

2023年度 永守財団 研究助成 研究報告書

所属機関	木更津工業高等専門学校 電気電子工学科
職位または役職	助教
氏名	水越 彰仁

1. 研究題目

オープン巻線誘導発電機を用いた小水力発電用電力変換器の開発

2. 研究目的

近年、分散型電源としてダムのような大規模構造物を必要としない小水力発電が注目されている。また、脱炭素社会実現に向けたエネルギー源として水素が着目されている。そのような背景から、小水力発電を電源として電気分解による水素発生を行うシステムが検討されている。従来、発電機は電力系統へ連携することを前提として3相200Vの交流電圧を出力する一方、水素発生装置には数V程度の直流電圧のみを必要としている。交流から直流及び降圧比の大きい電力変換を行うため、降圧の段数が増え、変換効率が悪化することが課題である。

本研究では、低圧大電流電力変換器の段数削減及び電力系統への連携を容易とすることを目的として、オープン巻線構造を有する誘導発電機システムを検討する。滑り周波数を交流/直流電力変換器で制御することにより不安定な小水力発電電圧を低圧に制御し、出力周波数を系統電圧に合わせた50Hzに制御するシステムを提案する。

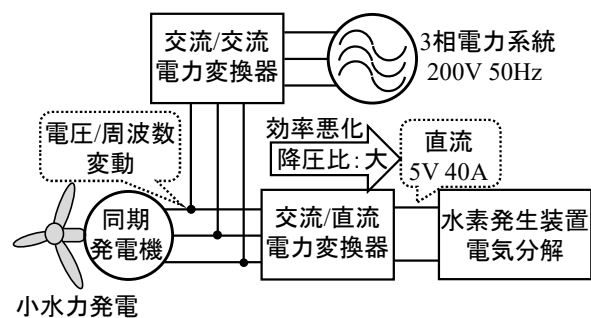


図1 従来の小水力発電/水素発生システム

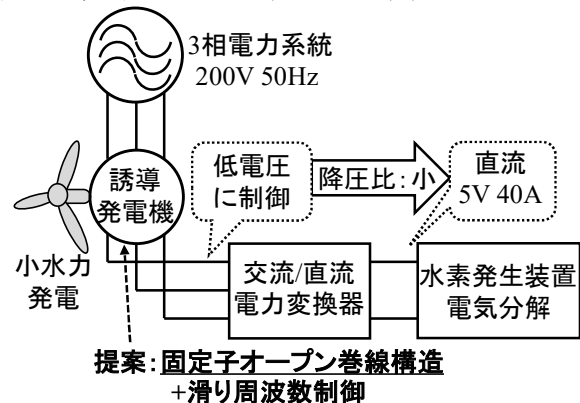


図2 提案するシステム

3. 研究内容及び成果

本研究では、オープン巻線誘導発電機を用いた、水素発生装置向け電力変換システムの開発と検証を行った。

本システムは、三相インバータと三相電力システムの位相差を誘導機力率に応じて変化させることで、直流電圧を任意に制御できるオープン巻線電動機駆動システムの特徴に着目している。この制御方法の有効性を確認するため、回路シミュレータを用いてオープン巻線誘導発電機のモデルを構築し、三相電力システムと三相インバータを接続したシステムのシミュレーションを実施した。図3に提案システムと制御ブロック図を示す。

図4に示すシミュレーション結果から、インバータと電力システムの電圧の位相差を変化させることで、発電機からインバータDC側へ電力を供給できることを確認した。また、発電機に流れる電流の周波数を系統周波数 50 Hz に合わせるため、コンバータの出力周波数が 50 Hz となるように q 軸電流を制御する方法を採用した。この制御方法により、系統周波数に同期した電力供給が可能となった。

並行して、オープン巻線誘導発電機および電力変換器の試作を進め、主回路の動作確認を完了した(図5)。回転速度を定格速度 1500 rpm の±10%の範囲で変化させた場合、速度が 1500rpm 未満では DC へ電力が充電され、1500rpm 超では系統へ電力が送られることが分かった。これにより、回転速度の変動に応じた柔軟な電力制御が可能であることが示された(図6)。

今後の課題として、滑り周波数制御および励磁電流制御の詳細な検証、系統電圧に合わせた周波数出力の実現、電力変換器の低電圧出力動作の確認、そして試作機を用いた実機検証の実施が挙げられる。

