直列接続方式ウィンドファームのための
ループ式直流送電システムの定常特性に関する実験的検討

Experimental Studies on Steady-State Characteristics of a Loop-Type High-Voltage Direct Current Transmission System for Series-Connected Wind Power Plants

1. はじめに

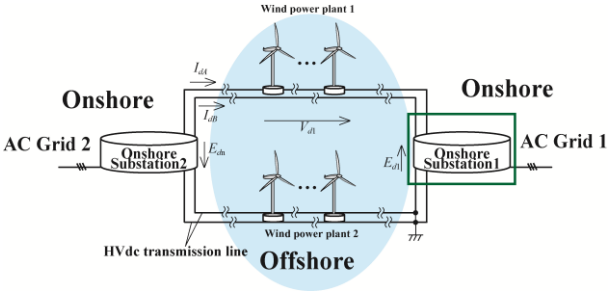
洋上風力発電の世界全体の導入量は、2010 年では 2.9GW であったが 2020 年には 35GW となり、10 年間で 10 倍以上に増加している。また、今後も導入量の増加が見込まれている[1]。本研究室では洋上風力発電の送電方式の 1 つとして、LCC-HVDC（他励式 HVDC）に基づくループ式直流送電システムを提案している[2]。図 1 に本システムの構成を示す。本システムは、洋上風力発電所と陸上変電所を、直流送電線上で直列接続する構成となっており、高コストな洋上変電所や直流遮断機が不要となる利点を有する。直流送電線は、信頼性を確保するために 2 本以上で構成される。図 2 に陸上変電所の構成を示す。陸上変電所は電流形サイリスタインバータ/コンバータや、電力補償装置などで構成されている。電力補償装置は、インバータの転流に基因した高調波の除去や、サイリスタインバータの転流に必要な無効電力を補償することができる。本研究では、同システムのシミュレーションモデルの妥当性を明らかにするため、供試装置を用いた実験的検討を行っている。本稿では、陸上変電所の定常特性について報告する。

2. システムの定常特性

供試装置（2kVA）を用いた陸上変電所の動作範囲についての実験的検討を行う。陸上変電所は電流形コンバータ（Current Source Converter: CSC）としてサイリスタ変換器を 2 台有するが、本検討では 2 台の CSC に同じ制御角を与えた場合の解析を行った。図 3 に、直流入力電力 P_c に対する、CSC の制御角 β 並びに電流重なり角 u の特性を示す。実線はシミュレーションモデルによる計算値、プロット点は実測値である。図より、制御角 β を適正な値に調節することにより 2 台の CSC はインバータだけでなくコンバータとしても動作し、陸上変電所は制御角の調整により受電端だけでなく送電端としても動作可能であることがわかった。なお、計算値と実験値がほぼ一致しており、シミュレーションモデルの妥当性を確認できた。

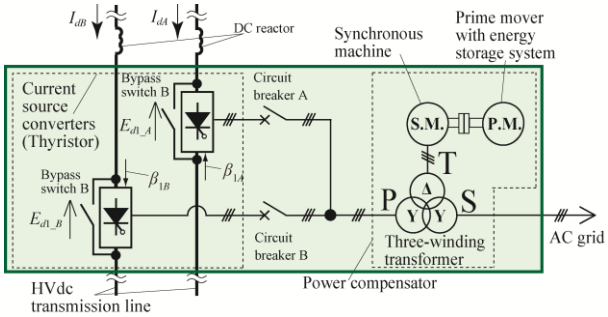
3. おわりに

本稿では、システムのシミュレーションモデルの妥当性を確認するため、陸上変電所の定常特性に関する実験的検討をおこなった。2 台の CSC の制御角 β を適正な値に調節することにより、陸上変電所は受電端だけでなく送電端としても動作が可能であることがわかった。また、計算値と実験値がほぼ一致しており、シミュレーションモデルの妥当性を確認することができた。



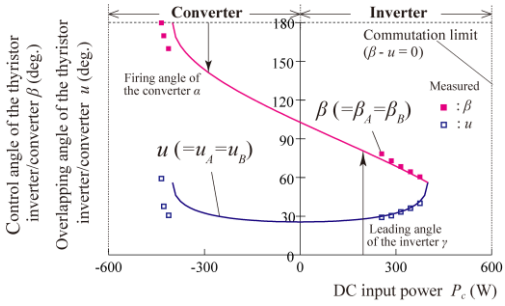
Notes $-V_{dn}$: dc link voltage of nth wind power plant (WPPn), E_{dn}: dc side voltage of the nth onshore substation (OSn), I_{dA}, I_{dA}: dc link currents.

図 1　ループ式多端子直流送電システム



Notes $-\beta_{1A}$, β_{1B}: control angles of the CSCs.

図 2　陸上変電所



System conditions (constant):

$I_{dA} = I_{dB} = 0.75$(A), $V_{gA} = 209$(V), $P_g = 450$(W), $f_g = 50$(Hz), $pf_g = 1.0$

図 3　システムの定常特性

文　献

[1] RENEWABLES 2021 GLOBAL STATUS REPORT, [Online], Available: https://www.ren21.net/reports/global-status-report/, (accessed 2022-1-1)

[2] K. Yamashita, G. Tsukamoto, and S. Nishikata, “Steady-state characteristics of a line-commutated converter-based high-voltage direct current transmission system for series-connected wind power plants,” *IEEE Trans. Ind. Appl.*, vol. 56, no. 4, pp. 3932-3939, July-Aug. 2020.