

審査の結果の要旨

氏名 寺尾 悠

本論文は「**Electromagnetic design of light weight and high power density superconducting synchronous machines for 10 MW class wind turbine generators** (10MW 級風力発電機のための軽量・高出力密度超電導同期機の電磁設計)」と題し、洋上ウィンドファーム等への適用を目指した 10MW 級の大型低速大トルク風力発電機として、超電導技術の適用可能性を研究したものである。界磁のみを超電導化した 2 方式、界磁と電機子を共に超電導化した全超電導方式、そして比較対象として永久磁石機を、有限要素法解析を用いて設計し、実用的な超電導発電機設計について検討している。特に全超電導発電機については、 MgB_2 線材を電機子巻線に適用するという新しい提案を行っている。論文は 8 章から構成される。

第 1 章は「**Introduction**」であり、風力発電の現状と大型化の動向、発電機システム構成について整理した後、超電導風力発電機の研究開発の現状と課題について説明し、その上で本研究の目的と論文の構成について述べている。

第 2 章は「**Design Conditions for 10MW class Wind Turbine Generators**」と題し、まず本研究で設計、解析する超電導風力発電機の基本諸元と基本構成について記述し、続いて発電機として永久磁石形、突極形超電導、非突極形超電導、全超電導の 4 種類を具体的に検討すること、さらにそれらの基本構造と界磁コイル、電機子コイル等について説明し、設計および解析の条件を明らかにしている。

第 3 章は「**Electromagnetic Design of Permanent Magnet type Synchronous Generators**」と題し、第 4 章から第 6 章で設計結果が述べられている超電導風力発電機の比較対象としての永久磁石形風力発電機の設計を、二次元有限要素法解析により行った結果について記述している。定常運転時の発電機特性と短絡事故時の過渡応答特性などの解析結果を示されている。

第 4 章は「**Electromagnetic Design of Salient Pole type Superconducting Generators**」と題し、鉄心をできるだけ有効に使った突極形構造の界磁超電導風力発電機の設計結果について記述している。鉄心を比較的多量に使用した多

極構造であるため、他の超電導発電機よりも重くなるが、永久磁石形と比較して直径は大幅に小さく、また、使用する超電導線材量も 100km 以下とすることが可能で、検討した超電導発電機の中で最短であるという結果が得られている。

第 5 章は「**Electromagnetic Design of Non-Salient Pole type Superconducting Generators**」と題し、非突極構造でバックアイアンを有する界磁超電導風力発電機の設計結果について記述している。特に高磁界設計を採用し、コンパクト・軽量化を重視した発電機になっている。特に直径を 5m 以下にした設計では、必要な超電導線材長が 1000km を超えていて、超電導線材のコストを考慮すると、実用性という点で課題のある設計となっている。

第 6 章は「**Electromagnetic Design of Fully Superconducting Generators**」と題し、界磁コイルだけでなく、三相電機子巻線も超電導化した全超電導発電機の設計結果について記述している。界磁コイルには他の超電導発電機設計と同様に高温超電導線材を使用する前提であるが、電機子コイルには交流損失を考慮して多心の丸線構造を有する MgB_2 超電導線材を使用することを提案している。電機子コイル電流が 1Hz 程度と非常に低い周波数であるため、交流損失は許容可能な程度に収まり、コンパクトで軽量の発電機設計が実現できている。

第 7 章は「**Comparisons of 10 MW class Wind Turbine Generators with Different Structures**」と題し、第 3 章から第 6 章で述べた発電機設計結果を総合的に比較、考察している。発電機の軽量化やコンパクト化への要求をそれほど重視しない場合は突極形の界磁超電導発電機が実用性の高い設計であり、発電機の軽量化やコンパクト化を実現しつつ、高温超電導線材量も抑えることのできる設計として全超電導発電機の実現があるという結果となっている。

第 8 章は「**Conclusions**」であり、本研究の成果を総括している。

以上これを要するに、本論文は、洋上ウインドファームなどへの適用を目指し、従来の風力発電機の容量を超える 10MW 級大型風力発電機として、超電導同期機の電磁設計を行い、発電機基本構造と発電機特性との関係を明らかにし、特に新しい全超電導風力発電機を提案して、軽量・高出力密度の特長を有する超電導風力発電機の実現可能性を定量的に示したものであり、電気工学、特に超電導工学に貢献するところが少なくない。

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。