

令和 6 年 6 月 17 日現在

機関番号：10106

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21K03993

研究課題名（和文）風力発電の系統連系インバータの仮想同期発電機LMI制御

研究課題名（英文）LMI Controlled Virtual Synchronous Generator for Interconnected Inverter with Wind Turbine

研究代表者

梅村 敦史（Umemura, Atsushike）

北見工業大学・工学部・准教授

研究者番号：90453795

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 4,800,000円

研究成果の概要（和文）：太陽光発電や可変速風力発電電力を系統に連系するにはパワーエレクトロニクス技術による変換器を介して系統に連系する。従来の電力系統は同期発電機から電力を供給している。そのため、同期発電機の慣性エネルギーと同期化力が系統の安定化に貢献している。再生可能エネルギーが普及し、再生可能エネルギー発電が電力系統に増えてくると同期発電機が減少するため系統の安定性が心配されている。その対策として再生可能エネルギー発電の変換器に仮想的に同期発電機をシミュレートする仮想同期発電機制御の導入が研究開発されている。本研究では仮想同期発電機モデルを目標としているゲインスケジューリング制御を提案する。

研究成果の学術的意義や社会的意義

系統追従方式の仮想同期発電機制御を瞬時値最適制御であるゲインスケジューリング制御が適用可能であれば、仮想同期発電機制御のロバスト性や追従性能の向上が期待でき、過電流抑制の向上が期待できる。これらは、系統への導入時にコストダウンしつつ、信頼性向上が期待できる。制御工学としては、極が単位円に近い仮想同期発電機モデルのような目標ゲインスケジューリング制御の導入ができれば、この制御手法の適用範囲の拡大が期待できる。

研究成果の概要（英文）：Solar power generation or variable-speed wind power generation are connected to the grid through a converter using power electronics technology. Conventional power systems are supplied with power from synchronous generators. Therefore, the inertial energy and synchronizing power of the synchronous generators contribute to stabilizing the power system. As renewable energy becomes more introduce and renewable energy generation increases in the power system, the number of synchronous generators decreases, raising concerns about power system stability. Research and development is being conducted on the introduction of virtual synchronous generator control, which virtually simulates a synchronous generator in the converter of renewable energy generation. In this study, we propose gain scheduling control that follows a virtual synchronous generator model.

研究分野：パワーエレクトロニクス、メカトロニクス

キーワード：LMI制御 仮想同期発電機制御 風力発電

様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

風力発電などの再生可能エネルギー発電は風況や天候によって出力が変動する。再生可能エネルギー発電の中でも地熱発電やバイオマス発電においては同期発電機を直接系統に接続するため従来と相違はない。一方、太陽光発電や可変速風力発電電力を系統に連系するにはパワーエレクトロニクス技術による変換器を介して系統に連系する。従来の電力系統は同期発電機が電力を供給している。そのため、同期発電機の慣性エネルギーと同期化力が系統の安定化に貢献している。再生可能エネルギーが普及し、再生可能エネルギー発電が電力系統に増えてくると同期発電機が減少するため系統の安定性が心配されている。系統慣性が低下すると、電源脱落などの系統事故直後の一次調整力動作前の周波数変化率が増加し、周波数低下最小値が低下する。周波数低下最小値が低下すると周波数低下リレーが動作し電源が解列し、さらなる周波数の低下を引き起こすおそれがある。さらに、周波数低下率が FRT 要件をこえると分散電源が解列し、周波数低下の容易となり、最悪の場合、大規模停電につながる可能性がある。

その対策として再生可能エネルギー発電の変換器に仮想的に同期発電機をシミュレートする仮想同期発電機制御の導入が研究開発されている。従来の系統の同期発電機、調相機の割合を維持する運転と同様に、慣性低下対策を施したパワーコンディショナシステムを導入することでコストダウンされた系統の安定化を目指している。

