

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年3月31日現在

機関番号：32665

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2009～2011

課題番号：21560478

研究課題名（和文）リラクタンス型風力発電機の非線形時変ベクトル制御系の構築とその応用

研究課題名（英文）Construction and Application of Nonlinear Time-variable of Reluctance Wind-power generator

研究代表者

天野 耀鴻（AMANO YOKO）

日本大学・工学部・教授

研究者番号：40370001

研究成果の概要（和文）：今回の研究では、風速の変化に依存するリラクタンス型発電機の特性を実験的に計測し、測定データに基づいてリラクタンス型風力発電機の解析モデルを確立した。そして、リラクタンス型風力発電機の解析モデルに対してパラメータ変動の観点から非線形時変ベクトル制御系を構築し、その時変系として閉ループシステムの安定性を検証した。また、風力発電の高効率化の観点からその発電機と制御系に対して総合的に計測・解析・検討を行ない、本研究で構築される非線形時変ベクトル制御系を用いてリラクタンス型風力発電機の高効率発電を実機で実行した。更に、同期リラクタンス電気機器のロバスト制御系の設計法が開発できた。

研究成果の概要（英文）：In this study, we measured the characteristic of a reluctance generator depending on change of variant nature wind velocity and established an analysis model of the reluctance wind-power generator based on the measured data. From the viewpoint of variant electrical parameters, we built a nonlinear time-variable vector control system of the analysis model for the reluctance wind-power generator and verified stability of the closed loop time-variable system. In addition, we executed the high efficiency generation of the reluctance wind-power generator with the nonlinear time-variable vector control system. Furthermore, we were able to develop the design method of the robust control system of synchronization reluctance electric machines.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,600,000	480,000	2,080,000
2010年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2011年度	500,000	150,000	650,000
総計	3,100,000	930,000	4,030,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：電気電子工学・制御工学

キーワード：制御システム

1. 研究開始当初の背景

(1) 21世紀に再生可能な新エネルギー利用として風力発電が注目を浴び、これは原発

安全性と地球温暖化防止の意識を高める影響が大きいと言われている。欧米では、5MWクラスの大型浮体タイプ洋上誘導型風力発

電機の研究を実施しているが、大型風力発電機はほとんど誘導型であり、風力発電機の制御系に関する研究はもちろん誘導型の発電機を中心として進んでいる。その制御手法は線形時不変の状態空間モデルに基づいた従来の制御法の適用に過ぎない。しかしながら、誘導型風力発電機は出力が大きくて何千KWに達すが、発電効率が低い。

(2) これらに対して本研究申請者は、現在の風力発電機とまったく異なる誘導型より更に出力が大きくて効率がよく、尚且つ諸コストが一番安くて新しいリラクタンس型風力発電機を提案し、有限要素法を用いてその発電機の研究開発を行なったが、この新しい発電機の回転子は非線形の磁気特性を有する珪素鋼板を積層して作られており、インダクタンスを一定値として取り扱うことは難しい構造となっている。

2. 研究の目的

本研究では、高効率発電のための新しい制御系としてリラクタンス型風力発電機の非線形時変ベクトル制御系を初めて構築し、その非線形時変ベクトル制御系を用いてリラクタンス型風力発電機の高効率発電を実機で実行することを目的とする。

(1) 風速の変化に依存するリラクタンス型発電機の実験的に計測し、測定データに基づいてリラクタンス型風力発電機の解析モデルを確立する。

(2) リラクタンス型風力発電機の解析モデルに対してパラメータ変動の観点から非線形時変ベクトル制御系を新たに構築し、その時変系として閉ループシステムの安定性を検証する。

(3) 風力発電の高効率化の観点からその発電機と制御系に対して総合的に計測・解析・検討を行なう。

(4) 本研究で構築される非線形時変ベクトル制御系を用いてリラクタンス型風力発電機の高効率発電を実機で実行する。

3. 研究の方法

(1) 風速の変化に依存するリラクタンス型発電機の実験的に計測し、測定データに基づいて可変風速に対応するリラクタンス型風力発電機の解析モデルを確立する。

(2) リラクタンス型風力発電機の解析モデルに対してパラメータ変動の観点から非線形時変ベクトル制御系を新たに構築し、その

時変系として閉ループシステムの安定性を検証する。

(3) 風力発電の高効率化の観点からその発電機と制御系に対して総合的に計測・解析・検討を行なう。

(4) 本研究で構築される非線形時変ベクトル制御系を用いてリラクタンス型風力発電機の高効率発電を実機で実行する。

4. 研究成果

(1) 風速の変化に依存するリラクタンス型発電機の実験的に計測し、測定データに基づいてリラクタンス型風力発電機の解析モデルを確立した。

(2) リラクタンス型風力発電機の解析モデルに対してパラメータ変動の観点から非線形時変ベクトル制御系を構築し、その時変系として閉ループシステムの安定性を検証した。

(3) 風力発電の高効率化の観点からその発電機と制御系に対して総合的に計測・解析・検討を行ない、本研究で構築される非線形時変ベクトル制御系を用いてリラクタンス型風力発電機の高効率発電を実機で実行した。

