



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Voltage Control via Residential Load Scheduling in Next Generation Power Distribution System [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	謝, 強強
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(工学)
Dissertation Number	甲第12649号
Issue Date	2017-03-23
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/65730
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/
Type	doctoral thesis
File Information	Xie_Qiangqiang_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 謝 強強

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

Voltage Control via Residential Load Scheduling in Next Generation Power Distribution System
(次世代配電システムにおける住宅負荷スケジューリングによる電圧制御に関する研究)

近年, 電力システムにおいては太陽光発電 (PV) に代表される分散型電源 (DG) の大量導入や, 電気自動車 (EV) といった新しい電力需要の登場等, その発生・需要の双方において大きく変わりつつある。これまで設置されてきた PV の約半数は住宅の屋上に設置されるタイプのもので, また EV の充電についても, その所有者の自宅, あるいは住宅地に隣接する公共施設・商業施設などで実施されることが多い。そのため, 住宅地域を含む配電系統が大きく変化しつつある状況にある。こうした機器の登場は電力システムのエネルギー効率を高める一方で, PV からの出力電力あるいは EV の充電電力により配電線を通る電力潮流がこれまでよりも大きく, また高い不確実性を持って変動させてしまう可能性を持っており, 結果的に, 配電系等における電圧管理が非常に難しくなることが懸念されている。これらの問題に対する取り組みはエネルギー問題・環境問題の解決に必要な不可欠であるといえる。一方, 電力システムのスマート化, いわゆるスマートグリッドへの関心が高まりつつあり, 家庭用エネルギーマネジメントシステム (HEMS), あるいは複数の需要家の集合体であるコミュニティを対象としたエネルギーマネジメントシステム (CEMS) といった概念が浸透しつつある。本研究は, 前述の配電系等における電圧管理の高度化という社会のニーズに対して, HEMS ならびに CEMS の枠組みを活用して, 需要家側の機器の利用方法をマネジメントするという従来にはないアプローチを検討したものである。

本論文の第 2 章では, 各需要家に設置される HEMS, ならびにそれを束ねる CEMS が協調して配電系等の電圧管理を実現するため全体構造を提案している。通常, 一つの配電系統には数千軒の需要家が接続していることから, 全体の情報を一元的に管理して全体最適化を図ることは現実的ではない。このような観点から本研究では, 各需要家単位での機器の利用希望などを管理する HEMS と, 供給電圧に互いに影響を及ぼしうる近隣 (厳密には同じ柱上変圧器下の) 10 軒程度の需要家の群を対象とした Sub-CEMS, ならびに数百程度の Sub-CEMS に対して共通的な情報を提供する CEMS で構成される, Multi-sub-CEMS 構造と名付けた三階層構造を提案している。後の数値試算例で示されているように, このように階層構造をとることで実配電系統への実装に際しても十分利用可能な計算時間ならびに解の精度を担保することができ, 高い実現可能性を持っている有用なアプローチであるといえる。

本論文の第 3 章では, Multi-sub-CEMS 構造による電圧管理の機能の一部である, 前日計画手法を開発している。開発された前日計画手法ではまず, 各需要家がどの機器をどの時間帯で使用したい

かを HEMS 上で指定する。次に、各 HEMS からの情報をに基づいて sub-CEMS が電圧逸脱が生じないように機器の利用スケジュールを最適化計算により指定する。この最適化計算はいわゆる組み合わせ最適化問題となり、厳密解を工学的時間で求めることは難しく、本研究でも遺伝的アルゴリズム (GA) を適用している。開発された手法により、特段のスケジュールを実施しない場合と比較して電圧逸脱量を抑制しつつ、需要家の利益 (PV からの電力の販売収入と、系統からの電力の購入支出の差) を向上させられることを、シミュレーションにより例証している。

本論文の第 4 章では、前日計画の段階では把握することができない実需要・実 PV 出力に対して、各機器の利用スケジュールをどのように再調整するかを、既設の配電系統電圧調整装置である負荷時タップ切替変圧器 (OLTC) との協調動作を考慮しつつ開発している。このような再調整をリアルタイム制御と名付けている。リアルタイム制御においては、文字通りリアルタイム性が求められ、現状に対してできるだけ素早い、しかし適切な対応策を講じることが求められる。このような観点から本研究では、配電系統における電力潮流と電圧分布の特性を考慮した新たなヒューリスティクス手法 (VRLCS) を開発している。開発した手法の有効性をシミュレーションにより検証しており、電圧逸脱の回避をより少ないスケジュール再調整で達成できること、ならびに再調整に要する計算時間が極めて短いことを明らかにしている。

以上より、著者は、配電系統の電圧管理という保安上・電力品質上きわめて重要な課題に対し、これまでの系統側に設置された装置・機器の活用だけではなく、需要家側の機器利用スケジュールリングという新しいアプローチを開発したものである。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る。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。