

電力系統の長時間動特性解析プログラムの開発

発電プラント系を詳細に模擬した周波数解析

Development of the Program for Analyzing Long Term Frequency Dynamics

Frequency Analysis with Detailed Power Plant Model

(電力技術研究所 システムG)

放射状に広がる電力系統では、ルート断などの重大故障発生時に単独系統の構成を可能とするために、系統安定化装置の動作により、分離された系統内の需給バランスをとるようになっている。このような単独系統の構成や維持の可否を解析するためには、単独系統内の負荷変化に対する発電プラント系の長時間に亘る動特性が模擬できることが必要になる。今回、このような単独系統の周波数変化を秒から十数分レベルの長時間まで解析するためのプログラムを開発した。

(Electric Power Research and Development Center, Power System Group)

In the power system which is configured in radial form, if a severe fault occurs such as the route off of transmission lines, the system stabilizing controller balances the supply and demand of the isolated power system in order to sustain power supply. For analyzing whether the system is sustained, it is necessary to simulate the long term dynamics of the power plant according to the load changes of the system. We have developed the program for analyzing the long term frequency deviation of the isolated power system from a few seconds to over ten minutes.

1

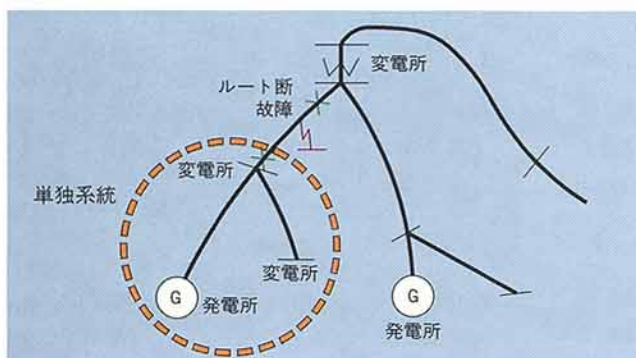
研究の背景

電力の送電系統は、一般に放射状に広がっている。このような電力系統において、ルート断などの重大故障が発生（第1図）すると、切り離された系統の発電機出力と負荷の消費電力との間に連系線潮流分のアンバランスが生じるために、系統の周波数が変化する。現状では、系統安定化装置により、切り離された系統内の需給バランスを取ることで、単独系統の構成すなわち周波数が適正範囲内に維持されるようになっている。しかし確実に単独系統を構成し、本系統へ再並列するまでその系統を維持できるかの判定を、プラントの運転特性まで考慮して実施することは非常に困難である。そこで、この種の問題の解析ツールの1つとして、単独系統構成時の長時間に亘る周波数変化を精度良く解析できるプログラムを開発した。

2

プログラムの概要

本プログラムは、解析対象系統の発電プラントを選択し、負荷電力や連系線潮流の変化を設定することに



第1図 放射状の電力系統

より、系統の周波数変化を解析するためのものである。またその際に、各種の制御機能の動作についても模擬することが可能である。

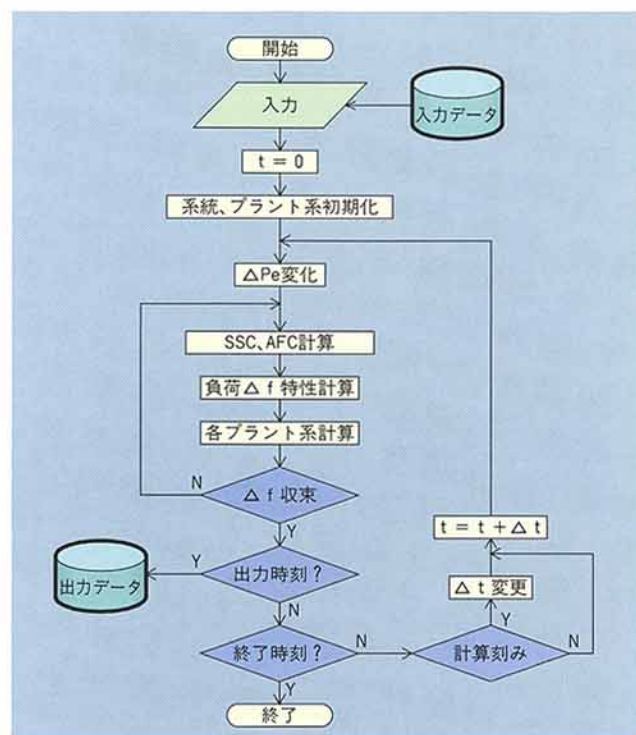
3

プログラムの特徴

(1) 系統の周波数変化の長時間解析が可能

代表的な各種積分手法について検証した結果、秒から十数分レベルに亘り、数値的に安定した解析が可能な積分手法である後方オイラー法を採用した。

(2) ボイラ系を含む詳細な発電プラントモデルの採用
長時間に亘る周波数解析で考慮すべき発電プラント



第2図 計算処理流れ図

モデルは、従来の十数秒の時間領域を対象とした安定度解析プログラムで用いられている簡略的なガバナ、タービンモデルでは不十分であるため、ボイラ系までを含めた詳細なモデルを採用した。

