

# 出力制限をかける仮想同期発電機による システムの動的安定性向上に関する研究

理工学研究科 電気電子情報工学専攻  
電力システム工学研究

MA20106 李<sup>リ</sup>迪<sup>ディ</sup>雅<sup>ガ</sup>  
指導教員 藤田 吾郎

## 1. はじめに<sup>[1]</sup>

地球温暖化や資源枯渇などの環境問題が日々深刻化している現在の社会においては、二酸化炭素の排出量を削減し、低炭素社会を目指すことは、現代の産業発展において最も評価されることのひとつとなっている。近年、電力技術業界では、脱炭素社会の実現に向け、再生可能エネルギーによる発電技術を数多く導入している。しかし、再生可能エネルギーを使用している分散型発電設備は、長期的に安定している電力を系統に供給することが難しいことであるため、大規模な電力系統に多数の分散型電源が接続されると、電力系統全体の安定性に大きな影響を与えることになる。分散型電源の系統連系時の安定性を向上させるために、ドロップ制御や仮想同期発電機などの方法が一般的である。

本研究では、主に仮想同期発電機に注目する。位相システムで、電力システムの動的安定性をさらに高めるために、有効電力出力制限のある仮想同期発電機制御モジュールを構築することを目的とする。

## 2. 従来のドロップ制御<sup>[2]</sup>

図1から分かるように、この仮想同期発電機の制御方法は主に有効電力-周波数制御と無効電力-電圧制御の2つの部分から構成されている。

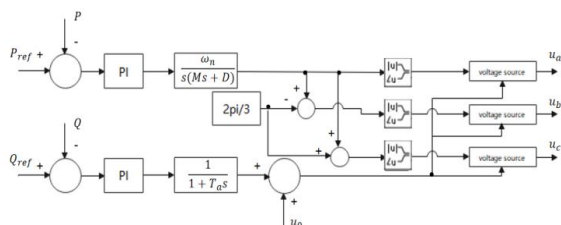


図1 ドロップ制御ブロック図  
Fig.1.Droop control block diagram

## 3. 仮想慣性リンクを用いたVSG制御

図2は有効電力調整と機械部の構造を示しており、出力された機械的トルクは、機械方程式と組み合わせると、

出力の仮想電位の位相となる角周波数が出力されることになる。

VSGの有効電力制御に追加された仮想ローターイナーシャとダンピングリンクにより、従来のドロップ制御と比べ、インバータのイナーシャを強化できるため、系統が外部の攪乱に対する安定性を向上させることができるようになった。

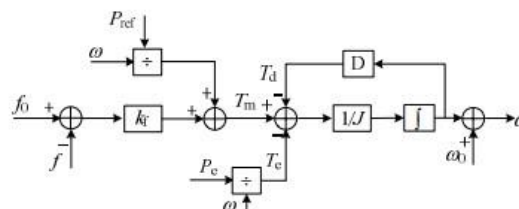


図2 有効電力調整制御ブロック図

Fig.2.Active power control block diagram

インバータ出力を制御するための制御モデルを図3に示す。インバータのリアルタイム有効電力出力が有効電力で上限、下限値と比較し、状況により角速度の出力調整ができる。

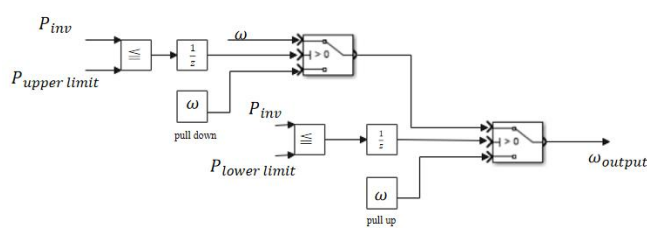


図3 出力制限付き制御ブロック図

Fig.3control block diagram with output limit

## 4. シミュレーション環境

本論文では、図4に示す大規模システムモデルとして Matlab-simulink で提供される PSS モデルを用い、VSG制御システムを追加し、大規模システムにおいてVSGが正常に動作し、システムに安定した電力を供給できることを検証する。

