



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Study of modern reconfiguration on distribution system based on flow algorithms [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	黄, 铮
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(工学)
Dissertation Number	甲第12653号
Issue Date	2017-03-23
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/65875
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/
Type	doctoral thesis
File Information	Huang_Zheng_review.pdf, 審査の要旨



学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称 博士 (工学) 氏名 黄 錚

審査担当者 主 査 准教授 原 亮一
 副 査 教 授 北 裕幸
 副 査 教 授 五十嵐 一
 副 査 教 授 小笠原 悟司

学位論文題名

Study of modern reconfiguration on distribution system based on flow algorithms
(フローアルゴリズムに基づいた配電システムの新しい構成変更決定手法に関する研究)

配電システムは電力システムの中でも最も末端 (需要端) に位置しており, より上位のシステムと比較して, 電線が細く損失が大きいこと, また配電システムの電圧がそのまま直接, 各需要家への供給電圧に影響を与えることから, 保安上・電力品質上・エネルギー効率の観点から高度な運用が求められる。このような背景から, 従来より, あるシステムの状態 (負荷分布) に対して適切な配電システム構成 (電力の供給経路) を求める問題が注目されている。この問題は, 冗長性を持った配電システムにおいて複数の開閉器のオンオフ状態を決める組み合わせ最適化問題であり, 効率的な求解アルゴリズムの開発は従来からの重要な研究課題の一つである。ところで近年, 再生可能エネルギー発電への注目が集まっており, 特に太陽光発電 (PV) が大量に電力システムに導入され始めている。PV は環境性に優れるものの, その出力が天候に依存して短時間で大きく変動しうるため, 配電システムの状態もやはりこれまでと比較して大きく, かつ不確実性を持って変化しうる。先で述べた配電システム構成決定手法も, このようなシステム構成の大きな変化に対応することが強く求められ, 本研究ではこのようなニーズの変化を捉えて新たな配電システム構成決定のための手法を開発している。配電システム構成決定を取り扱った先行研究の多くでは, ある一断面におけるシステム状態に対して最適なシステム構成を決めるものがほとんどであり, 本研究で取り組んでいる経時的なシステム状況の変化を捉えた手法の開発は他に類を見ない。また, 開発された手法の根幹をなす「フローアルゴリズム」は著者自身の着想に基づいており, 独創性に富んだ研究成果であると言える。

本論文の第 2 章ではまず, ある配電システムモデルに対して全てのシステム構成を列挙・観察し, 優秀なシステム構成が共通的に持つ特徴である「バランスのとれた構成」を見いだしている。これは, 配電システムを構成する各岐路 (ブランチ) におおよそ均等に電力負荷が分布するときに, 配電損失・電圧変動が小さくなるという特徴である。また, その観察結果に基づき, IFA と名付けた新しいシステム構成決定アルゴリズムを開発している。基本的な考え方は供給経路の上位 (配電用変電所) から順に, 最も電圧降下量が小さくなるように順次経路を決定していくこと, ならびにそうして求められたシステム構成をさらに微修正を加えていくことの 2 段階で構成されている。IFA は, あるシステム状態に対して極めて短い時間で, 確定的にシステム構成を決定することができる特徴を有する。そのため, たとえば配電システムの状態が大きく変化した場合にも, 即座に準最適なシステム構成を見いだすことが可能であり, たとえばオンラインでのシステム構成変更に応用することができる能力を有している。

本論文の第 3 章では, PV のような分散型電源が大量に連系した際に生じる逆潮流に対応するため

に,IFA で考慮していた電圧降下量を,電圧上昇方向も考慮できるように拡張した EFA と名付けたアルゴリズムを開発している。また EFA では,2 段階目における系統構成の微修正を,IFA よりも幅広い範囲で探索することでよりよい解を見つけることに成功している。一方で,IFA に比べて求解時間は長時間化する傾向にあり,解の精度を犠牲にしつつ計算時間を短縮するための手法についても検討されている。2 章ならびに 3 章で開発された IFA,EFA の効果は,国内ならびに世界で標準的に使用されている配電系統モデルを用いたシミュレーションにより確認されており,既往手法と比較して計算時間,解の精度,求解の安定性の全てにおいて優れていることを明らかにしている。

本論文の第 4 章では,系統状態の変化に対する別のアプローチとして,多時間断面を考慮した系統構成決定手法 (LTEFA) を開発している。LTEFA は,想定される将来の負荷状態の変化に対してロバストな系統構成を決定することを目的とした手法であり,開閉器の動作回数を大幅に削減することが可能となる。現状配電系統で用いられている開閉器の動作回数は数千回程度であり,頻繁な切替は難しいことから,開閉器動作回数の削減は実系統への実装に向けて重要なポイントである。また第 4 章では,LTEFA で考慮すべき期間を固定的に与えるのではなく,系統状態の変化の大きさに応じて動的に決定するための AULD 手法も開発されている。第 2,3 章と同様の配電系統モデルによる試算により,提案手法により一日を通じた電圧変動量を,より少ない開閉器動作回数で抑制することが可能であり,またその計算時間も GA を用いた既往手法と比較して 20 倍以上高速であることを明らかにしている。

以上,著者は,配電系統構成決定問題に対して,詳細な解析・分析に基づく新たなヒューリスティクス手法を開発するとともに,その手法が今後の配電系統で生じるであろう大きな条件変化に効果的に対応しうるものであることを示している。その成果は,電力システム工学,電気エネルギー工学の発展に大きく寄与するものであり,よって著者は,北海道大学博士(工学)の学位を授与される資格があるものと認められる。