直列接続方式ウインドファームのためのループ式直流送電 システムの実験用供試装置の開発

Development of an Experimental Setup for a Loop-Type High-Voltage Direct Current Transmission System

1. まえがき

洋上風力発電の累積設備容量は 2050 年までに 1000GW 近くにのぼると予想されている[1]。本研 究室では図 1 のようなサイリスタインバータを 用いた直列接続方式のループ式洋上風力発電シ ステムを提案している。同システムは信頼性が高 く、負の等価インダクタンスを持つ変圧器や同期 機などで構成される電力補償装置の働きにより、 高品質で安定した電力供給が可能になるなどの 利点を有している[2]。本研究では同システムの 実現可能性研究のひとつとして、実験用供試装置 の開発を行い、同装置を用いた実験的検討を行う。 2.供試装置の設計に必要なシステムの等価回路

サイリスタインバータを適切に動作させるに は、正確なインバータの出力電圧波形が必要とな る。しかしながら、同出力電圧波形はインバータ の交流側回路にインダクタンス成分が含まれる 場合、サイリスタの流れる電流の重なりによって 大幅にひずむこととなる。従って、インバータの 出力電圧をひずみのない正弦波に整形する波形 整形回路が必要となるが、それには電力補償装置 各部の電流、電圧の関係を把握しなければならな い。これらの関係を明らかにするために電力補償 装置を含むインバータの交流回路を図2に示す 等価回路に変形した。同図より、波形ひずみのな いインバータの出力電圧v_{inv}/は次式のように表 すことができる。

$$v_{inv}' = a_s v_r + L_S \frac{di_r}{dt} - \frac{L_T L_S}{L_T + L_S} \frac{di_{inv}}{dt} \qquad \dots (1)$$

3. サイリスタインバータの波形整形回路

(1)式を用いて設計した波形整形回路を図3に 示す。設計した回路は図示のように差動増幅回 路、微分回路、反転増幅回路、加算回路で構成 される。(1)式の v_r は検出した線間電 Ev_{wu}, v_{vu} を 差動増幅回路に入力して演算を行った。微分項 i_r, i_{inv} は2つの微分回路で演算される。これらの 値は加算回路で合成され、図3の出力はひずみ のないインバータの出力電 Ev_{inv} となる。

4. むすび

本研究では直列接続方式ウインドファームの ためのループ式直流送電システムの実現可能性 研究の一つとして実験的検討に必要となる供試 装置の開発を行った。正確な転流を行うことがで



Notes- P_{inv} , v_{inv} , i_{inv} : inverter ac side phase output power, voltage and current, V_r , I_r , P_r : ac grid phase voltage, current and output power, γ : leading angle of the thyristor inverter, u: overlapping angle of the thyristor inverter, I_{SM} , P_{SM} : synchronous machine (SM) current, and output power.



Notes- $v_{i,1}$: induced electromotive force of SM transformed from Y to Δ , v_{μ} : imaginary terminal phase voltage, L_{α} , L_{β} , L_{γ} : equivalent inductance of the transformer, *a*: turn ratios of the transformer, *a*_s, *a*_T: proportional constants of the exciting circuits, L_s '': subtransient inductance of the SM.



きるサイリスタインバータの制御回路を完成させた。今後残された課題として同回路を搭載した サイリスタインバータを持つシステムを構築し、 種々な実験を行うことがあげられる。

文 献

- FUTURE OF WIND, International Renewable Energy Agency (IRENA), Oct. 2019, [Online], Available: https://www.irena.org/.
- [2] K. Yamashita, Y. Kameda, and S. Nishikata, "A harmonics elimination method using a three-winding transformer for HVDC transmission system," *IEEE Trans. Ind. Appl.*, vol. 54, no. 2, pp. 1645-1651, Mar./Apr. 2018