

題 目 多地点の計測情報に基づく配電系統電圧調整装置の協調制御方法

(Cooperative control method of voltage regulators in the distribution system using the information of multipoint measurements)

氏 名 渡邊 雅浩

太陽光発電等の小規模分散形電源の系統連系対策や、力率改善用コンデンサに起因するフェランチ現象の対策など、配電系統の電圧管理が複雑になってきている。一方で、配電系統の電圧、電流等を計測可能なセンサの普及が進みつつある。このような状況において、配電系統の電圧調整を担う、配電用変電所の負荷時タップ切換え変圧器(LRT: Load Ratio control Transformer)や自動電圧調整器(SVR: Step Voltage Regulator)の役割が重要となり、近年計測情報に基づいた整定や制御による効果的な電圧制御を可能とする検討がなされている。例えば、リアルタイムの計測情報に基づき、SVRやLRT(load ratio control transformer)のタップ値を最適に決定する手法が検討されている。しかしながら、配電系統の通信網を、リアルタイムの制御に活用するためには、信頼性のある高速通信網の設備投資が必要となる課題がある。また、計測・通信環境の整備が進む過程において、インフラ性能に対応した適切な制御方法の選択が重要となる。

そこで、本研究では上記の課題を解決するために、配電系統の電圧調整装置の最適整定手法、自律分散制御手法を提案する。具体的には、1) 配電系統の計測値を元にSVRの制御パラメータを整定する方法、2) 複数のSVRを自端情報によって協調的に動作可能とする制御手法、3) マルチエージェントによって複数のSVRを自律分散的に協調制御する手法、を提案する。また、各手法について、例題系統を対象とした計算機シミュレーションによって有効性を検証した。その結果、限られた計測、通信性能の環境下でも、電圧変動抑制、電圧維持制御性能を向上可能である結果が得られた。具体的には、以下の結論を得た。

(1) 計測情報に基づくSVRのLDC整定および制御アルゴリズム

SVR自端情報を含む系統内の計測実績値を基に、SVRのLDCパラメータを整定する手法を提案した。また、実際の配電系統の計測データを用いたSVR動作シミュレーションによって、LDCパラメータ決定アルゴリズムの評価結果について示した。提案手法により、SVRを通過する有効、無効電力と、配電系統の電圧の関係を分析することで、SVRの電圧制御機能を効果的に動作させることが可能となる見通しが得られた。

(2) 自端計測情報の相関関係を利用した複数台SVRの協調制御手法

複数のSVRを自端情報によって協調的に動作可能な制御アルゴリズムを提案し、系統の測定データを用いたシミュレーションで有効性を確認した。同一フィードに複数台のSVRが設置される場合に、SVRの動作遅れが発生することを、SVRの自端情報によって協調的に制御するアルゴリズムを提案した。あらかじめ計測したデータの相関関係を把握することで、SVRが他のSVRの動作を推測し、適応的な制御を可能とした。また、実系統の計測データを用いたシミュレーションによって、有効性の検討を行った。例題系統を対象に、フィード末端側のSVRの時定数を適応的に変更することで、電圧余裕を拡大できる見通しを得た。今後は、時定数の適切な決定方法、SVR等の電圧調整装置コントローラの機能検証、制御パラメータ決定支援システム等の検討を進める予定である。

(3) マルチエージェントシステムを用いた電圧制御機器の自律分散制御

最適制御問題をマルチエージェント制御システムに適した形に定式化し、自律性と最適性の両立を可能と

する制御手法を提案した。「黒板メモリ」のデータを活用する制御構成とすることで、エージェント間の不要な情報交換の削減や、データ通信量の削減が可能となった。

提案手法の特徴には、**OLTC** や **SVR** などの既存の電圧調整装置を有効に活用できることがある。各機器のコントローラが、黒板メモリと通信可能となることで、提案手法が実現可能となる。

このような制御構成とすることによって、通信経路の停止などの故障時にも、残されたコントローラとエージェント構成で電圧制御性能を確保することが可能となる。通信経路がすべて消失した場合でも、各コントローラによるローカル制御に縮退することで、従来制御と同様の制御が可能となる。

シミュレーション結果から、**PV** の増加によって、従来手法では電圧変動や電圧制御機器の不要動作が拡大する危険性があることがわかった。タップ動作を増加しても、電圧逸脱が解消されないケースが示された。提案手法では、このようなケースでも、各コントローラの自律分散機能によって、適切に電圧制御が可能となることを確認した。今後の課題として、実規模系統でのシミュレーションによる検証、実証設備による検証があげられる。

本論文は、これらの研究内容を、以下のように 5 章から構成されている。

第 1 章では、研究の背景として、分散型電源の普及拡大時の配電系統の電圧制御の課題、計測通信環境の整備を想定した制御構成のロードマップについて概説し、次に本研究の目的と位置付けについて述べる。

第 2 章では、過去の蓄積された計測情報を活用し、**SVR** の制御パラメータを適切に整定するアルゴリズムおよび実系統計測値とシミュレーションを活用した有効性評価について述べる。第 3 章では、過去の蓄積された計測情報から得られた制御パラメータと、**SVR** の制御時定数を適応的に変更することで、複数台の **SVR** を協調的に制御可能とするアルゴリズムおよびシミュレーション検証結果について述べる。第 4 章では、マルチエージェントシステムを用い、共有メモリを活用することで、限られた性能の通信環境においても、電圧制御機器の自律分散制御を可能とするアルゴリズムおよびシミュレーション検証結果について述べる。第 5 章では、本研究を総括するとともに、残された問題点について言及する。