

# 電力システムの監視制御

## Electric Power System Dispatch and Control

高木 久夫\*

Hisao Takagi

### 1. まえがき

需要と供給のバランスが瞬時瞬時に必要な電力システムは、負荷や電源の急変および電力システムの故障に即時に対応する必要がある。良質電気の安定供給が要求される現在ではなおのことであり、電力システムの監視制御は非常に重要なポイントである。

一方、需要の増大により電力システムは益々複雑拡大化しており、その運用体制も制御用計算機を始めとする各種システムの機能向上により、目覚ましい自動化、効率化が進められている。

以下に、電力システムの運用体制に対応した監視制御機能とその特徴について、弊社の現状と方向性を述べる。

### 2. 電力システムの運用体制

弊社の電力システムは500KV、275KVの基幹系統から6.6KVの配電系統まであり、電圧階級、系統規模に

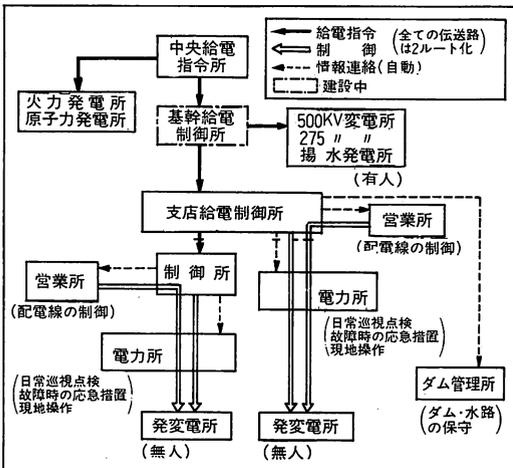


図-1 電力システムの運用体制

応じ図-1に示すような運用体制で監視制御を行っている。中央給電指令所は全社で1箇所の事業所であり、需給調整と基幹系統の運用指令を担当、支店給電制御所は支店別に1箇所で、全社7箇所の事業所があり、支店管轄系統の運用指令と電力機器の制御を担当している。また、制御所は支店内の電力システム規模に応じ設置される事業所であり、現在全社で4箇所の制御所がある。図-1のうち、基幹給電制御所は平成5年度運開予定で現在建設中のものであり、現在中央給電指令所が担当している運用指令と基幹系統電力機器の制御を担務することとしている。

配電線の監視制御は配電系統を担務している営業所が行っており、今回述べる電力システムの監視制御についての記述範囲は、中央給電指令所、支店給電制御所、制御所を主体とする。

