

博士學位論文

内容の要旨
および
審査結果の要旨
第13号

平成29年度
広島工業大学

— は し が き —

本編は、学位規則(昭和28年4月1日文部省令第9号)第8条による公表を目的として、
本学において博士の学位を授与した者の『論文内容の要旨および論文審査結果の要旨』
を収録したものである。

目 次

課程博士

【工学系研究科】

(学位記番号)	(学位の種類)	(氏名)	(論文題目)	(頁)
甲第16号	博士(工学)	栗栖 慎也	再生可能エネルギー源の大量導入に対応した配電 系統電圧管理技術の高度化に関する研究	... 1

氏名	栗栖 慎也
学位の種類	博士 (工学)
学位記番号	甲第16号
学位授与年月日	平成30年3月17日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
学位論文題目	再生可能エネルギー源の大量導入に対応した配電系統電圧管理技術の高度化に関する研究
論文審査委員	【主査】 教授 永田 武 教授 加藤 浩介 教授 久保川 淳司 教授 川原 耕治

内容の要旨

再生可能エネルギーが電力系統に大量に連系されると電圧分布や電力潮流が複雑化するため、電力系統運用に様々な問題を引き起こす懸念がある。本論文は、これらの問題の中から電圧管理問題に焦点を当て、天候に左右される太陽光発電 (PV) の大量導入時の複雑な電圧プロファイルに対して、適正範囲に電圧を維持することが可能な配電系統電圧管理方式を検討し提案したものである。

第1章「序論」では、本研究の背景と目的が述べられている。

第2章「柱上変圧器タップの自律制御による配電線フィーダ電圧制御方式」では、柱上変圧器タップの自律制御による新たな配電線の電圧制御方式が提案されている。柱上変圧器に自身の電圧と電力のセンシングとタップ制御機能を新たに実装し、このセンシング結果から、自律的にタップを制御する方式を提案し、シミュレーションにより提案方式の有効性が示されている。

第3章「分散電源の力率制御による配電線フィーダ電圧制御方式」では、分散電源の力率制御による配電線の電圧制御方式が提案されている。この方法は、複数の分散型電源の力率制御を協調させたフィーダ内完結型の電圧制御方式である。2種類のエージェントから構成されるマルチエージェントシステムを用いた計算機シミュレーションにより、その有効性が示されている。

第4章「分散電源の力率制御とLRTのタップ制御による配電線フィーダ電圧制御方式」では、分散電源の力率制御と配電用変電所LRTのタップ制御による配電線の電圧制御方式が提案されている。この方法は、既存の代表的な電圧制御機器である配電用変電所LRTのタップ制御と分散電源の力率制御との協調制御方式である。3種類のエージェントから構成されるマルチエージェントシステムを用いた計算機シミュレーションにより、

その有効性が示されている。

第 5 章「分散電源の力率制御とフィーダ間連系開閉器制御の組み合わせによる配電線フィーダ電圧制御方式」では、分散電源の力率制御とフィーダ間連系開閉器制御の組み合わせによる配電線の電圧制御方式が提案されている。この方法は、別フィーダとの連系を制御するフィーダ間連系開閉器と分散電源の力率制御との協調制御方式である。3 種類のエージェントから構成されるマルチエージェントシステムを用いた計算機シミュレーションにより、その有効性が示されている。

最後に、第 6 章「結論」では、本研究で得られた成果をまとめ、今後の課題及び展望について述べられている。今後の電力システムでは、配電線フィーダに連系する負荷や分散型電源、そして柱上変圧器などの要素をインテリジェント化する新しい考え方が必要になると考えられる。負荷はピークシフトやピークカットなどの負荷平準化、分散型電源は無効電力の応援、そして柱上変圧器はタップ制御などのインテリジェント化が考えられる。本論文は、このような要素の効果的な活用方法について述べられている。

審査結果の要旨

現在、低炭素社会の実現に向けて再生可能エネルギーの導入が世界的に進んでいる。日本においても、太陽光発電システム (PV) の導入目標として 2020 年までに 2,800 万 kW という政府目標が掲げられている。国際エネルギー機関 (IEA) によると、日本における 2014 年の PV 導入量は 970 万 kW で、総発電容量は 2,341 万 kW となっている。PV が大量導入された状況を考えると、その出力変動に伴う電圧変動が各所で発生し、その結果、配電線フィーダの電圧プロファイルに与える影響は、非常に複雑になることが予想される。すなわち、フィーダ 1 では上限電圧逸脱、フィーダ 2 では下限電圧逸脱といった状況が同時に発生することも予想される。このような状況では、送り出し電圧を一律に上下する LRT (負荷時タップ切替変圧器) での対策は取れなくなる。また、線路途中に導入されている SVR (電圧調整器) のタップ管理の複雑化とともに、SVR の新設なども必要になることが予想される。これまでも、電圧制御について数多くの研究が実施されている。

