

平成 21 年 4 月 30 日現在

研究種目：基盤研究 (A)

研究期間：2006～2010

課題番号：18206025

研究課題名 (和文) 環境影響を考慮したマイクログリッド用バイオマスガスタービンの過渡特性向上技術

研究課題名 (英文) Environment-Friendly Technique for Improving Transient Response of Biomass Gas Turbine for Micro-Grid Use

研究代表者

金子 成彦 (KANEKO SHIGEHICO)

東京大学・大学院工学系研究科・教授

研究者番号：70143378

研究分野：工学

科研費の分科・細目：機械工学 機械力学・制御 (5006)

キーワード：小型分散エネルギーシステム, マイクロガスタービン, バイオマスガスタービン, 燃焼器, ロバスト制御, 過渡応答, フォイル軸受, 安定性

1. 研究計画の概要

太陽光や風力などの変動要因を含む電源をマイクログリッド内で使用するためには変動吸収用の原動機やバッテリーが必要である。この目的に使用するガスタービンには、起動運転特性に優れ、出力変動を瞬時に吸収するといった過渡応答性能に優れていること、バイオガス使用時の燃料組成変動および熱量変動に対しても排気がクリーンで高効率での運転が維持できることが期待される。そこで本研究では、起動運転特性および過渡応答性能に優れ、かつ、バイオガス使用時の燃料組成および熱量変動に対しても高効率な運転が維持可能なバイオマスマイクロガスタービン (BMGT) およびその制御手法の開発を行うために必要な基盤技術の研究を行う。

2. 研究の進捗状況

研究を推進するために、大きく (1) 燃焼器, (2) BMGT システム運転制御, (3) フォイル軸受設計の 3 つのサブテーマに分けて独自色を出しながら研究を推進した。目下のところ、各サブテーマにつき、実験装置の設計製作、制御ソフトの構築、基礎理論の構築が順調に行われており、当初の予想通りに成果が上がっている。また、論文発表、学会発表等外部への情報発信も活発である。気がかりな点は、実験の回数が増えてくるにつれて装置の経年劣化が目立つようになり、燃焼器の周辺でガスの漏れや着火不安定などの不具合が発生することが多くなり、この要因を取り除かないと安全に実験を継続することが保証で

きなくなってきたことである。事故につながらないように対策をとりながら慎重に実験を行っている。

3. 現在までの達成度

研究計画全般を見通すと、「おおむね順調に進展している」と言える。その理由を個別のサブテーマである (1) 燃焼器, (2) BMGT システム運転制御, (3) フォイル軸受設計それぞれについて記述する。燃焼器については、H15 年度に研究室で試作された 1 号機は燃焼器は高効率、低 NOx を実現できる当量比範囲が狭いことが燃焼器単体試験で実証されたため、H16 年度には、バイオマスガスの組成変動に耐えられるように、さらなる運転範囲の拡大を目指し、希薄予混合 3 段燃焼方式の燃焼器 (2 号器) の開発を行い、燃焼試験を行った。この燃焼器を使って H17 年度には、二酸化炭素や窒素で純メタンガスを希釈した模擬バイオガスを燃料として実験を行なった。その結果、開発した希薄予混合 3 段燃焼器では、模擬バイオガスを燃料とした場合でも、純メタンガスの場合と同様に、広い当量比にわたって高い燃焼効率と低 NOx が得られていることが明らかになった。科研費を頂いた H18 年度は、試作を繰り返すことを避けるために、既存燃焼器を対象に、汎用 CFD コード STAR-CD と化学反応動力学コード CHEMKIN を用い、化学反応と CFD を組み合わせた計算法による計算結果に基づいた設計指針を示し、燃焼器の小型化、高性能化を試みた。H19 年度は、OH-PLIF によって燃焼場の可視化を行い Flameless Combustion につ