また、中央給電指令所と支店給電制御所の電力システムにおける管轄範囲は、図-2に示すように分担している。

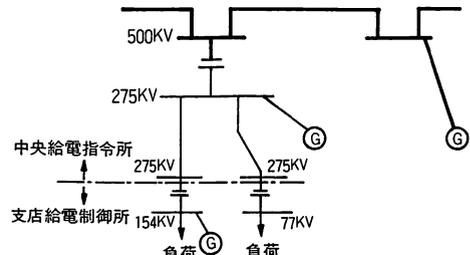


図-2 給電指令管轄範囲

### 3. 中央給電指令所の監視制御機能

#### 3.1 中央給電指令所の業務

中央給電指令所の業務は大別して、需給運用業務と系統運用業務に分けることができる。

その主な業務と内容を表1に示す。

\* 中部電力㈱系統運用部給電施設課長  
〒461 名古屋市中区東新町1

表 1 中央給電指令所の業務

業 務		業 務 概 要
分類1	分類2	
需給運用業務	制御	項目 制御 経済負荷配分制御 需要に応じ周波数を一定に保つよう発電機出力を制御する。 需要に応じ送変電設備に過負荷が生じないように、かつ発電機の燃料費が最小となるよう各発電機出力を調整する。
	監視	項目 監視 予備力監視 発電出力監視 総需要監視 周波数監視 現在および30分先まで発電機の予備力を監視する。 発電機運転状況を把握する。 全社総需要の動向を把握する。 電力系統周波数が所定値にあるか監視する。
	計画	項目 計画 翌日発電計画 週間発電計画 翌日の気象予想などにより安定・効率運用に必要な発電・揚水などの計画を立てる。 1週間の火力・揚水発電機運転計画を立てる。
	記録	項目 記録 発電実績 総需要 融通 各発電機の毎時間WH値を記録する。 1分毎の総需要W値を記録する。 各融通会社間の毎時間WH値を記録する。
系統運用業務	制御	項目 制御 帯圧無効電力制御 系統構成変更指令 系統故障復旧指令 電力系統電圧を所定値に保つよう、かつ送電損失が最小となるよう発電機所の電圧、無効電力を調整する。 電力系統の切替、停止などを制御箇所へ指令する。 電力系統故障時の復旧操作を " " " " " "
	監視	項目 監視 潮流監視 系統故障監視 安定度監視 電力系統電圧、電力潮流、開閉器の開閉状態を監視する。 電力系統の故障状況（故障設備、動作リレー）を監視する。 現在の電力潮流における各変電所、発電機の位相角を計算し電力系統の安定度を監視する。
	計画	項目 計画 年間電力設備作業計画 年月 " " " " 翌月の電力設備作業による効率的な停止を計画する。 翌年度 " " " "
	記録	項目 記録 実績潮流図 1日4点(5時、11時、15時、点灯時)の電圧、潮流、開閉状態を記録する。

3.2 中央給電指令所のシステム構成

中央給電指令所には、電力系統を安定して効率的に運用するため、最新の伝送情報技術、制御用計算機技術を駆使した「自動給電システム」がある。

このシステムは、電力の基幹システムをコントロールするために高い信頼性が必要であり、次のような特徴がある。

ある。

- ・制御用計算機3台で信頼度の高い3系列システムを構成。
- ・計画計算から監視・制御にいたる全ての情報を迅速に入出力するため、高密度カラーCRT（ブラウン管）を設置しシステムの運用機能をアップ。
- ・電力系統のマクロ監視を目的として、系統監視盤を設置し、テレメータ表示とSV（スーパービジョン）表示を専用装置から表示することにより、系統監視の信頼性を向上。
- ・情報伝送路は2ルート化し、単一故障での情報欠落を防止。
- ・システムの電源はCVCF（無停電電源装置）により無停電化を図るとともに、非常用予備発電機を設置。

