

# SVPWM インバータに適応可能な 改良型アクティブコモンノイズキャンセラの実験的検証

小原 峻介\*, 小笠原 悟司, 竹本 真紹 (北海道大学)  
山本 融真 (東芝三菱電機産業システム株式会社)

Experimental Verification of an Improved Active Common-noise Canceller Applicable to SVPWM Inverters  
Shunsuke Ohara, Satoshi Ogasawara, Masatsugu Takemoto (Hokkaido University)  
Yushin Yamamoto (TOSHIBA MITSUBISHI-ELECTRIC INDUSTRIAL SYSTEMS CORPORATION)

## 1. まえがき

インバータ給電モータ駆動システムは、高い制御性と効率が容易に得られることから、様々な分野に適用範囲が広がっている。しかし、インバータのスイッチング動作に起因して電磁妨害(EMI: electromagnetic interference)が発生することがあり、その対策が求められている。インバータの EMI は主に浮遊容量を介して接地線に流れるコモンモード電流により発生し<sup>(1)</sup>、コモンモード電流を低減する様々な方法が提案されている。

本論文では、筆者らが先に提案した空間ベクトルパルス幅変調(SVPWM)インバータに適応可能なアクティブコモンノイズキャンセラ(ACC)<sup>(3)</sup>の改良型を提案し、伝導性 EMI 減衰性能の測定結果について報告する。

## 2. SVPWM インバータ対応 ACC (ACC0)

文献(2)で提案した ACC は、インバータの発生するコモンモード電圧を検出し、同じ大きさと逆位相の電圧をインバータ出力にコモンモードトランスで重畳する。これにより、負荷に印加されるコモンモード電圧を打ち消し、コモンモード電流を低減して EMI を抑制する。しかし、SVPWM インバータの出力コモンモード電圧にはインバータ出力周波数の 3 倍数次の低次高調波が含まれているため、ACC を適用するためには大きなコアのコモンモードトランスが必要であった。

そこで文献(3)において、SVPWM インバータの出力コモンモード電圧の低次高調波はコモンモード電流の原因にならないことに着目し、コモンモード電圧のスイッチング周波数以上の成分を打ち消す高周波補償型 SVPWM インバータ対応 ACC(ACC0)<sup>(3)</sup>を提案した。図 1 に ACC0 の回路図を示す。 $C_1, C_2, C_3$  で検出されたコモンモード電圧は、左側エミッタフォロワを介してコモンモードトランス  $L_1$  正側に印加されるとともに、 $R_1, C_4$  で構成されるローパスフィルタに入力される。ローパスフィルタのカットオフ周波数をコモンモード電圧の低次高調波周波数とスイッチング周波数の間になるように設定すると、コモンモードトランス  $L_1$  負側(点 a)には、右側エミッタフォロワを介してコモンモード電圧のうちスイッチング周波数以下の低次高調波のみが

印加される。この動作により、コモンモード電圧のうちスイッチング周波数以上の成分のみがコモンモードトランスでキャンセルされる。

## 3. SVPWM インバータ対応改良型 ACC (ACC1)

図 2 に、本論文で提案する改良型 ACC(ACC1)を示す。これは、回路を単純化したにもかかわらず、ACC0 と同様に SVPWM インバータに対応可能である。 $C_1, C_2, C_3$  で検出されたコモンモード電圧は、エミッタフォロワを介してコモンモードトランス  $L_1$  とコンデンサ  $C_4$  に印加される。 $L_1$

