

電力系統における変電所電圧・無効電力制御への マルチエージェントの適用方式の開発

永田 武[†] 佐伯礼吏[†] 波多野 亮介[‡]

広島工業大学[†] 中部電力[‡]

1. はじめに

電圧・無効電力制御に関して、これまでに数多くの研究が実施されている。これらの研究は、システム構成方法からみると集中型システム⁽¹⁻²⁾と分散型システム⁽³⁻⁴⁾に分類される。本来、電圧・無効電力制御は局所的な制御操作で可能であるので分散型システムで実現すればよい。しかし、コスト低減や電力品質の維持の目的のために、これまでに以上に高度な制御、協調的な制御が要求されることから、情報のある程度集約し全体的な意思決定をする集中型システムの考え方が必要となってくる。

本研究は、これまでに実施されてきた電圧・無効電力制御方法を変電所二次母線電圧の適正化を図る「電圧制御」と、その二次母線から送電される変電所の一次母線電圧の適正化を図る「無効電力制御」の部分問題に分離して、エージェントを用いた分散型システムとして実現するものである。

2. マルチエージェント無効電力制御

提案するマルチエージェント無効電力制御システムの構成を図 1 に示す。同図に示すように、変電所には、制御を担当する変電所エージェント (SSAgent)、系統上を移動して各変電所のローカルなデータを取得しながら制御後の電圧変動を事前に推定計算する移動エージェント (Migrator)、および各変電所に窓口として存在し移動してきた他変電所の Migrator と交信する受付エージェント (Concierge) の 3 種類のエージェントを配置する。本提案方式の特長を以下に示す。

- (1) 本システムは、各変電所内の計算機に実装したエージェントが、連系する変電所間の無効電力を融通し、一次母線電圧を許容電圧上下限内に収め、かつその電圧分布均等化も行う

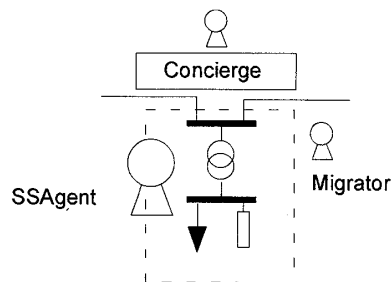


図 1 変電所に配置されたエージェント

方式である。

- (2) 調相設備を有する変電所は、自所の一次母線電圧の適正化を目的に自律制御を実施すると共に、調相設備を有さない変電所から出される電圧適正化の応援要請にも応える機能を有している。
- (3) 安全性の高い制御を実施するために、制御実施の意思決定をした変電所のエージェントは、その操作の実行前に操作後に生じる電圧への影響を推定する機能を待たせている。この機能は、当該の変電所に常駐している移動エージェントが上流の各変電所を訪問し、必要な緒量を受け取りながら電圧等の推定計算を繰り返していくことで実現させている。

ハンチングの原因となる同時制御を防止するために、連系される変電所群の中での操作は、一つの時間断面では一操作に限定する機能を持たせている。この機能は、各変電所での移動エージェントの状態により判定できるため、集中的な処理が不要となり拡張性の高い方式となっている。SSAgent は、図 2 に示すように 11 の状態と 20 の遷移から成る有限状態機械として実装している。

3. シミュレーション

本システムの動作を確認するために、図 3 に示すモデルシステムを使用して計算機シミュレーションを行った。負荷データは、実系統での正午付近の負荷の急激な変動を参考にして、厳しい負荷条件設定を行った。

図 4 に変電所の一次母線電圧の制御結果を示す。

同図において、縦軸は電圧、横軸は時間（分）である。縦軸の 1.0pu を中心として外側から「許容電圧上下限」，「基準電圧 $\pm 3\%$ 」の直線，下流変電所から決定された「運用目標電圧範囲」，そして計測された一次母線電圧の大きさである。これらの図から各変電所の一次母線電圧は，厳しい負荷条件にも関わらず，完全に許容電圧上下限内に収まっていることがわかる。また，下流変電所から通知される運用目標電圧範囲も有効に機能している状況が見られる。

