

系統運用部門における最近の技術開発について

前系統運用部 次長 百瀬 龍介

1 ま え が き

系統運用部門としては与えられた電源設備、輸送設備を如何にして安全かつ効果的に運用するかが最大の課題である。

近年立地難から電源の遠隔化、大容量化、送電線のルート制約など系統運用をとりまく環境は年々厳しくなっている。とくに 60Hz 系は九州から当社まで 1000km 以上に及ぶ典型的な長距離串型系統であり、末端に位置する当社としてはそれだけでも安定度的に厳しくなっているが、加えて東側への大容量高能率電源の集中化により一段と苛酷な状態となっている。

一方石油価格の値上げによる電気料金の大巾な高騰に伴い、料金原価抑制面から経済運用の徹底は全社的にも最重要課題となっている。

元来系統の安定運用と経済運用とは相反する要素を持っているが、我々系統運用に携わるものとしてはこの両者を如何に両立させるかを重点課題として技術開発を進めている。

以下、最近の系統運用面における技術開発について一端を紹介する。

2 大電力系統給電用シミュレータの開発

これまで中央給電指令所は計算機を利用した自動給電システムにより経済運用と省力化を行ってきたが、今回電力分野では初の試みとして、系統全停復旧から個別操作チェックに至るまで本番さながらに「実系統をそのまま表現」できる給電シミュレータを開発し運用を始めた。

(1) シミュレータ設置の目的

イ 系統運用技術の高度化に伴い、系統特性を把握理解し、運用指令の適応能力の習熟化の必要が高まっている。

ロ 電力系統の重大事故の発生が減り、指令員が実系統でその対応に習熟することが難しくなっている。

このような状況に対処して実系統規模でシステムをリアルタイムでシミュレートし、本番さながらの訓練ができるよう迅速処理と高度な技能を有

するシミュレータを開発した。

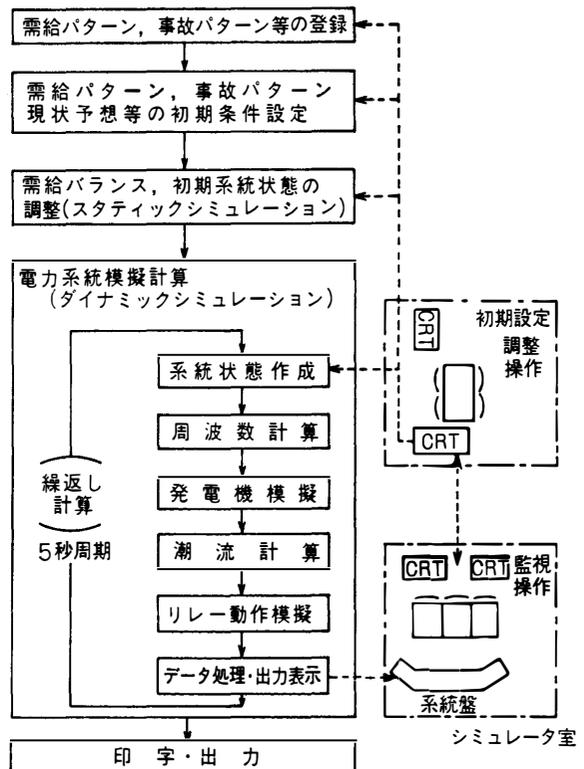
(2) シミュレータの機能と構成 (第1図)

自動給電システムとシミュレータの共用を図るため、自動給電システムの片系をシミュレータとして使用し、実運用のデータをシミュレータの初期条件としている。また一方オンライン系の計算機が故障した時は、シミュレータの系列機で容易にバックアップ可能としている。

イ シミュレータ装置のハードウェア

既設の中給指令室の隣に設置され、実運用との等価性を図った。

- 系統盤1面……ほとんど実システムと同規模同配置で、CB約300 L S約100 数字表示管約100 を表示する。
- 指令台……訓練用3台、インストラクタ卓1台、両者の連絡用共電回線は120相当
- CRTコンソール……監視操作用4台、状変