慣性低下対策に用いるパワーコンディショナではおおきくわけて系統形成方式と系統追従方式に分類できる。系統に追従する方式は従来のパワーコンディショナに追加する形で導入することが期待できる。電圧制御方式を用いる系統形成方式は、系統追従方式と比較して系統の安定化に貢献することが期待されるが、電圧センサを導入する必要の場合があり、また、系統に与える影響については評価の途上にある。系統形成方式は系統の定常状態、過渡安定度や電圧安定度の向上が期待できる。しかし、変換器で仮想的に同期発電機を模擬しているため、通常の同期発電機と異なり、電流抑制制御で厳格に定格電流・定格電圧に抑制する必要がある。

日本では、明電舎が蓄電池用インバータに慣性機能をもたせた仮想同期発電機制御の製品評価モデルを製作し検証している^[1]。明電舎提案の仮想発電機モデルでは同期発電機の動揺方程式に基づいて位相を算出することで、同期発電機の持つ慣性を模擬しており、同期インピーダンスをもちいて電圧を導出し電圧制御方式を採用している。

オーストラリアの適用事例では南オーストラリア州 Jamestown にある Hornsdale Wind Farm (315MW) に設置された Hornsdale BESS (150MW/193.5MWh Tesla) において系統形成 (GFM) インバータが系統安定化に貢献している^[2]。

General Electric は複数の応用例があり、アメリカ・カリフォルニア州の Imperial Irrigation 地区では 30MW/22MWh BESS に GFM 技術が実装されており、広域停電対策としてガスタービンのブラックスタートに用いられている^[2]。

イギリスの National Grid ではブラックスタートサービスに使用できる機器を開発のための検証実験を実施している。このサービスが提供できるように Scottish Power Renewables は Siemens Gamesa と連携し共同開発し、2020 年に実施では大規模の停電が発生した時に周波数が低下したが Dersallonch 風力発電所 (69MW/23 基) は、周波数低下に積極的に対応し、送電網を支援して周波数を 50Hz に戻した実績がある^[3]。

系統追従方式は系統電圧を検出しその位相と同期して電流を制御する方式であり、一方、系統形成方式は内部で周波数が可変となる位相で電圧を制御する方式となっている。

制御分野にあらわれる多くの問題は、1990 年代に登場した、解析や設計のための未知変数に関する線形行列不等式 (Linear Matrix Inequality (LMI)) であらわすことができる。線形行列不等式は計算機で解くことができるようになってきており、未知定数を定めることができる。

過去数年の間に、不確実なパラメータを含む離散時間線形システムの安定特性を調査研究するための二つのアプローチが出現しました。

最初のアプローチは不確定パラメータが時間不変であると仮定し、システムの遷移行列が不確定パラメータの範囲の固有値が単位円内にあるかどうかで判定する (1974 年 Hollot および 1986 年 Bartlett など) ただし、パラメータが時間変化するときはこのアプローチが失敗する場合がある。時間変化するパラメータについては二次安定性アプローチが一般的に使用されている (Barmish 1983 年、Kolla その他 (1989 年)、Garofalo 他 (1990 年)、Amato 他 (1998 年))。

2. 研究の目的

本研究では周波数に関係する時間変化するパラメータをもちいて線形にフィードバックゲインを時間変化させるゲインスケジューリング制御を提案する。仮想的な同期発電機モデルを目標としている

研究者は一定周波数の正弦波を目標とする瞬時値制御である離散時間モデル追従制御を提案している。提案手法は瞬時値最適化制御であるため、外乱があってもすみやかに目標モデルに追従する制御が可能であるロバストな制御が可能となる。しかし、目標モデルは仮想的な同期発電機のため時間的に周波数が変動があるため離散時間モデル追従制御では周波数変動に対して追従誤差が生じる。仮想同期発電機モデルを目標としたゲインスケジューリング制御を導入する

