここでは知識ベース処理に関連する4つの機能について説明する。

〈3.1〉 動的検証 一般に、知識ベースによる処理は知識の不完全性という大きな問題がある。この知識の不備を発見するためには個々の知識の適用によって生ずるすべての中間結果を予測し、知識の適用条件を厳密に記述しなければならない。これには相当な時間と高度な知識情報処理技術者の力を必要とするため、完全に誤りを除くことは事実上不可能である。従って、知識自体には誤りがないが、知識適用過程で発生する誤推論を検証するような機構を構築することができれば非常に有効である。

知識ベースによる処理ではその推論過程の全ての情報をワーキングメモリに保有しているので、その過程を何等かの方法で監視すればよい。このことを知識の動的検証と呼び、その機構の一例が既に文献(6)で紹介されている。しかし、文献(6)の検証用知識は開閉器毎の状態を全て制約条件として規定しなければならない。これは、実システムにおいては、検証用知識の初期入力量が膨大になるばかりでなく、頻繁に実施されている系統設備・機器の追加・削除等に同期して検証用知識を更新しなければならぬ現実的でない。そこで著者らは、動的検証用知識として平常時操作の基本的考え方に基づくより深い知識を導入している⁽⁷⁾。本システムの動的検証用知識ベースには、〈2.1〉で説明した3つの制約条件に対応する知識を組み込んでいる。以下にその一例を示す。

(1) 停電範囲最小化

IF 停止対象設備が送電線の1回線 and
連係する2回線受電特高が停電
THEN 推論過程に誤りがある

(2) 停電時間最小化

IF 停止対象設備が送電線の1回線 and
1回線受電特高の停電時間が2回線受電特
高より長い
THEN 推論過程に誤りがある

(3) 操作上の安全確保

IF 停止対象設備が複数ある and
ある停止対象設備の作業終了後の復旧操作
により停止中の停止対象設備に影響がある
THEN 推論過程に誤りがある

現状、深い知識を統一的に抽出する手法は確立されていないが、対象とする物事の原理や原則に関する知識が深い知識であると考えられる。今、「2回線受電特高が何故存在するのか」ということを考えてみる。それは、片回線の引込み線の作業停電時等に他回線から受電し、特高が全停しないように考えられた特高受電形態であると考えられる。従って、そのような知識からワーキングメモリを検証しよ

うとするのが上述の(1)の知識である。これは、停電範囲最小化という平常時操作の基本的考え方の制約条件(1)に対応するものである。以下の検証用知識もこのようにして抽出している。

図2が、本システムの動的検証の機構である。シングルタスクの動作が基本であるパソコン上でシステムを構築するために、文献(6)の機構を簡易にして実現している。両者の相違は、推論エンジンとワーキングメモリ監視用の検証用のタスク(文献(6)ではコレクトネスチェッカーと称している)が独立に存在するか否かであり、検証結果に影響を与えるようなものではない。本方式では、ワーキングメモリの内容の更新の都度、同じ推論エンジンを用いて検証用知識を適用した検証を実施している。

〈3.2〉 操作順序の決定 図1の[2]に対応する操作順序の決定は、本システムで重要な役割を持つ。図3は、操作順序の決定における考え方を説明するための簡単なモデル系統である。(a)図に示すように、停止対象設備はA変電所とE開閉所間の送電線a-e線1Lとする(図中の太線で示す)。停止対象の送電線はA変電所側から課電されており、E開閉所の開閉器は無電圧操作開閉器とする。従って、E開閉所の開閉器の操作時には開閉器の両端が無電圧でなければならない。停止対象設備を停止すると、(b)図の囲んだ部分が停電となる。この停電系統は「停止対象設備グループ」Ga、「関連停電設備グループ」Gb、「従属停止設備グループ」Gcに分類される。ここで、Gbに含まれるC特高は2回線受電特高であるから停止対象設備の停止に先立って、2L側から受電するような操作を実施すれば停電を回避できる。一方、Gcに含まれるD特高は停止設備の停止後にB変電所側から課電すれば、停電を回避できる。それらの操作を実施した系統を(c)図に示す。同図において数字1~7はその操作順序を表している。操作順序6と7は従属停止設備グループへの再課電操作に対応するものである。以上のように初期系統と停止対象設から、電力系統をグループに分類し、「関連停電設備グループ」の停電回避操作、「停止対象設備グループ」の停止操作、「従属停止設備グループ」への再課電操作の順序で操作するように知識ベースに登録すれば、適切な操作順序が決定できる。

