10機モデル系統の非線形分散制御 — 複数故障点の考慮 —

学生員 黄 欣宇 (大阪府立大学) 学生員 北川 泰弘 (大阪府立大学)
正 員 川本 俊治 (大阪府立大学) 正 員 西垣内 秀俊 (関西電力)

Nonlinear Decentralized Control for Ten-Machine Model Power System — Consideration of Some Faulting Points —

Xinyu Huang, Student member, Yasuhiro Kitagawa, Student member,
Shunji Kawamoto, Member (Osaka Prefecture University),
Hidetoshi Nishigaito, Member (The Kansai Electric Power Co., Inc.)

キーワード: 電力系統, 安定化制御, 分散制御, 非線形制御, 安定性解析

1. まえがき

電力系統は社会基盤となる電気エネルギー供給システムであるために、その安全性および信頼性の向上に関する問題は、より重要な研究課題となってきた。著者らは多機系統の安定化制御を行うために非線形分散制御を提案してきた。その方法では、まず各発電機母線から系統全体を眺め、ロバスト1機モデル系統に基づいて分散システムを同定する⁽¹⁾。そして各分散システムにAVR・GOVの補助制御入力 $u_a \cdot u_g$ を加え、安定性を保証する条件下でフィードバックゲインを決定する。この手法を既に3機⁽²⁾⁽³⁾および10機⁽⁴⁾モデル系統に適用し、良好なシミュレーション結果を得ている。しかしながら実系統における全発電機および多くの故障点を考えると、3故障点の考慮⁽⁵⁾では実用化に向けて不十分と思われる。

本レターでは、10機モデル系統の3故障点を考慮して、電氣的出力 P_e の大きな3台の発電機のみ安定性解析で得られた $u_a \cdot u_g$ を加えることにより、系統における30故障点に対して有効な非線形分散制御となることをシミュレーションにより検証している。

2. モデル系統と安定性解析

モデル系統として、図1に示すNew England 10機39母線モデル系統(基準電力100MVA)⁽⁴⁾⁽⁵⁾を取り扱う。各発電機はAVR・GOV付きで、各リミッタはそれぞれ $-5.0 \leq (e_f - e_{f0}) \leq 5.0$, $-0.2P_{m0} \leq (P_m - P_{m0}) \leq 0.2P_{m0}$ (各p.u.値)と設定する。ただし e_f =励磁電圧、 e_{f0} =平常時励磁電圧、 P_m =機械的入力、 P_{m0} =平常時機械的入力である。各負荷は定インピーダンス負荷で、PSS・移相器などの電力機器は含まれていない。F1~F30は全て3相絡故障点とし、故障条件は平常時2回線送電する故障

線路を故障後 $t_c = 0.10$ (秒)で故障を除去して1回線送電する。

非線形分散制御の手順⁽⁵⁾に従って、まず P_e の大きさに順に各発電機を分散制御する。ただし今回は、故障点F1~F3のみを考慮して、 P_e の大きな3台の発電機順(G4→G7→G5)に各 $u_a \cdot u_g$ のフィードバックゲイン F_a および $F_{g1} \cdot F_{g2}$ を決定する。安定性解析により、表1のフィードバックゲインを設定するとF1~F3に対する各P領域が存在し(図2)、安定性を保証する条件下でG4・G5・G7に $u_a \cdot u_g$ を加えることができる。

3. シミュレーション

図3にG4の制御応答を示す。(a)では $u_a \cdot u_g$ なしの場合とG4・G5・G7に $u_a \cdot u_g$ を加えた場合を比較している。さらに(b)では各発電機の相対的位相角の代わりに x_2 応答を示した。F1~F3での各故障に対する臨界故障除去時間は $t_{cr} = 0.11$ (秒)から0.27(秒)となった。

図1 10機モデル系統

Fig. 1. Ten-machine model system.

表 1 $u_a \cdot u_g$ のフィードバックゲイン

Table 1. Feedback gains of $u_a \cdot u_g$.

	ステップ 1(G4)	ステップ 2(G7)	ステップ 3(G5)
F_a	[-3.0 -0.80]	[-2.0 -0.30]	[-4.0 0.75]
F_{g1}	[1.74 1.20 20.6]	[2.27 3.42 4.80]	[1.82 3.67 28.9]
F_{g2}	[2.48 1.77 28.5]	[2.93 4.22 5.12]	[3.19 5.18 38.5]

図 2 P-領域 (斜線部)

Fig. 2. P-region (shaded).

(a) G4 の x_1 応答

(b) G4 の x_2 応答

図 3 制御応答 (G4)

Fig. 3. Control responses (G4).

4. あとがき

本レターでは、10 機モデル系統の故障点 $F1 \sim F3$ を考慮して安定性解析を行い、 $G4 \rightarrow G7 \rightarrow G5$ の順に 3 台の発電機の上に $u_a \cdot u_g$ を加える非線形分散制御を検討した。その結果、実系統での多くの発電機および故障点に対する実用性の立場から、全ての発電機に $u_a \cdot u_g$ を加える必要がなく、全ての故障点を考慮した解析をしなくてもよい可能性を、ケーススタディとして示すことができたと考えられる。本研究の一部は文部省科学研究費基盤研究 (C) 「多機電力システムの非線形分散制御」 (No.09650329) の助成を受けていることを付記する。

(平成 9 年 10 月 27 日受付)

文 献

- (1) 川本・兼高: 「電力系統の分散システム同定」, 電学論 B, 116, 14 ~ 19 (平 8-1)
- (2) 川本・滝野・野尻: 「3 機モデル系統のファジィ分散制御」, 電学論 B, 116, 1534 ~ 1540 (平 8-12)
- (3) 川本・兼高・野尻: 「3 機モデル系統の平衡点制御に基づく分散制御」, 電学論 B, 117, 68 ~ 74 (平 9-1)
- (4) X. Huang and S. Kawamoto: "Nonlinear Decentralized Control for Multi-Machine Power System", Proc. of ICEE'97, Matsue, Japan, 314 ~ 317 (1997-7)
- (5) 黄・川本・野尻: 「10 機モデル系統の非線形分散制御 - 複数故障点の場合 - 」, 平成 9 年電気学会電力技術・電力系統技術合同研究会, No. PE-97-1, PSE-97-1

黄 欣 宇 (学生員) 1964 年 4 月 26 日生まれ。'89 年 6 月中国武漢水利電力大学大学院電力工学部卒業、修士号取得。同年 7 月雲南工業大学電力工学部電気工学科助手、'91 年 6 月同講師。'95 年 4 月大阪府立大学大学院工学研究科博士後期課程電気・情報系専攻入学。現在同課程に在学中。電力系統の安定性解析、安定化制御など非線形制御問題に関する研究に従事。

北 川 泰 弘 (学生員) 1972 年 12 月 2 日生まれ。'96 年 3 月大阪府立大学工学部電気工学科卒業。同年 4 月同大学大学院工学研究科博士前期課程電気・情報系専攻入学。現在同課程に在学中。電力系統の非線形分散制御に関する研究に従事。平成 8 年電気関係学会関西支部連合大会奨励賞受賞。

川 本 俊 治 (正員) B 部門誌平成 9 年 1 月号参照。

西 垣 内 秀 俊 (正員) 1950 年 3 月 2 日生まれ。'74 年 3 月大阪府立大学大学院工学研究科電気工学専攻修士課程修了。同年 4 月関西電力 (株) 入社。'90 年 6 月関西電力 (株) 総合技術研究所主任研究員、現在に至る。電力系統解析業務に従事。