

モータ実用の研究



高速スイッチングは両刃の剣！ノイズの制御で差をつける

次世代パワー半導体向け モータ制御システム入門

第3回 次世代パワー・デバイスによる 「低損失」の効果

高橋 久 Hisashi Takahashi

インバータ回路の基本構成&動作

● インバータを構成するアーム回路

インバータなど、モータを駆動する回路には、モータに交流電圧を供給するために、図1に示すバイポーラ・トランジスタ、IGBT(Insulated Gate Bipolar Transistor)、MOSFETなどのスイッチング・デバイスと環流用ダイオードを上下2段に配置したアームと呼ばれる回路が使用されます。ブラシ付きDCモータでは、2個のアーム回路が使用され、3相モータを駆動するインバータでは3個のアーム回路が使用されます(後述の図5参照)。

モータの制御は、アーム回路の上段と下段を交互にON/OFFするPWM制御によって、モータに供給する電力を制御して行います。

図2は、バイポーラ・トランジスタのスイッチング特性を示しています。コレクタ電流 I_C は、理論式では、ベース電流 I_B と直流電流増幅率 h_{FE} によって求められます。

$$I_C = h_{FE} I_B \dots \dots \dots (1)$$

● 実際の電流はどのように流れるか

実際のバイポーラ・トランジスタでは、図2に示すように、ベース電流とコレクタ電流の関係は、式(1)に示す理論が成立しないことに注意してください。ベース電流 I_B が流れたとき、コレクタ電流 I_C は瞬時には流れず、徐々に増加していきます。また、ベース電流 I_B がゼロになっても、コレクタ電流 I_C はしばらく

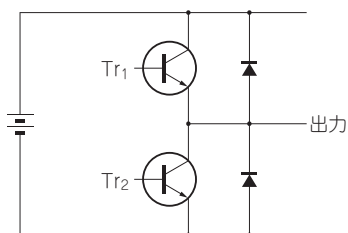


図1 アーム回路

流れ続け、そのあと徐々に減少してゼロになります。これらの現象は、バイポーラ・トランジスタとMOSFETを組み合わせて作られたIGBTも同じです。このような理論式に当てはまらない現象を理解して、インバータ回路を設計することが、高効率、低振動、低ノイズのモータ制御システムを設計するうえで大変重要になります。またこれらの現象は、モータ駆動効率を低下させ、モータ供給電流にひずみを与える原因にもなります。

● トランジスタのスイッチング特性

トランジスタの動特性は、図2に示すように、コレクタ電流 I_C が0%から100%の定常状態の電流に達するまでのうち、10%から90%にかかる時間を立ち上がり時間 t_r と定義します。一方、ベース電流が0になって、コレクタ電流 I_C が90%に減少するまでの時間を蓄積時間 t_s 、90%から10%になるまでの時間を立ち下がり時間 t_f と定義しています。

スイッチングのPWM周波数は どう決めるか

モータを制御するためのインバータは、モータに供給する電圧、電流、電力をPWM制御します。PWM周波数は、使用するパワー・デバイスのスイッチング損失に関係します。

PWM周波数が数kHzのように低い場合は、モータ巻き線に流れる電流に、PWM周波数と同じ周波数の電流リップルが重畳されます。モータが発生するトルク

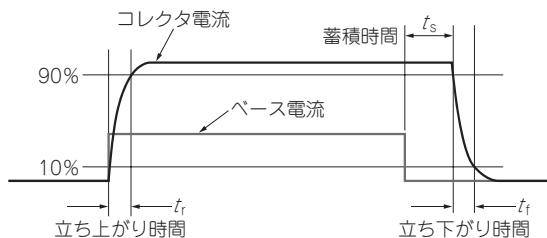


図2 トランジスタのスイッチング特性