自動給電システムの構成図を図-3に、また中央給電指令所の指令室の写真を写1に示す。

3.3 主な監視制御機能

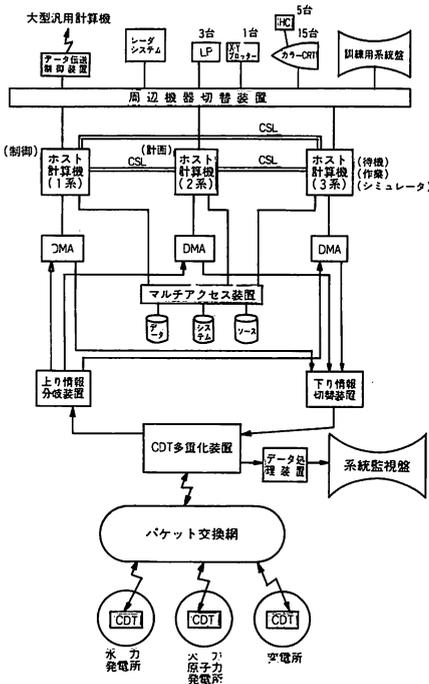
中央給電指令所業務のうち、主な監視制御機能についてその概要を述べる。

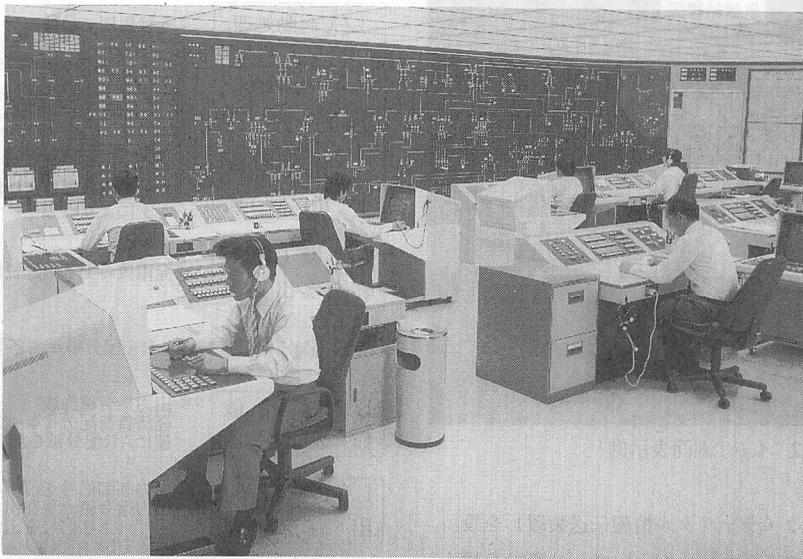
3.3.1 電力系統の監視

(1) 監視範囲、項目

中央給電指令所の監視範囲は図-2に示すように、275KV以上の電力系統である。

このうち、中央給電指令所が電力の安定供給と的確な系統運用をはかるために必要とする情報は、大別す





写1 中央給電指令所の指令室

表2 給電所が必要とする情報の種別

区 分	機 能
(1)系 統 接 続 状 態	CB, LS等の開閉状態の表示
(2)計 測	電圧, 電力, 水位等の指示
(3)記 録	電力量等の記録
(4)保護継電装置等の動作	保護継電装置, 系統安定化装置等の動作の表示
(5)制 御 装 置 の 運 用	ADC, VQC等の運用状態の表示

表3 情報項目別の収集ポイント

情 報 項 目	収 集 ポ イ ン ト
CB開閉状態	送電線, 変圧器, ブスタイ, 発電機
LS "	ブス
電圧テレメータ	発電機, ブス
有効電力テレメータ	送電線, 変圧器, 発電機
無効電力テレメータ	" " "
ダム水位テレメータ	揚水式発電所の上池, 下池
周波数テレメータ	特定箇所
電力量	発電機, 他社融通送電線
保護継電機	送電線保護, ブス保護, 変圧器保護, 系統安定化保護, 系統分離保護
制御装置の運用状態	ADC対象発電所の装置「使用・除外」 VQC対象箇所の "

ると表2のとおりであり、オンラインで収集している。収集項目は電力系統のポイントに応じ取り決めており、基本的には表3に示すとおりである。

(2) 監視装置

前記(1)項に示す情報項目の中央給電指令所における監視装置は、系統監視盤とCRT表示画面である。

①系統監視盤

電力系統全体をマクロ的に把握することを目的としており、電力系統の接続状態を表わすCB(しゃ断器)、LS(線路開閉器)の表示器および電力潮流を表わす電力、電圧のデジタルパネルメーターを具備している。

主な特徴は次のとおりである。

- ・電気所母線の表示は照光式を採用しており、充・停電により点灯、消灯で表示している。
- ・CB, LSは一灯式で入、切により赤・緑で表示、また状態が変化した時はフリッカーし確認を容易にしている。
- ・メーターはデジタル値で表示し、運用限度値とか設備許容値を越えるような潮流が流れた場合は、赤色に色変し注意喚起をしている。
- ・電気所名の表示は平常時消灯しており、電気所の異常、故障状況に応じ3色に色変して状況把握を容易にしている。

②CRT表示画面

故障情報や各種記録等詳細情報を監視するものであり、約300種類の画面を目的に応じ表示できるようにしている。電気所の単線結線図表示例の写真を写2に示す。

(3) 情報伝送装置

電気所のCB, LS開閉状態、テレメータ値等上り情報を伝送する装置として、図-3にも示すようにCDT



配分制御を行うには十数分先の負荷予測が必要であり、経済負荷配分理論、送電損失算出手法を含めていろいろな理論、手法がある。

図-6に経済負荷配分制御の概略フローを示す。

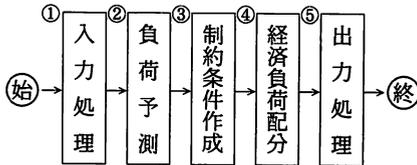


図-6 経済負荷配分制御概略フロー

前述の負荷周波数制御も経済負荷配分制御も協調してオンライン制御を行う必要があり、制御信号として共有一括出力する直列再配分方式を採用している。この方式は負荷周波数制御が経済負荷配分制御で求めた基準値にAR配分値を加えて制御を行う。