図2 動的検証機構
Fig.2. Architecture of dynamic verification

図3 簡単な系統
Fig.3. Simple network

〈3.3〉 指令用語の決定 図1の[3]~[4]の手順の作成で必要になる指令用語は、操作対象設備の種類、所属の事業所種別、操作目的、系統の状態により決定できる。本システムで考慮している操作対象設備の種類は、母線(単母線、複母線、変圧器3次側母線)、変圧器、発電機、調相設備(SC, SR)、引込み線である。所属の事業所種別は、変電所、発電所、配電用変電所、特高(1回線受電、2回線受電)、開閉所である。操作目的は、予定作業停止操作と運用停止操作である。系統の状態とは、操作対象設備に隣接する開閉器の開閉状態、設備の充停電状態、そして運転状態(使用中、作業中、運用停止中)である。表1に本システムの知識ベースに格納している指令用語を示す。

〈3.4〉 個別機器操作への展開方法の決定 図1の[3]~[5]で必要になる個別機器(遮断器や断路器)操作への展開方法の決定は、操作指令手順作成における指令用語の決定と、生成された操作指令手順が妥当であるか否かを検証するために重要である。操作指令手順の指令用語を遮断器や断路器等の個別機器の開閉操作に展開するに

表1 指令用語

Table 1. Macro instructions

入れる	解列
開く	並列
作業停止	発電停止（作業）
運用停止	発電停止（運用）
停止	受電
復旧	A接地つける
使用	A接地はずす
併用解く	作業開始
併用	作業終了
ループ切替（作業）	運用停止開始
ループ切替（運用）	運用停止終了
停電切替（作業）	開放確認
停電切替（運用）	操作ロック
切替	ロック解除

は、開閉器の集合としての接続子の概念⁽⁵⁾を用いるのがよい。接続子とは設備と設備を結合する開閉器の集合で、図3(c)の破線で囲んだ部分に対応する。接続子を用いると設備データの管理が容易になり、個別機器操作への展開方法を容易に知識表現することができる。すなわち、指令用語と操作対象設備と隣接する接続子内の開閉器の開閉状態により、どのように個別操作すればよいかが決まることができる。例えば、指令用語が“作業停止”の場合は操作対象設備に接続する接続子内の全開閉器を“開”状態にするような知識を知識ベースに格納すれば、操作対象設備に接続する開閉器の集合（すなわち接続子内の開閉器）が非標準な開閉器の形態であったとしても、この知識で対処できる。また、個別機器操作が完了すると当該操作対象設備と機器の状態は、図4に示すように、作業中、運用停止中、使用中のいずれかに状態を更新する。

4. 本エキスパートシステムの構成

図5に本エキスパートシステムの構成を示す。CPUとして80286を用いた汎用パソコン2台を、RS-232Cインターフェイスを用いて接続している。制御所等の計算機システムの構成に合わせて、パソコン右は系統図、パソコン左は操作指令手順表を表示させている。系統図は拡張メモリ（EMS）を用いて大画面スクロール機能をソフト的に実現している。すなわち、EMSに格納している画面データに対して表示すべき部分のアドレスを計算し実メモリ上に復元させている。2台のパソコンの画面とのマンマ

