直列接続方式ウィンドファームのための自励式同期発電機を用いた風力発電装置のシミュレーションモデルの開発

Development of a Simulation Model for a Wind Turbine Generator Based on Self-Excited Synchronous Generator

1. 緒　論

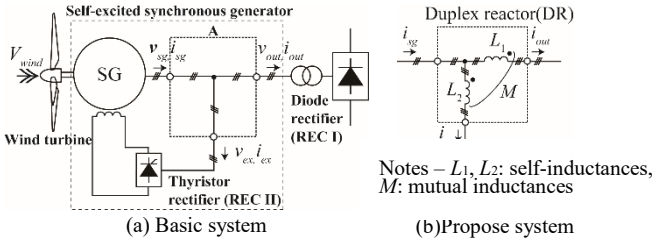
近年、風力発電はそのフィールドを洋上にも拡大し、世界中で導入されている。本研究室では巻線型同期発電機(WRSG)を自励式同期発電機として風力発電システムに使用することを目的に、図1(a)に示すようなシステムについて種々な検討を行っている。同装置は風車、巻線型同期発電機、直流系統連系用のダイオード整流器(REC I)、発電機励磁用のサイリスタ整流器(REC II)などで構成される。先行研究において図 1(a)の構成では、REC I と REC II が互いに干渉しあい低風速域で動作が困難であることが明らかになっている[1]。そこで本研究では、各整流器が互いに干渉しない励磁システムを提案する。また、提案方式のシミュレーションモデルを構築し、その有用性の検証を行う。

2. 広範囲動作可能なサイリスタ励磁システム

提案するサイリスタ励磁システムは、図 1(a)の発電機出力端子 A に相互誘導を有するリアクトル(DR)を新たに設けた構成となっている。図 1(b)にその構成を示す。DR は等価的に負の等価インダクタンスを発電機側に有しており、これによって発電機の初期過渡インダクタンス L_s''を相殺することができる[1]。その結果、REC IIの入力端子は REC I の高調波歪みの影響を受けないため、風力発電装置は広範囲で動作が可能となる。

3. シミュレーションモデルを用いた理論的検討

提案方式の有用性を確認するため、理論的検討に必要となる本システムのシミュレーションモデルを構築した。図 2 に提案システムのシミュレーションモデルを示す。同モデルは MATLAB/Simulink/Simscape を用いており、発電機や各整流器の電流、電圧実効値のみならずこれらの瞬時値(波形)も計算することができる。また、図中の V_{wind} の値を変えることにより、風速変化に対するシステムの諸特性を計算することができる。なお、同モデルは同期発電機の残留磁束を模擬するため、界磁電圧が 0 の場合の内部誘導起電力 RF(単位表現)を考慮している。図 3 に基本方式と DR を用いた提案方式の各サイリスタ整流器入力側線間電圧波形 v_{ex} を示す。図 3(a)より、基本方式では、REC II の入力端子電圧に REC II だけでなく REC I の高調波ひずみも表れている



(a) Basic system　　(b)Propose system

図 1 自励式同期発電機を用いた風力発電装置

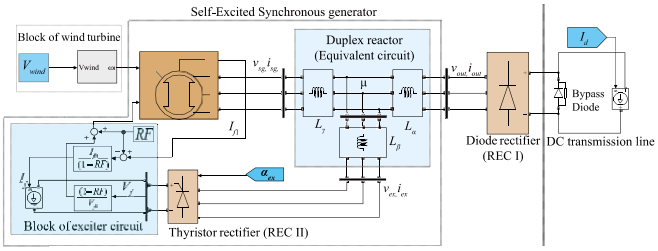
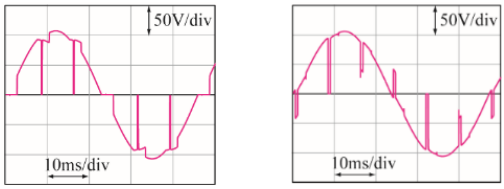


図 2 提案方式のシミュレーションモデル



System conditions (constant): Output: V_{out} = 73.9(V), I_{out} = 2.03(A), f = 21.2(Hz), P_{out} = 242(W)

System conditions (constant): Output: V_{out} = 73.6(V), I_{out} = 2.02(A), f = 21.8(Hz), P_{out} = 242(W)

(a) Basic system　　(b)Propose system

図 3 サイリスタ整流器入力側の各線間電圧波形

のに対し、図 3 (b)より DR を用いることにより、REC IIの入力端子電圧には REC I の高調波ひずみが表れないことがわかった。

4. 結　論

本論文では、自励式同期発電機を用いた風力発電装置の各整流器が互いに干渉する問題を改善するために新たなサイリスタ励磁方式を提案した。また、同装置のシミュレーションモデルを構築し、その有用性を検証した。その結果、提案方式ではサイリスタ整流器の入力端子電圧にダイオード整流器の高調波ひずみが表れていないことが明らかになり、同装置の有用性が確認できた。

文　献

[1] K. Yamashita, Y. Yamamoto and S. Kobayashi, “Performance Improvement of a Wind Turbine Generator Based on Self-excited Synchronous Generator for Series-connected Wind Power Plants,” ICEMS 2020, Hamamatsu, Tokyo, Japan, Nov. 2020.