計算周期は負荷変動の周期、負荷予測の精度範囲などから3分で実施しており、計算周期ごとにそれに合わせた制御を行っていく。

以上、負荷周波数制御と経済負荷配分制御を組合せて、自動でオンライン需給制御を行っているが、朝の立上り、昼休み等負荷の急変する時間帯など、人間系が介在して需給制御の精度向上をはかっている場合もある。

(3) 電圧無効電力制御

電圧無効電力制御は、電力系統の電圧を負荷に応じた所定値に保つよう制御する機能で、最近のように精密電子応用機器や家庭電化機器などの普及に伴い安定した電圧の要求が高まっており、非常に重要な役割を占めている。

電圧、無効電力の制御方式は、個々の電気所であらかじめ与えられた電圧基準値を維持するよう、自所の電圧・無効電力調整機器をタイムスケジュールで個別に調整する個別制御方式と電力系統の主要点に設定された監視点のオンライン情報に基づき基準値を維持するよう、中央給電指令所の電子計算機から直接電気所の電圧、無効電力調整機器を調整する総合制御方式(VQCという)がある。

VQCの制御対象(調整装置)は、火力発電機および水力発電機のAVR(自動電圧調整器)またはAQR(自動無効電力調整器)、超高圧変電所のLR(負荷時電圧調整器)および調相設備である。

制御論理には三つの考え方があるが、弊社では判定関数を用いる方法を採用している。本手法は監視点の電圧や無効電力が運用幅を超えているときに、運用幅に追いつくための調整量を計算する整定計算部と制約条件のもとで送電送失を最小化するための調整量を計算する損失最小化計算部からできている。判定関数を用いるVQC制御論理フローを図-7に示す。

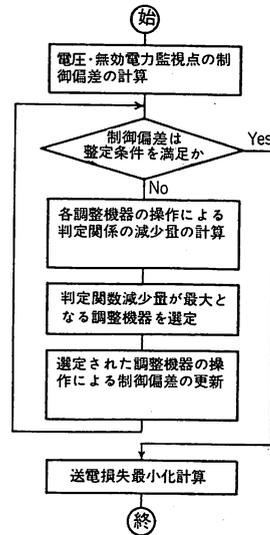


図-7 判定関数を用いるVQC制御論理フロー

4. 支店給電制御所、制御所の監視制御機能

4.1 支店給電制御所、制御所の業務

支店給電制御所の業務は、支店管轄範囲電力系統の給電指令業務と運転制御であり、運転制御範囲は電力系統規模により支店給電制御所と制御所に分割して分担している。運転制御範囲の分割はおおむね電気所箇所数が100箇所以上、電気所容量の合計が500万KVA以上となる場合に制御操作業務量が適正となるよう実施しているものであり、支店給電制御所と制御所の監視制御機能は基本的に同じである。支店給電制御所と制御所の主な業務と内容を表4に示す。

