広域系統連系における負荷周波数制御の検証

電気電子情報工学専攻　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　108090-2

電力系統工学研究　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　指導教員　藤田 吾郎

1. はじめに

電力系統の負荷変動は種々の電力需要の総和であり時々刻々，ランダムに変動している。その変動特性を把握し，適切なモデルを構築することは自動周波数制御などの電力品質の向上を検討する上での重要な課題の1つである。一方，近年のパワーエレクトロニクスの技術進歩は著しく，交直連系系統の検討が行われ[1]，我が国では北本連系で周波数制御が実施されている[2]。

系統運用に際して，図1のような制御上の協調を加味しつつ，電力品質の維持と経済性の追求を考慮した運用が求められる。LFCに関する定義としては，「定常時における電力系統の周波数および連系線の電力潮流を規定値に維持するため，負荷周波数制御装置を施設し，周波数，連系線の電力潮流あるいは自系統内の負荷変化量などを検出し，制御用発電機の出力を調整する機能」とある。すなわち，電力品質の内，周波数については，LFCやEDCなどを利用した運用になり，有効電力に関する負荷側の消費電力と発電機からの供給電力の需給均衡を保つことで電力系統の基準周波数が維持されることになる[3]。

そこで本研究では，より複雑な広域系統連系においての周波数変動特性について明らかにし，動的負荷変動の検証を行っていき，普遍的なHVDC活用方式について検討していく。

図1　系統制御の目的

2. モデルの構築と検証

<2･1> 動的負荷変動モデルの構築

動的負荷変動モデルのブロック図を図2に示す。下記モデルで実系統の実測の負荷変動の解析を表1の設定条件で行った。負荷変動の時系列特性として，実測に極力合致するようにベース量はノイズ発動間隔を5分として，フリンジ量の大きさは実測の変動波形でのベース波形に重畳している小さな変動成分の振幅を抽出すると標準偏差の10～20[%]になるので平均値の15[%]を採用した[4]。実系統の実測の波形と比較すると，全般的な波形の大きさや時系列的な波形の形状は符号しているので，このモデルを動的シミュレーションとして採用する。

表1　モデルの設定条件



図2　動的負荷変動モデルのブロック図

<2･2> 3地域くし型連系モデルの構築

　3地域のモデルとして，小容量系統のA系統，中容量系統のB系統とC系統と置き，各連系について検証を行う。なお，A系統は北陸電力，B系統は中部電力，C系統は関西電力の系統容量よりパラメータを設定した。各モデルの系統容量および設定条件は表2に示す。表2の設定条件より，MATLAB/SIMULINKによってモデルを作成して解析を行う。

表2　3地域モデルの設定条件



3. 解析結果

<3･1> 検証モデルと解析条件

　3地域系統連系時の検証モデルを図3，図4に示す。この検証モデルをMATLAB/SIMULINKによってモデルを作成する。その時のシミュレーション時間は12000[s]，サンプリング時間は10[ms]として解析を行った。解析条件としては，昼時と夜時の2ケースを選定した。負荷変動量は，B，C系統はピーク時を±0.3[%]，深夜時を±0.2[%]とし，A系統は実在する系統を参考としてB系統の3倍とした。

図3　3地域FFC連系(C-A系統解列時)

図4　3地域FFC，TBC連系(C-A系統解列時)

<3･2> 解析結果

　図3，図4の解析から昼時の標準偏差を算出し，その結果を図5，図6に示す。周波数を±0.1[Hz]として管理目標を定めた場合，標準偏差では0.03[Hz]が今回の解析におけるひとつの指標として考えられる。そのことから図5，図6の結果より，A系統の標準偏差は，HVDCゲインを増加していくにつれ指標どおりほぼ改善されていることが示されている。B，C系統の標準偏差においては，系統容量として中容量を採用しているため周波数にあまり影響がないことがわかる。また，連系線潮流の標準偏差が安定して得られていたことから，図3，図4の両モデルにおいて設計手順に問題がないことも判明した。



図5　3地域FFC連系(C-A系統解列時)の標準偏差



図6　3地域FFC，TBC連系(C-A系統解列時)の標準偏差

4. まとめ

　FFC連系におけるC-A系統解列時の時，図5の結果から，HVDCゲイン*Kab*を大きくするにつれてA系統の周波数変動量の軽減が顕著となり，*Kab* = 6000[MW/Hz]以上で約50[%]の改善量に達している。しかし，B，C系統の周波数変動量は僅かであるが増加している。

　FFC，TBC連系におけるC-A系統解列時の時においても，図6の結果から，HVDCゲイン*Kab*を大きくするにつれてA系統の周波数変動量の軽減が，*Kab* = 6000[MW/Hz]以上で約53[%]の改善量に達しているが，B，C系統の周波数変動量はFFC連系時の結果と同様に僅かであるが増加している。

　今回の検討において，HVDC連系設備の周波数制御面からみた役割として，交流連系が解列している今回のケースにおいては，最良な効果が得られたことが判明した。また，系統連系条件によって効果が違ってくるため，最適な場合においてのHVDCを活用したLFC適用の可能性を考えいく必要がある。

今後の課題として，さまざまな系統構成を想定していくとともに，普遍的なHVDC活用方式について検討を進めていく予定である。

|  |
| --- |
| 文献 |

[1]　A. H. M. A. Rahim, I. M EI. Amim, ‘‘Stabilization of a High Voltage AC/DC Power System’’, IEEE Transactions on Power Apparatus and System, Vol. PAS-104, No. 11, November 1985

[2]　M.Sanpei, A.Kakehi, H.Takeda, ‘‘Application of Multi-Variable Control for Automatic Frequency Controller of HVDC Transmission System’’, IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 9, No. 2, April 1994

[3]　電力系統における常時及び緊急時の負荷周波数制御調査専門委員会, 「電力系統における常時及び緊急時の負荷周波数制御」, 電気学会技術報告, Vol. 869, 2002

[4]　林政義, 望月宏悦, 野呂康宏, 苅部孝史, 古川伸比古, 高木喜久雌, 「南福光直流連系設備における周波数安定化制御の検証」, 電気学会論文誌, Vol. 121-B, No. 9, 2001