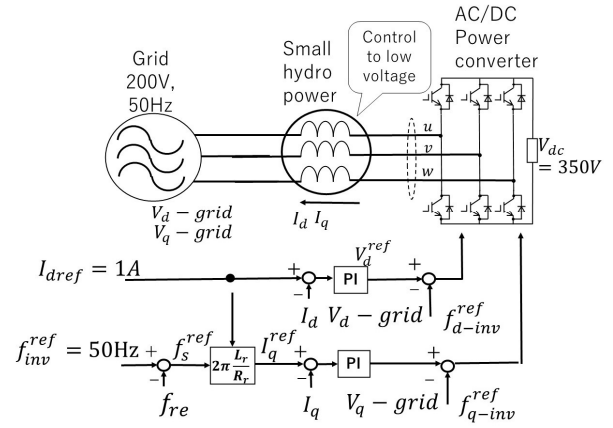


図3 提案回路と制御ブロック図

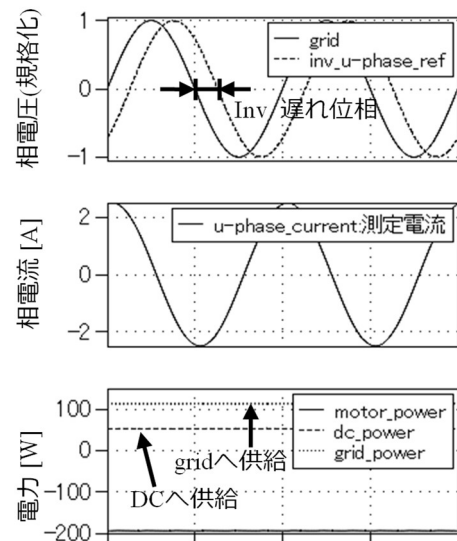


図4 インバータ出力電圧と系統の位相

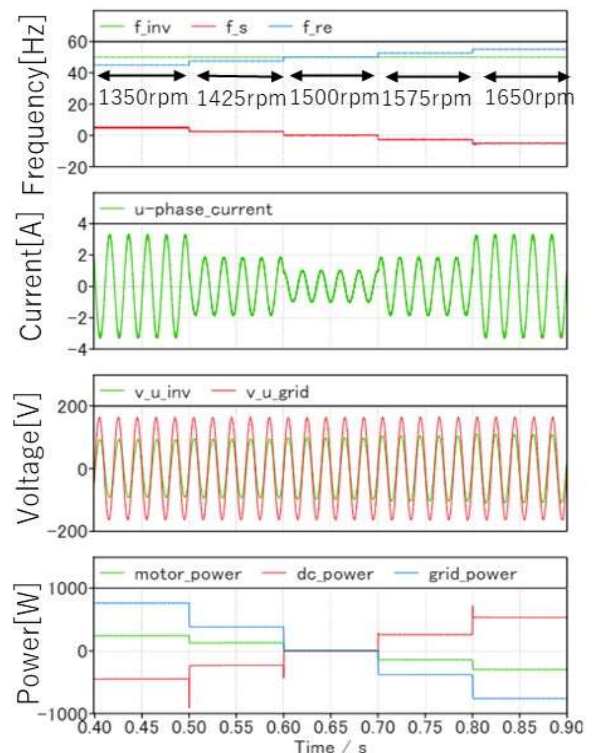


図6 回転速度の変化と電力の関係

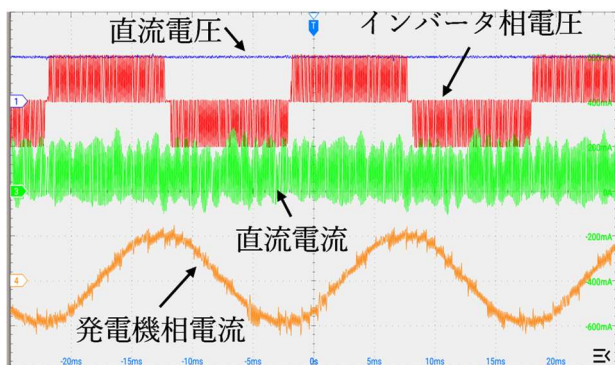


図5 インバータと発電機の実験波形

4. 今後の研究の見通し

試作したオープン巻線誘導発電機および電力変換器を用いて、シミュレーションで確認した電力制御と周波数制御の有効性を実環境下で検証する必要がある。また、滑り周波数制御および励磁電流制御の更なる最適化を図る。特に、本研究で実施した励磁電流制御に磁束制御を追加することで、システムの応答性等の性能向上が期待できる。磁束制御を導入することにより、発電機の磁束を最適に保ちつつ、負荷変動や回転速度変化に対してより迅速かつ効率的に対応できるようになると考えられる。これにより、系統連系時の安定性向上や、発電効率の改善が見込まれる。また、系統電圧に合わせた周波数出力の精度向上と、電力変換器の低電圧出力動作の安定化にも取り組む。これらの改善により、様々な系統条件下での運用が可能となり、システムの適用範囲が広がることが期待される。

長期的な視点では、本システムを実際の電力系統に組み込んだ場合の影響評価や、複数のシステムを連携させた場合の制御方法の検討も必要となる。これらの研究を通じて、より大規模かつ複雑な電力系統における本システムの有効性を実証することを目指す。

5. 助成研究による主な発表論文、著書名

国内会議（査読無）

田仲武瑠，水越彰仁：「オープン巻線誘導発電機を用いた小水力発電用変換器の制御」2024年電気学会産業応用部門大会，Y-51