並列型PSSの開発

広域電力動揺の抑制策

Development of a Parallel PSS

For Damping Inter-area Mode Power Oscillation

（系統運用部　系統技術Ｇ）

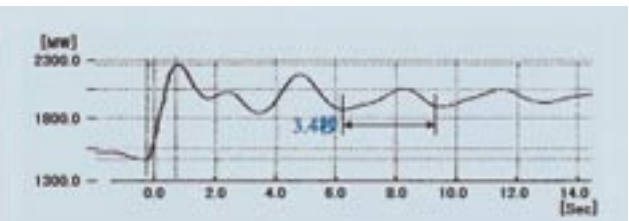
近年の系統拡大に伴い、中西連系系統において顕在化しつつある、2～6秒周期の広域電力動揺を抑制するために、従来から採用されている（ΔP＋Δω）型PSSより、さらに広い帯域をカバーするPSSの必要性が高まっている。そこで、（ΔP＋Δω）型PSSに対して、Δδ相当となる信号を並列加算した、並列型PSSを開発し、デジタルシミュレーションおよび模擬送電線設備試験により、その動揺抑制効果を確認した。

(Power System Engineering Group, Power System Operations Department)

As a result of the power system expansion of recent years, inter-area power oscillations of 2 to 6 second cycles have become apparent in the 60Hz system. To damp these oscillations, there is a growing need for a PSS capable of covering a wider area than the conventional (△P+△ω) PSS. We have developed a parallel PSS that adds a parallel signal equivalent to △δ to the (△P+△ω) PSS, and confirmed the power oscillation damping effect by digital simulations and simulated transmission line tests.

1 開発の背景

近年の系統拡大に伴い、中西連系系統における系統故障に起因する電力動揺として、0.7～1.2秒程度の周期の動揺（発電機モード）に加えて、2～6秒程度の周期の動揺（系統モード）が顕在化しつつある。第1図に、広域電力動揺の一例（三重東近江線有効電力の実観測波形）を示す。この場合、周期は3.4秒である。



第1図　実際に観測された広域電力動揺の例

こうした電力動揺の抑制策として、発電機に設置される系統安定化装置（PSS）では、主として発電機モードの抑制に効果のあるΔP型PSS、また、系統モードの抑制にも効果のある（ΔP＋Δω）型PSSが実用化されている。中部電力でも、1980年に運開した渥美火力3号機以降の火力機に対し、必要に応じ、（ΔP＋Δω）型PSSを採用している。

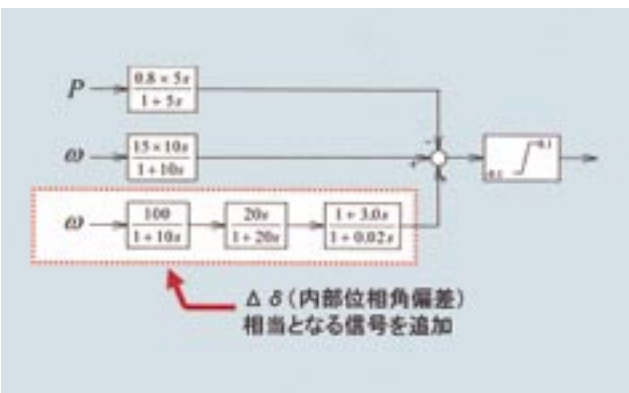
しかし、電力会社間の融通の増大により、電力動揺の減衰の悪化が懸念され、さらに広い帯域をカバーするPSSの開発が必要となっている。

