

変電所操作支援エキスパートシステムの開発

AIによる操作票の作成と検証

Development of an Expert System to Support the Operation of Substations

Preparation of command table sheets and verification with the aid of AI

(電力技術研究所 情報制御研究室)

電力所が行っている変電所の操作を支援するためのシステムを開発した。これは作業の手順を記した指令操作票の作成と、その検証を支援するためのエキスパート・システムである。このシステムでは、電力所員が容易に変電所のモデルを作成でき、設備形態に合った操作ルールを設定することができる。本システムにより作業効率と信頼性の向上ができるとともに、高い教育効果も期待できる。現在、フィールドテストを行っており、今後の評価を踏まえて実用化を検討したい。

(Electric Power Research & Development Center, Computer and Communications Research Section)

We have developed a system which supports the control operation of substations and which is performed in service stations. It is an expert system which supports the preparation and verification of command table sheets bearing the operation procedures. This system enables the personnel of a service station to easily create a model of a substation and establish the operation procedures best suited to the facility characteristics. It will improve the work efficiency and reliability as well as provide a highly reliable training program. The expert system developed is currently under field tests, the results of which will be used to put it into practical operation.

1 開発の背景

変電所で点検等の作業を行う場合、作業が安全に行える停電区域を誤りなく確保しなくてはならない。これには制御所から行われる開閉器類の遠隔操作の他に、電力所員による保護装置（リレー）のロック、開閉器類の機械ロック、現場アース等、変電所での多岐にわたる操作が要求される。このため電力所では操作に先立って、その手順を記した指令操作票を作成し、複数の所員によりあらかじめチェックを行うことで人為的ミスを防ぎしている。この作業には多くの専門知識が要求され、かなりのマンパワーが割かれている。

そのため、誰が作成しても効率的に、かつ信頼性の高い指令操作票ができるよう、指令操作票の作成と検証を支援するエキスパート・システム「QUALTES」の開発に取り組んだ。

2 QUALTESの構成

QUALTESは、AI（人工知能）開発用ソフトウェアであるKEE^{*1}を用いて、AI専用計算機であるKS-303^{*2}で開発を行い、汎用的な高性能ワークステーション（UNIX）へ移植を行った。

この種のエキスパート・システムは設備の変更などに伴うプログラムの変更が難しいため、プロトタイプ（試作品）にとどまり、実用化ができなかった。そこで、今回の研究ではどこの電力所へ持ち込んでも利用できる汎用的な知識ベースの構築を目指した。

このために変電所毎にそれぞれ異なる機器構成や、ローカルな運用ルールに対応する必要があり、システムを2層構成にすることを考案した。まず一般的な変

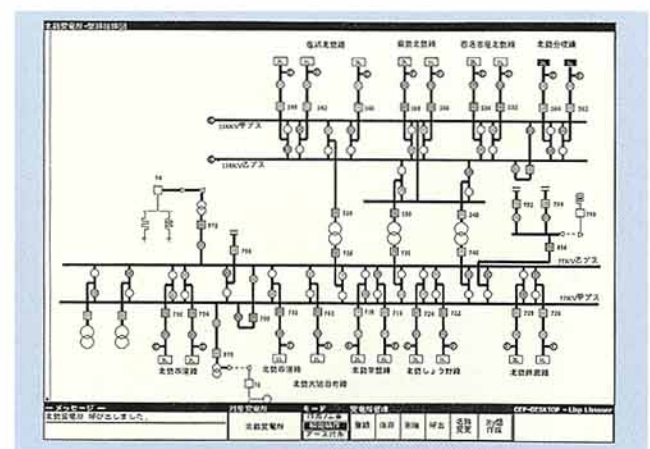
電所の知識を持ったカーネル・システム（核となるシステム）を予め登録しておき、その上にローカルな知識を加えて各変電所のモデルを電力所員が構築し、個別システム（各電力所に合わせたシステム）とする仕組みである。

3 個別システムの機能

個別システムは次の3つのサブシステムで構成される。

(1) 模擬操作盤サブシステム

それぞれの変電所の設備形態を計算機上にプログラミングした模擬設備である（第1図）。模擬操作盤上の単線結線図には、変圧器、遮断器、断路器等の主機器類が配置されており、画面上でマウスによって操作することができる。線路や母線は電圧の有無により、線の太さが変わり加圧状態が一目でわかる。また、各種の保護装置のスイッチやターミナルの操作も行うことができ、不当な操作に対しては警告がなされる。



