

# D → 最近のドイツ技術

## ブラシなし小形直流モータ

### Miniature Brushless DC Motor

#### I. ま え が き

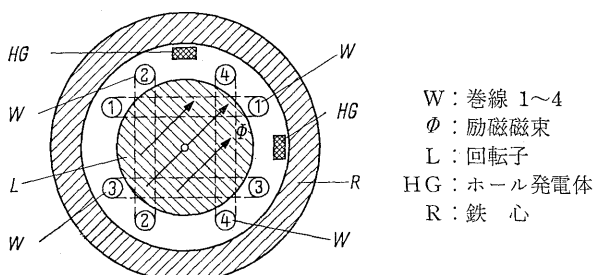
最近、電池式テーププレーヤ用としてブラシなし小形直流モータの需要が増加しつつある。シーメンス社ではホール発電器を使用したブラシなし小形直流モータを開発したので、その概要を紹介する。

ブラシなし小形直流モータは、従来のブラシ付のものに比べてブラシに付随する問題点、すなわち整流子片腐食による始動不良、ブラシの摩擦や消耗、ブラシ粉、雑音、火花発生および火花による高周波妨害などが存在しない。

ブラシなし直流モータでは固定巻線に流れる電流をトランジスタにより転流させるが、このトランジスタは回転子の角位置に応じて制御しなければならない。従来より公知の方法では、いずれもトランジスタを制御するために回転子の角位置検出機構を付加する必要がある。このためモータの外形寸法が大きくなる。この機構としては、たとえば回転子軸上に穴明円板を設け回転子位置に応じてフォトダイオードへの光線を断続する方法、あるいはフェライト製回転片により高周波磁界を固定子周辺に配置された固定制御コイルに鎖交させる方法がある。これに対して、ホール発電器を用いる方法では回転子磁石よりトランジスタ制御信号を直接とり出すことができるので、特に回転子の角位置検出機構を追加する必要がなく、モータは小形化できる。

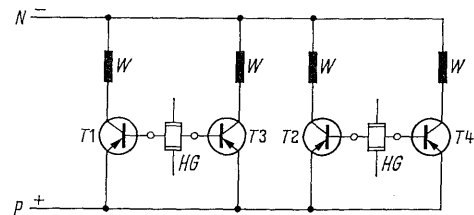
#### II. モータの動作

このモータの基本構成を第1図に示す。回転子は円筒



第1図 モータの基本構成

Fig. 1. Basic construction of the motor



第2図 モータの基本回路

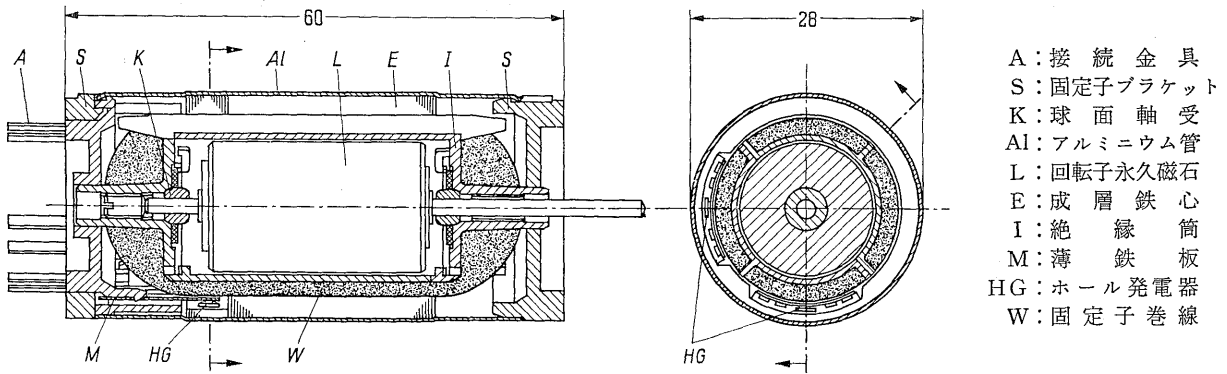
Fig. 2. Basic circuit arrangement of the motor

形永久磁石で、直径方向に着磁され磁束 $\Phi$ を生じている。固定子巻線Wは4分割されてリング状成層鉄心の内側に収められており、これらは第2図に示すようにそれぞれトランジスタを通して電源に接続されている。

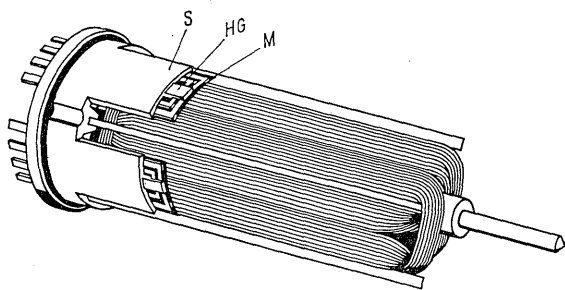
また、2個のホール発電器HGは巻線と鉄心の間に90°の間隔で取付けられている。各ホール発電器は回転子永久磁石の角位置に応じて正または負の出力電圧を発生しそれぞれ2個のトランジスタを制御するので、固定子には一定振幅の均一な回転磁界を生ずる。しかもこの回転磁界は回転子のいかなる角位置においても励磁磁束 $\Phi$ に直角なベクトルとなるようにしているため、回転子の励磁磁束は固定子磁界の方向に回転しようとする。したがって回転子の角位置には無関係に駆動トルクが回転子に発生する。

