



モータのしくみから位置/速度制御の実践テクニックまで 実践講座 小型モータの選定と制御技術

第12回 ステッピング・モータの駆動回路のしくみ

～仕様決めチェック・ポイントと回路の詳細～

萩野 弘司

Hiroshi Hagino

第10回(2007年4月号)と第11回(2007年5月号)で、ステッピング・モータの構造と動作原理ならびに励磁方式について詳しく説明しました。

今回は、ステッピング・モータのドライバ(駆動回路)について、具体的な製品を題材に、回路構成とその動作を解説します。

ドライバの仕様のチェック・ポイント

ドライバの詳細に進む前に、ドライバの仕様を決めるための主なチェック・ポイントを整理します。

ここでは、最もポピュラーな2相ステッピング・モータ用のドライバについて解説します。

● 駆動方式の選択

2相モータの場合、駆動方式としてユニポーラ駆動とバイポーラ駆動が可能なので、まずどちらを採用するのかを決める必要があります。モータも、それぞれの駆動方式に合わせて専用のものになります。

▶ユニポーラ駆動

2相モータのA相、 \bar{A} 相と、B相、 \bar{B} 相を4個のトランジスタでそれぞれ別々に駆動する方法です。巻き線の電流方向はそれぞれ一方のみとなるので、ユニポーラ駆動と呼びます。

モータは、A相、 \bar{A} 相と、B相、 \bar{B} 相の巻き線を施した6本のリード線を使用したユニポーラ駆動用のものとなります。従って、駆動回路は簡単になりますが、モータの巻き線構造は複雑になります。

▶バイポーラ駆動

2相モータのA相とB相を、フル・ブリッジ(H

リッジ)型の回路で駆動する方式です。巻き線の電流方向は双方向となるので、バイポーラ駆動と呼びます。

フル・ブリッジ回路には4個のトランジスタが必要なので、2組では合計で8個(=4×2)となり、ユニポーラ駆動に比べ2倍のトランジスタが必要となります。

モータは、A相とB相の巻き線を施した4本のリード線を使用したバイポーラ駆動用のものになります。従って、駆動回路は複雑になりますが、モータの巻き線構造は簡単になります。

● 定電圧駆動か定電流駆動か

▶定電圧駆動

一定の電源電圧を、スイッチング素子を介して単にモータに印加する方式を定電圧駆動と呼びます。

モータが回転すると巻き線には誘導起電力(逆起電圧とも呼ばれる)が発生するので、巻き線に加わる有効な電圧が減少し、高速回転になるほどモータの電流は流れにくくなり、モータの発生トルクが小さくなって回転しにくくなります。

定電圧駆動は回路は簡単ですが、このような理由から高速回転の必要のない用途に使われます。

▶定電流駆動

モータのトルクは電流に比例します。誘導起電力が発生しても必要な電流が流れ込むようにするには、電流制御回路を設けて巻き線に流れる電流が一定になるように制御します。この方式を定電流駆動と呼びます。回路は若干複雑になりますが、高速回転時の特性が向上します。

マイクロステップ駆動のときは、電流値を決められたパターンで逐次変化させる必要があります。電流制御が

Keywords

ステッピング・モータ、ドライバ、ユニポーラ駆動、バイポーラ駆動、定電圧駆動、定電流駆動、出力電流設定、駆動電流設定、モータ電流設定、2パルス入力方式、CW/CCWパルス入力方式、CLKパルス/回転方向信号方式、1パルス入力方式、電流セーブ機能、自動カレント・ダウン機能、カレント・オフ信号、出力電流オフ信号、ホールドオフ信号、モータ・フリー入力信号、PWM、鋸歯状波発生回路

必須となります。

● 励磁方式の選択

HB型2相モータの基本ステップ角は、標準的なモータでは 1.8° (1回転200ステップ)です。高分解能型のモータでは 0.9° (1回転400ステップ)のものもあります。これらのモータをフル・ステップ(基本ステップ)で使用するときは、一般に2相励磁方式で駆動します。