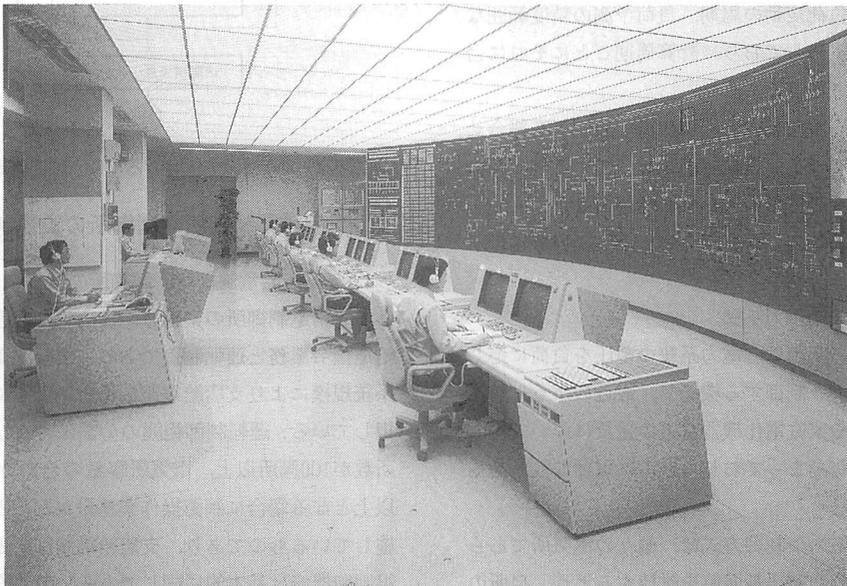
4.2 支店給電制御所、制御所のシステム構成

支店給電制御所および制御所も、中央給電指令所同様制御用計算機を用いた監視制御システムがありその特徴もほぼ同じである。中央給電指令所システムと異なる部分について以下に述べる。

- ・制御用コンピュータ2台を用いて制御一待機の2重系構成。
- ・開閉器類の操作を実施するため自動操作機能を備える。

表4 支店給電制御所と制御所の業務

分類	業務項目	業務有無		業務概要
		支店給電	制御所	
制御	系統構成変更指令	○	—	電力系統の切替, 停止などを制御箇所へ指令する.
	系統故障復旧指令	○	—	電力系統故障時の復旧操作を " "
	系統構成変更操作	○	○	電力系統の切替, 停止などの操作を実行する.
	系統故障復旧操作	○	○	電力系統故障時の復旧操作を実行する.
	電圧調整操作	○	○	電力系統電圧を所定値に保つよう調整操作を実行する. (常時は現地機器側で自動調整)
	水力発電機出力制御	○	○	水力発電機の出力を所定値に保つよう制御する.
監視	潮流監視	○	○	電力系統電圧, 電力潮流, 開閉状態を監視する.
	系統故障監視	○	○	電力系統の故障状況 (故障設備, 動作リレー) を監視する.
	機器故障監視	○	○	電気所機器の故障状況 (操作電源等) を監視する.
計画	月間電力設備作業計画	○	—	翌月の電力設備作業による効率的な停止を計画する.
	年間 " "	○	—	翌年度 " "
記録	実績潮流図	○	○	1日4点 (5時, 11時, 15時, 点灯時) の電圧, 潮流, 開閉状態を記録する.
	水力発電月報	○	○	発電日数, 発電電力量等を記録する.
	変電所月報ほか	○	○	系統バンクの有効電力量を記録する.
通報	故障通報	○	○	電力系統, 配電線の停電故障を営業所, 電力所へ通報する. (常時はリモートタイプライタで自動通報)



写3 支店給電制御所の制御室

・配電変電所の配電線については, 営業所からも操作できるように営業所設置システムと連系.

・保守担当事業所 (電力所) や営業所へ必要情報を提供するため, リモートタイプライタを接続.

支店給電制御所および制御所の標準的なシステム構成図を図-8に, 支店給電制御所の代表的な制御室の写真を写3に示す.

4.3 主な監視制御機能

支店給電制御所および制御所業務のうち, 主な監視制御機能についての概要を述べる.

4.3.1 支店電力系統の監視

(1) 監視範囲, 項目

支店給電制御所および制御所の監視範囲は154KV以下の電力系統であり, 電力系統運用のために必要な情報は中央給電指令所と同じく表2に示すとおりである. ただし, 制御所として無人電気所を遠隔監視制御

