

GPS（汎地球測位システム）で同期をとり大規模な系統の安定性をリアルタイムで判定する

電力系統の安定性をリアルタイムで判定

自由化時代に求められる電力の高い信頼性
安定性をリアルタイムに判定
複雑な模擬システムで検証

ひとこと システム技術研究所 電力システム領域・主任研究員 山下 光司

自由化時代に求められる電力の高い信頼性

電力の自由化が進んでいます。電力自由化で、新規の事業者が参入したり、電力会社が従来の供給範囲を越えて離れた地域に電力を供給するようになったりして、電力の流れは増えていくと考えられます。一方、電力のネットワークには、流せる電力の上限があります。これまで、送電容量の上限に対して余裕があり、電線に雷が落ちたり発電所でトラブルが発生しても対処可能でした。しかし、流れる電力が増えると余裕が少なくなり、電力系統で事故が発生すると遠く離れた発電所にまで強く影響し、広範囲に事故が波及する恐れがあります。

電力中央研究所では、事故が広範囲に波及しないように、速やかな対応が求められる送電の「安定化」に対し、迅速に対応できるリアルタイム判定手法を開発しました。

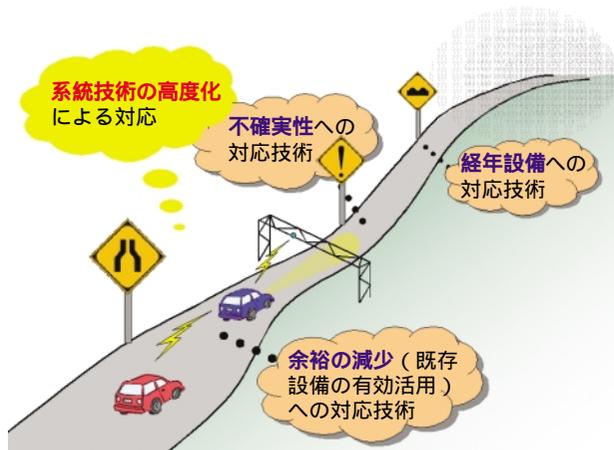
自由化で変わる系統

電力系統は、安定して電気を送るために、電氣的な制約（電流、電圧、周波数、安定性）を満たさねばなりません。電流（電気抵抗により発生する熱を定められた値以下に保つこと）、電圧（定められた範囲内に電圧を維持すること）、周波数（定められた範囲内に周波数を維持すること）を維持するために、各発電機の出力を調整したり、その配分を適正に調整したりします。これらは、比較的ゆっくりした現象であり、専門家が監視し、状況に応じた時々刻々の対応が可能です。従来は、系統状況の把握に必要なすべての情報が得られていましたが、新規事業者が参入すると、系統を管理している電力会社に必要な情報が十分には伝わらず、不確実性が増大することが懸念されます。

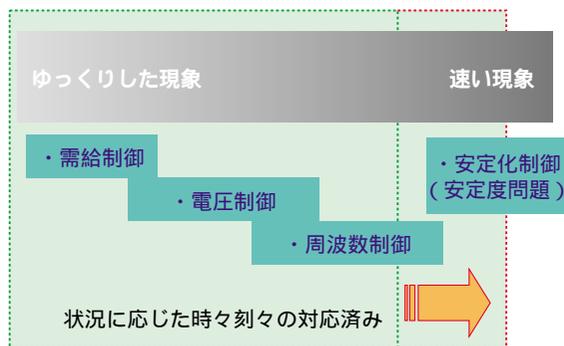
新しい安定判別方法を提案

これまでは、主に事故を想定したシミュレーション解析により対策を決めていました。すなわち、系統上の多数の電圧・電流情報を収集し、ある1時点の系統状態を把握することで、発電機や系統のそれぞれに起きる事故を想定し解析することでその結果を予測していました。

