

インバータ緊急停止時における

直流コンデンサの電圧上昇抑制法

青木 渉・中島 雄希・伊東 淳一（長岡技術科学大学）・鳥羽 章夫（富士電機株式会社）

1. はじめに

電気自動車では、急激な制動時に保護などの観点から、バッテリーをリレーで切り離し、インバータ(INV)の動作を停止して、機械ブレーキへ移行するモードがある。しかし、INV 停止時にモータ電流が INV を通り、直流コンデンサに充電されるため、コンデンサ電圧が上昇し、耐圧を超えてスイッチング素子が破壊されるという問題がある。

そこで本論文では、直流コンデンサの電圧上昇を抑制する INV 電流遮断制御法を検討する。

2. 電流遮断法

図 1 にシステム構成図を示す。本制御法はまず、異常時リレーの切り離しと同時に INV の下アームのスイッチをすべてオンにし短絡状態にする。その後、電流がゼロクロスした相からスイッチをオフすることでモータ内の逆起電圧発生を防ぐ。以上を行うことにより直流コンデンサの電圧を上昇させない電流遮断が実現できる。

しかし、この方法ではスイッチング素子をオフしても還流ダイオードが再導通し、電流が流れてしまい、電流遮断が行えない場合がある。再導通は、各相においてスイッチング素子をオフした後に U 相で(1)式、V 相で(2)式、W 相で(3)式が成立しない場合に発生する。再導通を回避するため、それぞれ(1)~(3)式が成立していない時は、短絡しているアームを上下で切り替えることにする。

$$\frac{V_C}{2} > \left| -R_v i_v - L_v \frac{di_v}{dt} - e_v + e_u \right| - \frac{V_C}{2} > -\frac{V_C}{2} \dots (1)$$

$$\frac{V_C}{2} > \left| -R_w i_w - L_w \frac{di_w}{dt} - e_w + e_v \right| - \frac{V_C}{2} > -\frac{V_C}{2} \dots (2)$$

$$\frac{V_C}{2} > \left| -R_u i_u - L_u \frac{di_u}{dt} - e_u + e_w \right| - \frac{V_C}{2} > -\frac{V_C}{2} \dots (3)$$

ここで、 R_u, R_v, R_w はモータ各相の固定子抵抗、 L_u, L_v, L_w は各相の固定子インダクタンス、 e_u, e_v, e_w は各相の誘起電圧である。

3. シミュレーション結果

図 2 に、ベクトル制御⁽¹⁾で電流遮断を行った時の各部の動作波形を示す。条件はモータを定格速度、定格電流で再生し、リレーを開放したのち、直ちに q 軸電流指令値 $i_q^*=0$ として電流遮断を行

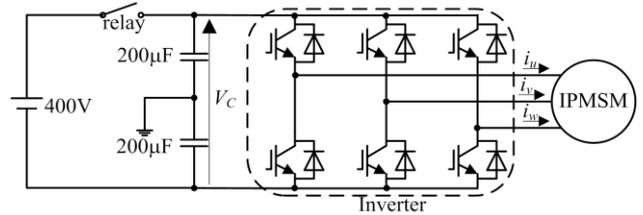


Fig.1 System configuration diagram.

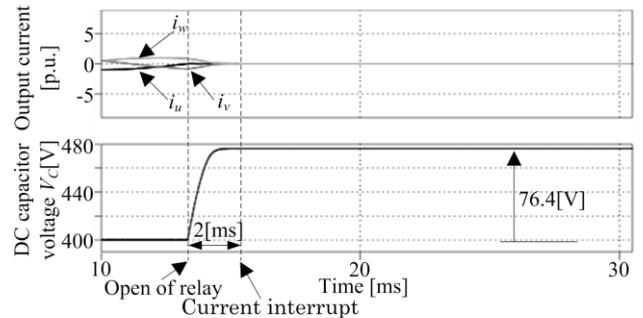


Fig.2 Output current and DC capacitor voltage waveform without the proposed method.

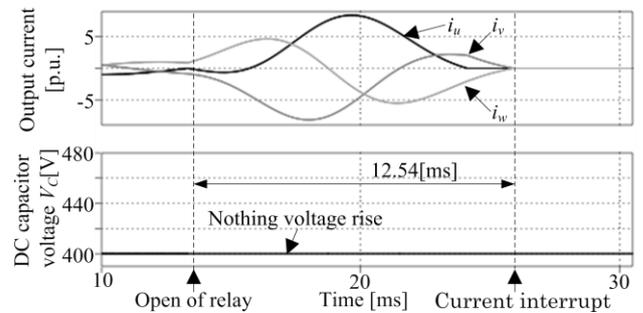


Fig.3 Output current and DC capacitor voltage waveform with the proposed method.

った。図 2 より、ベクトル制御では、直流コンデンサ電圧は 76.4V 上昇する。

図 3 に、提案法を用いて電流遮断を行った時の動作波形を示す。図 2 と同じ条件でモータを再生し、リレー開放後は提案法を用いて電流遮断を行った。図 3 より、提案法を用いた場合は直流コンデンサ電圧の上昇は起きない。ベクトル制御では同期リアクタンスのエネルギーおよび再生エネルギーがコンデンサに充電されるのに対し、提案法では、これらのエネルギーが駆動電力と固定子抵抗で消費され、直流側に戻らないためである。

以上の結果から、提案法は電圧上昇を抑制することを確認した。今後は試作機を用いた実験を行う。

参考文献

(1) 杉本 英彦, 小山 正人, 玉井 伸三:「AC サーボシステムの理論と設計の実際」 総合電子出版社