

研究ノート

# ステッピング・モータ用2電圧駆動回路の試作

青森職業訓練短期大学校 工藤 光昭

## A Trial of Bilevel Drive Circuit for Stepping Motor

Mitsuaki Kudō

**要 約** ステッピング・モータは、パルス数で回転角を制御でき、オープンループの制御が可能なことから、メカトロニクス教材のアクチュエータとして活用し易い。

代表的なステッピング・モータ駆動回路には、定電圧駆動回路、定電流駆動回路、2電圧駆動回路がある。

それらの中で定電圧駆動回路および定電流駆動回路は、市販に駆動回路基板および専用ICがあり教材として活用されている。

2電圧駆動回路は、実際に多数のメカトロニクス機器に組み込まれているにもかかわらず、教材として使用されている例は少ない。

ステッピング・モータの動特性は、モータ単体ではなく、駆動回路と一体で得られる。

そこで、2電圧駆動回路を試作し、これらの代表的な駆動回路によるステッピング・モータ動特性の特質を実験で確認できるようにした。

ここでは、2電圧駆動回路構成および動特性、代表的な駆動回路での動特性の比較を報告する。

### I はじめに

FA・OA対応のメカトロニクス機器には、メカニクスとエレクトロニクスのインターフェースとしてステッピング・モータ（以下、モータという）が多用されている。

このモータは、パルス数で回転角を制御できることから位置決め用途に使い易く、機器に組み込みした後でも初期性能が満たされれば経年変化が少なく保守が容易で信頼性が高い。また、オープンループ制御が可能なことから、メカトロニクス教材のアクチュエータとして活用し易い。

モータの駆動制御は、励磁シーケンスに従って励磁巻線に電流を流して行く。

代表的なモータ駆動回路には、定電圧駆動回路、定電流駆動回路、2電圧駆動回路がある。

それらの中で定電圧駆動回路および定電流駆動回路は、駆動回路基板および専用ICが市販されており、教材として活用し易い状況にある。

一般に教材として多用されている駆動回路は、基本原理に基づいた励磁シーケンスを電力増幅する定電圧駆動回路で構成されている。しかし、定電圧駆動回路で実用的なメカトロニクス機器を駆動することは少ない。

つまり、定電圧駆動回路でのモータ制御ではメカニクスを駆動するのに必要なトルクが高速回転領域で得にくいことによる。

2電圧駆動回路は、実際に多数のメカトロニクス機器に組み込まれ、駆動原理が明かであるにもかかわらず、

教材として使用されている例は少ない。

モータの動特性は、モータ単体ではなく駆動回路と一体で表される。

そこで、メカトロニクス実験実習教材として2電圧駆動回路を試作し、代表的な駆動回路によるモータ動特性<sup>注1)</sup>の特質を実験で確認できるようにした。

ここでは、2電圧駆動回路構成および動特性、代表的な駆動回路での動特性の比較を報告する。

## II 回路構成

2電圧駆動回路の動作原理は、巻線に励磁電流を流すとき、電流の立ち上がりを速くするために、最初の一定期間だけ高電圧を印加し、その後定格電圧に切り替えて定電圧駆動動作を行うものである。

すなわち、2電圧駆動回路構成は、通常の定電圧駆動回路に、一定期間高電圧を印加制御する回路を付加したものである。

高電圧を印加する期間は、高電圧を印加したあと、励磁電流がモータの定格電流に達するまでの時間を基準に考える。

いま、使用するモータの定格電流  $I$  (定格電圧  $E_1$  / 巻線抵抗  $R_m$ )、巻線インダクタンス  $L_m$ 、高電圧  $E_2$  とし、逆起電力による誘導がないとすれば励磁電流  $i$  は、次式で表される。

$$i = \frac{E_2}{R_m} (1 - e^{-\frac{R_m}{L_m} t}) \quad (1)$$

高電圧印加期間の設定は、実際には逆起電力の誘導があり、巻線の電氣的時定数  $\tau$  ( $L_m / R_m$ ) 程度にしなければならない。

試作した2電圧駆動回路において高電圧印加期間を制御する信号は、ワンショット・マルチバイブレータを用いて作られている。

ここで得られたパルスは、すべての励磁シーケンスに対応させるために、フォト・カップラを介してA相と $\bar{A}$ 相およびB相と $\bar{B}$ 相でそれぞれの論理ORを取り、高電圧制御回路に伝達される。

