

負荷特性推定ツールの開発

系統負荷の特性を把握するために

Development of a Load Characteristics Estimation Tool

Understanding Power System Load Characteristics

(電力技術研究所 電力ネットワークG 系統T)

電力系統を安定的に運用するためには、実システムデータを測定・解析し、特性を把握することが不可欠である。このうち負荷の特性は、負荷設備の使用状態により時々刻々変化するため、統計的に分析する必要がある。そこで、特性分析を容易に行うため、推定作業を自動化するツールの開発を行ったので紹介する。

1 背景と目的

電力系統において負荷特性を把握しておくことは、系統事故時の解析計算や安定化制御における制御量算出等の精度維持・向上に重要な役割を果たすと考えられる。この負荷特性は気温等の気象条件、時間帯・曜日等の時間的な条件、事故時電圧低下量等の系統電気量といった様々な条件により変化するため、事前に負荷特性を正確に把握することは困難かつ重要な課題とされてきた。

一方、今後は系統に並列する分散電源が増加すると予想され、電源を含む負荷系統についても同等に扱い調査・分析を行う必要がある。

そこで、系統解析の精度を向上させるため、電源を含んだ系統も含めて負荷特性データの推定・分析を可能とし、負荷特性の調査ができるような推定ツールの開発を行った。

2 負荷特性推定ツールの概要

(1) 推定ツールの特徴

- 本ツールでは、以下の特徴を有している。
- 4種類の負荷モデルを対象として推定可能
- 多重故障データなど不適データの自動排除
- シンプルな画面構成
- 分析作業を考慮した推定誤差量の表示

(2) 推定に用いる負荷モデル

本ツールでは、次の(1)~(4)式のモデル式を用いており、(2)式では、系統負荷に発電機が含まれる場合を想定している。 P_{Lo} が基準負荷量、 K_P ・ K_Z が負荷の電圧静特性係数のうち定電力負荷・定インピーダンス負荷比率である。人間系での適・不適の判断は必要となるが、いずれのモデルを用いても推定は可能である。

(System Technology Team, Power Network Group, Electric Power Research and Development Center)

For maintaining stable operation of power system, it is necessary to measure and analyze the actual power system data in order to grasp their characteristics. Of this data, since the load characteristics constantly change according to the usage pattern of the load equipment, therefore, it is necessary to analyze them statistically. In order to carry out such analysis in an easy and efficient way, we developed a tool that can automatically perform the entire process of the load characteristics estimation.

電圧静特性

$$P_L = P_{Lo}(K_P + K_Z V_L^2) \quad \dots (1)$$

発電機考慮

$$P_L = P_{Lo}(K_P + K_Z V_L^2) \cdot \left(P_{Go} + \frac{M}{F_0} \frac{dF}{dt} \right) \quad \dots (2)$$

動特性

$$P_L = -T_d \frac{dP_L}{dt} + P_{Lo} K_P + P_{Lo} K_Z V_L^2 + K_d V_L \frac{dV_L}{dt} \quad \dots (3)$$

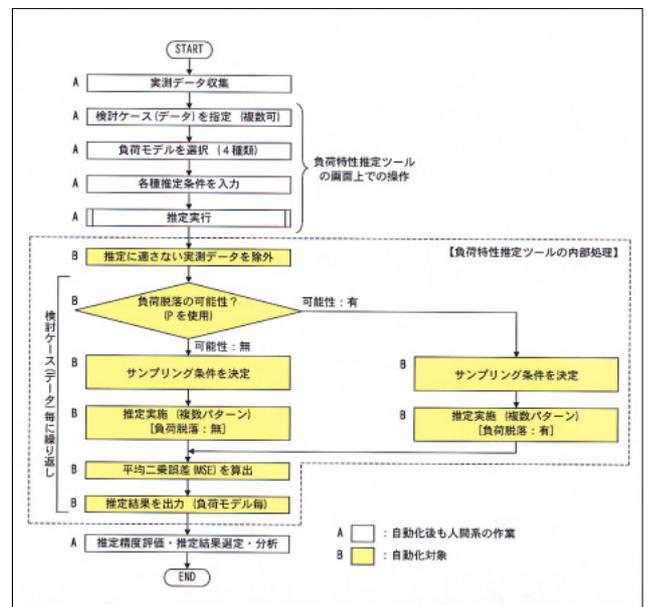
周波数特性

$$P_L = P_{Lo}(K_P + K_Z V_L^2) \frac{1}{1 - \frac{K_F}{100} F} \quad \dots (4)$$