システムは、長さ 220km の 230kV 送電線で接続された2つの地理的モジュールからなる完全対称モデルで、

それぞれに定格 20kV / 900MVA の発電機を 2 台搭載している。通常運転時、システムに流通する電力は 413MW

で、シミュレーション時間は 20 秒と設定されている。

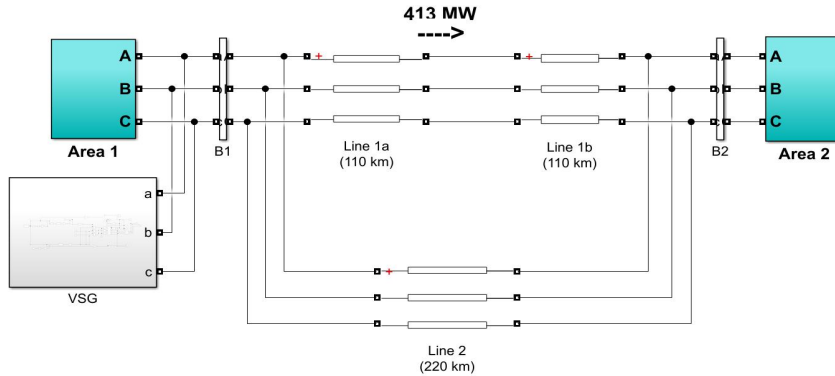


図 4 シミュレーションモデル

Fig.4.simulation model

### 5. シミュレーション結果

図 5 に示しているのはドロップ制御でインバータが 4 秒から 18 秒の間に 20MW の有効電力を安定的に系統に供給している。

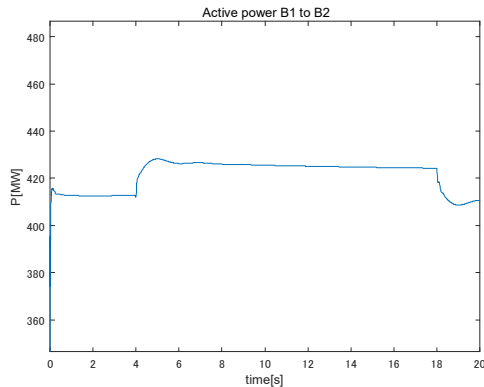


図 5 ドロップ制御で系統中の有効電力

Fig.5.Active power in system with droop control

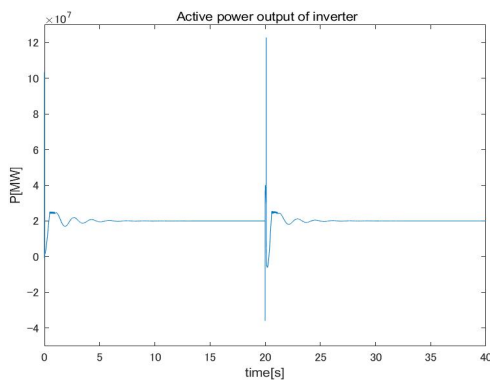


図 6 制限付きインバータの有効電力出力

Fig.6.Active power in system with limiter

インバータの出力制限を検証できるように 20~20.1 秒

の間に系統中に三相接地故障を加えた。図 6 から分かるように、リミッターの動作でインバータの有効電力出力が設定した上限 25MW、下限-2MW の間に保っている。

### 6. まとめと今後の課題

本研究では、仮想同期発電機の制御モデルに基づき、出力制限付きインバータ制御モデルを作成した。結果から見ると、制限付きインバータがシステムを安定させる効果があると考えられる。

今後は、0 秒から 5 秒の間に発生した振動を解消することを目指す研究を行う。また、角速度の指定値でリミッターを動かせるだけでなく、さらにシステムの波動に従える制御モデルを検討する必要がある。

#### 文献

- (1) 崎元謙一「仮想同期発電機によるインバータ連系形分散電源を含む系統の安定化制御」電気学会論文誌. B, 電力・エネルギー部門誌, Vol.132, No.4, pp. 341-349(2012)
- (2) 杉森聡「Grid Forming inverter の系統事故時における系統安定化効果の検討」電気学会電力・エネルギー部門大会, Vol.197(2020)

#### 代表的な研究業績

- (1) Li diya , Sandro Sitompul and Goro Fujita 『Study on the Use of Virtual Synchronous Generators to Improve Large Scale System's Stability』, 2021 3rd International Conference on High Voltage Engineering and Power Systems (ICHVEPS), No.PTS3-3\_3-P145