図4 運転状態

Fig.4. Operating status

シンインターフェイスは主にマウスを用いている。このためマウスカーソルの2画面連続移動を実現している。すなわち、パソコン右にマウスを接続し、マウスカーソルの(x,y)座標と左右どちらの画面上にあるのかを示す情報をRS-232Cを介してパソコン右からパソコン左に送り、マウスカーソルの表示が必要なパソコン側で表示させている。また、操作シミュレーション時はマウスによりパソコン左の操作指令手順表の該当ステップをクリックすれば、当該ステップの表示色が白色から黄色に変化し、パソコン右の系統図の該当する開閉器の形状と表示色、および設備の充電色（赤：充電、青：停電）が変化する。更に、その操作の内容が音声出力される（出力装置：VCS11A-CIF）。使用言語は、OPS83とMS-Cである。図6に表示画面の例を示す。

5. 実行結果および考察

本システムの有効性を確認するために、実系統の一部をモデル化した送電系統に適用しケーススタディを行った。その中から停止対象設備が2つの場合のケースを、図7の系統（モデル系統の一部）を用いて説明する。同図に示すように、本ケースの停止対象設備は、送電線と送電線に連係している遮断器であり、停止の時間帯（停止時刻から使用時刻まで）が互いに関連するやや複雑なものである。

図8は、操作指令手順作成中に知識の動的検証により知識に不備があることが指摘されている例である。第17手順の遮断器の作業終了後の使用操作で、作業中であるべき送電線への課電が発生し、システムが警告メッセージを出力している。すなわち、これは<2.1>で述べた制約条件(3)に対応した動的検証用の知識により導出された結果である。この警告メッセージをもとに知識ベースを調べてみると、遮断器の作業終了後の使用側操作の時点で、使用側操作により他の停止対象設備に影響を与えるか否かの検証を実施しなければならないことがわかる。すなわち、指令用語を「使用」ではなく「復旧」にするための知識が不足していたのである。このような知識を追加すれば、図9に示すように妥当な操作指令手順が作成される。同図において、第3手順が「関連停電設備グループ」に対する停電回避手順

図5 システム構成

Fig.5. System configuration

電力系統操作手順表

番号	所 名	操 作 内 容
1	坂（特）	坂支線 1 L → 2 L ループ切替（作業）
2	坂（特）	坂支線 1 L LS11 操作ロック
3	上平原（変）	上平原線 1 L 作業停止
4	東広島（変）	上平原線 1 L 作業停止
5		上平原線 1 L 作業開始
6		上平原線 1 L 作業終了

次
戻
終

(a) パソコン左

(b) パソコン右

図6 表示画面の例

Fig.6. An example of the display format

であり、第10～11手順が「従属停止設備グループ」への再課電手順である。実際の制御所等で実施されている操作シミュレーションは、2つのCRT表示装置に系統図と操作指令手順表を表示させ、1手順ステップ毎に模擬操作を実施し、その系統状態変化の良否を目視により判定している。本システムでも、パソコン右はスクロール付きの系統図、パソコン左は操作指令手順表を表示させているため、実システムと同様な操作シミュレーションが可能である。更に、操作対象の手順ステップの内容の音声出力も付加したため、運用者は系統の状態変化に意識を集中させることができ、より確実な手順ステップの検証ができる。

また、図9に示す程度（30手順ステップ程度）の操作指令手順を作成するための所要時間は、運用者が考えながら行う手動設定方式だと20分程度であるが、本システムでは、5秒程度である。

6. あとがき

本論文では、パソコンによる知識ベースによる電力系統の平常時操作支援システムについて提案した。平常時操作の基本的な考え方に基づいたより深い知識を用いて、検証用知識数を少なくした動的検証機構を備え、更に、安価なパソコンと汎用的な言語を用いて開発コストを抑ええた平