ことで時間変化する周波数をもった仮想同期発電機制御を目指している。

3. 研究の方法

離散時間系の拡大状態方程式は以下になる

$$x(k+1) = A(p(k))x(k) + B(p(k))v_i(k) \quad (1)$$

$$z(k) = Cx(k) \quad (2)$$

ここで、(1)式を線形パラメータ変動システムとして定義する

$$A(p(k)) = A_0 + p(k)A_1 \quad (3)$$

$$B(p(k)) = B_0 + p(k)B_1 \quad (4)$$

ここで、状態変数 $x(k) = [x_p(k) \quad \epsilon(k) \quad x_m(k)]^T$ として係数行列を以下のように定義する

$$A_0 = \begin{bmatrix} A_p & 0 & 0 \\ C_p & -A_m & C_m \\ 0 & 0 & A_m \end{bmatrix} \quad A_1 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & A_m \end{bmatrix} \quad B_0 = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ B_m \end{bmatrix} \quad B_1 = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

パラメータは動揺方程式の回転角速度 $\omega(k)$ のから与えるスカラー量 $p(k) = f(\omega(k))[\text{pu}]$ ($\omega(0) = 1.0\text{pu}$) とする。

動揺方程式は以下のように定義する。

$$\omega(k+1) = e^{-DvT_s/Mv}\omega(k) + \left[\int_{kT_s}^{(k+1)T_s} \frac{1}{Mv} e^{-Dv((k+1)T_s-\eta)/Mv} d\eta \right] dP(k) \quad (5)$$

ただし、入出力差 $dP(k)$ 、慣性定数 $M_v = 4[\text{s}]$ 、減衰係数 $D_v = 0.01$ 、サンプリング時間 $T_s [\text{sec}]$ 、パラメータはシステムの標準に従って 48.5Hz を下回ると発電機の解列をする場合があるので角速度の範囲は以下とする。

$$0.97 \leq \omega_v(t) \leq 1.03 \quad (6)$$

以上によって 1 ステップ当たりの変化幅の制約とする。

制御対象は系統に連系された三相 LC フィルタを備えた連系インバータである。

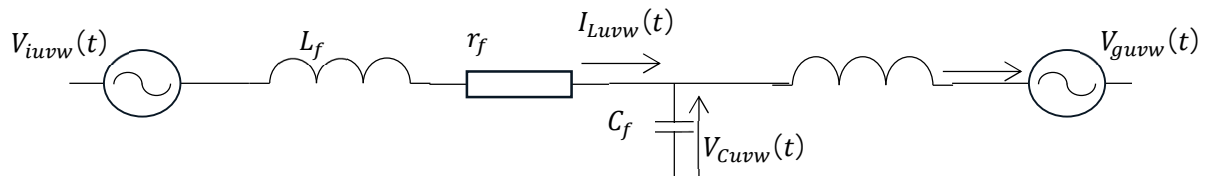


図1 LC フィルタを介した三相系統連系インバータ (一相分等価回路)

制御対象のシステム方程式を次式で定義する。

$$\dot{x}_p(t) = A_p x_p(k) + B_p u(k) \quad (7)$$

$$I_{uvw}(t) = C_p x_p(k) \quad (8)$$

ここで、制御対象の状態変数を $x_p(k) = [I_{uvw}(k)^T \quad V_{guvw}(k)^T \quad I_{Luvw}(k)^T \quad V_{Cuvw}(k)^T]^T$ とする。

仮想同期発電機は正弦波振動システムであり以下のように定義する。

$$\dot{x}_m(t) = A_m x_m(k) + B_m u(k) \quad (9)$$

ここで、 $A_m = A_g$ 、 $B_m = 0$

評価関数を最小にする状態フィードバック則を LMI を用いて導くこととする。

実験による実証検証については、実験による実証検証システムを構築できた。直流電源として 800W300V の双方向直流電源と Mayway の PW-Expert4 を制御装置とし、10kVA400V の三相 SiC インバータを介して、1kVA200V 三相同期発電機と可変力率負荷装置でスケールダウンしたシステムモデルを構築した。200V800W 出力フィルタを設計した。

