

鉄道マニアがVVVFインバータ方式
制御システム搭載車両の製作に挑戦!

電鉄用モータ制御の旅

第9回

出力電圧と出力周波数の調整方法

千倉 ぱるす

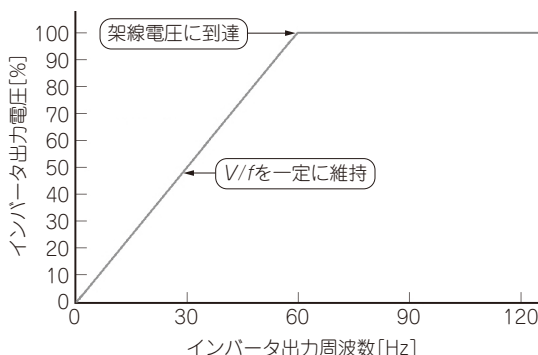


図1 出力周波数と出力電圧の関係

前回(2022年12月号)は、3相誘導モータを駆動するVVVFインバータ装置のハードウェアを紹介しました。今回は制御基板のマイコンに書き込むプログラムを紹介します。このプログラムによって電圧と周波数が共に変化する3相交流を生成します。

● 出力電圧と出力周波数の関係

製作したVVVFインバータの出力電圧と出力周波数の関係を図1に示します。電車のモータを駆動する場合、低速から高速までの広い速度域において可変速制御が重要です。

3相誘導モータの出力トルクを維持しながらスムーズに加速するには、低速域では低圧・低周波の3相交流をインバータから供給します。そして速度上昇とともに周波数と電圧を同時に上げていきます。これは、モータに入力する3相交流の周波数が高くなると、インダクタンスの影響で電流が流れにくくなるためです。

中速域まで加速すると直流電源電圧の制約によって、モータに加わる電圧が上限に到達するので、電流を維持できなくなり徐々に加速が鈍くなります。

● マスコンによる加減速指令の処理

加減速操作を行う際には、マスコンの位置に応じてインバータ出力周波数の変化率を切り替える方式にしています。マスコンの位置と周波数変化率の関係は表1の通りです。マスコン位置に応じて出力周波数設

定を更新したら、VVVFインバータの出力電圧を出力周波数 f_o に比例させるために、出力電圧指令の倍率 A を次のように計算します注1。

$$\begin{cases} A = \frac{f_o}{60} & (f_o < 60) \\ A = 1 & (60 \leq f_o) \end{cases} \dots\dots(1)$$

本システムでは出力周波数が60Hzのとき最大電圧に到達するように設定しており、それ以降は出力電圧を100%に固定して周波数だけを変化させます。マスコンはロータリ・スイッチと抵抗器を組み合わせた回路を内蔵しており、マイコンに送る電圧信号をノッチ位置に応じて切り替える仕組みです。ノッチを切り替える際には瞬間的にロータリ・スイッチの共通端子が開放状態となるので、VVVF制御基板がノッチ位置を誤認識しないように、RC回路を用いて信号を安定させています(図2)。

● マイコン機能を活用したゲート信号の生成

マイコンのPWMモジュールが生成する三角波と3相分の出力電圧指令とを比較して、指令値が三角波を超えたときにハイ・サイド素子のスイッチをONにします(図3)。

各相のハイ・サイド素子とロー・サイド素子を相補スイッチングする必要があるため、極性が反転した信号を容易に得られる相補PWM出力機能を活用しています。さらに、デッド・タイム挿入機能を用いてハイ・サイド素子とロー・サイド素子が同時にOFFになる期間を設けることで、アーム短絡を防止しています(図4)。

● インバータ出力周波数の調整方法

本システムでは1°刻みの正弦波データをプログラム内で配列に格納しておき、一定間隔で配列のインデックスを更新および参照することで、正弦波状の出力電圧指令を得ています。位相を±120°分ずらしたインデックスを併せて計算すれば、3相分の指令値を容易に生成できます。インバータの出力周波数は、イ

注1: 3相ブリッジの入力電圧を基準に計算。