式中の主な記号は、以下のとおりである。

- V_L : 負荷電圧
- K_F : 周波数特性係数
- P_{Go} : 発電量
- T_d : 動特性時定数

(3) 推定ツールの構成



第1図 本ツールの処理フロー

本ツールでは、第1図のようなフローにより推定を行っている。人間系での判断が不要な処理については可能な限り自動化を検討・反映した。

また、インターフェイスについては、本ツールの性格上、万人が使用するものではないため、必要最低限の情報のみ表示することとし、第2図のようなシンプルなものとした。

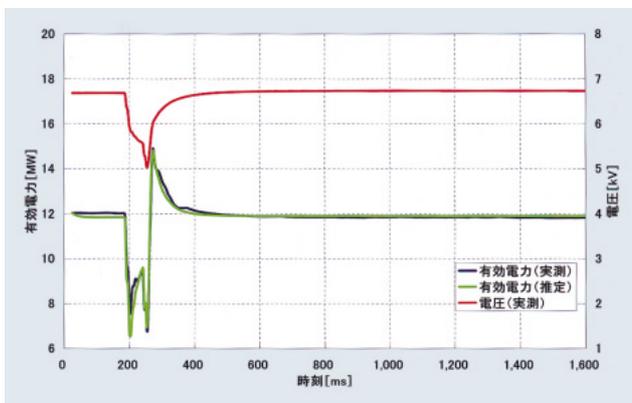


第2図 画面例

3 推定ツール使用例

本ツールを使用し、推定を行った事例を第3図および第1表に示す。事例は、4種類の負荷モデル式のうち、平均二乗誤差が小さく最も当てはまりの良い(3)式の動特性モデルを用いて推定した結果である。

第3図では、推定された値を元に再現した波形(緑)が、実測された波形(青)とほぼ一致している様子が分かる。また、その誤差については、第1表のように平均二乗誤差を故障前後等に区分して自動算出され、結果の評価が可能である。



第3図 実測結果と推定結果の比較

なお、本事例測定点での定電力負荷比率 K_P は、夏季に測定されたデータを推定・分析した結果、曜日・時間帯との相関は小さく $K_P=0.52 \sim 0.66$ の特性であること

第1表 推定結果

推定項目		推定値
基準負荷量	P_{Lo}	11.8MW
定電力負荷比率	K_P	0.66
定インピーダンス負荷比率	K_Z	0.34
動特性時定数	T_d	15ms
故障情報	故障継続時間	T_F 73ms
	電圧低下率	V 24.5%
平均二乗誤差 (基準負荷比)	故障前 100ms	1.6%
	故障中	6.0%
	故障後 100ms	2.0%

が分かった。多数のデータを推定し統計的に分析することで、負荷特性という把握が困難な情報を得ることが可能となる。

4 推定ツールの使用による効果

本ツールを用いることで以下の効果がある。

多量データ一括推定による作業時間の短縮

精度良く推定するため、1データにつき複数の条件での推定、および複数のデータについて一括推定が可能であるため、推定作業の時間短縮が可能である。

判断不要作業の自動化による負担軽減

推定に適さないデータの排除や、推定誤差量を自動算出することで、データの適・不適の見極めが容易となり、分析作業の負担が軽減される。

4種類の負荷モデルを対象とした推定精度向上

負荷設備の違いにより、特定モデルによる一律推定は困難であることから、複数のモデルを対象とし最適モデルを選択することで、推定結果の精度が向上する。

5 今後の展開

本推定ツールを用いて、9,000件余りのデータを元に推定・分析を行った結果、更なる精度向上・自動化・分析作業の支援機能の充実が可能であることが分かり、実現方法の検討・改修を進めている。また、本ツールの適用範囲は、分析作業の一部であり、全体的な分析方法も検討していく必要がある。



執筆者 / 星野幸雄