停止対象設備	停止時間	作業目的
織田一鎌倉線 1 L	8:00-19:00	作業
織田(変)CB30	10:00-15:00	作業

図7 対象系統（一部）と停止対象設備
Fig.7. Applied model network and deenergizing apparatuses

<< A I 応用平常時操作指令手順作成・検証システム >>

停止件名を入力して下さい

設備コード	機器コード	目的	開始時間	終了時間	c/e
LN001001	—	sagyou	8:00	19:00	c
—	CB001001	sagyou	10:00	15:00	e

平常時指令手順の作成を開始します

1	武田 (特)	武田 線	1 L		開放確認
2	武田 (特)	武田 線	1 L	LS11	操作ロック
3	上杉 (特)	上杉 線	1 L → 2 L		ループ切替 (運用)
4	上杉 (特)	上杉 線	1 L	LS11	操作ロック
5	徳川 (配)	徳川 線	1 L		作業停止
6	伊達 (特)	伊達 線	1 L		受電停止 (運用)
7	北条 (空)	北条・鎌倉 線	1 L		運用停止
8	織田 (空)	織田・鎌倉 線	1 L		作業停止
9	鎌倉 (開)	鎌倉・織田 線	1 L	LS11	開く
10	北条 (空)	北条・鎌倉 線	1 L		使用
11	伊達 (特)	伊達 線	1 L		受電
12	織田 (空)	織田・鎌倉 線	1 L		A 接地つける
13	---	織田・鎌倉 線	1 L		作業開始
14	織田 (空)	織田・鎌倉 線	1 L	CB30	作業停止
15	---	織田・鎌倉 線	1 L	CB30	作業開始
16	---	織田・鎌倉 線	1 L		作業終了
17	織田 (空)	織田・鎌倉 線	1 L	CB30	使用

```

*****
** The following illegal element was detected **
** in the working memory ! **
*****
<6>
(goalx statux = lerror!;
classx = ldeep30!;
ssname = |織田 (変) |;
ndname = |織田-鎌倉線 1 L|;
ndstatus = |作業中|; )
*****
** Apparatus being maintained will be charged. **
** ----> Check the Knowledge-base **
*****

```

図8 動的検証の例

Fig.8. An example of dynamic varification

常時操作支援システムが構築できた。実系統規模のモデルシステムを用いたケーススタディにより本システムの有効性を示した。

電力系統操作手順表

番号	所 名	操 作 内 容
1	武田 (特)	武田線 1 L 開放確認
2	武田 (特)	武田線 1 L LS11 操作ロック
3	上杉 (特)	上杉線 1 L → 2 L ループ切替 (運用)
4	上杉 (特)	上杉線 1 L LS11 操作ロック
5	徳川 (配)	徳川線 1 L 作業停止
6	伊達 (特)	伊達線 1 L 受電停止 (運用)
7	北条 (変)	北条-鎌倉線 1 L 運用停止
8	織田 (変)	織田-鎌倉線 1 L 作業停止
9	鎌倉 (開)	鎌倉-織田線 1 L LS11 開く
10	北条 (変)	北条-鎌倉線 1 L 使用
11	伊達 (特)	伊達線 1 L 受電
12	織田 (変)	織田-鎌倉線 1 L A 接地つける
13	---	織田-鎌倉線 1 L 作業開始
14	織田 (変)	織田-鎌倉線 1 L CB30 作業停止
15	---	織田-鎌倉線 1 L CB30 作業開始
16	---	織田-鎌倉線 1 L CB30 作業終了
17	織田 (変)	織田-鎌倉線 1 L CB30 復旧
18	---	織田-鎌倉線 1 L 作業終了
19	織田 (変)	織田-鎌倉線 1 L A 接地はずす
20	伊達 (特)	伊達線 1 L 受電停止 (運用)
21	北条 (変)	北条-鎌倉線 1 L 運用停止
22	鎌倉 (開)	鎌倉-織田線 1 L LS11 入れる
23	織田 (変)	織田-鎌倉線 1 L 使用
24	北条 (変)	北条-鎌倉線 1 L 復旧
25	伊達 (特)	伊達線 1 L 受電
26	徳川 (配)	徳川線 1 L 使用
27	上杉 (特)	上杉線 1 L LS11 ロック解除
28	上杉 (特)	上杉線 2 L → 1 L ループ切替 (運用)
29	武田 (特)	武田線 1 L LS11 ロック解除