2 並列型PSSの構成

従来から採用されているPSSのうち、Riccati方程式の最適解から制御定数を決定した、位相補償のない形式の（ΔP＋Δω）型PSSを、第2図に示す。

第2図　（ΔP＋Δω）型PSS

並列型PSSでは、このような従来型のPSSに対し、特に系統モードに十分な制動トルクを供給できるような制御関数で構成したPSSを、並列に設ける。



第3図　並列型PSS

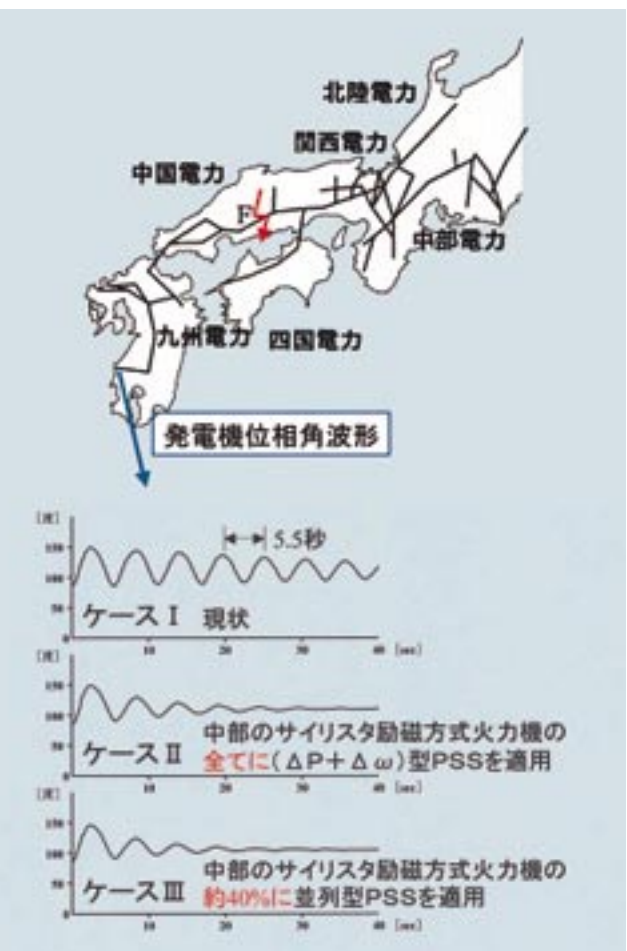
並列に設ける制御関数は、発電機の回転数ωを入力とし、その入力に対し、ほぼ90度の遅れ位相を与えることから、Δδ（発電機の内部位相角偏差）信号と同等の信号とみなすことができる。その意味でこれを、Δδ型PSSと呼ぶ。Δδ型PSSは、長周期動揺領域で、発電機のΔδフィードバック成分が負制動となる現象を、補償する方向に働き、系統モード動揺の抑制効果が期待できる。

3 デジタルシミュレーションによる検討結果

並列型PSSの広域動揺抑制効果を検証するために、任意のモードの動揺を発生する①中間負荷付き一機無限大母線系統モデル、発電機モードから系統モードまで、複数のモードの動揺を同時に発生する② 4機系統モデル、実系統をモデル化した③中西130機系統モデルの3つのモデル系統を用いて、デジタルシミュレーションを実施した。

①および②のシミュレーション結果により、並列型PSSが、（ΔP＋Δω）型PSSと比較して、系統モード動揺に対する高い抑制能力を有すること、また、発電機モードに悪影響を与えないことを確認した。

次に、③では、東向き潮流を増加させた過酷な潮流条件で、中国電力地内の3LG故障を想定し、シミュレーションを行った。第4図として、中西連系系統の概念図と、シミュレーション結果を示す。

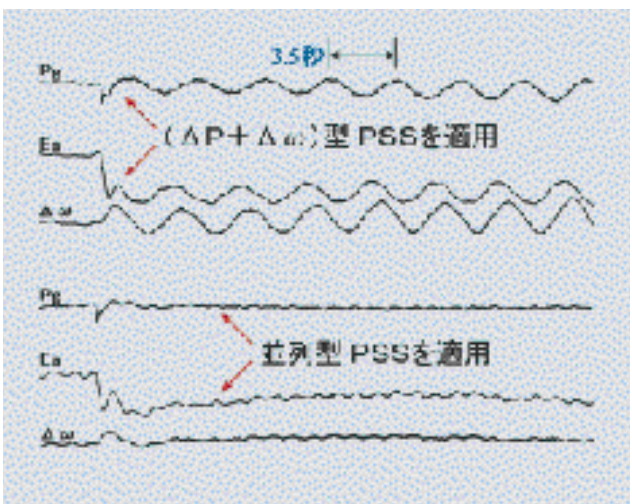


第4図　中西連系系統とシミュレーション結果

中部電力地内のサイリスタ励磁方式の火力機全てに（ΔP＋Δω）型PSSを適用した場合（ケースⅡ）、系統モード動揺は実運用上、問題のない程度まで抑制される。これに対し、並列型PSSは、その適用台数を40%程度に限定（ケースⅢ）しても、ほぼ同じ程度の動揺抑制効果を確保できる。

4 模擬送電線設備試験結果

デジタルシミュレーション結果を、より実機に近いレベルで確認すべく、複数のミニチュアモデル発電機を含む、模擬送電線設備を用いて、並列型PSSの性能確認試験を実施した。なお、並列型PSSは、デジタルAVRの内部ロジックとして実現した。



第5図　模擬送電線試験結果
（目標電圧－5%ステップ応答試験）

第5図に示す試験結果から、並列型PSSが3～4秒程度の動揺に対し、高い抑制効果を持つことを検証するとともに、発電機モード動揺を助長するなどといった、不具合のないことを確認した。

5 コスト面での評価

並列型PSSは、既に（ΔP＋Δω）型PSSを導入している発電機に対して、新規に入力信号を追加することなしに、導入が可能である。さらに、デジタルAVRを採用している発電機については、ロジック部分の変更のみで、並列型PSSを導入することができるため、増分コストは低く抑えることができる。

6 今後の展開

模擬送電線設備試験により、ほぼ実機に近いレベルでの性能確認ができた。今後は、並列型PSSの実機適用に向け、具体的な適用箇所の検討、実機での機能確認試験方法などについての検討を、さらに進める。

執筆者／三谷嘉伸
Mitani.Yoshinobu@chuden.co.jp