4. あとがき

提案方式はマルチエージェントによる「無効電力制御」方式について提案した。簡単なモデルシステムを用いた検討ではあるが，シミュレーション結果から，提案方式は極めて厳しい負荷変動の状況下でも制御可能であることが確認された。3種類のエージェントが各々の役割に従って行動し，各変電所間における無効電力を融通し，一次母線電圧を適正に保ち，かつその電圧分布の平滑化も達成できる可能性を示すことができたと考えられる。

今後の課題としては，エージェント間の通信量の削減，多端子送電線への対応，電圧制御との組み合わせなど，実用レベルの検討が挙げられる。

参考文献

- (1) S. Civanlar and J. J. Grainger: "Volt/Var control on distribution systems with lateral branches using shunt capacitors and voltage regulators, part I the overall problems", *IEEE Trans. on Power Apparatus and Systems*, Vol. PAS-104, No. 1, pp. 3278-3290 (1985)
- (2) J. E. Mendoza, D. A. Morales, R. A. Lopez, E. A. Lopez, J. C. Vannier, and C. A. Coello: "Multiobjective Location of Automatic Voltage Regulators in a Radial Distribution Network Using a Macro Genetic Algorithm", *IEEE Trans. on Power Systems*, Vol. 22, No. 1, pp. 404-412 (2007)

- (3) G. W. Kim and K. Y. Lee: "Coordination control of ULTC transformer and STATCOM based on an artificial neural network", *IEEE Trans. on Power Systems* Vol. 20, No. 2, pp. 580-586 (2005)
- (4) 永田武，佐伯礼吏，歌谷昌弘，中地芳紀，波多野亮介：「マルチエージェントによる協調的な電圧・無効電力制御方式」，*電学論*，128，11，pp. 1313-1319 (2006)

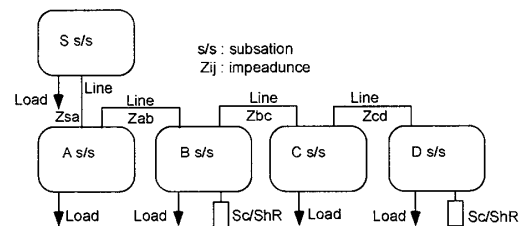


図3 モデル系統

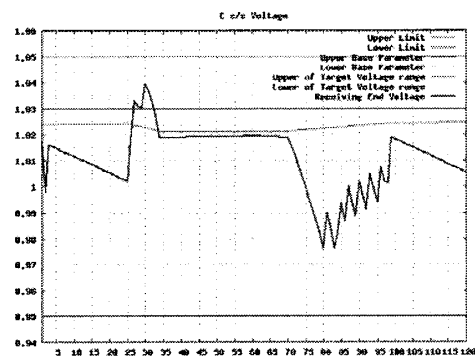


図4 シミュレーション結果(Bs/s)

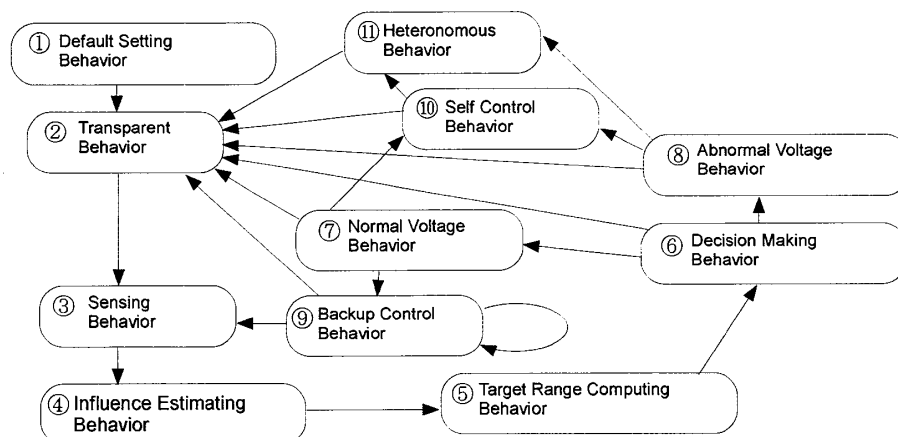


図2 状態遷移