制御された高電圧は、モータ巻線A相およびB相の共

通端子 (COM) に供給される。なお、共通端子には、電流の逆流を防止するためのダイオードを介して定格駆動電圧も供給される。

図1に試作した2電圧駆動回路のブロック・ダイアグラム、図2にその試作回路図、図3に2電圧駆動回路の実験教材基板、図4に2電圧駆動回路と定電圧駆動回路の電圧・電流波形を示す。

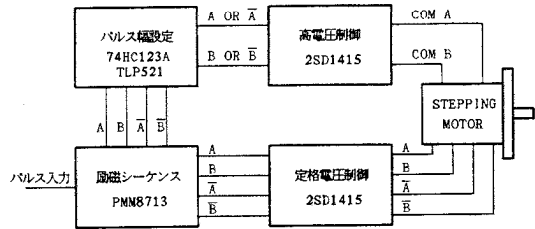


図1 試作2電圧駆動回路ブロック・ダイアグラム

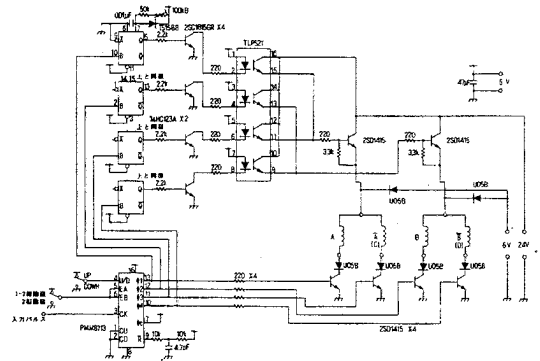


図2 2電圧駆動回路図

図3の実験教材は、図2の回路に高電圧印加期間の切り替えスイッチを付加している。

図4における電流波形は、定電圧駆動の励磁電流は励磁終了時においても定格電流 (0.85 A) に達していないが、2電圧駆動では高電圧の印加によって励磁電流が十分立ち上がったところで定格電圧に切り替わり、その電

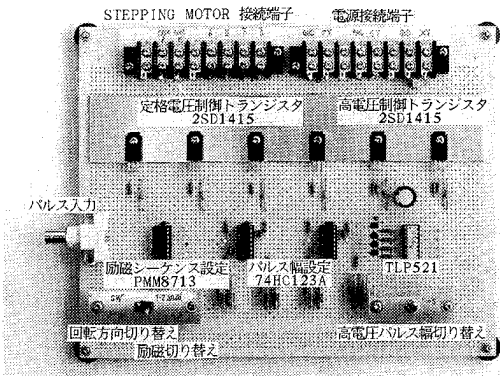
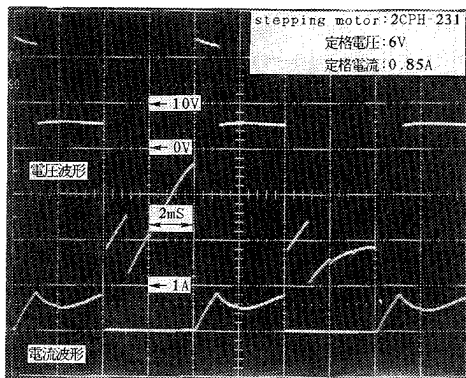
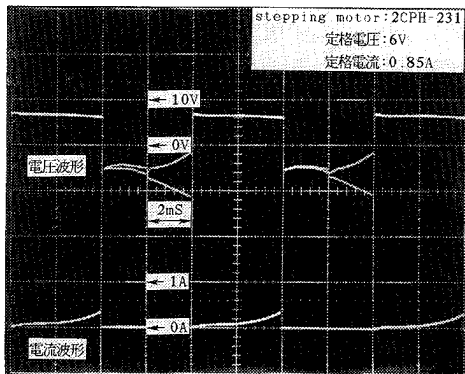


