

MHz 級高周波 PWM インバータのノイズ基礎評価

◎石橋 諒一, 提橋 郁人, 日下 佳祐, 伊東 淳一 (長岡技術科学大学)

1. はじめに

近年, SiC や GaN デバイスといった高速応答可能な素子の普及に伴い, PWM インバータにおけるキャリア周波数は数百 kHz に高速化した⁽¹⁾。一方で, PWM インバータから放射されるノイズのスペクトラムは AM ラジオ帯域に干渉する恐れがあり, インバータ動作時に外部に放射するノイズを抑制する EMC フィルタが必要である。しかし, EMC フィルタはカットオフ周波数が低いほど体積が大きくなる傾向にある⁽²⁾。そのため, キャリア周波数が低い電力変換器には, 体積の大きい EMC フィルタが必要になり, 装置の小型化の妨げとなる。

本稿では, AM ラジオ帯域とされる周波数帯を回避した高周波インバータの実現を目的とし, MHz 級の PWM 駆動によってインバータを動作させた際のノイズに関する基礎評価の結果を報告する。

2. 評価方法

図 1 にノイズ評価で用いた回路構成を示す。図 1 に示す主回路素子には GaN-FET(TPH3006PS: Transphorm 社)を使用し, GDU に搭載するドライバ IC には磁気アイソレータ(ADuM4223: Analog Devices 社)を使用する。

本論文では, 図 1 の回路に対して基本波を 50 Hz の正弦波, キャリア周波数 $f_c=100$ kHz, 2 MHz の各周波数における三角波を用いて PWM 動作を実現する。また, 各キャリア周波数を用いてインバータを動作させた際, 負荷側に流れる漏れ電流のスペクトラムの評価を行う。実測結果を元に, 高周波 PWM インバータより発生するノイズのスペクトラムが, AM ラジオ帯域内のどの周波数帯に位置するかを考察する。

3. 実機検証

図 2 に $f_c=100$ kHz における動作波形を示し, 図 3 に $f_c=2$ MHz 時の動作波形を示す。各図において, (a)は 50 Hz 正弦波の 1 周期, (b)はキャリア周波数の 1 周期である。なお, 両者とも負荷に接続するインダクタと負荷抵抗は同じとした。図 2, 3 の出力電流波形より, 各キャリア周波数において, 50 Hz の正弦波指令値で PWM 動作を確認した。図 2, 3 の測定結果を比較すると, 2 MHz の PWM 動作に比べて 100 kHz の動作波形の方がよりひずみの少ない正弦波出力が得られていることが分かる。この理由は, 2 MHz の動作結果において, ゲート波形における短いパルス幅がドライバ IC の応答速度性能により欠落するためである。また, インバータのデットタイムによる電圧誤差は, キャリア周波数の増加に伴い増加するので, 波形のひずみが大きくなる。

図 4 に $f_c=100$ kHz および 2 MHz における漏れ電流の高調波解析結果を示す。図 4 における 100 kHz では, キャリアの高調波が AM ラジオ帯域内にスペクトラムを発生させる。そのため, キャリア周波数及び AM 帯域に発生するノイズを抑制する必要がある。一方で, 2 MHz のキャリア周波数を用いた場合, AM ラジオ帯域内における高調波ノイズの影響が見られないことを確認した。その結果, 2 MHz のスペクトルを抑制する EMC フィルタを適用すれば良いため, フィルタ体積の小型化が期待できる。

以上より, インバータを $f_c=2$ MHz にて PWM 駆動した場合, AM 帯域ノイズを抑えられることを確認した。今後は, 高周波三相インバータを用いたノイズに関する基礎評価を行なう予定である。

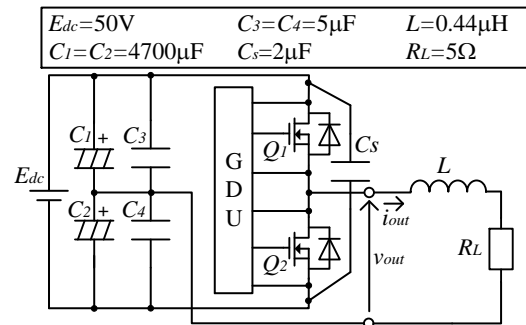
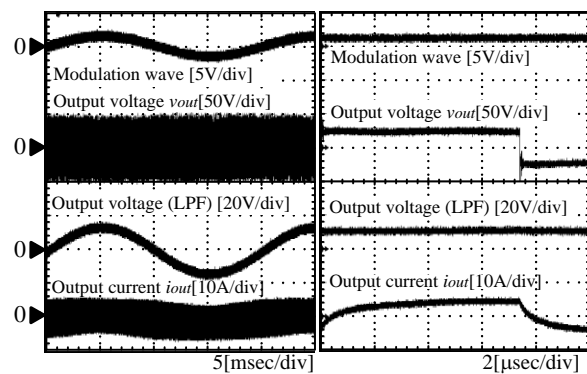
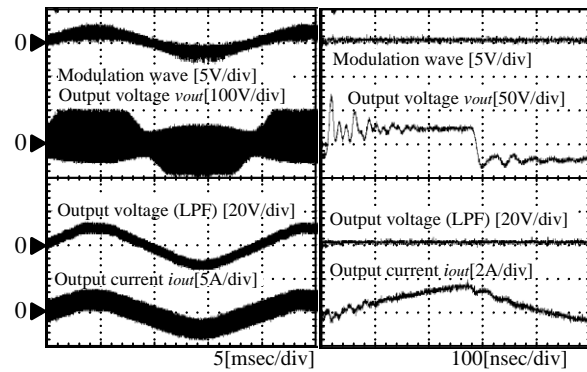


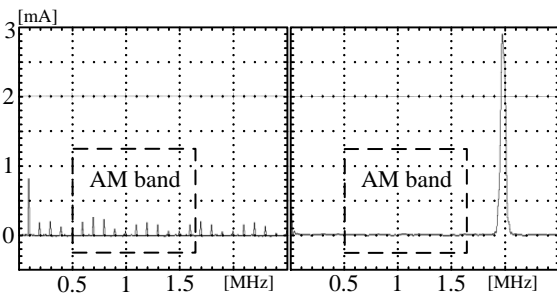
Fig.1 Half-Bridge inverter



(a) Entire waveform (b) Magnified waveform
Fig. 2. Operation waveform ($f_c=100$ kHz)



(a) Entire waveform (b) Magnified waveform
Fig. 3. Operation waveform ($f_c=2$ MHz)



(a) 100 kHz switching (b) 2 MHz switching
Fig. 4. Harmonic analysis result of common mode current

文 献

- (1) 中林ほか: JIASC2012, 1-O1-2(2012)
- (2) 荒木ほか: JIASC2013, 1-40(2013)