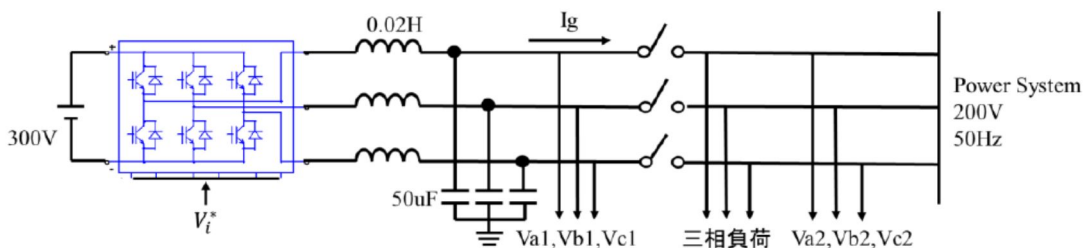


図2 スケールダウンした仮想同期発電機制御実験システム

4. 研究成果

仮想同期発電機モデルはか到達ではないが部分的に安定化できれば目標に追従できることはわかっている。このことを離散時間のゲインスケジュール制御の導出に拡張することが必要であることがわかった。

また、一般的に利用できるソルバーは連続時間系でのゲインスケジューリング制御則の導出であるので、離散時間系でのゲインスケジュール制御の導出について理論的な証明が必要と考える。

作成した出力 LC フィルタの容量が不足していること、カットオフ周波数が低すぎたことが課題として残った。今後はフィルタを再設計し実験的な検証する。

参考文献

[1] 大原、栗原、野田、鈴木、井上：仮想同期発電機機能付き蓄電池用インバータ (VSG-PCS) の開発、明電特報 通巻 373 号 No.4 (2021).

[2] Dayan B. Rathnayake, ChitaranJan Phuilatpan, Si Phu Me, Sajiad hadavi, Sajiad Hadavi, Behrooz Bahrani: Grid Forming Inverter Modeling, Control and Applications, IEEE Access, IEEE Power & Energy Society Section, Vol.9, pp114781-114807 (2021).

[3] ScottishPowerRenewables, Video Title:VSM :
https://www.scottishpowerrenewables.com/pages/audio_transcript_vsm.aspx (2024).

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計10件（うち査読付論文 9件 / うち国際共著 1件 / うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 梅村 敦史, 高橋 理音, 田村 淳二	4. 巻 142
2. 論文標題 粒子フィルタによる風力発電出力変動の平滑化	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 電気学会論文誌B (Power and Energy)	6. 最初と最後の頁 85-90
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1541/ieejpes.142.85	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Marwan Rosyadi, Atsushi Umemura, Rion Takahashi, Junji Tamura	4. 巻 12
2. 論文標題 etailed and Average Models of a Grid-Connected MMC-Controlled Permanent Magnet Wind Turbine Generator	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Applied Sciences (Special Issue on Wind Generators: Technology and Trends)	6. 最初と最後の頁 1-23
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/app12031619	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 高橋 理音, 梅村 敦史, 田村 淳二	4. 巻 142
2. 論文標題 小規模電力システムにおける可変速ディーゼル発電システムによる周波数制御	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 電気学会論文誌B (Power and Energy)	6. 最初と最後の頁 295-305
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1541/ieejpes.142.295	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 松田 和弥, Faramarz Alsharif, 梅村 敦史, 高橋 理音, 田村 淳二, 坂原 淳史, 登坂 史仁, 中本 涼介	4. 巻 142
2. 論文標題 可変調相機とLFC水力発電機の協調仮想同期発電機制御による電力システムの安定度改善	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 電気学会論文誌B (Power and Energy)	6. 最初と最後の頁 542-551
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1541/ieejpes.142.376	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 李志超, Faramarz Alsharif, 梅村 敦史, 高橋 理音, 田村 淳二, 坂原 淳史, 登坂 史仁, 中本 涼介	4. 巻 142