図9 操作指令手順

Fig.9. Operation sequence

本システムは、実用の操作支援システムだけでなく、系統運転員の新人教育用システムとしても有効であると考えている。すなわち、異なった系統構成と停止対象設備に対して、知識ベース処理で作成した手順の操作を画面上で繰り返し実行することにより、短期間に熟練運用者が行う操作のノウハウを体得できると予想される。

電力系統制御のための計算機は信頼性と性能の面で制御用計算機が不可欠であるが、本論文で対象としたようなオフライン的な業務を支援する計算機システムには、パソコンでもかなりの部分がカバーできるように考えている。しかし、電力系統制御計算機システムの一部としてパソコンによるシステムを組み込むためには、パソコン側のデータと制御計算機側のデータの共有化をいかに実現するかが大きな課題であるが、適切なコンピュータネットワークを構築し分散処理環境として実現するのも一方法であろう。

(平成 5 年 6 月 21 日受付, 同 12 月 3 日再受付)

文 献

- (1) 永田, 奥寺, 北口, 武田: 「平常時操作指令手順の論理生成方式」, 電学論B, 109, 3 (平元)
- (2) 沖, 倉岡, 他: 「作業停電計画システムの開発研究」, 電気学会電力技術研資, PE-89-20 (平元)
- (3) 長谷川, 田中, 他: 「エキスパート手法を用いた電力系統操作支援システムの開発」, 同上, PE-90-82 (平2)
- (4) 幅, 前田, 渡辺, 福井, 野本: 「作業時操作手順自動作成システムの開発」, 電学論B, 113, 2 (平5)
- (5) 上杉, 梶沢, 中井, 小俣: 「電力系統制御用計算機システムにおけるデータメンテナンス方式」, 電学論B, 109, 2 (平元)
- (6) 高野, 松本, 坂口: 「知識ベースシステムの動的検証法」, 電学論B, 111, 1 (平3)
- (7) 永田, 佐々木: 「平常時操作指令手順作成ルールベースシステムの動的検証方式」, 電気学会電力・エネルギー部門全国大会, 123 (平2)

永 田 武 (正員) 1954年9月28日生。1980年3月広島大学大学院博士過程前期修了。同年4月(株)東芝入社。電力系統計算機制御システムの開発に従事。1989年9月松江工業高等専門学校講師, 1991年4月同助教授, 現在に至る。電力系統運用の自動化に関する研究に従事。特種情報処理技術者, IEEE会員。

佐々木 博 司 (正員) 1941年3月10日生。1968年3月早稲田大学大学院理工学研究科博士過程(電気工学専攻)修了。同年4月広島大学工学部講師, 1980年10月第二類(電気系)助教授, 1989年11月同教授(電力工学教育科目担当), 現在に至る。工学博士。主として, 電力系統の過渡安定度, 状態推定, 最適潮流計算, エキスパートシステムの応用に関する研究に従事。

IEEE, CIGRE, 日本太陽エネルギー学会, 情報処理学会, エネルギー・資源研究会会員。

北 川 稔 (正員) 1937年1月6日生。1955年3月宇部工業高校電気科卒業。同年3月中国電力(株)入社。1965年同社技術研究所勤務, 現在, 同所部長。工学博士。

杉 原 弘 章 (正員) 1957年1月9日生。1981年3月京都大学工学部電気工学科卒業。同年4月中国電力(株)入社。同社技術研究センター所属。電力系統関係の研究業務従事。