第1図 模擬操作盤機能

(2) 指令操作票作成サブシステム

指令操作票を画面上で簡単に作成/修正するための知的な専用エディター（編集機能）である。キーボードの操作に不慣れな人でも、マウスによるメニュー選択方式により、簡単に指令操作票を記述できる。この機能で作成した指令操作票はシミュレーション/コンサルテーション機能により検証した後、プリントアウトして実際に用いることができる（第2図）。

(3) シミュレーション/コンサルテーションサブシステム

指令操作票を順次読み込み、模擬操作盤上で一連の操作を実行し、その正当性をチェックする機能である。模擬操作盤上でのマウスによる操作もこのサブシステムがチェックしている。指令操作票に不備な点があれば警告を発して、間違っただ点をコンサルテーションしてくれる。

4 カーネル・システムの機能

カーネル・システムは変電所を構成する基本的な機器の特性と、その操作に関する普遍的ルールを知識ベースに備えており、2つのサブシステムから構成される。

(1) 模擬操作盤作成サブシステム

各変電所のモデルを構築するための機能である。視覚的なユーザインターフェイスにより、電力所員が画面上で単線結線図を作成することが出来る。主機器の結線図を描くと共に、アースポイント、機械ロック、インターロック等の設定を行う（第3図）。さらに保护装置類の設定も行う（第4図）。バックグラウンドでは知識ベースが自動作成されるため、作成した単線結線図をその場で操作してみる事が出来る。

(2) エディター作成サブシステム

操作に関するルールや指令操作票の記述書式は、電

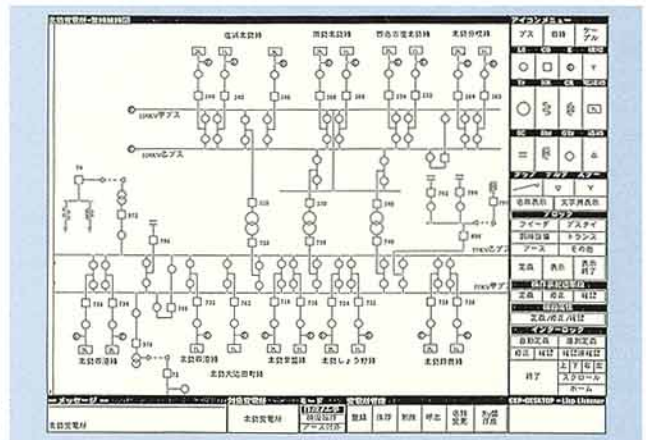
力所により異なっている部分がある。このサブシステムにより各変電所毎に必要なルールとメニューを設定し、最適な操作票が作成できる操作票作成サブシステムを構築できる。

5 実用化に向けて

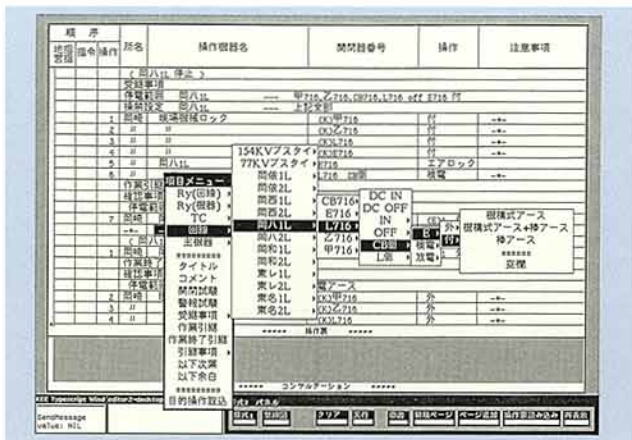
これまでエキスパートシステムは専門の技術者でなければメインテナンスが出来ず、プロトタイプの出なかった。しかし、QUALTESでは視覚的なユーザインターフェイスで知識ベースを生成する仕組みを提供することにより、エンドユーザに知識ベースのメインテナンスの道を開いた。

本システムは現在、岡崎電力所と四日市電力所でフィールドテストを行っている。その結果は改めて報告したいが、従来の手作業に対し相当の作業効率向上を期待できる。もちろん信頼性の向上には、効率では図れない大きな効果がある。さらに本システムのシミュレーション機能は高い教育効果を備えており、人的育成にもつながるものである。今後の評価を踏まえて実用化を検討したい。

- ※1 KEEはIntellicorpの登録商標です。
- ※2 KS-303は日本ユニシス㈱の登録商標です。



第3図 模擬操作盤作成機能（単線結線図）



第2図 操作票作成機能



第4図 模擬操作盤作成機能（リレー盤）