系統連系インバータの高調波を除去できる同期コンデンサシステムの定常特性解析

Steady-State Characteristics of a Synchronous Compensator Capable of Eliminating Harmonic Distortions

1. はじめに

次世代の電力系統には、多くの再生可能エネルギーが導入されると予想されている。これら自然変動電源を大量に導入した場合、系統の調整力が不足する可能性がある。また、これらはインバータ等の電力変換器を介して電力系統に接続される非同期電源であるため、これらが同期電源と置き換わることにより、系統の機械的な慣性力が低下し、安定度の維持が困難になると予想されている。これらの問題解決策の一つとして、系統の慣性力と短絡容量を増加できる同期コンデンサ（Synchronous Condenser : SC）の導入が近年再注目されている[1]。一方、系統連系インバータは高調波の発生源となるため、基本的に AC フィルタが必要となる。先行研究では、高調波を吸収できる同期コンデンサシステムを提案し、サイリスタインバータを接続した場合の高調波除去効果を確認した[2]。

本研究では同システムに IGBT を用いた電圧型インバータ（Voltage Source Inverter : VSI）を接続した場合の有用性を明らかにする事を目的に、種々な定常特性について検討を行う。

2. 提案システムの構成

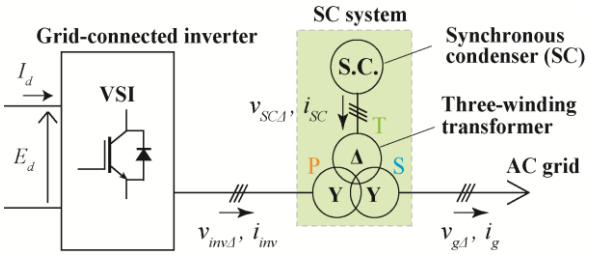
図 1 に提案する同期コンデンサシステムの構成を示す。同システムは、系統連系インバータ（VSI）、同期コンデンサ、三巻線変圧器で構成されている。系統連系インバータは自然変動電源を接続するために必要となるが、高調波の発生源となる。本システムでは、負の等価インダクタンスを持つ三巻線変圧器とダンパ巻線を有する同期コンデンサを用いることにより、この高調波を除去することができる[2]。

3. 提案システムの効果

先行研究[2]で構築したシミュレーションモデルを用いて、研究室規模の供試装置（2kVA）を対象に VSI を接続した場合のシステム各部の電流波形を計算した。その結果の一例を図 2 に示す。同図より、インバータ側の電流は歪んでいるが、SC に高調波成分が吸収され、系統側の電流は正弦波となることが分かる。

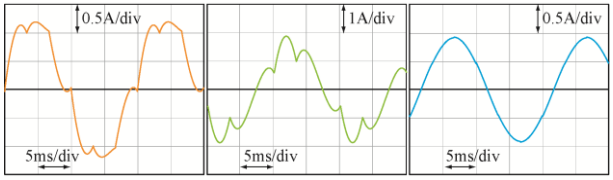
4. 供試装置の開発

シミュレーションによりシステムの有用性が明らかとなったので、供試装置を用いた実験的検討を行う。図 3 に製作した供試装置を示す。



Notes –E_d, I_d: dc side voltage and current of the grid-connected inverter, $v_{inv\Delta}$, i_{inv}, $v_{SC\Delta}$, i_{SC}, $v_{g\Delta}$, i_g: line-to-line voltages and currents of the grid-connected inverter, of the SC, and of the ac grid, respectively.

図 1　提案する同期コンデンサシステムの構成



(a) i_{inv}　(b) i_{SC}　(c) i_g

Conditions: I_d = 1.17(A), $V_{g\Delta}$ = 209(V), P_{inv} = 290(W), P_{SC} = 0(W), P_g = 233(W), Q_{SC} = 235(var), Q_g = 0(var), f_g = 50(Hz)

Notes – P_{inv}, P_{SC}, P_g: output active power of the inverter, of the SC, and of the ac grid, f_g: frequency of the ac grid.

図 2　VSI 接続した SC システムの線間電流波形（233W）

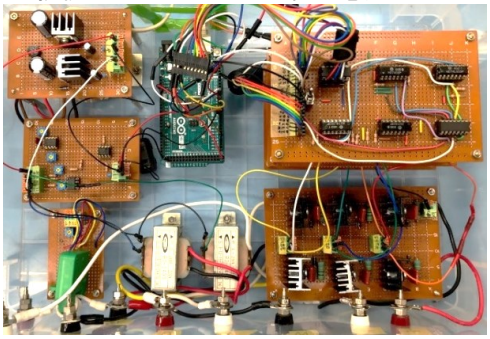


図 3　製作した供試装置（2kVA）

5. まとめ

本研究では高調波を吸収することのできる同期コンデンサシステムの有用性を明らかにするため、シミュレーションによる検討を行った。その結果、VSI を用いた場合も十分な波形改善効果が得られることが判明した。また、実験的検討に必要な供試装置を製作した。

文　献

[1] F Shixiong, H Wei, and L Lixin, “Influence of synchronous condenser exciter limit on voltage stability of HVDC” Proc. of ICIEA 2018. Wuhan, China. Jun. 2018.

[2] K. Yamashita, D. Sakamoto, and M. Tandai, “A Synchronous Condenser System Capable of Eliminating Harmonic Distortion for Grid-Connected Inverters,” Proc. of ICEMS 2021, Gyeongju, Korea, Republic of, Nov. 2021.