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実験用供試装置の開発

Development of an Experimental Setup for a Wind Turbine Generator Based on Self-Excited Synchronous Generator

1. 緒　論

近年、洋上風力発電が欧州を中心に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)を自励式として風力発電システムに使用する図 1 のシステムについて種々な検討を行っている。本システムは図示のように風車、WRSG、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励磁器(REC II)などで構成されるシンプルなシステムであるが、先行研究において、REC IIが REC Iのひずみの影響を受けるため十分な動作範囲を得られないことが判明している[1]。そこで本研究では、同装置の動作範囲を拡大できるサイリスタ励磁方式を提案し、実験的検討によりその有用性を検証する。

2. 提案するサイリスタ励磁方式

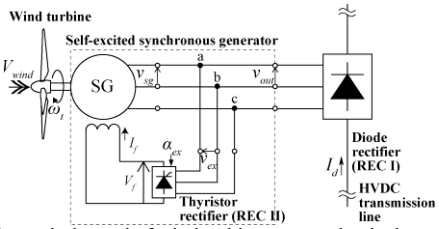
図 2 に提案するサイリスタ励磁方式を有するシステムの構成を示す。本装置は、同期発電機の出力端子に相互誘導を有するリアクトル(DR)を接続した構成となっている。図のように、DR の等価インダクタンス L_γ は負の値となるため、同期機の初期過渡インダクタンス L_s''を相殺することができる。その結果、仮想接続点の電圧v_μは発電機の内部誘導起電力v_iと等しくなり、REC II は REC I で生ずるひずみの影響を受けない。

3. 実験用供試装置を用いた実験的検討

実験用供試装置として、2kVA の同期発電機を用いたシステムを構築した(図 3)。同装置を用いて提案システムの有用性を検証する。その一例として、サイリスタ励磁器交流側の線間電圧波形v_{ex}(実験値)を図 4 に示す。図示のように REC I の転流による高調波ひずみは、基本方式(図 4(a))には表れるが、提案方式(図 4(b))には表れていないことが確認できる。

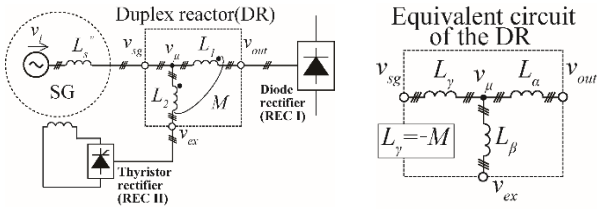
4. 実験用供試装置の拡張

供試装置(図 3)は出力が大きい場合、誤動作することがわかった。これは REC II が入力電流及び電圧を検出しゲート信号を生成する仕様となっており、出力が大きい場合、ゲート信号の基準となる正確なサイリスタ励磁器入力電圧を生成できないことに基因する。これを改善するためには、システム各部の電流、電圧の関係を明らかにし、それを考慮したゲート信号生成回路が必要となる。現在、同回路の製作を行っている。



Notes – V_{wind}: wind speed of wind turbine, ω_t: mechanical angular speed, α_{ex}: firing angle of REC II, v_{sg}: SG armature voltage, v_{out}: SG output terminal voltage, v_{ex}: exciter input terminal voltage, I_d: DC link current, V_f, I_f: field voltage and current.

図 1　自励式同期発電機を用いた風力発電機の構成図



Notes – L_1, L_2: self-inductances, M: mutual inductance, v_i: armature induced emf of the SG, L_s'' : subtransient inductance of the SG.

図 2　提案するサイリスタ励磁システム

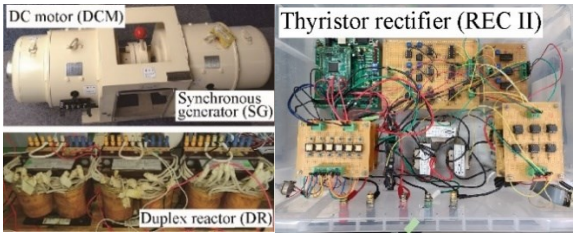
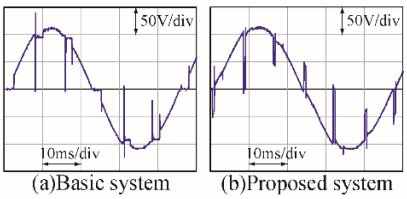


図 3　実験用供試装置



System conditions:
V_d = 95.0(V),
I_d = 2.55(A)
Output:
P_{out} = 242(W)

図 4　サイリスタ励磁器の交流側の線間電圧波形

5. 結　論

本研究では自励式同期発電機を用いた風力発電装置において、相互誘導を有するリアクトルを採用したサイリスタ励磁方式を提案した。また、実験的検討に必要な供試装置を開発した。その結果、提案したサイリスタ励磁器により、十分な動作範囲が得られることが明らかとなった。

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,” *Proc. of 2020 23th International Conference on Electrical Machines and Systems*, Hamamatsu, Tokyo, Japan, Nov. 2020.