HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	マイクログリッドの運用・設計手法の開発と経済性の評価［論文内容及び審査の要旨］
Author(s)	下町, 健太朗
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(工学)
Dissertation Number	甲第12199号
Issue Date	2016-03-24
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/61851
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/
Type	doctoral thesis
File Information	Kentaro_Shimomachi_review.pdf, 審査の要旨

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

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　下町健太朗

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

学位論文題名

マイクログリッドの運用・設計手法の開発と経済性の評価
（Study on Operating and Sizing Method and Economic Evaluation of Microgrid）

地球温暖化や化石燃料枯渇等の問題を解決するための一手段として, 再生可能エネルギー (RE) への期待が高まっているが, 太陽光発電 (PV) に代表される自然変動電源は, 天候や日射量に発電量が大きく左右されるという課題がある. このため, 電力会社の供給エリアよりも小さな単位 (市町村, ビル, 家庭, 等) でこれらの不安定な電源をネットワーク化すると共に, 蓄電池などの可制御な装置と組み合わせることで, 地域の需要家ニーズに合致した電力を安定かつ高効率に供給するシステム: マイクログリッド (MG) の概念が提唱され検討されてきている.MG を有効に機能させるためには, エリア内の電力需要および RE・蓄電池の運転状態を監視・制御し, また予測される将来の状況に対して,MG 内部の機器を計画的に運用・制御する技術:エネルギーマネジメントシステム (EMS) 技術を開発することが重要である. ところで,PV および蓄電池は原理的には直流で動作し, また最近では直流駆動の負荷機器も増えてきていることから, 給電距離がそれほど長くない MG においては, 従来の交流方式ではなく直流方式で給電することで, 交直変換の段数を減らすことができ, より高効率な MG を構築できる可能性がある. 以上のことから本論文では,MG, 特に直流を用いた直流 MG を想定して, その最適運用のための EMS 技術を開発すると共に,MG を構成する各種機器の最適な容量を設計する手法を明らかにすることにより MG の経済性を評価することを目的としている.MG における EMS 技術については世界各国で研究が進められてきているが, そのほとんどが交流 MG を前提としたものであり, 直流 MG の EMS 技術や交流・直流といった電力供給方式の違いに着目した MG の経済性評価に関する研究はほとんど見当たらない. しかも, 本研究は北海道帯広市に構築された直流 MG の実証実験設備を用いて行われており, より現実的な観点に基づいた有用な研究であると評価できる.

本論文の第 2 章では直流 MG の EMS において必要となる機能のうち, 特に前日計画機能について具体的な計画アルゴリズムが開発されている. 開発された前日計画アルゴリズムでは,MG から排出される CO2 を最小化するために,MG の各設備の 30 分毎の出力計画を翌日の PV 出力予測に基づいて決定している. このとき,PV 出力の予測誤差を考慮して, いくつかのシナリオとして PV 出力を与え計画を行う手法が開発されている. このことにより, 得られた計画は, 予測誤差があったとしても MG に期待されるパフォーマンスを低減させることなく MG を運用可能なロバストな計画を行うことができると評価できる. また, 帯広市直流 MG 実証設備で得られたデータに基づいた試算において, 特に予測誤差の大きな日において提案手法が有効であることを明らかにしている. さら

に, 本論文で得られた前日計画を当日運用に適用した結果, 直流母線の電圧を規定範囲内に抑えつつ CO2 排出量が抑制されていることを確認しており, 実際的な観点からも有用であると言える.

第 3 章では,MG における設備の最適容量設計を行う手法が開発されている. この設計では, 住宅需要家向け直流 MG における PV, 蓄電池の最適容量をそのコストが最小となるように設計している. 住宅を対象とした試算では,MG により CO2 排出量は削減されるが, コストは増加することを明らかにしている. また, 現状の価格では EV よりもガソリン車を導入する方が経済的であることを明らかにしている.

第 4 章では, 本研究で開発した MG の運用手法ならびに容量設計手法を用いて, 従来のように交流で給電を行う交流 MG と直流 MG との経済性比較が行われている. 定性的には, 需要内の交流負荷が多ければ交流有利, 直流負荷が多ければ直流有利となることが考えられるが, 定量的に評価を行っている論文はほとんど見当たらない. 本論文では住宅需要家内の負荷をベース負荷, 照明負荷, 空調負荷およびそれ以外の負荷の 4 つの利用形態に分けて扱い, これらに対して交流負荷, 直流負荷を設定することで MG の給電方式を定量的に決定している. 特に, 住宅 5 軒をまとめた試算おいては, ベース負荷, 照明負荷およびそれ以外負荷が直流となるまでは交流有利という結果が得られている. したがって, 新たに MG を設計するに際しては, その需要内における交流負荷および直流負荷の比率を把握して給電方式を適切に設定することで,MG の経済性を向上させられることを明らかにしている.

これを要するに, 著者は, 太陽光発電, 蓄電池, 電気自動車, 直流負荷を含む直流マイクログリッドに着目し, その運用方法の提案, 最適容量設計ならびにマイクログリッドの給電方式の違いによる経済性について新知見を得たものであり, 電力系統工学, 電気エネルギー工学の発展に寄与するところ大なるものがある. 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あるものと認める.