第1図 シミュレーションのフロー図

モニタ用1台、実システムと同一機能、同一画面であり、応用画面約90、インプント画面約50を表示する。

ロ シミュレータ装置のソフトウェア

- 系統の規模と現象
- 500kV～主要154kV系統を対象
- 5秒周期に改良ACフロー法により電力潮流、電圧、周波数変化を模擬
- 負荷変動は1分毎の総需要実績に10秒毎の乱数を重畳して模擬
- 電気所機器の模擬
- 発電機は、水力群 火力群毎にガバナ特性プラント特性を実態に合わせて模擬
- LRTタップのAVR自動制御動作
- CB, LSのCRT入力による開閉操作
- 全停直後および自主復旧操作の自動操作
- SSC, UF, OL, FC-EPPS等の後備系統保護リレーの動作
- 自動給電機能の模擬
中給自動給電システムの系統制御(ADC, VQC)と発電電所機器の応動特性

ハ 実戦的機能による臨場感の醸成

- 実規模、実現象処理を同一直員のチームワークで実施
- 重大事故音声警報、集合事故表示警報
- 電話による発受令応答

ニ 訓練結果の再生と記録

- 訓練途中で任意時刻の系統状態に戻し、事故現象の再現、再表示等のできるプレーバック機能を有し、その時点からの訓練の再開、繰返しが可能である。
- 状変、操作記録、系統別発電電所別の供給支障、発電支障リスト等を作成し、訓練後の評価検討に活用できる。

(3) シミュレータの利用方法

イ 重大事故防止訓練

重大事故に対応した復旧操作
系統全停後の試送電復旧操作

ロ 平常操作訓練

需給、周波数、電圧調整等の指令調整業務、作業停止、系統変更などの系統操作

ハ 系統信頼度チェック

任意系統の潮流、電圧、位相角などによる系

統構成の適否チェック、給電指令票の事前チェック

ニ 自動給電システムのプログラムテスト

本装置の有効な活用によって不測の事態への備えはもちろん、日常の高度な系統の安定運用経済運用に寄与できると期待している。なお、給電用シミュレータは、その用途により種々の方式が考えられ、わが国でも各社で実用化が進められているが、当社の方式は最先端をいくものと自負している。昨年6月運用開始以来、内外の見学者も多く、57年2月のニューヨークのIEEEでの発表も非常に好評を博した。

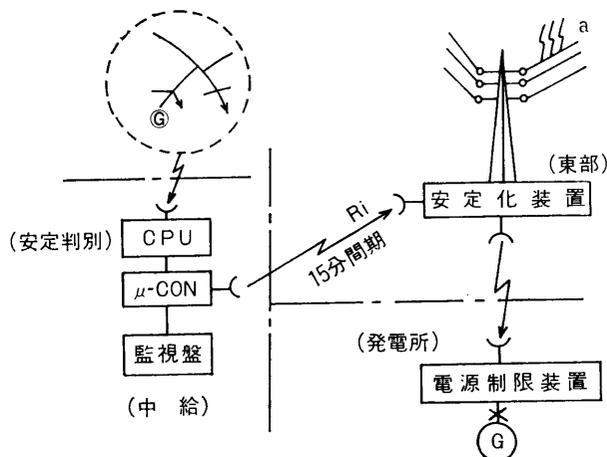
3 系統安定度のオンライン監視制御システムの開発

(1) 当社主幹系統の特徴と安定度問題

当社の系統は放射状系統を原則とし、電源構成は500kV東部幹線を境として東：西＝8：2（負荷構成7：3）という東側に大容量電源の偏在する系統となっている。

このため東部（変）まわりの線路事故時の安定度は東超高压系に並列する発電機に大きく左右され、しかも東側電源が一体となり、関西系あるいは中部西系との間でグループ脱調する特徴を持っている。また東側の並列発電機が安定度に与える影響はそれぞれある比率を有し、安定化対策として電源制限を行う場合、最も影響の大きい発電機に行うのが有効である。

