パラメータ同定を考慮した負荷周波数制御

正 員 Vichit Avatchanakorn (東海大)

正 員 水谷 芳史 (東海大)

電力システムの負荷周波数制御 (LFC) の設計は、一般に調整用発電所などのパラメータが既知で、負荷変動後も一定である条件で行われている。しかし、発電所や電力システムのパラメータは負荷変動によって変化し、従来の制御では安定性などに問題がある。これらを解決するため、本研究では発電所の調速機、タービンならびに電力システムに対し、再帰的最小二乗法を用いて逐次各々局部的にパラメータ同定を実施する。そして、これらの値を用いて最適制御⁽¹⁾を実施し、安定性と最適性を保証した LFC 体系を提案する。

本研究では、下記のように文献(2)を4地域系に拡張した4地域くし形非線形モデルを用いる。地域*i*：

$$\begin{aligned}\Delta f_i &= (1/M_i) \{ \Delta P_{gi} - D_i \Delta f_i - \Delta P_{di} + a_{ij} P_{tie \max ij} \\ &\quad \times [\sin(\delta_{ij}^* + \Delta \delta_{ij}) - \sin(\delta_{ij}^*)] \} \\ \Delta \dot{P}_{gi} &= (1/T_{gi}) (\Delta X_{gvi} - \Delta P_{gi}) \\ \Delta \dot{X}_{gvi} &= (1/T_{gvi}) \{ \Delta P_{ci} - (1/R_i) \Delta f_i - \Delta X_{gvi} \} \\ \Delta \delta_{ij} &= 2\pi (\Delta f_j - \Delta f_i) \dots \dots \dots (1)\end{aligned}$$

ここで、 Δf_i , ΔP_{gi} , ΔX_{gvi} , $\Delta \delta_{ij}$, δ_{ij}^* , ΔP_{ci} , ΔP_{di} ($i, j = 1, 2, 3, 4$) は各々地域*i*の周波数偏差、タービン出力偏差、ガバナ出力偏差、地域*i-j*の電圧位相偏差、電圧位相差の基準値、制御変数、負荷外乱で、 $M_i = 2H_i/f_i^*$ である。

局部的パラメータの同定を行うために(1)式の各微分方程式を次式のように書き換える。

$$\dot{X}_m(t) = a_m X_m(t) + b_m U_m(t) \dots \dots \dots (2)$$

(2)式を同定サンプル周期 T_k で離散化すると、

$$X_m(k+1) = a_{md} X_m(k) + b_{md} U_m(k) \dots \dots \dots (3)$$

ただし、 $a_{md} = \exp(a_m T_k)$

$$b_{md} = (b_m/a_m) [a_{md} - 1] \dots \dots \dots (4)$$

また、(3)式を書き換えると次式となる。

$$X_m(k) = \phi_m(k-1) \theta_m \dots \dots \dots (5)$$

ただし、 $\theta_m = [a_{md}, b_{md}]^T$, $\phi_m(k-1)$ は過去の入出力からなる行列。ここで、パラメータの同定は再帰的最小二乗法を用い、 θ_m を同定し(4)式より a_m と b_m を求める。特に本研究では、 ΔP_{di} は文献(3)の負荷推定値 $\Delta \bar{P}_{di}$ を用い(5)式の同定を実現する。

制御を変更するとき、(1)式をその運転点 X_0 の回りで(5)式の同定結果を用いて線形化を行い、演算時

図1 周波数偏差 Δf_3 と連系線潮流偏差 ΔP_{tie23} との応答

Fig. 1. Response of deviations of frequency Δf_3 and tie-line power flow ΔP_{tie23} .

図2 パラメータの同定特性 ($T_k=0.02$ s)

Fig. 2. Identification characteristics of parameters ($T_k=0.02$ s).

間遅れを考慮し、外部付け負荷推定機構を用いた地域分割形最適制御⁽¹⁾を実施する。図1は本手法を(1)式のモデルに適用し、地域3に $t=0, t=20$ s で各々 0.01 pu MW のステップ状負荷外乱を加えた特性である。ただし、 $t=0$ s で設計値よりパラメータ M_3, T_{g3}, T_{gv3} を各々 4, 2, 2 倍と増加させた。そして、 $t=15$ s で同定を完了させ、そのパラメータを用い最適制御ゲイン⁽¹⁾を変更した。初期設計パラメータを用いた第一波と同定結果を用いた第二波(本手法)の過渡特性を比較すると、第二波がより良い特性を示した。図2はそのときの同定過程で、正しい値を示した。

(平成元年2月27日受付)

文 献

- (1) V. Avatchanakorn・水谷, 他: 電気学会電力技術研資, PE-88-135 (昭63)
- (2) C. E. Fosha, et al.: IEEE Trans. Power Apparatus Syst., PAS-89, 563 (1970)
- (3) V. Avatchanakorn・水谷: 電学論 B, 109, 9 (平元-1)

Load Frequency Control Considering Identification of Parameters. By Vichit Avatchanakorn, Member & Yoshibumi Mizutani, Member (Tokai University).

アーフツァナコーン・ウィシット: 正員, 東海大学工学研究科 博士課程

水谷芳史: 正員, 東海大学工学部電気工学科