2. 論文標題 蓄電池の仮想同期発電機制御によるウィンドファームを有する電力システムの安定度改善	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 電気学会論文誌B (Power and Energy)	6. 最初と最後の頁 542-551
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1541/ieejpes.142.542	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Marwan Rosyadi, Atsushi Umemura, Rion Takahashi, Junji Tamura	4. 巻 12
2. 論文標題 Detailed and Average Models of a Grid-Connected MMC-Controlled Permanent Magnet Wind Turbine Generator	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Applied Sciences (Special Issue on Wind Generators: Technology and Trends)	6. 最初と最後の頁 1-23
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/app12031619	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 梅村敦史, 高橋理音, 田村淳二	4. 巻 142
2. 論文標題 粒子フィルタによる風力発電出力変動の平滑化	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 電気学会論文誌B (Power and Energy)	6. 最初と最後の頁 85-90
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1541/ieejpes.142.85	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 佐藤孝政, Faramarz Alsharif, 梅村敦史, 高橋理音, 田村淳二	4. 巻 141
2. 論文標題 PMSG風力発電機と蓄電池の協調仮想慣性・無効電力制御による電力システムの安定度改善	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 電気学会論文誌B (Power and Energy)	6. 最初と最後の頁 773-781
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1541/ieejpes.141.773	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Ayaka Nakamura, Faramarz Alsharif, Atsushi Umemura, Rion Takahashi, Junji Tamura, Atsushi Sakahara, Fumihito Tosaka, Ryosuke Nakamoto	4. 巻 16
2. 論文標題 Voltage control and virtual synchronous generator control of HVDC interconnection line for improving stability of power system including large-scale wind farm	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IET Generation, Transmission & Distribution	6. 最初と最後の頁 1-13
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1049/gd2.12247	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Marwan Rosyadi, Atsushi Umemura, Rion Takahashi, Junji Tamura, Takamori Uchiumi, Masanori Mori, Hiroki Miyata	4. 巻 14
2. 論文標題 A Simplified Model Design of MMC-HVDC Transmission System for Steady State and Transient Stability Analyses	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 International Journal of Power Electronics and Drive System (IJPEDS)	6. 最初と最後の頁 934-947
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11591/ijpeds.v14.i2	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計50件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件)