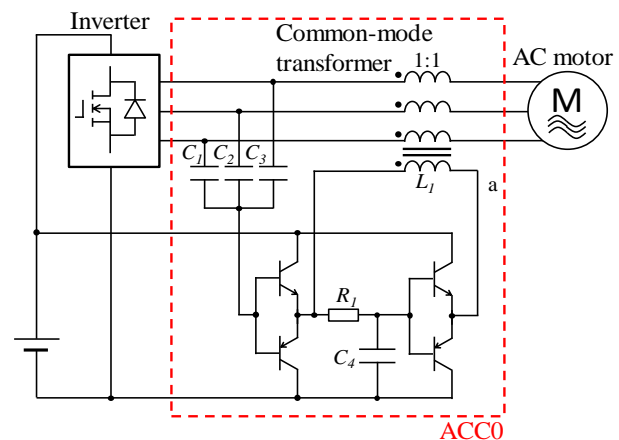


図 1 SVPWM インバータ対応 ACC (ACC0) 回路図

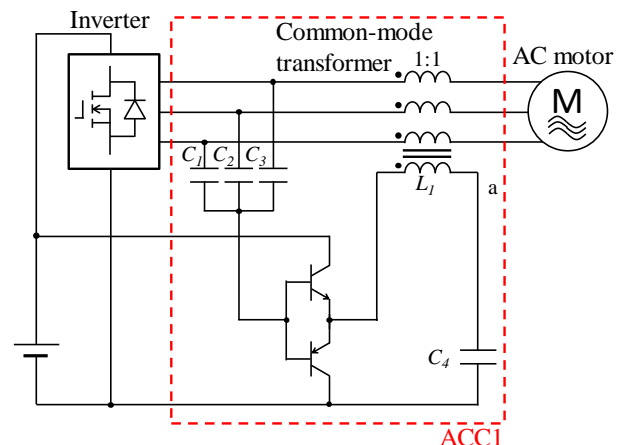


図 2 SVPWM インバータ対応改良型 ACC (ACC1) 回路図

と  $C_4$  の共振周波数をコモンモード電圧の低次高調波周波数とスイッチング周波数の間になるように設定すると、点 a の電位  $E_a$  は ACC0 における  $E_a$  と同じくコモンモード電圧のうちスイッチング周波数以下の低次高調波のみとなり、ACC0 と同様にコモンモード電圧のうちスイッチング周波数以上の成分のみがコモンモードトランスでキャンセルされる。さらに、ACC0 の右側のエミッタフォロワが不要であるため、このエミッタフォロワで発生するクロスオーバー歪と損失がなくなり、残留コモンモード電圧をさらに減衰可能でしかも低損失となる。また、回路も簡単化され小型・低コストとすることができる。

#### 4. 実験結果

単相交流電源で動作するインバータの出力と負荷の誘導モータの間に試作した ACC0 または ACC1 を挿入し、ACC 補償前後のコモンモード電圧を測定した。また同時に、電源とインバータ間に接続した LISN の雑音端子電圧より、50 kHz から 30 MHz までの伝導性 EMI を測定した。この時、インバータ DC リンク電圧は 200 V、スイッチング周波数は 100 kHz、出力基本波は変調率 0.6 の 50 Hz 正弦波とした。また、モータ負荷は無負荷としている。

図 3, 4 に ACC0, ACC1 の補償前後のコモンモード電圧波形を示す。ACC0 により、振幅 200 V のコモンモード電圧がスパイク電圧を無視すれば 20 V まで低減できている。ACC1 では更に大きな減衰が得られており、ACC0 の半分以下の 8 V まで低減できている。また、残留した 10 MHz 以上のスパイク電圧成分は、小型の受動フィルタを組み合わせることで除去可能である。

図 5, 6 に ACC0, ACC1 の雑音端子電圧スペクトルを示す。ACC0, ACC1 は、ACC を用いない場合に比べ約 5 MHz まで 20 dB 程度雑音端子電圧を減衰できている。また、ACC1 は ACC0 に比べ数 dB 大きな減衰となっている。

#### 5. まとめ

本論文では、SVPWM インバータ対応 ACC(ACC0)の改良型(ACC1)を提案し、ACC0 と ACC1 のコモンモード電圧減衰性能と雑音端子電圧減衰性能の実験結果を示した。その結果、低コストかつ小型で低消費電力な ACC1 が ACC0 に比べ半分以下にコモンモード電圧を減衰でき、雑音端子電圧の減衰も大きいことを示した。

#### 参考文献

- (1)一般社団法人電気学会:電気工学ハンドブック 第 7 版, pp.1007-1011, 2013
- (2) S. Ogasawara, H. Ayano, H. Akagi, "An Active Circuit for Cancellation of Common-Mode Voltage Generated by a PWM Inverter", *IEEE Trans. on Pow. Electron.*, vol.13, no.5, pp.835-841, Sep. 1998.
- (3) M. Ogawa, S. Ogasawara, M. Takemoto, "Development of a High-Frequency Space Vector Pulse Width Modulated Inverter with a Modified Active Common-Noise Canceller", in *Proc. of Conf. on 36th International Telecommunications Energy Conference (INTELEC 2014)*, CS16-04, Sept./Oct. 2014.