いて詳細な検討を行ない、更なる小型化に向けての手掛かりを得た。

BMGT システム運転制御については、H15 年度に低カロリーガス対応のマイクロガスタービン用燃焼器（1号機）の試作、システム運転制御アルゴリズムの構築とシステム要素の開発を行った。H16 年度には、模擬バイオガスとして供給できるシステムを完成させるとともに、試作した2段低 NOx 燃焼器（1号器）を搭載させて、マイクロガスタービン発電システムを構築し、起動運転方法について検討し、自立運転させることに成功した。H17 年度は、1 段目と2 段目の両方に都市ガスを供給し、徐々に流量配分を切り替えながら自立させることに成功した。科研費を頂いた H18 年度は、システムの性能や挙動を予測する動的モデルの開発、H 制御理論によるロバスト制御の導入、多段燃焼を採用した新型燃焼器の搭載による低 NOx 化、自動運転プログラムの見直しによる起動時間の短縮等に関する研究をおこなった。H19 年度は、二段燃焼時のマイクロガスタービンのモデル化を適切に行い、H コントローラの再設計を行い、1 次燃料として都市ガスを、2 次燃料として模擬バイオマスガスを用いて、二段燃焼方式により MGT を制御することで、排ガス中の有害物質を最小限に留めつつ、定格付近まで安定に出力を取り出すことが可能であることを示した。

フォイル軸受設計については、H18 年度には静特性、H19 年度には動特性と温度特性を解析できるソフトが完成し、どのような形式のフォイル軸受であっても計算によって負荷容量と安定限界を予測できる可能性が高まってきた。目下のところ、比較的形状が簡単な第1 世代型マルチワウンドフォイル軸受と第2 世代型パンプフォイル軸受を対象として設計用ソフトを開発してきており、実測値と良好な一致を示すことが確認できている。

4. 今後の研究の推進方策

最終年度に向けて目下の課題は、燃焼器の小型化に向けての設計指針を確立すること、BMGT の出力を高めた状態での性能試験を実施すること、フォイル軸受についてはフォイルの予圧（プリロード）の影響を織り込んだ計算法の確立である。さらに、フォイル軸受については、設計計算の対象を最近韓国やアメリカで盛んに研究されている第3 世代のパンプフォイル軸受に選びグレードアップを図りたいと考えている。

5. 代表的な研究成果

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕(計 15 件)

Sadamasa Adachi, Atsushi Iwamoto, Shigeru Hayashi, Hideshi Yamada and Shigehiko Kaneko, Emissions in Combustion of Lean Mixtures of Methane and Biomass Supported by Primary Hot Burned Gas in a Multi-stage Gas Turbine Combustor, Proceeding of Combustion Institute, Vol. 31, No.2, pp. 3131-3138 (2006) 査読有り

Kai Feng and Shigehiko Kaneko, A Numerical Calculation Model of Multi Wound Foil Bearing with the Effect of Foil Local Deformation, JSME, Journal of System Design and Dynamics, Vol.1, No.3, pp. 648-659, No. 07-0181, (2007) 査読有り

岡田幸順、飯島一樹、山崎由大、金子成彦、二段燃焼を用いたマイクロガスタービン発電システムのバイオマスガスによる運転、日本機械学会論文集（B 編）75 巻 751 号, pp.488-489 (2009) 査読有り

Kai FENG and Shigehiko KANEKO, Thermohydrodynamic Study of Multi Wound Foil Bearing Using Lobatto Point Quadrature, ASME Journal of Tribology, 131(2), 021702, (2009) 査読有り

〔学会発表〕(計 7 件)

Masato HIRAMATSU, Yoshifumi NAKASHIMA, Shigeru HAYASHI and Shigehiko KANEKO, "Design of Small Size Gas Turbine Combustor Fuelled by Low-Calorific Gas Based on Analysis of Flameless Combustion", International Gas Turbine Congress 2007, Tokyo, Gas Turbine Society of Japan (2007) 査読有り

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況 (計 0 件)

取得状況 (計 0 件)

〔その他〕

日本機械学会教育賞

(平成 20 年 4 月 17 日受賞)

小型バイオマスエネルギー変換システムを題材とした P B L 方式による計測制御教育