(3) 周波数変化時に動作する各種制御機能を模擬

ルート断などの系統の大じょう乱発生時に動作する系統側や発電機側の各種制御機能を模擬しているため、より現実に近い周波数解析ができる。

第2図に本プログラムの計算処理の流れ図を示す。

4 検証結果

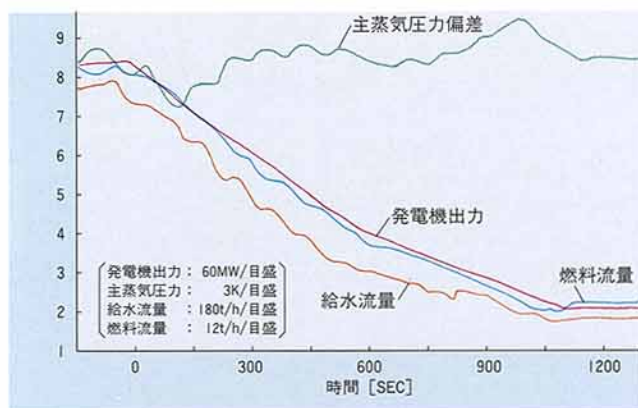
本プログラムの精度検証のために、シミュレーション結果と下記の実系統データとの比較を実施した。

(1) 発電機の負荷追従試験

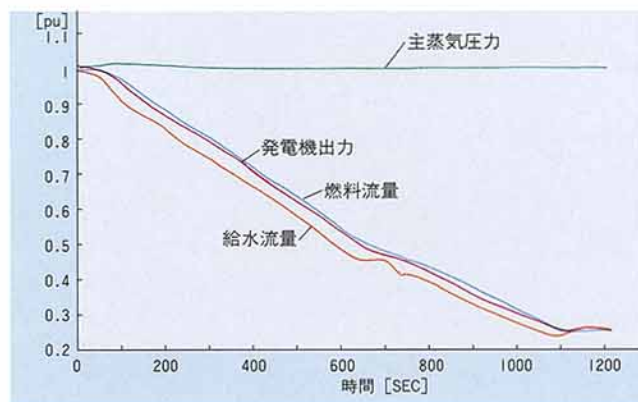
発電機の試運転時に行った負荷試験の記録(第3図)とシミュレーション結果(第4図)を比較すると、発電機出力に対するプラント各状態量(主蒸気圧力、給水流量、燃料流量)の変化は、良く一致しており、使用したプログラムの妥当性が確認できた。

(2) 単独系統故障

送電線のルート断故障が発生し、一旦単独系統が成立したが、脱落した負荷の回復により系統が停電したケースを対象とした(第5図)。



第3図 負荷追従試験記録

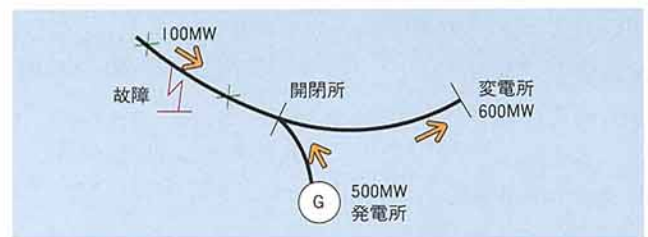


第4図 負荷追従試験シミュレーション

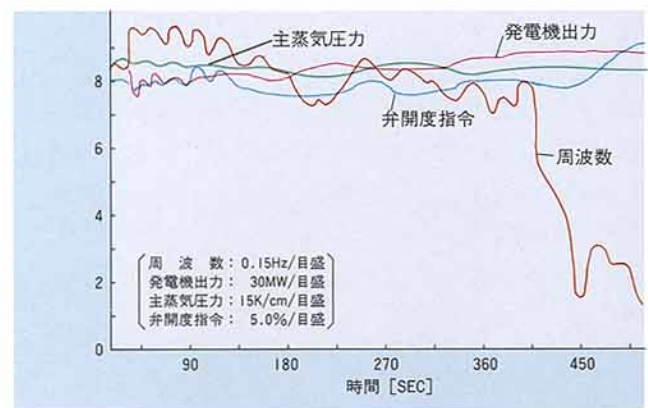
本プログラムでは電圧の影響を無視しているが、負荷の脱落、回復特性を推定入力してシミュレーションをすることで、周波数変化並びにプラント各状態量(発電機出力、主蒸気圧力、弁開度指令)の変化がほぼ一致した結果になることを確認した(第6図、第7図)。

5 今後の展開

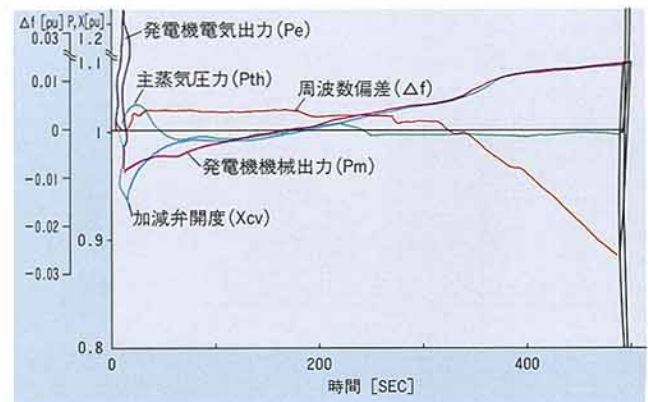
本プログラムをオンラインで実行することができれば、ルート断故障発生時の単独系統の構成や維持の可否判別のための重要な情報を提供できるようになると予想される。そのために、演算処理の時間を少なくすることを目的としたモデルの簡略化方法について検討すると共に、このプログラムを用いて単独系統を長時間継続させるための方策について今後検討を実施する予定である。



第5図 故障時系統



第6図 単独系統故障記録



第7図 単独系統故障シミュレーション