(2) 安定度監視制御のオンライン化



第2図 安定度監視・制御システムの概要

安定度監視・制御の指標としては、一般には線路潮流を用いることが多く、従来当社もそれに従ってきた。ただし監視目標値としての整定値は数多くのオフライン計算の中から厳しめの条件の中から決定されるので、経済運用を大巾に制限することにもなる。

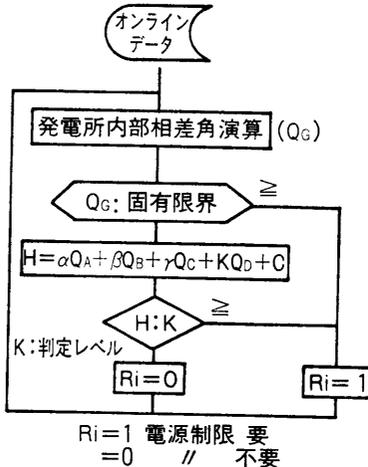
系統の安定度は本来発電機の位置的状況（線路インタビータンス）と系統の初期状態（線路潮流、発電機出力等）、さらに事故のインパクトが有機的に関連して決定され、この有機的結合のパラメータとしては発電機内部相差角が唯一のものである。そこで中央給電指令所のオンラインデータから基準変電所からの各発電機内部相差角を求め、これを監視・制御の指標として採用した。

イ 安定度監視制御システムの概要

このシステムは中央給電指令所の計算機により15分周期に監視制御を行うものであり、T-7/70によりオンラインデータから計算された制御要否信号は各ローカルの安定化装置に伝送される。この状況は中央給電指令所の専用マイコンを使った安定度監視盤に点灯表示される。受端の安定化装置はこの制御要否信号と線路の故障条件との組合により発電所へ電源制限信号を送出する。事故検出から制御までの所要時間は、8サイクルである。

(第2図)

ロ 安定判別論理 (第3図)



第3図 安定判別計算

○ 東系グループとしての安定限界

前項で述べた通り、東系発電機がグループ脱調することから、これを等価1機で表現することとして次の1次式を仮定した。

$$H = \alpha\theta_A + \beta\theta_B + \gamma\theta_C + \kappa\theta_D + C$$

$\alpha, \beta, \gamma, \kappa$:

各発電所が安定度に与える重み係数
 $\theta_A, \theta_B, \theta_C, \theta_D$:

基準母線からの各発電所内部相差角
 上式適用の可否については数多くのシミュレーションから経験的統計的に求めた。例えば東部幹線3LG事故の安定判別式は、

$$H = 0.491\theta_A + 0.402\theta_B + 1.0\theta_C + 0.472\theta_D + 215 \dots$$

同様にして東部まわりの全線路について安定判別式を求めた。

○ 発電機固有の安定限界

前記範囲内でも、単一発電機のみで脱調する領域があるため、これを当該発電機の固有限界として線路別、故障条件別に定義した。

(詳細は技術開発ニュース82年1月号参照)

