

過渡安定度を考慮した最適潮流計算

最適な系統運用を目指して

Optimal Power Flow with Transient Stability Constraints

The optimal power system employment is aimed at.

(系統運用部 系統技術G)

従来、安定度問題のある電力系統では、事前に算出した安定度制約値を固定的に使用し、その制約の範囲内で最経済運用を行っている。しかし、競争時代を迎え、さらなるコストの低減を目指すためには、系統状態の変化に応じた(オンラインの)安定度制約を把握し、送電可能容量を限界まで拡大する柔軟な運用が求められる。このため、安定度制約と経済性を最適に調和させる最適潮流計算の実用化を目指し開発を行っている。

(Power System Engineering section, Power System operations department)

The stability constraints for the power system operation are determined by the off-line simulation in a certain operating point while the margin is respected. However, in order to reduce the further cost in a deregulated environment, the stability constraints according to the system state are estimated precisely and Available Transfer Capability(ATC) is expanded. For this reason, it is developing the optimal power flow which reconciles stability restrictions and economical efficiency.

1 背景と目的

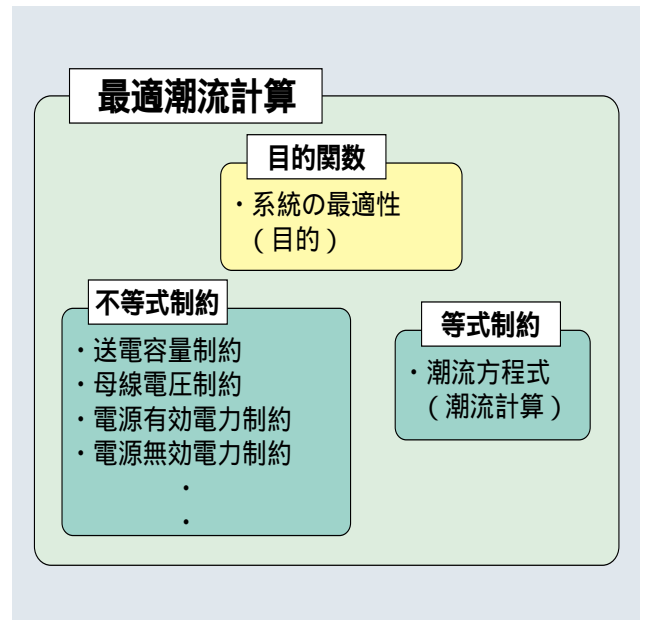
各種制約を満足しつつ、目的関数を最適化することによって電力系統の最適運用状態を決定する最適潮流計算(OPF)の研究は、1960年代から行われており、計画・運用の有効な手段として用いられている。しかし、既存の最適潮流計算によって決定した電力系統の運用点は経済的ではあるが、過渡安定度制約を含んでいないため、過渡安定度の問題が生じる恐れがある。

このため、想定故障後も安定度が維持できる運用点を決定するには、過渡安定度を考慮した最適潮流計算を開発する必要がある。

2 最適潮流計算の基礎

一般に、系統運用を行う際、経済性と安定性を同時に考慮しなければならない。しかし、これら二つの要求は相反する関係にあり、安定性を向上させようとする、過大な設備投資や余分な運転費が必要となり、経済性を低下させてしまう。逆に、経済性を優先すると、系統の安定度や電力の品質低下を招き、安定性を低下させてしまう。このような要求に対して、現在使用されている等法などでは、経済性については満足なものが得られるが、安定性については考慮されていない。また、無効電力の取り扱いができないなどの問題点もある。これらの問題を十分満足する高度な運用を達成する手段として、最適潮流計算がある。

最適潮流計算とは、母線電圧、発電機出力、送電容量などの制約内で火力発電機の燃料費や送電損失などの目的関数を最小化する計算手法である。



第1図 最適潮流計算の概念

3 過渡安定度を考慮した最適潮流計算

(1) 過渡安定度考慮の必要性

電力系統の安定運用を行うためには、送電可能容量を把握する必要がある。しかし、送電可能容量は送電線の熱容量ではなく、安定度限界から決定される場合も多く、時々刻々と変化する系統状態に対して、正確にその値を求めることは困難である。従って、現在の運用では送電可能容量として事前検討した値を固定的に用いているのが実情である。このため、安定度が過酷な電力系統で最適な運用状態を実現するためには、最適潮流計算に過渡安定度制約を取り込み系統状態に応じた送電可能容量の算出が必要である。

