

令和 5 年 6 月 7 日現在

機関番号：53203

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2021～2022

課題番号：21K21324

研究課題名（和文）遅延フィードバック制御による次世代給電システムの外乱に対する頑健性の向上

研究課題名（英文）Improving Robustness against Disturbances in Next Generation Power Supply Systems with Delayed Feedback Control

研究代表者

吉田 晃基 (Yoshida, Koki)

富山高等専門学校・その他部局等・助教

研究者番号：30910442

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,400,000 円

研究成果の概要（和文）：複数の小規模な発電設備から直流電力を高い効率で負荷に配電する「直流マイクログリッド」が次世代の給電システムとして注目されている。また、負荷の追加や削除などの外乱に対する直流マイクログリッドの頑健性を、非線形科学の分野で用いられる「分岐解析」とカオス制御の分野で考案された制御手法を用いて向上させる試みがされている。しかし、これまでの手法は、数個程度の電源や負荷で構成される小規模なシステムにしか適用できず、今後の社会における給電網の大規模化には対応できないという問題があった。そこで、解析対象の大規模給電システムを小規模システムへ近似的に帰着させる工夫を提案することで、システムの解析を可能にした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

制御工学の分野では信号の遅れ、すなわち「遅延」はシステムのパフォーマンスを低下させる要因として認識されてきた。一方で、非線形科学の分野では、遅延をうまく活用することで、システムの安定化が可能であることが知られている。さらに、この遅延を活用した手法を、次世代の電力システムである「直流給電システム」の安定化へと応用する試みが注目されている。本研究では、この手法を大規模な給電ネットワークへと拡張することに取り組んだ。本成果は、再生可能エネルギーを利用した発電設備のさらなる普及や、負荷の需要変動に強い電力システムの実現に貢献する。

研究成果の概要（英文）：The "DC microgrid" that efficiently distributes DC power to loads from multiple small-scale power sources is attracting attention as the next-generation power supply system. Attempts are being made to improve the robustness of DC microgrids against disturbances such as load additions or removals using control methods and bifurcation analysis. However, the existing methods could only be applied to small-scale systems consisting of a few power sources and loads, and they were unable to handle the future expansion of power supply networks in society. Therefore, this study proposed approaches to approximate large-scale power supply systems to small-scale systems, enabling system analysis.

研究分野：非線形科学，制御工学

キーワード：直流給電 ネットワーク 遅延フィードバック 非線形 引き込み領域

1. 研究開始当初の背景

複数の小規模な発電設備から直流電力を高い効率で負荷に配電する「直流マイクログリッド」が次世代の給電システムとして注目されている。また、負荷の追加や削除などの外乱に対する直流マイクログリッドの頑健性を、非線形科学の分野で用いられる「分岐解析」とカオス制御の分野で考案された制御手法を用いて向上させる試みがされている。しかし、これまでの手法は、数個程度の電源や負荷で構成される小規模なシステムにしか適用できず、今後の社会における給電ネットワークの大規模化には対応できないという問題があった。

2. 研究の目的

ネットワークシステムはそれを構成する部分システムである「サブシステム」と、サブシステム同士のつながりを表す「結合」の二つの要素に分けることができる。本研究が対象とする大規模システムとは、多数のサブシステムによって構成されたシステムのことであり、このようなシステムは解析的な取り扱いが難しい。そこで、本研究では、解析対象の大規模給電システムを小規模システムへと近似的に帰着させることを目的とした。具体的には以下の二つの方法によって安定性や外乱に対する頑健性の解析を容易にすることを目指した。

- (1) 「外乱を受けたサブシステム」と「それ以外のサブシステムを代表するシステム」の二つからなる小規模ネットワークシステムとして扱う方法 (図1)。
- (2) ネットワークシステム全体を一つのサブシステムとして扱う方法 (図2)。

3. 研究の方法

本研究では上記の方法(1)、(2)に対して、それぞれ次の方法で取り組んだ。

- (1) 以下の三つの仮定を設けることでネットワークシステム全体の動作を、外乱が印加されたサブシステムと、それ以外の全サブシステムを代表する一つのサブシステムから成るシステムとして表現した。

仮定

全てのサブシステムは同一である。
全てのサブシステムは他の全サブシステムと同程度の強さで結合する。
安定に運転しているネットワークのうち、1つのサブシステムに外乱が印加される。

- (2) 以下の二つの仮定を設けることで、ネットワークシステム全体の動作と等価な1つのサブシステムを導出した。

仮定

全てのサブシステムのパラメータの間に特定の関係がある。
全てのサブシステムは他の全サブシステムと強力に結合している。

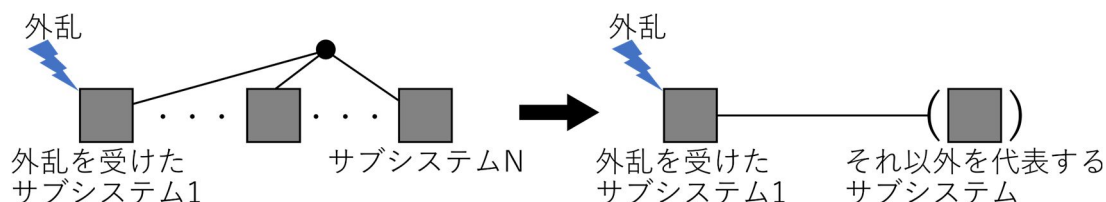


図1 外乱を受けたサブシステムとそれ以外として扱う方法

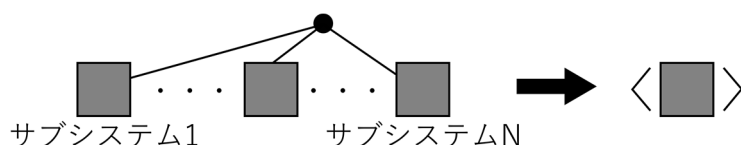


図2 ネットワークシステム全体を一つのサブシステムとして扱う方法

4. 研究成果

(1), (2)の方法に取り組み, それぞれ次の結果が得られた.

(1) 外乱を受けたサブシステムとそれ以外として扱う方法

外乱を受けたサブシステムとそれ以外を代表するサブシステムとの間に非対称の結合を考慮することで, システム全体の動作を小規模システムによって表現することができた. ネットワークを構成するサブシステムの数が増えるほど, 仮定した外乱に対してシステム全体が頑健となる結果が得られた. これにより, 想定される外乱に耐えるために必要なサブシステムの数を見出すことができる.

(2) ネットワークシステム全体を一つのサブシステムとして扱う方法

サブシステム同士が強く結合している場合には, 制御回路一つだけでネットワークシステム全体を安定化できることがわかった. これにより, ネットワークの安定化に必要なコストを抑えることができる.

ネットワークの構成を変更する際に, その変更が安定性や頑健性に対して与える影響を解析によって事前に知ることができるようになった.

一般的には安定性を高めるとされるネットワーク構成の変更(電源を新たに追加する等)が場合によっては安定性を悪化させることが明らかになった.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 2件）

1. 発表者名 K. Yoshida, K. Konishi
2. 発表標題 Simple initial function and network topology for basin estimation in a DC bus network system with delayed feedback control
3. 学会等名 The 2022 International Symposium on Nonlinear Theory and Its Applications (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 K. Yoshida, K. Konishi
2. 発表標題 Stabilization of a DC Bus Network System with Delayed Feedback Control Based on an Equivalent Circuit
3. 学会等名 The 2023 International Symposium on Nonlinear Theory and Its Applications (国際学会)
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
研究協力者	小西 啓治 (Konishi Keiji)		

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
---------	---------