

SMD出力の増幅について

関 山 正 憲

(1972年9月8日受理)

On the Amplification of SMD Output

Masatoshi SEKIYAMA

Abstract: — In such a case as the rotor angle is discriminated in a commutatorless motor, the amplification of the output voltage of a SMD is very important. This paper deals with such a amplifier.

Picking the d-c part out of the output voltage by a selective amplifier which uses a FET, and feeding it back to the first stage to control automatically, a bias compensated amplifier preventing from the temperature change, is composed. After several experiments, its advantage to that object above mentioned, was proved.

1. ま え が き

SMD に正弦波磁束を当てたときの交流出力を増幅することは、無刷子電動機等にて回転子の位置角を判定する場合等に極めて重要である。この際 SMD 単独では出力が小さいので増幅が必要である。しかるに、増幅すべき信号の周波数が低いこともあるので抵抗とコンデンサの並列をエミッターに直列に入れるバイアス安定化法では増幅度の点で物足りない。FET を利用した選択増幅器にて出力電圧より直流分を取り出し、温度に対するバイアスの自動制御的補償を行う回路を考案したのでその理論と実験例を報告する。

この種の回路は、入力側に温度のように時間的におそく変動するものが混入されているとき、これを取り出して入力段附近に負帰還して抑制し出力側に出ないようにすることに大きな意義がある。直流の遮断が可能となるので single ended power amplifier と同様、OTL 増幅器をつくり出せる。

2. SMD の原理と特性の概要

SMD (Sony Magnetic Diode の略) は(株)ソニーが開発した磁束に感応する抵抗素子の商品名であるが、先づその原理と特性を簡単に紹介する。

図1において、i (intrinsic の略) は SMD の基体を表わす。これは高純度の Ge 素材よりなり両端は P 形および N 形半導体に接する。電圧 V をかけると P-i 接合より正孔、N-i 接合より電子が注入され電流担体 (carrier) となる。それらの数は V に比例するし、SMD の抵抗は V に逆比例するので

$$\text{電流} \propto (V/\text{抵抗}) \propto V^2$$

となり図2のような放物線状の I-V特性 となる。

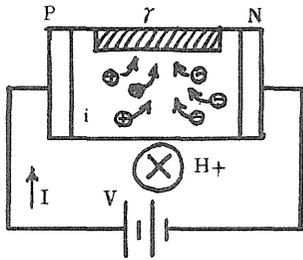


図1 SMD の原理図

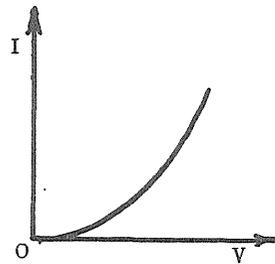
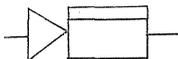
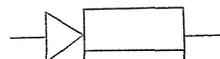


図2 電圧-電流特性

しかるに、SMD 基体 i の横腹には、表面再結合速度の大きな領域 r がついていて、磁界 H+ をかけると正孔と電子の軌道は r の方に曲げられ両者は再結合し消滅する。再結合が行われるほど電流担体の数が減少し抵抗を増大することになる。今度は磁界 H- がかけられると、正孔と電子の軌道は r とは反対の方向に曲げられ再結合の割合が少なくなるので、見かけ上抵抗がふえたようになる。

SMD の記号は図1に相当するものは  となり、r 領域が図1と反対側についたものは  となる。接続は図3の単独と図4の対型があるが、後者の方が図5のように対磁界特性が直線的となる。また図6のように温度に対する出力電圧の変化も少い。