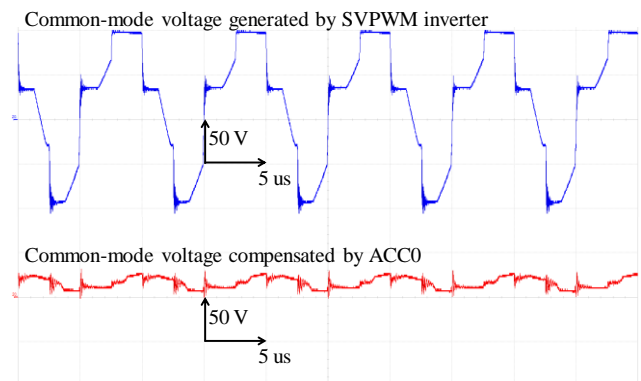


図 3 ACC0 コモンモード電圧減衰性能実験結果

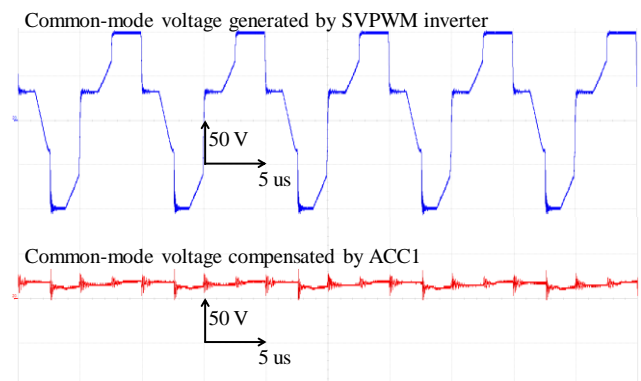


図 4 ACC1 コモンモード電圧減衰性能実験結果

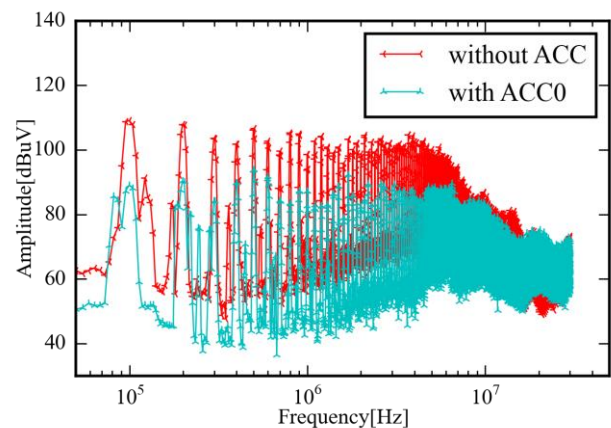


図 5 ACC0 雑音端子電圧スペクトル

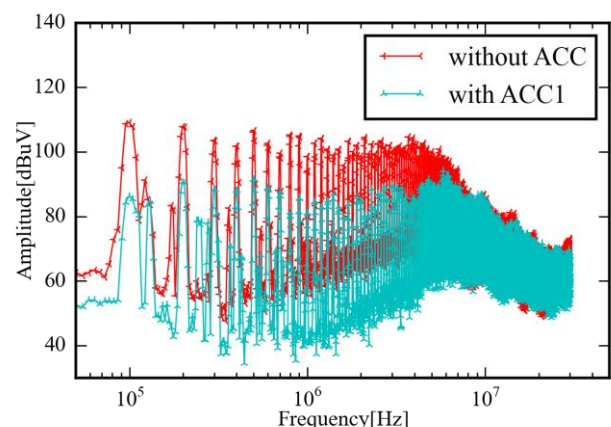


図 6 ACC1 雑音端子電圧スペクトル