ファジィ制御を用いた静止形無効電力補償装置

准員 佐藤 仁志 (東海大)

正員 岡部 孝継 (電源開発)

正員 M. A. Iskandar (東海大)

正員 水谷 芳史 (東海大)

非会員 的場 誠一 (開発計算センター)

Application of Fuzzy Control to Static Var Compensator

Masashi Satoh, Associate, Marzan Aziz Iskandar, Member (Tokai University), Seiichi Matoba, Non-member (The Kaihatsu Computing Service Center Ltd.), Takatsugu Okabe, Member (Electric Power Development Co., Ltd.), Yoshibumi Mizutani, Member (Tokai University)

キーワード：ファジィ制御，静止形無効電力補償装置(SVC)，安定化制御

現在，電力系統は長距離，大容量化の傾向にあり，電力の安定供給が重要な問題となってきた。そこで，送電線路に静止形無効電力補償装置 (SVC) を設置することによりこの問題に対応している^{(1)~(4)}。しかし，非線形性を考慮した SVC の制御手法については，これからの研究課題で，近年，知識と経験に基づく柔軟な非線形制御が期待されるファジィ制御⁽⁵⁾の適用が考えられる⁽⁶⁾。

本報告では，図 1 の一機無限大母線系モデルを用いて，長距離送電線路の中間地点に SVC を設置し，安定化信号にファジィ制御⁽⁵⁾を用いる手法を提案する。

本制御方式は，図 2 の安定化信号 U_{svc} に，図 3 のファジィ制御操作量 U_f を導入するもので，系統の安定性ととも，電圧を定常時に基準値に維持することを目的とし，リセット回路を考慮した比例・微分形制御である。すなわち，図 3 の本ファジィ制御器 FUSP は SVC 設置点で，観測が容易で，測定時に雑音の影響を受けにくい有効電力偏差 ΔP_c を観測し，測定器，リセット回路を通して，その出力を $E_p(k)$ とする。そして，その変化分を $\Delta E_p(k) = \{E_p(k) - E_p(k-1)\}/T$ とし， E_p を横軸， $\alpha_1 \times \Delta E_p$ を縦軸にとった平面にこれらを描くと次の点 p_f を得る。

$$p_f(k) = D_e(k)/\theta(k) \dots\dots\dots (1)$$

ただし， $D_e(k) = \sqrt{E_p(k)^2 + \{\alpha_1 \Delta E_p(k)\}^2}$ ， $\theta(k) = \cos^{-1}\{E_p(k)/D_e(k)\}$ ， α_1 ：調整パラメータ， T ：サンプル周期， $k: 0, 1, 2, \dots$

$U_f(k)$ を決定するために，文献(6)に基づき図 4 (a)，(b)に示す θ, D_e のメンバシップ関数を構成し，次式に示す制御操作量 $U_f(k)$ を算出する。

$$U_f(k) = \{2\mu_n(k) - 1\} \mu_c(k) U_m \dots\dots\dots (2)$$

図 1 一機無限大母線系モデル

Fig. 1. One machine infinite bus system.

図 2 SVC の構成図

Fig. 2. Block diagram of SVC.

図 3 提案する制御方式

Fig. 3. Block diagram of proposed control.

ただし， U_m ：制御操作量の最大値

そして， U_f を U_{svc} として次のように用いる。

$$U_{svc}(k) = U_f(k) \dots\dots\dots (3)$$

ここで，この FUSP の調整パラメータは $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ となり，サンプル周期 T は 0.01 秒としている。

本ファジィ制御器の調整パラメータを決定するために，次の大小外乱を用いた。

(1) 図 1 の f 点で三相地絡故障後 0.1 秒で故障

図 4 メンバシップ関数
Fig. 4. Membership functions.

図 5 大外乱の応答
Fig. 5. Responses under large disturbance

図 6 x_j を 1.3 倍にした場合の大外乱の応答
Fig. 6. Responses under large disturbance for 1.3 times of x_j

回線を開放した大外乱。

(2) 発電機の機械的入力が増加した小外乱⁽⁶⁾。

そして、制御操作量 U_f のむだな振動を減少させるために $\dot{U}$ を考慮した次式の評価関数 J を用いて、大外乱の J を J_1 とし、小外乱の J を J_2 とし、その合計 J_{10} が最小になるように調整パラメータを決定する。

$$J = \sum_{k=1}^m \{ |\Delta\omega(k)| t_k + |\dot{U}| \} \dots\dots\dots (4)$$

$$J_{10} = J_1 + R J_2$$

ただし、 m : サンプルデータ数、 $t_k = kT$,

$\dot{U} = \{U_f(k) - U_f(k-f)\}/T$, R : J_2 の重み

図 5 は、大外乱が発生したときの本手法と従来法の $\Delta\omega$ の応答である。本手法は、従来法と比較して収束性も良く十分良好な制御効果をあげている。ただし、従来法としては、図 7 に示す制御器を用いた。ここで、定常時において、SVC 設置点の電圧を基準値に維持するという意図から比例・微分形制御とし、ゲイン K_p, K_d は、文献(1)の固有値法を用いて設計した。図 6 は、図 1 の x_j を 1.3 倍とし、図 5 と同じパラメータを用いたときの大外乱の応答である。従来法は不

図 7 従来の制御方式
Fig. 7. Block diagram of conventional control.

安定となるが、本手法は安定でロバスト性が高いことがわかった。
(平成 4 年 10 月 21 日受付)

文 献

- (1) C. J. Wu & Y. S. Lee: *IEE Proc.* 138, No. 5, 427 (1991)
- (2) Chin-Hsing Cheng & Yuan-Yih Hsu: *IEEE Trans.* 7, No. 2, 718 (1992)
- (3) 木下: 電学論 B, 99 789 (昭 54-12)
- (4) 大山・芹澤・関根: 同上 B, 105, 1009 (昭 60-12)
- (5) T. Hiyama, T. Sameshima: *Fuzzy Sets and System*, 39, p. 181 (1991) North-Holland
- (6) 佐藤・M. A. Iskandar・的場・岡部・水谷: 電気学会電力技術研資, PE-92-087 (平 4)

佐藤 仁志 (准員)

昭和 42 年 1 月 28 日生。平成 3 年 3 月東海大学卒業。同年 4 月同大学大学院修士課程進学。

Marzan Aziz Iskandar (正員)

1958 年 5 月 18 日生。平成 3 年 3 月東海大学大学院修士課程修了。同年 4 月同大学大学院博士課程進学。

的場 誠一 (非会員)

昭和 31 年 6 月 23 日生。54 年 3 月電気通信大学卒業。同年 4 月(株)開発計算センター入社。現在に至る。

岡部 孝継 (正員)

昭和 38 年 7 月 14 日生。63 年 3 月東海大学大学院修士課程修了。同年 4 月電源開発入社。現在に至る。

水谷 芳史 (正員)

昭和 19 年 2 月 18 日生。43 年 3 月東海大学大学院修士課程修了。61 年同大学教授。工学博士。