申請者は、これらの方法を制御機器に着目して 5 種類に分類している。まず、第 1 の方法は従来機器である LRT と SVR の高度な利用および両者を協調した方法である。第 2 の方法は、SVC (静止型無効電力補償装置) などの機器を導入した方法である。第 3 の方法は、太陽光発電装置に併設される PCS (パワーコンディショナ) を用いた方法である。第 4 の方法は、柱上変圧器のタップ制御の方法である。そして、第 5 の方法は、配電線の連系開閉器の開閉による方法である。

本論文では、これらの方式の中から、再生可能エネルギー源の大量導入に対応するために、PCS を用いた新しい第 3 の方法、柱上変圧器を用いた第 4 の方法、および配電線の連系開閉器用いた第 5 の方法を提案している。そして、複数のモデルシステムとシミュレーションによりその有効性を明らかにしている。

まず、第 2 章で提案している「柱上変圧器タップの自律制御による配電線フィーダ電圧制御方式」で方法は、これまでほとんど検討がなされていない方式であり、通信機構も不要で構造を簡単にすることで将来的に導入される可能性のある有望な方式であると考えられる。本内容は電気学会論文誌に「柱上変圧器の自律制御による配電線フィーダの電圧制御方式 (電学論 B, Vol. 136, No. 8, pp. 705-711, 2016)」として掲載されている。

次に、第 3 章で提案している「分散電源の力率制御による配電線フィーダ電圧制御方式」は、PCS の力率制御動作をエージェントに組込んだ知識モジュールにより実現し、さまざまなモデルシステムを用いたシミュレーションによりその有効性を明らかにしている。そして、PV 所有者の力率の悪化を極力抑える方式であり、新規性・創造性・実用性を有する優れた方法であると考えられる。本内容は電気設備学会の論文「分散電源の力率制御による配電システムの電圧制御マルチエージェントシステム (Vol. 136, No. 8, pp. 705-711, 2016)」と、電

気学会論文誌に「マルチエージェントによる配電線フィーダの電圧制御方式 (電学論 B, Vol. 136, No. 12, pp. 876-882, 2016.12)」と、「配電線フィーダの自己完結型電圧制御方式 (電学論 B, Vol. 137, No. 1, pp. 27-33, 2017.1)」として掲載されている。

次に、第 4 章で提案している「分散電源の力率制御と LRT のタップ制御による配電線フィーダ電圧制御方式」は、2 つの方式の協調制御の方式を提案し、シミュレーションによりその有効性を明らかにしている。今後、このような複数の方式をいかに協調させるかについての先駆けとなる内容であると考えられる。

最後に、第 5 章で提案している「分散電源の力率制御とフィーダ間連系開閉器制御の組み合わせによる配電線フィーダ電圧制御方式」は、配電系統の連系開閉器の開閉制御により電圧プロファイルを改善しようとする新たな方法であり、当該分野の新しい研究の方向性を示すものとして評価される内容である。本内容は電気学会論文誌に「分散電源の力率制御とフィーダ間連系の組み合わせによる配電線フィーダ電圧制御方式の一検討 (電学論 B, Vol. 137, No. 5, pp. 349-355, 2017.5)」として掲載されている。

申請者は本論文において、配電系統の電圧管理問題に対して、従来技術とは異なった新たな手法を提案し、シミュレーションによりその効果を検証している。その結果、従来方式に比較して柔軟で信頼性の高い制御の可能性を示唆することに成功していると考えられる。また、研究成果は学術論文誌の筆頭著者として 5 編を公開し、国際会議での講演も 3 編行っており、いずれも高い評価を得ている。

本論文の公聴会は平成 30 年 2 月 6 日に、Nexus21-701 号教室において開催され、申請者による論文発表と質疑応答がなされた。そこでは、博士論文の内容と学識確認のための諮問が行われたが、いずれについても明快な回答がなされた。そして、その後開催された論文審査委員会において、本論文は高く評価され、論文審査員全員が一致して、博士 (工学) の学位を授与するに値すると判定した。

博士学位論文内容の要旨および審査結果の要旨第13号

平成30年4月18日発行

発行 広島工業大学
大学院 工学系研究科

編集 広島工業大学 学務部
〒731-5193 広島市佐伯区三宅2丁目1-1
TEL 082-921-3121