

審査の結果の要旨

氏名 近藤 健一

本論文は「需要家機器を用いた無効電力制御による配電系統電圧逸脱の抑制」と題し、需要家機器の電源回路として多く利用されている Power Factor Correction (PFC) コンバータの入力電流波形を変形し、無効電力制御を行うことで配電系統電圧制御を実現する手法に関する研究をまとめたものである。今後も導入が進むと考えられる小規模太陽光発電設備や電気自動車用充電設備などに起因する配電系統の電圧逸脱問題を解決すべく、需要家機器による無効電力制御手法を確立するための、個々の機器の電源制御法の提案と制御可能な機器を多数束ねた場合における制御手法の検討を実施し、これらの有効性を明らかにしたものである。

本論文は日本語で記述された全 6 章で構成され、各章の概要及び主な内容は下記の通りである。

第 1 章「序論」では、脱化石燃料社会実現に向けた再生可能エネルギー電源の導入や、自動車の電動化に伴う夜間充電時などに起因する、配電系統における電圧維持問題とその解決に向けた技術動向について整理をし、本論文の意義と動機を示している。

第 2 章「PFC コンバータによる無効電力制御とその制約」では、提案している無効電力制御に用いる PFC コンバータについて、回路構成とその制御方法を示している。需要家機器から発生する高調波電流の影響、および、PFC コンバータによる無効電力を検討する上で制約となる、回路構成が持つ特徴を述べ、PFC コンバータによる無効電力制御を検討した先行研究を示している。合わせて無効電力制御に伴う直流電圧の変動についても検討結果を示している。

第 3 章「PFC コンバータによる無効電力制御手法」では、PFC コンバータの制御系に軽微な変更を施すことで、簡便な無効電力制御が可能となる傾き変更

のこぎり波乗算手法を提案し、その制御法の有効性を理論および実験の両面から明らかにしている。PFC コンバータの電流指令値を入力電圧波形にオフセットを持たせたのこぎり波を乗じた波形にすることにより無効電力を制御可能であることは示されていたが、のこぎり波の傾きを制御することで、傾きと出力無効電力が線形の関係となることを示し、実験によって実証している。また、提案手法の無効電力制御可能範囲についても理論と実験により明らかにしている。無効電力制御に伴う直流電圧への影響についても検討を行い、提案手法の有効性を示している。

第 4 章「無効電力制御を行う PFC コンバータと配電系統間の相互影響」では、提案手法による無効電力制御を実施した場合に発生する高調波電流が配電系統に与える影響について検討している。高調波電流に起因する電圧歪について計算を行い、提案手法を実装した需要家機器の導入可能量を定量的に評価している。

第 5 章「配電系統電圧協調制御」では、提案手法を実装した多数の需要家機器が配電系統に接続された場合における協調的な制御手法を提案し、その安定性と電圧逸脱抑制効果について検討している。実装を容易にするため自端情報による制御を仮定し、安定に制御可能な範囲を理論的に検討した上で、計算機シミュレーションにより検証している。

第 6 章「結論」では、本論文の成果と今後の展望についてまとめている。最後に付録として、配電系統電圧制御や高調波規制の概要、PFC コンバータの制御手法と実装法など本論文に必要な情報をまとめて記している。

以上これを要するに、本論文は、需要家機器の無効電力制御による配電系統電圧調整手法の確立を目的とし、PFC コンバータの軽微な変更による無効電力制御法を提案し、その有効性について実験による検証を行い、さらに、多数の需要家機器の協調制御手法について検討したもので、電気電子工学、電力系統工学などの分野への貢献が少なくない。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。