1. 発表者名 國分 敬太, アシャリフ ファラマルズ, 梅村 敦史, 高橋 理音, 田村 淳二
2. 発表標題 再生可能エネルギー電源および蓄電池による自立型局所電力系統の設計
3. 学会等名 令和4年電気学会全国大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 神野 泰河, アシャリフ ファラマルズ, 梅村 敦史, 高橋 理音, 田村 淳二
2. 発表標題 Grid Forming 仮想同期発電機制御による電力系統の過渡応答改善
3. 学会等名 令和4年電気学会全国大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 今成純嗣,高橋理音,Alsharif Faramarz,梅村敦史
2. 発表標題 可変速内燃機関発電および大規模ウィンドファームの協調制御を有する高速な電力系統AFC方式
3. 学会等名 電気学会 電力技術 / 電力系統技術合同研究会資料
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 今野雄太,高橋理音,アシャリフ ファラマルズ,梅村敦史
2. 発表標題 系統周波数変化率による大規模ウィンドファームの中央制御
3. 学会等名 電気学会 電力技術 / 電力系統技術合同研究会資料
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 山本健太郎,梅村敦史,Alsharif Faramarz,高橋理音
2. 発表標題 HVDC送電線近傍におけるSTATCOMと避雷器を用いた過電圧抑制
3. 学会等名 電気学会 電力技術 / 電力系統技術合同研究会資料
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 國分敬太,高橋理音,アシャリフ ファラマルズ,梅村敦史
2. 発表標題 分散電源と蓄電池を有する局所系統の自立運転移行および再連系手法
3. 学会等名 電気学会 電力技術 / 電力系統技術合同研究会資料
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 神野泰河, 梅村敦史, アシャリフ ファラマルズ, 高橋理音
2. 発表標題 非干渉化制御を導入したVSG制御による電力系統の過渡応答改善
3. 学会等名 令和4年度電気・情報関係学会北海道支部連合大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 國分敬太, 高橋理音, アシャリフ ファラマルズ, 梅村敦史
2. 発表標題 風力発電機と蓄電池を有する局所系統の自立運転移行および再連系手法
3. 学会等名 令和4年度電気・情報関係学会北海道支部連合大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 今野雄太, 高橋理音, アシャリフ ファラマルズ, 梅村敦史
2. 発表標題 系統周波数変化率による大規模ウィンドファームの中央制御(続報)
3. 学会等名 令和4年度電気・情報関係学会北海道支部連合大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 今成純嗣, 高橋理音, アシャリフ ファラマルズ, 梅村敦史
2. 発表標題 可変速内燃機関および大規模ウィンドファームの協調制御を有する高速な電力系統AFC方式(続報)
3. 学会等名 令和4年度電気・情報関係学会北海道支部連合大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 野村博夢,高橋理音,アシャリフ ファラマルズ,梅村敦史
2. 発表標題 分散電源としての大規模ウィンドファームの中央制御方式
3. 学会等名 令和4年度電気・情報関係学会北海道支部連合大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 福本彪,高橋理音,アシャリフ ファラマルズ,梅村敦史
2. 発表標題 直流配電系統の状態平均化モデルによる解析手法の検討
3. 学会等名 令和4年度電気・情報関係学会北海道支部連合大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 山本健太郎,梅村敦史,アシャリフ ファラマルズ,高橋理音
2. 発表標題 HVDC送電線近傍に接続するSTATCOMの最低容量検討
3. 学会等名 令和4年度電気・情報関係学会北海道支部連合大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 一戸柊,高橋理音,アシャリフ ファラマルズ,梅村敦史
2. 発表標題 小規模直流配電系統における自然エネルギー電源およびエンジン発電機の協調制御
3. 学会等名 令和4年度電気・情報関係学会北海道支部連合大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 國分 敬太、アシャリフ ファラマルズ、梅村 敦史、高橋 理音、田村 淳二
2. 発表標題 再生可能エネルギー電源および蓄電池による自立型局所電力系統の設計
3. 学会等名 令和4年電気学会全国大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 神野 泰河、アシャリフ ファラマルズ、梅村 敦史、高橋 理音、田村 淳二
2. 発表標題 Grid Forming 仮想同期発電機制御による電力系統の過渡応答改善
3. 学会等名 令和4年電気学会全国大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 高橋 理音、梅村 敦史、田村 淳二
2. 発表標題 可変速風力発電によるマイクログリッドの過渡安定度向上
3. 学会等名 電気学会回転機研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 今野 雄太、アシャリフ ファラマルズ、梅村 敦史、高橋 理音、田村 淳二
2. 発表標題 大規模windファームの中央制御による系統周波数変動抑制