しかし、不確実性が増した系統では、事故の結果をしっかりと予測することが難しくなります。そこで、系統でどのように電気が流れているかを実際に測定し、これを用いて解析することで、そこから予測される問題を的確に判断し、対策をとるといふ、新しい対策手段が必要です。これは、位相差という新しい情報を用い、ある1時点ではなく、系統状態が変化している状態（過去数秒間分）を示すデータを用いて、系統の状態を逐次把握しようという試みです。GPSを用いて、全測定時刻を同期させることで、精密な測定が可能になります。



自由化で不確実性が増す



迅速な対応が求められる

安定性をリアルタイムに判定

安定性とは

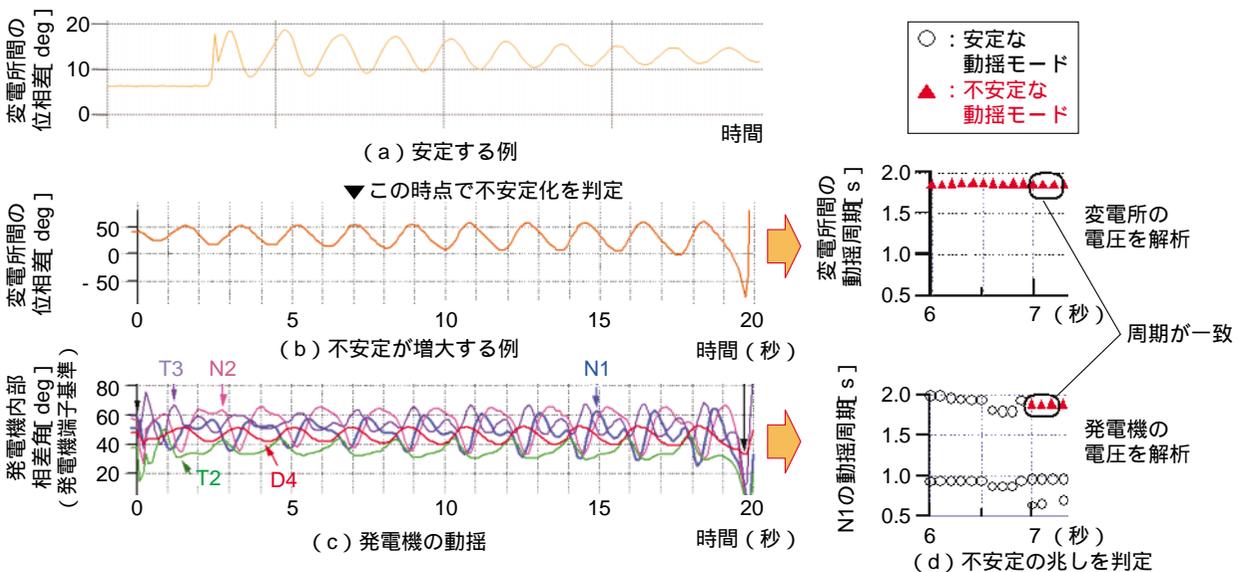
通常は、系統につながれた多数の発電所（発電機）がすべて同期をとって回転しています。系統に事故が起きると、電気の流れは大きく乱れます。これは、静かな水面に石を落とした時に、波が発生するのに似ています。この波はやがて治まる（安定、下図(a)）か、あるいは大きくなり（不安定、下図(b)）ます。

すなわち、事故が生じた場合には、事故で低下した電力を補償するように発電機が出力を上げ、上がりすぎたら出力を下げるという動作を繰り返し、各発電機は周期的に変動（動揺）します。この動揺が、小さくなれば安定し、大きくなれば、全く同期がとれなくなり、その発電機は脱調し（系統からはずれ、下図(c)）ます。