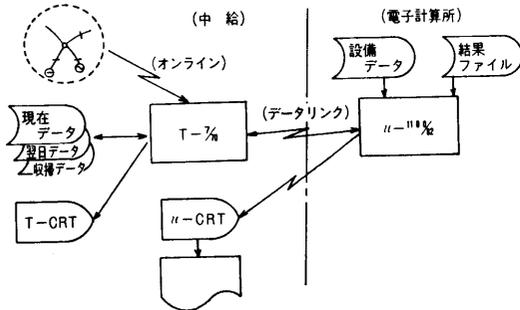
(3) 安定度計算のオンライン化

上で述べたオンライン監視制御システムは、従来の監視・制御に対して経済運用範囲を拡大したが、安定判別式の計算には膨大なシミュレーションを必要とし、安定判別限界は若干、シビアサイドとなる。しかも電力系統は線路作業、発電機点検、出水状況等により時々刻々と変化し、水力発電所の並解列条件、同一発電所内各ユニットの出力条件、運転電圧も、安定度に大きく影響する。オフラインシミュレーションをベースとした監視制御はこれら系統の変化に対応しにくい。安定運用範囲を最大限に拡大し経済運用の枠を広げるために当システムを開発した。

イ システムの構成

中央給電指令所の T-7/70 のオンラインデータを UNIVAC-1100/82 とデータリンクし、実系統の現象を解析する。

また週間予想あるいは当日予想データもリンクして解析することが可能である。(第4図)



第4図 システムの概要

ロ システムの機能

計算の実行はすべてu-CRT画面から行え次の機能を有している。

- ① データリンク ② 系統構成 ③ 汐流計算
- ④ 動特性解析 ⑤ 定態安定度解析 ⑥ 編集

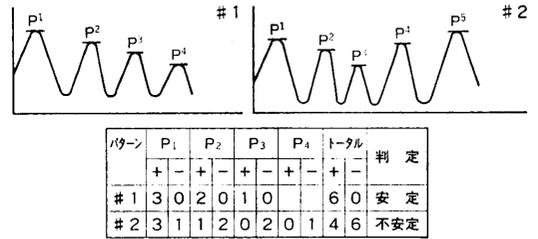
動特性解析手法は電力中央研究所のY法をベースとして不平衡故障解析機能を追加したが、今回その他にも新しい試みを行った。

○ オンラインTMデータによる汐流収束計算汐流計算結果とTMデータ値との不一致をなくすため線路有効汐流(P)を基準として、ノード負荷(Li)を調整する方法を採用した。初期ノード負荷を線路汐流から決定後潮流計算を行い、TMとの誤差の重みつき二乗和を誤差の減少に有効なノード負荷で調整するものであり、4~6回の調整で収束する結果が得られた。

○ 計算結果の安定判定

計算実行者の主観に依存していた安定判別の自動論理を開発した。安定判別には発電機すべり、線路汐流等考えられるが結果的には、最大位相角曲線と最少位相角曲線を対象とした。その論理としては

○ 位相角曲線のピーク値が拡大傾向の時不安定として、あるピーク値以降でそれ以上のピーク値とそれ以下のピーク値の総和をカウントし、その大小で判定する。(第5図)



第5図 安定判別の1例

○ 発電機位相角が180°を超えた時不安定、位相角が絶対値70°以内は安定とする。

(4) システムの運用

すでに中央給電指令所で実務に使用され、予想汐流とリンクすることにより経済負荷配分を加味した計算となり多大の効果をあげている。

4 この他の技術開発

- (1) 月間あるいは週間単位での総合経済性の追求をはかるための短期需給計画システムの開発
- (2) 気象の電力系統への影響の大きさに鑑み気象変化を先取りし、系統運用の適切化をはかるための気象レーダーの設置(土岐市三国山)
- (3) 積雪量を観測し、出水予測による適切な貯水池運用を行うため宇宙線を利用した雪量計の設置(飛弾川最上流部)

など多くの新技術の開発と導入を進めている。

5 あとがき

以上、系統運用面におかれ技術開発の一端を述べたが、電力系統の諸現象は複雑で未解明な部分も多く、また計算機能力にも限界がある。

現在負荷の電圧・周波数特性・発電機関連諸定数の見直しを進めているが、これはいつも古くて新しい課題である。とくに電力系統の解析には、他電力の影響が大きく作用するため全国大でデータファイルの整備を進め、近々完成の見込であり今後はこのデータを活用し、一層の精度向上をほかり効率運用に努める所存である。