3. 学会等名 電気学会回転機研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 佐藤 涼平、アシャリフ ファラマルズ、梅村 敦史、高橋 理音、田村 淳二
2. 発表標題 PMSG風力発電機の出力制御による電力系統の周波数変動抑制(続報)
3. 学会等名 電気学会回転機研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 李 志超、アシャリフ ファラマルズ、梅村 敦史、高橋 理音、田村 淳二、坂原淳史、登坂 史仁、中本 涼介
2. 発表標題 蓄電池の無効電力制御及び仮想同期発電機制御による大規模ウィンドファームを有する電力系統の安定度改善(続報)
3. 学会等名 電気学会回転機研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 今成 純嗣、アシャリフ ファラマルズ、梅村 敦史、高橋 理音、田村 淳二
2. 発表標題 可変速内燃機発電による電力系統の安定度向上のための負荷周波数制御方式
3. 学会等名 電気学会回転機研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 佐藤 孝政、アシャリフ ファラマルズ、梅村 敦史、高橋 理音、田村 淳二、大原 伸也、吉原 徹、中山 靖章
2. 発表標題 電力系統安定化のための仮想同期発電機制御に関する一考察
3. 学会等名 電気学会回転機研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 松田 和弥、アシャリフ ファラマルズ、梅村 敦史、高橋 理音、田村 淳二、坂原 淳史、登坂 史仁、中本 涼介
2. 発表標題 可変速調相機とLFC水力発電機の協調仮想同期発電機制御による電力系統の安定度改善(続報)
3. 学会等名 電気学会回転機研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 ジョナサンロー ヤンシェーン、アシャリフ ファラマルズ、梅村 敦史、高橋 理音、田村 淳二
2. 発表標題 可変速内燃機関発電システムの協調制御による局所電力系統安定化
3. 学会等名 令和3年度電気・情報関係学会北海道支部連合大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 一戸 柊、アシャリフ ファラマルズ、梅村 敦史、高橋 理音、田村 淳二
2. 発表標題 住宅向け直流配電系統における自然エネルギー電源およびエンジン発電機の協調制御
3. 学会等名 令和3年度電気・情報関係学会北海道支部連合大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 今成 純嗣、アシャリフ ファラマルズ、梅村 敦史、高橋 理音、田村 淳二
2. 発表標題 可変速ディーゼルエンジン発電機を用いた電力系統の周波数変動抑制
3. 学会等名 令和3年度電気・情報関係学会北海道支部連合大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 今野 雄太, アシャリフ ファラマルズ, 梅村 敦史, 高橋 理音, 田村 淳二
2. 発表標題 分散電源としての大規模ウィンドファームの中央制御方式
3. 学会等名 令和3年度電気・情報関係学会北海道支部連合大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山本 健太郎, アシャリフ ファラマルズ, 梅村 敦史, 高橋 理音, 田村 淳二, 内海 貴徳, 盛 正憲, 宮田 浩樹
2. 発表標題 MMC-HVDC連系線によるウィンドファームを有する電力システムの安定度改善
3. 学会等名 令和3年度電気・情報関係学会北海道支部連合大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 武内 幸介, アシャリフ ファラマルズ, 梅村 敦史, 高橋 理音, 田村 淳二
2. 発表標題 2次遅れと電力相差角係数を用いた仮想発電機による大規模システムにおける過渡応答改善
3. 学会等名 令和3年度電気・情報関係学会北海道支部連合大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 福本 彪, 梅村 敦史, 高橋 理音, アシャリフ ファラマルズ, 田村 淳二
2. 発表標題 直流配電系統の状態平均化モデルによる解析手法の検討
3. 学会等名 令和3年度電気・情報関係学会北海道支部連合大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 國分 敬太, アシャリフ ファラマルズ, 梅村 敦史, 高橋 理音, 田村 淳二
2. 発表標題 自然エネルギー電源および蓄電池による自立形局所電力系統の設計
3. 学会等名 令和3年度電気・情報関係学会北海道支部連合大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 武内 幸介, アシャリフ ファラマルズ, 梅村 敦史, 高橋 理音, 田村 淳二
2. 発表標題 大規模系統におけるフェーザモデルを利用した仮想同期発電機の検討
3. 学会等名 パワーエレクトロニクス学会第240回定例研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Marwan Rosyadi, 梅村敦史, 高橋理音, 田村淳二
2. 発表標題 Simplified Model of MMC for HVDC Transmission System in Power System Stability Analysis
3. 学会等名 令和3年電気学会B部門大会論文集, 論文II
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 神野泰河, アシャリフファラマルズ, 梅村敦史, 高橋理音, 田村淳二
2. 発表標題 簡易同期機モデル仮想発電機制御による大規模系統の過渡応答改善
3. 学会等名 令和3年電気学会B部門大会論文集, 論文II