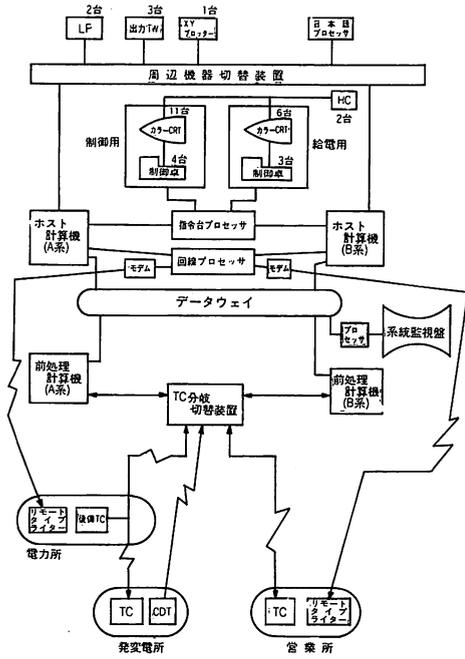


図-8 支店給電制御所、制御所のシステム構成図

しているため、電力系統情報以外に電気所の機器類故障情報も監視する必要があり、表5に示すような項目についてもオンラインで情報収集している。機器類故障情報は電力所の保守情報としても必要なため、リモートタイプライタにて保守担当事業所である電力所へ通報している。

また、154KV以下の電力系統にお客さまの受電設

表5 電機所の機器類故障情報

対象項目	対象項目
Tr軽故障	発電機軽故障
Trクーラー故障	予備機故障
ガス圧低下	発電機準備未完
操作圧力異常	発電機運転渋滞
COMP圧力異常	発電機停止渋滞
DC故障	上水槽水位低下
AC故障	上水槽溢水
SC・SHR軽故障	油検出
CR軽故障	排水ビット水位上昇
GTr軽故障	ALR故障
CB故障	所内軽故障
OSC故障	電源故障
リレー不良	補機故障
43P不良	通信故障
PD不良	
FL故障	
ケーブル故障	
FD故障	

備も接っており、開閉器の状態、故障情報も電力系統運用上必要な情報であり、順次オンライン情報収集を進めている。

(2) 監視装置

監視装置は系統監視盤とCRT表示画面が主体であり、中央給電指令所の項で特徴を述べたので説明を省略する。

(3) 情報伝送装置

支店給電制御所および制御所では無人電気所の機器制御が主体となるため、図-8にも示すようにTC装置(遠隔監視制御装置)を設置している。

フレーム、ワード構成や伝送速度等はCDT装置とほぼ同じであり、ここでは装置の説明を省略する。伝送路は制御が主体となるため、直接電気所と結ぶ専用線とし、主要電気所等は信頼度上2ルート設けている。また、対象電気所が無人であり、TC装置故障による情報断が問題となるため、電力系統運用上最低必要な情報はCDT装置でも収集できるように、TCとCDTによる装置2重化をはかっている。

4.3.2 制御機能

(1) 開閉器類操作

電力系統運用上必要な開閉器類はすべてTC装置を介して、写2に示すようなCRT画面から入、切、設定の操作が実施できるようになっている。

支店給電制御所および制御所のシステムが万が一ダウンした場合は、電力所の後備TC装置でバックアップ運転ができるような装置体系としており、制御信頼度の向上をはかっている。

支店給電制御所および制御所の制御対象電気所は100箇所にもわたり、個々の開閉器類を個別に操作するだけでは非常に多くの操作時間を必要とするため、自動操作機能を備えている。自動操作機能は数十ステップにおよぶ送電線、変圧器および母線等の停止、復旧操作を、制御用計算機の中に作られた操作手順に従って制御用計算機が自動的に実行するもので、日常運用上の操作(事前に決められた作業停止、系統切替等)は大巾に操作時間の合理化をはかっている。

また、電力系統の操作は定まった手順、制約条件のもとで実施する必要があり、誤った手順で操作を実施しようとした場合は、チェック機能(ソフトインターロック機能という)がはたらいて誤操作を防止するようになっている。

(2) 調整制御

開閉器類の操作以外に、電圧調整や水力発電機の出

力調整といった調整制御がある。一般的に調整制御は現地機器側で事前に定められた目標値となるよう自動制御しており、支店給電制御所および制御所から調整制御するのは、現地自動制御装置がトラブルとなった場合とか目標値が急変変更となった場合等である。

