

論文審査の結果の要旨

氏名 今中 政輝

本論文は「離島系統における送水システム及び海水淡水化装置の消費電力制御による再生可能エネルギー電源出力変動補償手法の研究」と題し8章よりなる。

第1章は「序論」で、まず変動性再生可能エネルギー電源(VRP)の導入の現状とそれに伴う電力系統運用の問題点と課題について解説している。次に本論文の目的と構成について述べている。

第2章は「水道システムの概要と消費電力制御の可能性」と題し、水道システムについて消費電力制御上の要件を、機器保有者および電力制御者の観点から整理している。先行研究との比較により、再生可能エネルギーと淡水化施設や送水ポンプを組み合わせる研究は世界的には多数行われているが、系統に連系し消費電力制御対象とする例は少なく、可変速制御されたポンプの実機特性に基づいた研究の独自性が示されている。

第3章は「淡水化装置と送水ポンプの共通部分のモデル化」と題し、共通する部分に関する整理やモデル化を行っている。淡水化装置と送水ポンプには消費電力制御対象として見た場合には類似点が多く、圧力損失要素以外は共通のモデルで記述可能であることを示している。

第4章は「淡水化装置の静特性と制約条件下での消費電力可制御幅・効率」と題し、淡水化装置のモデル化と消費電力制御可能範囲の解析を行っている。提案モデルでは電力変換装置出力周波数と濃縮水の流量調整バルブ開度を制御量、原水塩分濃度と温度を外部条件として入力し、各動作点での圧力・流量・消費電力を算出する。小規模な試験装置を用いてモデルの検証を行い、実機試験結果の特性を再現出来ることが示されている。更に淡水化装置の運用制約条件を満たす範囲での消費電力の上下限を決める手法を提案し、解析と試験によって検証している。各消費電力指令値に対して安全動作領域内で水生成効率を最大化する動作点の決定法も示し、その有効性を確認している。

第5章は「淡水化装置の過渡特性と再生可能エネルギー変動補償手法」と題し、淡水化装置の過渡特性を確認するため、電力変換装置出力周波数制御によるステップ・ランプ応答特性および正弦波応答特性について検討している。正弦波応答試験でのBode線図を用いた解析により、消費電力の応答性に原水塩分濃度およびバルブ開度の依存性があり、静特性と比較して水生成効率低下がほとんどないことが示されている。更に太陽光発電出力を指令値としての追従特性の検証を行い、消費電力をPI制御による簡易な制御法でも可制御幅内の太陽光発電変動を大幅に削減可能なことが示されている。さらに静特性モデルを用いた過渡特性シミュレーション手法を提案した。

第6章は「送水システムの静特性モデルと消費電力可制御幅・効率」と題し、送水ポンプの静特性モデルの提案と小規模ポンプシステムでの実証試験を行った。更にモデル

を多数台の送水ポンプ群が並列運転される系に拡張した検討も行った。特に多数台のポンプ群に関する解析では、他のポンプの吐出流量により可変速制御時のポンプ消費電力の上下限に影響を受けることが示唆された。

第7章は「送水システムの過渡特性と再生可能エネルギー変動補償手法」と題し、過渡特性の検討を結果が示されている。ステップおよび高速のランプ応答試験では、圧力・流量および消費電力が最終的な安定値に達する前に最大2秒程度別の値で一定になる「二段応答」が見られた。二段応答の原因が圧力サージであり、その大きさを示すジューコフスキーの式を組み込んだ過渡特性モデルで二段応答過渡特性を再現できることを示している。過渡特性モデルを用いた制御による変動抑制効果を検証し、高速追従を目的としたデッドビート制御を提案・検証している。水の供給信頼性の維持と消費電力制御の両立を目的に、送水ポンプを例として貯水槽の水位を考慮した消費電力制御手法を提案し、シミュレーションにより貯水量制約を満たしながら太陽光発電変動を抑制可能であることを示している。

第8章は「結論」で、各章の結論をまとめている。

以上これを要するに、本論文は、変動性再生可能エネルギー電源による電力変動を補償し離島電力系統安定化に資するため、送水ポンプシステム及び海水淡水化システムの消費電力制御に必要な機器要素モデルの提案を行い、それを基に必要な精度と応答性を実現する機器の消費電力制御を提案し、シミュレーション及び実験によりそれらの有効性を明らかにしたもので、先端エネルギー工学、特に電気工学、電力システム工学に貢献するところが少なくない。

なお、本論文第3章から第7章までは、恩田祐輔、佐々本英紀、比嘉直人、國場裕介、島袋正則、神里良太との共同研究であるが、論文提出者が主体となって分析及び検証を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

よって本論文は博士(科学)の学位請求論文として合格と認められる。

以上 1992 字