1-2相励磁とマイクロステップ駆動を採用すると、さらにステップ角を $1/2$, $1/4$, …と分割することができます。マイクロステップ駆動の分割数は、一般にドライバの機能設定スイッチ(ディップ・スイッチやロータリ・スイッチ)で設定できるようにします。

● 直流電源タイプか商用電源タイプか

ドライバの電源は、ドライバの外部に直流電源を用意するタイプと、商用電源(AC 100~115V,あるいはAC 200V)をそのまま使用するタイプがあります。商用電源のタイプは、ドライバに内蔵された電源回路で直流電圧に変換しています。商用電源型は便利な反面、ドライバの形状が大きくなり、当然高価になります。

直流電源を用意するタイプの電圧はDC 24Vが代表的な値ですが、動作電圧範囲は12~30Vあるいは40Vのものもあります。またDC 24Vでも、ドライバ内に昇圧回路を設けて高い電圧を発生するようにしているものもあります(例えば、日本サーボのFWDシリーズでは40V⁽¹⁾)。

● 出力電流設定機能

モータの最大トルクに応じてドライバの最大出力電流を決めますが、いつも大きな電流を流し続けると消費電力も増え、モータやドライバの発熱も大きくなります。

そこで、外部信号によって出力電流を変えられるようにして、必要に応じて最大出力電流を下げる機能を用意しています。これを、出力電流設定や駆動電流設定、あるいはモータ電流設定と呼びます。

● ドライバの入力信号

ステッピング・モータの回転指令であるパルスを発生する上位のコントローラ、あるいはパルス発生器には、CW(Clock Wise)方向のパルスとCCW(Counter Clock Wise)方向のパルスをそれぞれ別々のラインに出力するものと、回転指令パルス(クロック・パルス)と回転方向信号(H/L信号)に分けて出力する方式があり、ドライバの入力方式も以下の2種類になります。

▶ CW/CCWパルス入力方式

CWパルスとCCWパルスを入力するラインを別々に設ける方式で、2パルス入力方式とも呼ばれています。

▶ 回転指令パルス/回転方向信号方式

回転指令パルス(CLKパルス)と回転方向信号(H/L信号)を入力するラインを設ける方式で、1パルス入力方式とも呼ばれています。

一般に、いずれの方式にも、ドライバ側で切り替えることができるようになっています。

● 停止時電流自動低減機能

ステッピング・モータはドライブ状態で停止しているときにも、保持電流を流してモータ軸に保持トルクを発生しています。

大電流を流し続けるとモータの発熱が大きくなるので、必要に応じて自動的に、保持電流の値を運転時電流の約50~75%程度に低減する停止時電流自動低減機能があります。この機能は、電流セーブ機能(日本サーボ)や自動カレントダウン機能(オリエンタルモータ)などとも呼ばれています。

● モータ電流遮断機能

ステッピング・モータはドライブ状態で停止しているときにも、保持電流が流れているのでモータ軸には保持トルクが発生しています。

そこで、モータ軸を外部から動かしたい(例えば手動位置決め)ときに、外部信号によってモータ電流を遮断して無励磁状態にする機能をモータ電流遮断機能と呼びます。

そのための信号をカレント・オフ(C.OFF)信号、あるいは出力電流オフ(A.W.OFF)信号(オリエンタルモータ)、ホールド・オフ(H.OFF)信号(日本サーボ)、あるいはモータ・フリー入力(HO)信号(マイクロステップ社)などと呼んでいます。

ドライバの回路構成と動作

今回は、2相ステッピング・モータ用のドライバのなかから、回路構成が比較的オーソドックスなものを、フル・ステップとマイクロステップ駆動ができるものをFSDシリーズ(日本サーボ)から選択しました。

一つはユニポーラ駆動方式のFSD2U2P14-01、もう一つはバイポーラ駆動方式のFSD2B2P13-01です⁽²⁾。このドライバは、同社のウェブ・ページでネット販売を行っています。

写真12-1にドライバの外観形状を、表12-1に概略仕様を示します。この仕様をどのようにして実現しているか、選定したドライバの回路を図12-1のよう