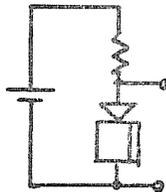


図3 単独接続

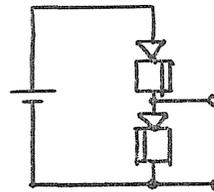


図4 対型接続

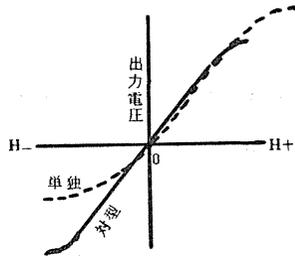


図5 対磁界特性

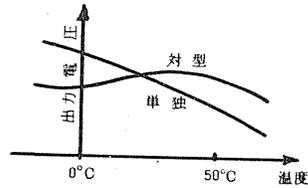


図6 温度特性

3. 考案した回路およびその特性

SMDのみではせいぜい $\pm 0.3V$ 位の変化しか得られないので一般には増幅を要する。もし、SMD自身の温度特性が問題にならぬのならICを用いた図7のような回路でもよい。しかし、実際は図6のように温度の影響を受けるので、やはり温度特性のつきまとう簡単な増幅器と一諸にして総合的にその補正を行う方法がよい。この見地から研究していき一応成功した回路があるので紹介するわけである。

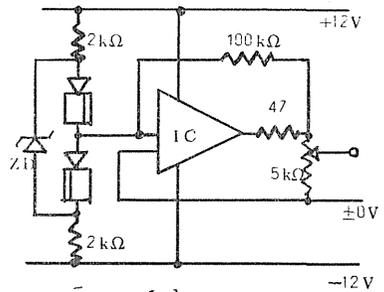


図7 ICによる増幅

図8がその全接続図で、+12V、±0V、-12Vの3端子をもった電源で駆動される。SMDよりの出力はTR1のベースに与えられ増幅された後、次のTR2のエミッター・フォロワー段に導かれる。出力端子と±0V端子間の電位差は $1M\Omega$ と $30\mu F$ の低域濾波器

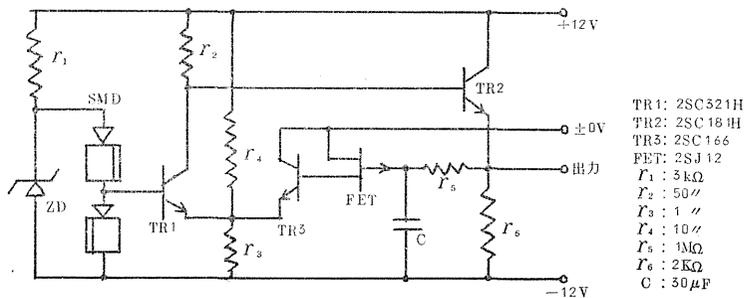


図8 考案回路

を通過し FET のゲートに入れられる。FET の入力インピーダンスは極めて高く $10^{-9}A$ の程度の電流しかながれぬので $1M\Omega$ における電圧降下は無視できる。FET の出力はTR3のエミッター・フォロワーで電流増幅される。その電流は TR1 と共通の抵抗 r_3 を通り負帰還回路を構成する。 r_4 は TR1 のバイアスを適当に調節するためにある。

考案回路の温度特性を図9に示す。この場合、基準電圧は $\pm 0V$ でなく $+12V$ と $-12V$ との間に抵抗 $2k\Omega$ とツェナー・ダイオードを橋絡して得た $-1.5V$ の電位であった。温度はサーモボックス（電子冷却利用の恒温槽の商品名）を利用して変えた。TR3 のエミッター電流は $0.45mA$ から $0.75mA$ まで温度上昇にしたがい直線状に増加し、したがって、 r_3 における電圧降下をまし TR1 や TR2 における温度上昇によるバイアス点の移動を補正してくれた。