図3 2電圧駆動回路実験教材基板



(a) 2電圧駆動回路



(b) 定電圧駆動回路

図4 巻線電圧・電流波形 (500pps時)

流が維持されていることを示している。

定電圧駆動回路における励磁電流の立ち上がり特性の改善は、モータ巻線に直列抵抗を接続し巻線の電氣的時定数 $\tau$ を小さくすることで行える。しかし、この方式は、直列抵抗による電圧降下のために電力損失が大きくなる欠点がある。

2電圧駆動回路は、この点を改良するために、定格電圧とは別に高電圧を用いて励磁電流の急峻な立ち上げを実現している。

### III 2電圧駆動回路の動特性

モータの動トルク特性は、任意のパルスレートのにおいて被測定モータの出力軸を荷重装置およびトルク検出機構と接続し、同期引き込みトルク特性（随時起動できる实用領域を示す）と脱出トルク特性（加速させて使用できる領域）を測定して得る。

トルク測定は、SCAN法（モータを駆動させながら負荷を増減させる）とSTOP法（モータを駆動・停止と繰り返しながら負荷を増減させる）があるが、SCAN法で行った。被測定モータの仕様を以下に示す。

品名 2CPH-231(ORIENTAL MOTOR製)

巻線相数	4相
ステップ角	1.8度
定格電圧	6V
定格電流	0.85A/相
巻線抵抗	7.1 $\Omega$ /相
巻線インダクタンス	7mH/相
最大励磁トルク	3.8kgcm

モータの定格電圧による定電圧駆動における最大パルスレートは、ほぼ巻線の電氣的時定数 $\tau$ の逆数と考えられる<sup>(注2)</sup>。この場合、被測定モータ(2CPH-231)の最大パルスレートは、1000PPS程度を有している。しかし、現実には、励磁電流がモータ自身を起動させるまで立ち上がらないうちに励磁相の切り替えが行われ、最大パルスレートまで達しない。

実験は、高電圧を24Vに設定し、高電圧印加期間（パルス幅）を変えて行った。また、トルクの測定は、最大起動トルク（10PPS時）とそれぞれのパルスレートで行った。

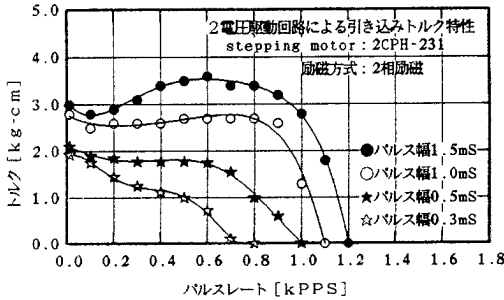


図5 2電圧駆動回路による同期引き込みトルク特性

図5は、2相励磁における2電圧駆動の同期引き込みトルク特性を示す(ダンパ等の付加無し)。図5から動特性は、パルス幅(高電圧印加期間)を抜けていくと、トルクが大きくなり高パルスレートでもトルクの落込みが少なくなる。

このように2電圧駆動回路のパルス幅は、メカニクスを駆動するのに必要なトルクおよびパルスレートの得られるところに設定することができる。

#### IV 各種駆動回路での特性比較

試作した2電圧駆動回路を中心に定電圧駆動回路、定電流駆動回路による特性を比較した。

定電圧駆動回路および定電流駆動回路は、市販されているドライバ(SPD4208A:定電圧ドライバSPD4225:定電流ドライバいずれもORIENTAL MOTOR製)を用いた。

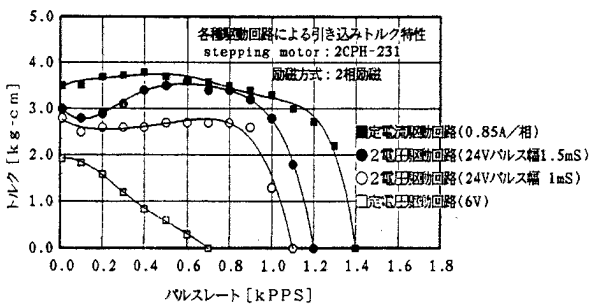


図6 各種駆動回路による同期引き込みトルク特性

図6は、2相励磁における各種駆動回路の同期引き込みトルク特性を示す(ダンパ等の付加無し)。

実際にモータを機器に組み込む場合、モータの発熱が問題になる。モータの発熱は、機器の筐体温度および内部温度を上昇させ、組み込まれた電子回路の信頼性および機器の寸法精度等に影響を与える。