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 佐藤孝政, アシャリフ ファラマルズ, 梅村敦史, 高橋理音, 田村淳二
2. 発表標題 PMSG風力発電機と蓄電池の協調仮想慣性・無効電力制御による電力系統の安定度改善
3. 学会等名 令和3年電気学会B部門大会論文集, 論文I
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 佐藤涼平, アシャリフファラマルズ, 梅村敦史, 高橋理音, 田村淳二
2. 発表標題 PMSG風力発電機の出力制御による電力系統の周波数変動抑制
3. 学会等名 令和3年電気学会B部門大会論文集, 論文II
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 松田和弥, アシャリフファラマルズ, 梅村敦史, 高橋理音, 田村淳二, 坂原淳史, 登坂史仁, 中本涼介
2. 発表標題 可変速調相機とLFC水力発電機の協調仮想同期発電機制御による電力系統の安定度改善
3. 学会等名 令和3年電気学会B部門大会論文集, 論文II
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 李志超, アシャリフファラマルズ, 梅村敦史, 高橋理音, 田村淳二, 坂原淳史, 登坂史仁, 中本涼介
2. 発表標題 蓄電池の無効電力制御及び仮想同期発電機制御による大規模ウィンドファームを有する電力系統の安定度改善
3. 学会等名 令和3年電気学会B部門大会論文集, 論文II
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 高橋理音, 梅村敦史, 田村淳二
2. 発表標題 小規模電力系統における可変速ディーゼル発電システムによる周波数制御
3. 学会等名 令和3年電気学会B部門大会論文集, 論文I
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 梅村敦史, 高橋理音, 田村淳二
2. 発表標題 粒子フィルタによる風力発電出力変動の平滑化
3. 学会等名 令和3年電気学会B部門大会論文集, 論文I
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 佐藤涼平, アシャリフファラマルズ, 梅村敦史, 高橋理音, 田村淳二
2. 発表標題 PMSG風力発電機の出力制御による電力系統の周波数変動抑制
3. 学会等名 環境/高電圧合同研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 松田和弥, アシャリフファラマルズ, 梅村敦史, 高橋理音, 田村淳二, 坂原淳史, 登坂史仁, 中本涼介
2. 発表標題 可変速調相機とLFC水力発電機の協調仮想同期発電機制御による電力系統の安定度改善
3. 学会等名 環境/高電圧合同研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 李 志超、アシャリフファラマルズ、梅村敦史、高橋理音、田村淳二、坂原淳史、登坂史仁、中本涼介
2. 発表標題 蓄電池の無効電力制御及び仮想同期発電機制御による大規模ウィンドファームを有する電力システムの安定度改善
3. 学会等名 環境/高電圧合同研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 富岡美侑、高橋理音、アシャリフファラマルズ、梅村敦史
2. 発表標題 風車慣性エネルギーと系統周波数変動に基づくウィンドファームと系統蓄電池の協調制御
3. 学会等名 2023年電力技術/電力系統技術合同研究
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 安井 智哉、高橋 理音、アシャリフ ファラマルズ、梅村 敦史
2. 発表標題 仮想同期発電機制御による分散電源を主としたマイクログリッドの安定度解析
3. 学会等名 2023年電力技術/電力系統技術合同研究
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 野村博夢、高橋理音、アシャリフ ファラマルズ、梅村敦史
2. 発表標題 分散電源としての大規模ウィンドファームの中央制御方式
3. 学会等名 2023年電力技術/電力系統技術合同研究
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 安井 智哉、高橋 理音、アシャリフ ファラマルズ、梅村 敦史
2. 発表標題 仮想同期発電機制御を用いた太陽光発電によるマイクログリッドの安定度解析
3. 学会等名 令和5年度電気・情報関係学会北海道支部連合大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 富岡未侑、高橋理音、アシャリフファラマルズ、梅村敦史
2. 発表標題 風車慣性エネルギーと系統周波数変動に基づく可変速風力発電機と系統蓄電池の協調制御
3. 学会等名 令和5年度電気・情報関係学会北海道支部連合大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 野村 博夢、高橋 理音、アシャリフ ファラマルズ、梅村敦史
2. 発表標題 併設蓄電池を活用した大規模ウィンドファームの中央制御方式
3. 学会等名 令和5年度電気・情報関係学会北海道支部連合大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 石田航陽、高橋理音、梅村敦史、アシャリフファラマルズ
2. 発表標題 インバータ電源のグリッドフォーミング運転によるマイクログリッド制御
3. 学会等名 令和5年度電気・情報関係学会北海道支部連合大会
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担 者	高橋 理音 (Takahashi Rion) (60301975)	北見工業大学・工学部・准教授 (10106)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------