(3) 風力発電の高効率化の観点からその発電機と制御系に対して総合的に計測・解析・検討を行ない、本研究で構築される非線形時変ベクトル制御系を用いてリラクタンス型風力発電機の高効率発電を実機で実行した。

(4) 同期リラクタンス電気機器のロバスト制御系の設計法が開発できた。

5. 主な発表論文等

(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4件)

(1) 天野 耀鴻, 高見 弘, 藤井 隆雄:「同期リラクタンス電動機の ILQ ロバスト電流制御系の設計法」, 電気学会論文誌 C, 査読有, Vol.132, No.3, 2012, 401-408, DOI: 10.1541/ieejc.132.401

(2) Yoko Amano, "Stability of Two-Wheeled Mobile Robot Using New Combined Pole-placement Method", Proceedings of the 17th Int. Symposium on Artificial Life and

Robotics, 査読有, 2012, 1111-1114

- (3) Yoko Amano, "Intelligent System for Wind Generating Plant", Proceedings of the 2011 IEEE Int. Conference on Industrial Eng. and Eng. Management, 査読有, 2011, 487-492
- (4) 天野 耀鴻:「有限要素法を用いた同期リラクタンス電動機の特性解析に関する研究」, 日本大工学工学部紀要, 査読有, Vol.51, No.2, 2010, 35-40

[学会発表] (計16件)

- (1) 藤原 諒, 天野 耀鴻:「ILQ 制御法を用いた小型風力発電機の制御システム設計」, 平成23年度(第54回)日本大学工学部学術研究報告会, 2011/12, 福島県郡山市
- (2) 桑原 祥太, 天野 耀鴻, 橋本 賢司, 蜂谷 俊明:「電力系統連系システムのPID制御法」, 平成23年度(第54回)日本大学工学部学術研究報告会, 2011/12, 福島県郡山市
- (3) 高橋 睦生, 佐藤 貴裕, 天野 耀鴻:「アーム型劣駆動倒立振子の最適レギュレータの設計法」, 平成23年度(第54回)日本大学工学部学術研究報告会, 2011/12, 福島県郡山市
- (4) 佐藤 貴裕, 天野 耀鴻:「ILQ 制御法を用いた回転型倒立振子の安定化制御」, 平成23年度(第54回)日本大学工学部学術研究報告会, 2011/12, 福島県郡山市
- (5) 永尾 仁, 天野 耀鴻:「二輪型倒立振子における新しい極配置法の設計」, 平成23年度(第54回)日本大学工学部学術研究報告会, 2011/12, 福島県郡山市
- (6) 乾成里, 天野 耀鴻:「リニア中央新幹線—新聞報道からみた建設への動き—」, 平成23年度(第54回)日本大学工学部学術研究報告会, 2011/12, 福島県郡山市
- (7) Takahiro Sato, Yoko Amano, "Design Method of ILQ Control to Rotary Inverted Pendulum", 計測自動制御学会学術講演会, 2011/11/21, 東京・代々木
- (8) Tikao Takahashi, Takahiro Sato, Yoko

Amano, "Control of Arm-type Under-actuated Inverted Pendulum by Linear Quadratic Optimal Regulator", 計測自動制御学会学術講演会, 2011/11/21, 東京・代々木

- (9) Hitoshi Nagao, Yoko Amano, "Stabilizing Control of Two-wheeled Inverted Pendulum Using Pole Placement", 計測自動制御学会学術講演会, 2011/11/21, 東京・代々木
- (10) 佐藤 貴裕, 天野 耀鴻, 乾成里:「回転型倒立振子の最適レギュレータの設計法」日本大学工学部学術研究報告会, 2010/12/25, 福島県郡山市
- (11) 岡田 茂, 天野 耀鴻, 乾成里:「SynR 電動機の LPV ロバスト制御システムの構築」日本大学工学部学術研究報告会, 2010/12/25, 福島県郡山市
- (12) 乾成里, 天野 耀鴻:「新世代の電気・磁気アクチュエータ — 製造と多自由度化の観点から —」日本大学工学部学術研究報告会, 2010/12/25, 福島県郡山市
- (13) 岡田 茂, 天野 耀鴻:「安定性を有する同期リラクタンス電動機の駆動回路の開発」, 電気学会全国大会, 2010/3/21, 明治大学
- (14) 天野 耀鴻:「非線形ロバスト制御システムの構築とその応用」, 第52回日本大学工学部学術研究報告会, 2009/12/5, 福島県郡山市
- (15) 天野 耀鴻, 乾成里:「高速回転・低負荷における同期リラクタンス電動機の特性解析」, 第52回日本大学工学部学術研究報告会, 2009/12/5, 福島県郡山市
- (16) 岡田 茂, 天野 耀鴻:「同期リラクタンス電動機の低コスト駆動回路の開発」, 第52回日本大学工学部学術研究報告会, 2009/12/5, 福島県郡山市

[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]
ホームページ等
<http://controllab.ee.ce.nihon-u.ac.jp>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

天野 耀鴻 (Yoko AMANO)
日本大学・工学部・教授
研究者番号：40370001

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

梶原 宏之 (Hiroyuki KAJIWARA)
九州大学・工学研究院・教授
研究者番号：30114862