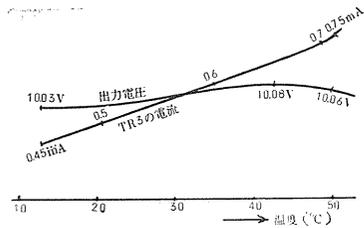


図9 温度特性

FET と TR3 の作用は図10のように興味ある結果を示した。すなわち、横軸に FET のゲートとソース間の電圧、たて軸に R における電圧降下をとると

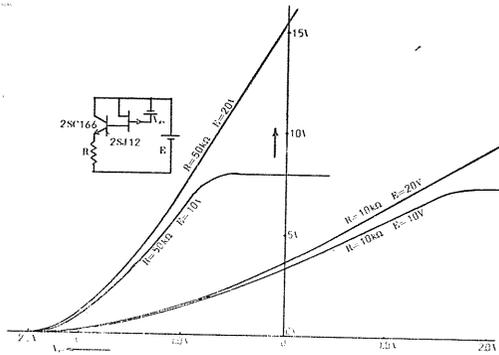


図10 制御部特性

- i) FET が与えられると pinch off voltage は定ってしまうので特性曲線はすべてこの点（実験した FET では $2.5V$ ）より上り出す。
- ii) R が小さいと V_{gs} はプラスから零を通り越しマイナスの方まで存在するのでバイアスをかけることなく零点の前後に制御動作が行える。
- iii) E が低いと特性曲線は速かに飽和に達し、その値は E より一定電圧 ($3V$ 位) だけ低くなる。

以上の結果より、考案回路で $R=1k\Omega$ に適用する場合 $E=12V$ で $2.5V$ から 0 をこえ $-7V$ 位の V_{gs} まで訂正動作を行える。温度変化にしても広範囲に可能である。

ここで初学者のため、自動制御における訂正動作を一応説明しておくこととする。もし、TR2 の出力が $0V$ よりプラス側になっていたとすると、図10において V_{gs} は 0 より左に来るので TR3 の出力電流は小さい。 r_3 における電圧降下も小さくなり TR1 は電流を増す。したがって、 r_2 における電圧降下がふえ TR2 の出力電圧をマイナス側に移動する方向に進ませる。TR2 の出力が $0V$ よりマイナス側なら以上のべたことの反対の向きで考えればよい。

4. 高性能トランジスタによる場合

一般的の回路理論は前項のようであるが、トランジスタの進歩により素子を節約できないかという点で、2SC282H, 2N4352 を与えられたものとして、実験を行った。2N4352 のゲートは G1 と G2 の 2 つがあり、G1 は S, D, G2 と絶縁されている。電流は前の 2SJ12 と異なり大きいので増幅を要せず補正電流とすることができる。その部分の回路とその特性を図 11 に示す。図 12 は総合回路とその特性である。しかし、これも 2SC282H のコレクターにつなぐ抵抗が 5 kΩ と低いので場合によっては更にエミッター・フォロワーで電流増幅をする必要がない。以上のように進歩した半導体を使えば回路が簡易化されることは明瞭である。

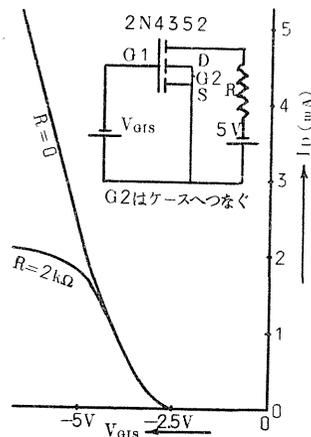


図 11 進歩した FET の回路

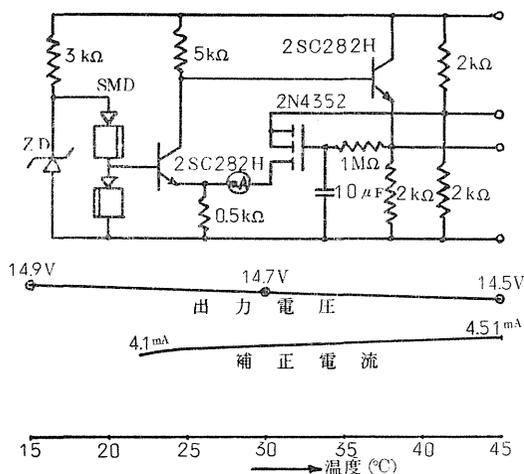


図 12 進歩したに FET による総合回路