## 5. 監視制御の課題と今後の方向性

### 5.1 電力系統の運用体制

現状の運用体制を図-1に示したが、益々増大する電力設備の拡充に対応し業務処理の適正化、より高度のセキュリティ確保をはかる必要がある。

当面現状体制を堅持するが、基幹系統の運用に関しては中央給電指令所のセキュリティ確保と基幹系統電気所の無人化に対応し、基幹系統の一貫制御をはかることを目的として基幹給電制御所を新設する。基幹給電制御所は中央給電指令所とシステム機能をほぼ同じとすることで相互バックアップを可能とし、系統運用信頼度の向上をかつ系統の一貫制御を実施することで系統故障時の迅速復旧、日常操作の円滑化をはかる。

一方、支店電力系統においても給電制御所管轄の電力設備拡充に対応し、新制御所の設置をはかっている。新制御所には給電指令業務の代行可能な制御装置を設け、系統運用信頼度の向上をかつ制御管轄範囲を適正化することで系統故障時の迅速復旧、日常操作の円滑化をはかることとしている。

### 5.2 早期故障復旧対応

電力系統の早期故障復旧（停電時間の短縮化）は、電力安定供給の使命であり、給電・制御所システムの機能向上をはじめ電気所機器、情報伝送装置についても新機能の開発を進めているので以下に紹介する。

#### 5.2.1 故障復旧支援システム

電力系統の故障復旧は系統運用や保護継電器に関する専門的な知識、過去の経験的知識などに基づく判断で故障復旧を行っており、特に多重故障や保護継電器、しゃ断器の複雑な動作を伴った故障の場合、その故障区間の迅速な判定は非常にむづかしくなっている。

また、系統の余力算定および救済系統の決定についても人手作業で実施しており、複雑、大規模な故障の場合は現状の人手による復旧方法では、故障復旧時間の短縮には限度がある。

このため、154KV以下の系統を対象として、運用者の迅速、的確な判断と処理を支援するAI（人工知能）技術を応用した故障復旧支援システムの開発を行っている。

本システムは給電制御所システムから故障情報をはじめとする系統オンライン情報を取り込んで、電力系統故障診断用ソフトウェアを用いて故障区間判定をするとともに、故障推定区間の切離しルール、自系統内の潮流調整ルール等知識ベースを用いて復旧方針、操作手順を作成する。

#### 5.2.2 電気所故障点標定装置

電力系統故障時、故障部位を特定しその情報を給電運用者へ提供することができれば、当核故障部分を健全部分より切離すことにより、故障の波及範囲を極小化できかつ電力系統復旧の早期化がはかれる。

このため、電気所の故障点標定装置を開発し採用されつつある。故障点標定装置はGIS（ガス絶縁開閉装置）用と屋外母線用があり、GIS用は故障の大電流が流れた時に発生する衝撃ガス圧力波を検出する衝撃ガス圧力検出方式を、屋外母線用は光CT（変流器）を用いた電流差動方式を採用している。装置としては、これらセンサーからの情報と保護継電器の動作情報を組合せ、より確実な標定を行っている。

#### 5.2.3 新型TC装置

電気所情報は情報量増大、情報の質の強化など益々多様化していき、現在のサイクリック方式のTC装置では情報量の拡張、伝送時間の高速化、瞬時状態の検出不可等限界がある。

このため、電気所設備の高機能化、新技術の導入に際しても容易に対処できるインテリジェント機能をもたせた新型TC装置の開発を行い、採用していくこととしている。インテリジェント機能としては、子局での定時計測処理、目標電圧・過負荷監視、伝送情報のメッセージ化等があり、制御計節機の業務処理軽減化、電気所情報のより詳細化伝送を可能としている。

新型TCの情報伝送量は表示項目で2000点、制御項目で600点、テレメータ量で300量まで可能としており、将来電気所側に設置される各種支援システム等の情報伝送も問題ないようにし、電気所の状況把握を容易にできるような設計としている。

## 6. おわりに

以上、電力系統監視制御の現状と今後の方向性について紹介した。冒頭にも述べたように、電力の安定供給と運用体制の効率化は、今後益々そのニーズが高まるものと考えられ、より信頼度の高い、さらに自動化の図れる電力機器、監視制御システムの改良、開発を推進していく所存である。