

電流不連続モードを適用した T-type NPC 型単相インバータの パワーデカップリング法

大桃 章嘉・高岡 渚・レ ホアイ ナム・伊東 淳一 (長岡技術科学大学)

1. はじめに

DC マイクログリッドや直流系統に、AC 入力にしか対応していない汎用品を接続するには、補助電源が必要である。従来では DC-単相 AC 電力変換器の直流部には、系統で発生する単相電力脈動成分が重畳するため、脈動吸収用の大容量電解コンデンサが必要となる。これにより、システム全体の寿命が制限される問題がある⁽¹⁾。

本稿では、小容量のキャパシタを用いた T-type NPC インバータの脈動補償法を提案する。本手法では、電流不連続モードを適用することで、電解コンデンサレスかつ追加の磁気部品を必要としない特徴を持つ。

2. 提案手法

図 1 に提案回路の構成を示す。本回路は双方向動作が可能であるが、本稿では、補助電源を想定して直流から交流へのパワーフローで検討を行う。提案脈動補償法では、キャパシタ C_1 , C_2 の電圧 V_{C1} , V_{C2} をそれぞれ逆相に脈動させる。 V_{C1} , V_{C2} の振幅を V_C , 系統周波数を ω , 直中間電圧を V_{dc} とすると V_{C1} , V_{C2} は(1)式で表される。

$$V_{C1} = \frac{V_{dc}}{2} + V_C \sin(\omega t), V_{C2} = \frac{V_{dc}}{2} - V_C \sin(\omega t) \dots\dots\dots(1)$$

V_{C1} , V_{C2} を変動させるために必要な中性点電流の指令値 i_n^* は、各キャパシタ電流 i_{C1} , i_{C2} の差によって決定される。ここで、 i_{C1} はキャパシタの電圧電流方程式より、下記で表される。なお、ここでは $C_1=C_2=C$ とする。

$$i_{C1} = C \frac{dV_{C1}}{dt} = C\omega V_C \cos(\omega t) \dots\dots\dots(2)$$

提案法では、 V_{dc} を制御するための出力電流 i_{ac} と、上記で示した中性点電流 i_n の 2 つの電流を、交流側リアクトル L の電流を不連続にし、タイムシェアリングすることで制御する。このとき、 i_{ac} が正かつ i_n が負、または i_{ac} が負かつ i_n が正となる期間では、方向が異なる 2 つの電流を同時に流す必要がある。電流連続モード(CCM)では上記期間が制御できないため脈動補償が行えない。その結果、残存脈動成分及び出力電流歪みの悪化を招く⁽²⁾。一方、本稿で適用している電流不連続モード(DCM)では、通流期間とゼロ電流期間を利用して 2 つの異なる電流を制御する。従って、通流期間では出力電流 i_{ac} を、ゼロ電流期間では中性点電流 i_n を制御するため、2 つの電流を非干渉かつ同時に制御することができる。また、提案法では、CCM 適用時に比べ、 L を小型化できる。

提案法では、脈動補償電流 i_n と出力電流指令の和が L 及びスイッチング素子に流れるため、 i_n が増加するほど導通損失は増加する。

図 2 に昇圧比に対する i_n と i_{ac} の最大値の比の関係を示す。なお、 V_C は $0.94p.u.$ 一定となるよう、昇圧比に応じた補償容量 C を決定する。図 2 より、昇圧比の増加に伴い

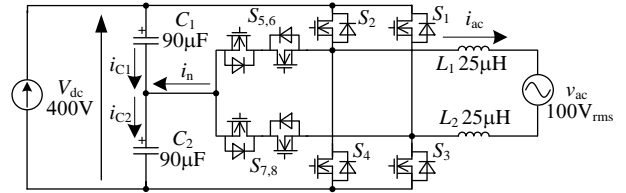


Fig. 1. Proposed DC/AC inverter used T-type NPC inverter.

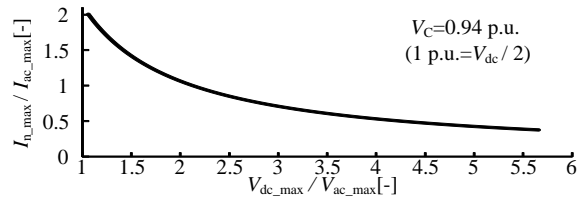
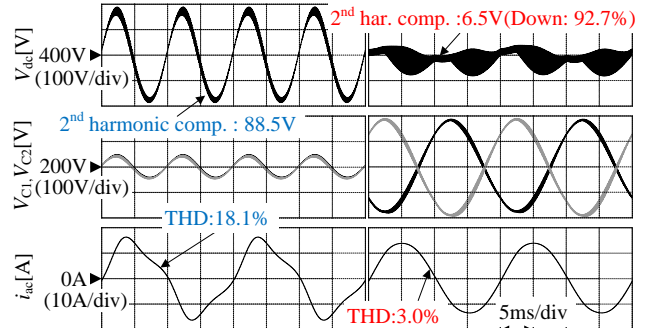


Fig. 2. Relation of current ratio and boost ratio.



(a)w/o power decoupling (b)with power decoupling
Fig. 3. Simulation result at rated power of 1kW.

i_{n_max}/i_{ac_max} が減少する。従って、本回路は高い昇圧比が必要な用途に応用することで、高効率が可能である。

3. シミュレーション結果

図 3(a)に脈動補償なしの場合、(b)に脈動補償を適用した場合をそれぞれ示す。なお、出力電流はキャリア周期毎の平均値を示す。脈動補償がない図 3(a)では、 C_1 , C_2 の容量が小さいため、 V_{dc} に重畳する脈動成分を吸収しきれず、系統の 2 倍周波数で脈動する。この直流電圧変動のため、出力電流歪み率(THD)は 18.1%と悪化する。一方、図 3(b)では、 V_{C1} , V_{C2} を脈動させることで、 V_{dc} の電圧変動が低減される。 V_{dc} の高調波解析結果より、補償前と比較し、提案法により脈動成分(100Hz)は 92.7%低減を確認した。その結果、(b)では i_{ac} 電流制御へ直流電圧変動の影響を抑制できるため、 i_{ac} の THD は 3.0%となる。

以上の結果より、提案回路は小容量キャパシタを用いて脈動補償と出力電流制御を同時達成でき、システムの小型化が可能であることを確認した。

今後は、実機による提案手法の有用性を検証する。

文 献

- (1) 櫻庭,伊東：平成 29 年電気学会全国大会, Vol. 4, No. 194 (2017)
- (2) 片山,芳賀：JIASC, No. Y-19 (2016)