#### III. モータの構造

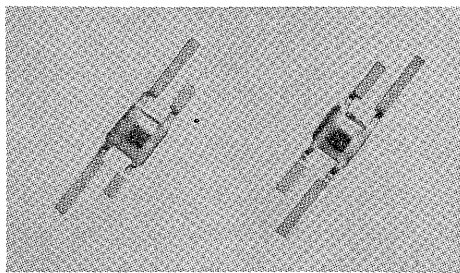
ブラシなし直流モータの断面を第3図に示す。回転子磁石の外側には固定子巻線1~4を巻いた絶縁筒がある。この絶縁筒は組立ての都合上2分割されており、その両端は油浸フェルトリング付の球面軸受で支持されている。なお、絶縁筒には長手方向に4個のリブがついており、これにより4個の固定子巻線を90°おきに保っている。絶縁筒の両端は細くなっており、その部分は固定子ブラケットにはめ込まれている。反運転側の固定子ブラケットには接続金具と2個のリング状セグメントがついている。リング状セグメントはホール発電器の支持と接続のためのもので固定子巻線の上まで延びている。なおホール発電器は回転子磁束を集中させるため薄鉄板



第 3 図 ブラシなし直流モータ DMc 3 の断面  
Fig. 4. Sectional view of brushless DC motor DMc 3



第 4 図 ブラシなし直流モータの組立過程  
Fig. 4. Brushless DC motor



第 5 図 モータ制御用ホール発電器  
Fig. 5. Hall generators for controlling the motor

の上に取付けられている。

このモータの組立過程は第 4 図のとおりで、これがアルミニウム管を被せた成層鉄心の中に収められるが、ホール発電器の入る部分は鉄心を凹ませてある。両側の固定子ブラケットはアルミニウム管の端部に圧入される。

第 5 図はモータ制御用ホール発電器の写真である。これは回転子磁界により無接触で動作し、しかも大きさは僅か数 mm にすぎないのでモータを単純かつ小形に構成することができる。

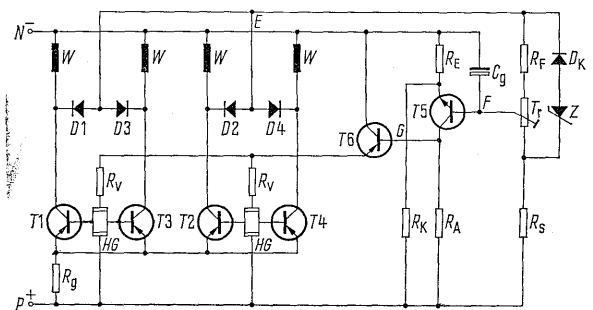
このモータの三つの特長、すなわち高信頼性、高効率、円滑な運転は次により得られた。

- 1) 軸受の完全な保護とホール発電器を鉄心内側に強固に取付けることによりモータの耐振、耐衝撃性が著しく向上している。
- 2) 磁気回路および固定子巻線の最適設計により、所定の外形寸法のもとで最高効率となっている。

- 3) 軸受間隔がせまいため特に円滑な運転特性が得られている。さらに、完全に除去することができない軸受音も外周の絶縁筒により減衰されている。
- 4) 自己潤滑の焼結合金球面軸受の寿命は一般に焼結合金中の細孔に含まれる油量により決まる。含油量増大のため軸受は油浸フェルトリングで包んでおり、また軸受は絶縁筒の中に設けられているので、じん埃などにより汚染され短期間に損耗するようなことはない。このモータは大量生産を行なうものであるから、各 부품の設計に際しては新しい量産方法の導入を図っている。特に、ホール発電器の取付精度はゆるくてもよいよう設計上考慮が払われているので、モータ組立ての際にホール発電器の取付角度調整の必要はなく製造技術上非常に好都合である。

#### IV. 速度制御用電子回路

第 6 図はモータと電子速度制御回路の接続図を示す。トランジスタ  $T_6$  から 2 個のホール発電器に対して、それぞれ直列抵抗  $R_V$  を通して並列に制御電流を供給する。4 個の並列モータ巻線の電流は共通のフィードバック抵抗  $R_F$  を流れる。このためモータが広い温度範囲でも運転できるように、ホール発電器の制御電流および出力電圧は充分大きな値となっている。トランジスタ  $T_6$  の制御によりホール発電器の制御電流が変化し、したが



第 6 図 モータと電子速度制御回路の接続図  
Fig. 6. Circuit arrangement of the motor including electronic component for speed control

ってトランジスタ  $T_1 \sim T_4$  を介してモータ回転力が変化する。たとえば一定負荷のときには制御電流の増加に伴い回転数も増加する。したがってトランジスタ  $T_6$  のベースは速度制御のかなめであるといえる。