(2) 過渡安定度問題の最適潮流計算への取込手法

微分方程式で表現される過渡安定度問題を有限時間の代数方程式に変換して、最適潮流計算へ取り込んでいる。

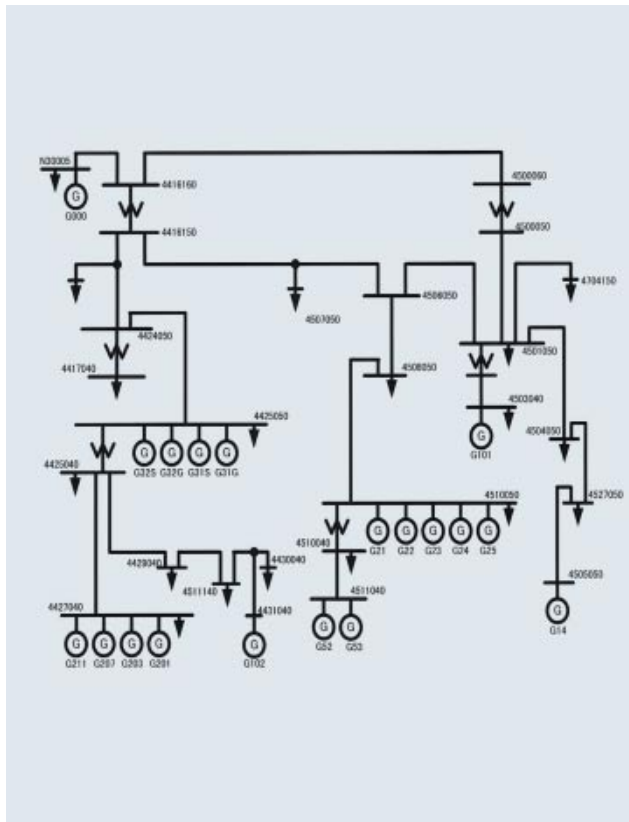
最適潮流計算は本来静的（つまり時間微分を取り扱えない）であるため、微分方程式で表される発電機の動揺方程式を直接取り扱うことができない。そのため、台形法を用いて微分方程式を連立線形方程式に変換することにより最適潮流計算へ取り込んでいる。

また、安定度制約を定義するため、慣性中心に対する発電機回転子角の大きさを制約条件として与える。

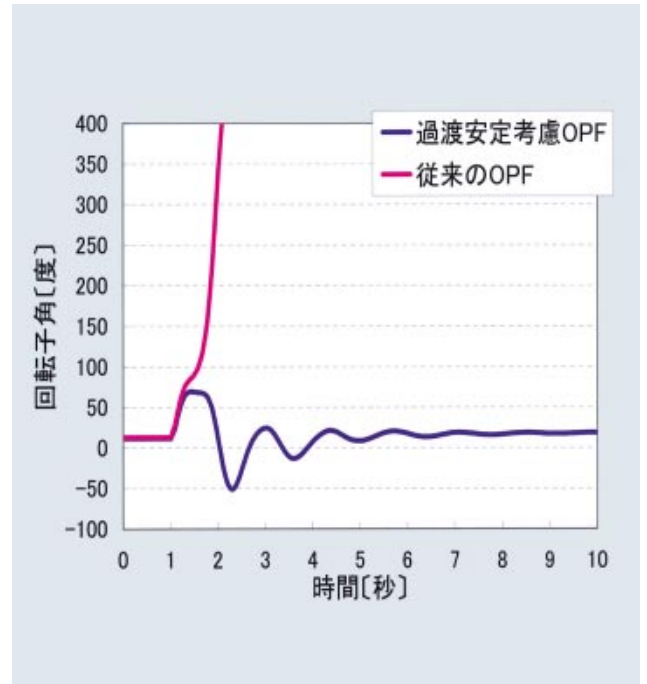
4 実システムに対するシミュレーション結果

過渡安定度を考慮した最適潮流計算を第2図に示す中部電力システムの1部分に対して、燃料費最小を目的として実行した。

第3図はシミュレーションシステムにおける故障後の発電機回転子角の大きさを示している。過渡安定度を考慮していない従来の最適潮流計算で決定した運用点では、故障後に発電機が加速され、故障後1秒程度で脱調（同期外れ）していることがわかる。



第2図 シミュレーション系統



第3図 故障後の回転子角

このように、過渡安定度を考慮した最適潮流計算では、故障後でも安定な運用点を求められることがわかる。

5 今後の展開

今回の手法により過渡安定度制約を最適潮流計算へ取り込むことが可能となった。また、実システムへの適用も可能であることを明らかにした。しかしながら、現状では実システムに起こりうる故障状態（不平衡故障）などを考慮しきれていない。また、計算に多大な時間を要するなど実運用で使用するには不十分な点がある。

これらの問題点を解決し、実運用で使用可能な過渡安定度を考慮した最適潮流計算の開発を行っていく予定である。

