

審査の結果の要旨

氏名 ヴェルツ アネッタ

本論文は、「Distributed DC Energy Network Using Interconnected Subgrids (直流と蓄電池を用いて電力融通を可能とするオープンな電力網の構築とその制御法の研究)」と題し、全7章から構成される。

現在の電力系統は、集中型の発電所から効率的に送配電することに最適化し安定して運用されてきた。しかしながら、最近導入が進む再生可能エネルギーは、不確実かつ分散した電力を既存系統へ接続することとなり、その不安定性が全体電力網への伝播することを無視できず、一定割合以上の導入には課題が残る。このような分散型かつ変動型の再生可能エネルギーを導入しながら安定的に電力を供給する電力送配電網の研究は電力エネルギー分野において期待される分野の一つである。これに対し、本論文では、互いに周波数同期制約を受けない分散サブグリッドを多層に構成することによるボトムアップ型の電力グリッドを提案し、その物理的ネットワーク構成と自律分散型の通信制御法を開発し、実証試験においてその有効性の検証を行った。

第1章は、論文の背景と目的を示している。分散型かつ変動型の再生可能エネルギーを導入しながら安定的に電力を供給する電力送配電網の課題と研究を概観し、本論文の意義と新規性を述べた。

第2章は、関連研究および技術調査に基づき、既存電力グリッド方式を総括しながら、ICT通信ネットワーク定義から着想を得た電力グリッド構成を物理的電力ネットワーク構成部と情報通信システム部へ分ける枠組みを提示し、本研究の位置づけを示した。

第3章では、物理的電力ネットワーク構成部における提案を示した。既存系統における位相同期問題などの分散制御における安定性と安全性といった電力制約をサブグリッド間接続の問題に対し、直流を採用することで解消し局所的にかつ独立してサブグリッドを管理することで制御の柔軟性とレジリエンス性を高める手法を提案した。直流採用に伴うドループ制御などの電力制御はデジタル制御可能な双方向のDCDCコンバータで実現する手法を開発し、その手順を示した。このことで電力サブグリッドをプラグアンドプレイに近い形で流動的

に導入，または取り除くことが出来る可能性を示した。

第 4 章では，情報通信システム部について提案手法を示した。分散システムと自律型の制御アルゴリズムが多く研究されている一方，それを実現する情報通信およびその制御法が課題となっていた。そこで通信ネットワークの制御構造を参考にした多層オーバーレイ型 P2P 電力ネットワーク通信制御法を開発しそれを第 3 章で示した電力ネットワーク上で実装することにより電力融通を実現した。その制御法により分散電源や需給変動に対応できる柔軟な電力送配電システムを実現し，分散している需給の偏りは自律的に電力融通させることで解消できる。

第 5 章は，提案した手法を沖縄の大学居住区において 2 層サブグリッドの 19 個のサブシステムとして実装され，双方向での電力融通による効果を検証した。その結果，再生可能エネルギーの効率的な利用が実現され電力融通の実効性を示した。さらに複数の電力融通アルゴリズムの比較を行くことで，太陽エネルギー置換率等で全体システムの効率向上させられることを示した。本研究で開発した手法は，分散型再生可能エネルギー導入を促進するうえでの現状の制約を軽減する電力網への応用が可能な手法であることが期待される。

第 6 章はさらに，制御スキームをデータ分析とシミュレーションを通じて評価した。九州と沖縄の年間の日射量データと電力需要データを用いて電力融通による自給自足率の改善を検証した結果，自給自足率は 4.2%改善し，太陽光導入率は 8.6%改善されることが確認された。

第 7 章は結論を述べている。本研究の成果を簡潔にまとめ，今後の研究課題を示している。

本論文で提案された手法は，分散型再生可能エネルギー導入を促進するうえでの電力的な制約を軽減する手法として応用可能なものであり，特に，多層サブグリッド間電力融通とそのデジタルベースの電力制御法の実現は，市場メカニズムでの電力融通アルゴリズム等，今後の研究を実装するベースとして，新たな知見を与えるものと評価できる。

審査委員会の評価点の平均点は，新規性 4.6，有用性 4.0，完成度 4.1，外部発表実績 4.6 であった。また，類似性チェックの結果，本人の投稿論文，文献リストを除くと 5%，残りは用語定義の文献引用など（1%未満の合計）であった。

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。