不安定化への兆しを判定

送電線に余裕が少ない場合には、脱調しやすくなります。これらの現象は、事故後数秒から十数秒の間で起こるので、いち早くこの現象の始まりを自動判定できれば確かな判断が下せ、系統の安定を維持できます。脱調の始まりには、以下が観察されます（下図(d)）。GPSを用いて時刻を同期させた変電所の電圧と、発電機の電圧とを比べると、2つの電圧の動揺の周期が一致し、しかも不安定な特徴をしめします。

新方式では、変電所の電圧と、そこに電力を供給している各発電所の電圧の動揺を比較することで不安定になるかどうか、どの発電機が強く影響しているかを判定でき、適切な対策が可能になります。従来の事故対策と新しい事故対策を比較すると下表のようになります。



	従来方式	新方式
電圧・電流情報	1時点の電圧・電流情報から、ある1時点の系統状態を把握	連続的な電圧・電流情報から過去数秒間の系統状態を把握
予測できること	想定された事故の安定性を予測可能	系統が安定から不安定に転じる時点を把握可能
安定性の評価方法	系統想定事故シミュレーションによる安定性の評価	系統事故後の実測波形によるリアルタイム評価

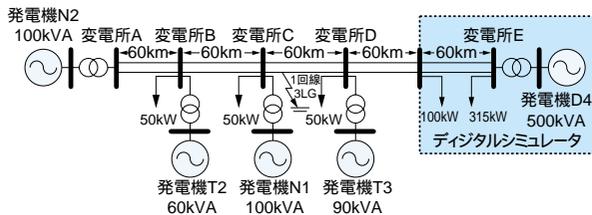
複雑な模擬システムで検証

リアルタイム安定性監視装置

リアルタイムで安定性を判定するシステムを作り、当所のシステムシミュレータで検証しました。リアルタイム判定システムは、変電所と発電機にそれぞれローカル安定性判定装置をつけ、同期をとって毎秒1,200回データを取り、動揺モードと動揺周波数をもとめます。さらに、ローカル安定性判定装置とLANで結んだ広域安定性判定装置が、変電所と発電機の動揺周波数を比較して、システムが安定に収束するかを判断します。

発電機を5台繋げた模擬システムに適用し、0.1秒間隔で安定性判別可能なリアルタイム処理性能を有すること、

複雑な動揺に対して、動揺モードごとに安定性を予測できること、を示し、新手法が理論どおりに機能することを立証できました。



ハイブリッドシステムシミュレータと模擬システム

ハイブリッドシステムシミュレータ

検証に用いたシステムシミュレータは、電気の流れを実験的に再現する設備です。実機の特徴を模擬した小型電力設備（アナログ）とコンピュータ（デジタル）とを組み合わせているためハイブリッドシステムシミュレータとよばれ、コンピュータにより、仮想的に発電機の数を増すことができ、さまざまなシステム構成を実現できます。これまでの実験で、すべてアナログ実機のシミュレータと同様の正確さを示しています。新方式の検証の際には、アナログシミュレータでは困難な500kVAの大規模発電機をデジタル部分でシミュレートしました。今後もシステム安定化の研究に活躍します。

ひとこと



システム技術研究所
電力システム領域
主任研究員

山下 光司

大規模停電を未然に防ぐ日本の技術は、世界の中でもトップレベルにあります。そのレベルを維持するためには、将来起こりそうな問題を早いうちから予測し、対処方法を考えることが大切です。

電力システムの安定性をリアルタイムに把握する手法は、不確実性の増大が予想される将来において、有効と考えられます。欧米では、時刻同期可能な計測装置が多数導入され、これを活用した電力システムの安定性把握の研究が盛んですが、リアルタイム性を満たす研究は開発途上です。当所では、開発手法を活用した大規模停電を未然に防ぐ研究を今後展開して参ります。

既刊「電中研ニュース」ご案内

- No.437 安全で高性能な電力貯蔵用電池を作る
- No.436 25年間の世界の気候を精緻に再現

- No.435 一人暮らしのお年寄りを見守る
- No.434 地域経済の成長に対する産業集積の効果を検証