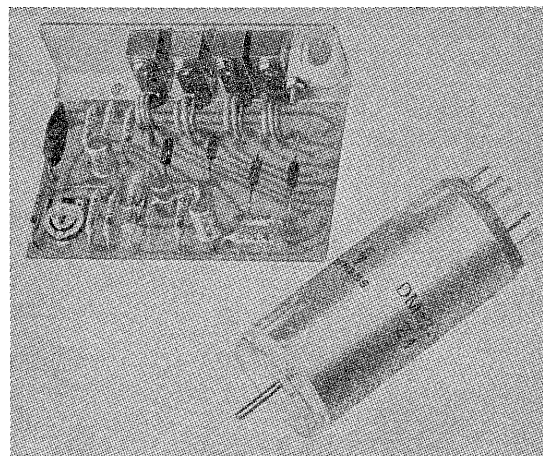
テーププレーヤ用モータでは定速度運転が絶対に必要である。現在の接点付遠心力ガバナは、回転数に比例してモータ巻線に誘起される起電力を利用した静止形調速装置におきかえられつつある。第6図に示す回路中の4個のダイオード  $D_1 \sim D_4$  は起電力の阻止と整流を行なうもので、ダイオードはこれに対応するトランジスタが阻止状態のときに導通するような極性に接続されている。したがって巻線に動作電流が流れておらず、回転数に比例する逆起電力が巻線に誘起しているときにだけダイオードが導通し回転数を検出できる。ダイオードから得られる四つの電圧の合成は各巻線に誘起した正弦波逆起電力の四相半波整流である。この直流電圧のリップルの振幅は小さくかつその周波数はモータ回転数の4倍である(モータ回転数が3,000 rpm のとき200%)。したがってこの電圧の平滑には小さい時定数のフィルタで良いので、制御動特性の点から非常に有利である。

基準電圧は温度補償用ダイオード  $D_k$  と直列に接続されたゼナーダイオード  $Z$  により発生され、モータの逆起電力と反対向きに接続されている。第6図のFとNの間の電位差は制御増幅器( $T_5$ と $T_6$ により構成されている)の入力電圧に相当するもので、定格負荷時に所定の回転数が得られるよう分圧器(固定抵抗  $R_F$  と可変抵抗  $T_r$  で構成されている)により調整される。入力電圧はトランジスタ  $T_5$ 、コレクタ抵抗  $R_A$ 、エミッタ抵抗  $R_E$  よりなる増幅段で電圧増幅され回転数制御を行なう。平滑コンデンサ  $C_g$  は基準電圧と逆起電力の差電圧のリップルを減少させるためのものである。

抵抗  $R_K$  は電源電圧の変動が回転数に悪影響を与えないよう補償するためのものである。今、電源電圧が上昇したとするとトランジスタ  $T_5$  のベース、エミッタ間の電圧を増加させようとし、回転数は上昇しようとするが、電源電圧上昇に応じて補償抵抗  $R_K$  経由エミッタ抵抗  $R_E$  を流れる電流が増加するのでトランジスタ  $T_5$  のエミッタ電位はベースの電位上昇と同じだけ上昇しベース、エミッタ間電位差は変化せずしたがって回転数は変動しない。

### V. ブラシなしモータ DMc 3 の特性

第7図は電子回路付モータの外観を示し、その仕様は次のとおりである。



第7図 モータと電子回路

Fig. 7. Motor with electronic circuit

電源電圧 $U_B$	6.3~10V
回転数 $n_0$	3,000 rpm
定格トルク $M_0$	12 gcm
定格運転時入力電流 $I_0$	$\leq 170\text{mA}$
電源電圧が 6.3~10V 変化時の回転数偏差	$\leq \pm 1.5\%$
負荷トルクが 6~16 gcm 変化時の回転数偏差	$\leq \pm 1.5\%$
周囲温度が $-20 \sim +55^\circ\text{C}$ 変化時の回転数偏差	$\leq \pm 1.5\%$
$U_B=6.3\text{V}$ , $M_0=12\text{gcm}$ のときの効率	$\leq 35\%$

電源電圧、回転数、定格トルクが上記と異なるものはモータの巻線仕様および電子回路の変更により製作できる。さらにまったく異なった電子回路も可能であり、特にここに記載した巻線の並列接続のほかに、直列接続に対応する電子回路方式も開発されている。この場合、DMc 3 形モータは50%以上の効率が得られる。

ホール発電器制御のブラシなし直流モータの原理は小形モータだけに限られるものでなく、適当なパワートランジスタを用いれば出力数百ワットの運転も可能である。整流子のないこの種のモータは広い回転数制御範囲の高速運転にも使用でき、約80%の効率を得ることも可能である。なお最後にホール発電器制御のブラシなし直流モータは可逆運転モータ、追従モータ、積算モータとして用いても好都合であることを付記する。

(Elektronikmotor DMc 3,  
ein neuer kollektorloser Gleichstrom-Kleinstmotor,  
Siemens-Zeitschrift Sep. 1966 Heft 9  
抄訳者：開発部 山川 靖)



\*本誌に記載されている会社名および製品名は、それぞれの会社が所有する  
商標または登録商標である場合があります。