図7は、架台に取り付けたモータの連続運転時における温度上昇について実験した結果を示す。

定電圧駆動時は、励磁電流が定格値に達していないこともあって、大幅な温度上昇はみられない。

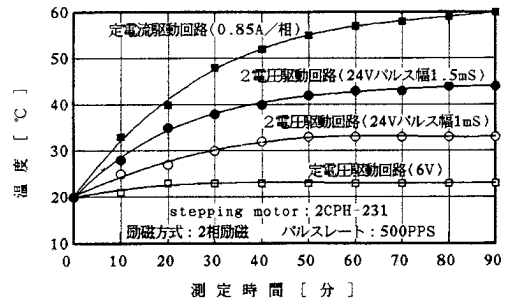


図7 各種駆動回路による連続運転時のモータ温度

定電流駆動時は、回路の機能として常に定格電流を維持していることから、発熱が大きい。

2電圧駆動時においても、高電圧印加期間を長くすると定格値以上の電流が流れ、その結果発熱が大きくなる。したがって、高電圧印加期間は、必要以上上げないことも設計上重要である。

#### V おわりに

2電圧駆動回路を試作して実験した結果、以下のようによまとめることができる。

- (1) 2電圧駆動回路は、一定期間高電圧を印加制御する回路を定電圧駆動回路に付加したものであり、汎用部品で製作できる。
- (2) 励磁相切り替え時に励磁電流を短時間で増加させることができるため、動特性の大幅な向上が期待できる。
- (3) 高電圧印加期間を増減することで、動特性の調整ができる。

(4) 本方式は励磁相切り替え時の励磁電流の立ち上がりを改善するものであり、モータ停止時（ホールディング時）のパワーロスは定電圧駆動方式と等しい。

また、実際にメカトロニクス実験用教材機器に組み込むモータ選定は、モータ駆動回路だけでなく、機械負荷等も含めて総合的に検討し、選定されなければならない。

謝辞 2電圧駆動回路の設計および動トルク特性測定に協力していただいた卒業生 世永薫君に感謝いたします。

(注)

注1)動特性は、一般に、「速度-トルク特性」、「速度-イナーシャ特性」、「共振特性」をいう。ここでは、「速度-トルク特性」だけを指している。

注2)最大パルスレート  $N_m/\text{sec}$  で応答させるための電氣的時定数  $\tau$  は、 $1/N_m \gg \tau$  を満足しなければならない。

真壁國昭「ステッピング・モータの制御回路設計」  
CQ出版社 1987 pp.69~70参照

田倉敏靖「実用ステッピング・モータ活用ガイド」  
総合電子出版社 1987 p.198参照

注3)ダンパとは、モータの共振現象を抑制するために、駆動回路およびモータに付加する器具をいう。ダンパの例を以下に示す。

- ダイオード・ダンパ
- コンデンサ・ダンパ
- マグネット・ダンパ
- オイル・ダンパ

#### [参考文献]

- (1)真壁國昭「ステッピング・モータの制御回路設計」  
CQ出版社 1987
- (2)田倉敏靖「実用ステッピング・モータ活用ガイド」  
総合電子出版社 1987
- (3)谷腰欣司「やさしく学ぶステッピング・モータの使い方」  
総合電子出版社 1986

(4)海老原大樹・岩佐孝夫「ステッピング・モータ活用技術」 工業調査会 1985

(5)伊藤弘「オプト・デバイス応用ノウハウ」  
CQ出版社 1984

(6)新村佳久・見城尚志「ステッピング・モータの基礎と応用」 総合電子出版社 1979

(7)「SPD4208A取扱説明書」 オリエンタルモータ(株)

(8)「SPD4225取扱説明書」 オリエンタルモータ(株)

(9)工藤光昭「ステッピング・モータ動トルク自動測定システムの試作」 実践教育 電気・電子・情報系  
ジャーナル Vol.2 No.2 1990 pp.6~9