

## 第6章 電圧増幅器および電流増幅器の解析と設計

電圧増幅器は、通常、振幅歪みが小さい状態で動作させる。したがって、その性能については、プレート電流の基本波成分のみを考慮し、等価プレート回路理論を使うことで、多くのことを学ぶことができる。そのような近似的な解析の結果は、実測とよく合っていることが確認できる。高調波含有率を求めたり、増幅度をより正確に求めたりすることが必要なら、第4章で説明した図的な手法を使用すればよい。

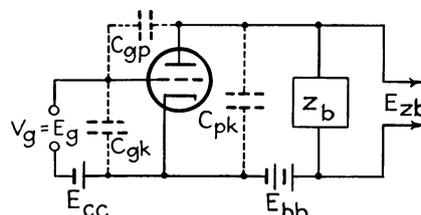


図 6-1.—インピーダンス負荷のシングル増幅器。

### 6-1 インピーダンスを負荷とした真空管による電圧増幅

1本の真空管による、プレート回路にインピーダンスを有する真空管電圧増幅器のもっとも単純な形式を、図 6-1 に示す。図 6-2 は、その等価プレート回路である。 $z_b$

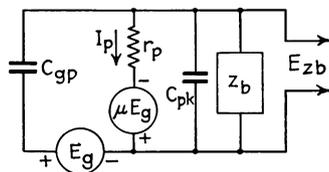


図 6-2.—図 6-1 の増幅器の等価回路。

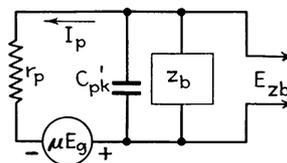


図 6-3.—図 6-2 の増幅器の単純化した等価回路。

に並列に加わる影響のみを考えると、 $C_{gp}$  は等価容量  $C_{gp}' = C_{gp}(E_g + E_{zb})/E_{zb}$  に置き換えられ、さらに  $C_{pk}$  が並列になる。通常  $E_{zb}$  は  $E_g$  に比べて大きいので、 $C_{gp}'$  は  $C_{gp}$  とほぼ等しい。したがって、等価回路は図 6-3 のように単純化でき、 $C_{pk}' = C_{pk} + C_{gp}$  である。低い周波数では、 $C_{pk}'$  のリアクタンスは非常に高く、その影響は無視できる。この仮定のもとでは、電圧増幅度は、

$$A = \frac{E_{zb}}{V_g} = \frac{E_{zb}}{E_g} = -\frac{I_p z_b}{E_g} = -\frac{\mu z_b}{r_p + z_b} \quad (6-1)$$

となる。

純抵抗負荷および純リアクタンス負荷について、比  $|z_b/r_p|$  に対する  $|A/\mu|$  の変化のようすを、図 6-4 に示す。プレート抵抗に比べて負荷インピーダンスが大きくなると、電圧増幅度は増幅率に近づく。インダクタンス負荷は、直流抵抗が小さいため、負荷の中での  $IR$  電圧降下による直流電圧の損失を最小限に抑えることができるという利点を持つ。しかし、この利点は、負荷インピーダンスが周波数に依存し、低い周波数において、励振電圧に対する増幅度が下がり、出力電圧の位相が進むという欠点により打ち消される。

$C_{pk}'$  のリアクタンスがプレート抵抗に近くなるほどの高い周波数においては、実効的な負荷インピーダンス  $z_b$  は、 $z_b$  と  $C_{pk}'$  のリアクタンスを並列にしたものになる。したがって、高い周波数において電圧増幅度は下がり、出力電圧の位相は遅れる。 $z_b$  を減らして増幅度を犠牲にすれば、増幅度が一樣な範囲の上限を上げることができる。抵抗負荷では、直流から高周波域に渡って一樣な増幅度を得ることは難しくない。高周波の応答を改善する特別な手法については、後に議論する。

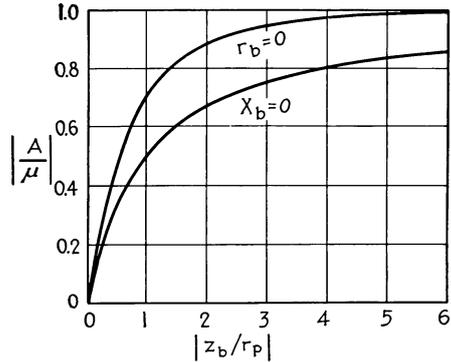


図 6-4.—1 本の真空管による、純抵抗負荷および純リアクタンス負荷の、負荷インピーダンスの違いによる低周波増幅度の変化を示す曲線。

抵抗負荷の三極管の場合、 $r_b$  により  $A$  が変化するように、 $r_b$  が高くなるにつれて動作の軌跡が低くなり、プレート抵抗が高くなるという事実によって複雑になる。たとえば、図 6-5 の動作点  $O'$  におけるプレート抵抗は、点  $O$  のそれよりも高い。したがって、増幅度は、プレート抵抗が一定であると仮定して式 (6-1) で求めたものほどには急速に増加しない。負荷抵抗による電圧増幅度の変化のしかたは、図によって最も容易に求めることができる。電圧増幅度は、ロードラインと 2 つの隣り合った静プレート特性との交点のプレート電圧の差を、2 つの静特性のグリッド電圧の差で割ったものとほぼ等しい。これは、図 6-5 の比  $E_{zb}/E_g$  または  $E_{zb}'/E_g$  である。もちろん、この方法の精度は、静特性の間隔が小さいほど良くなる。図 6-5 から、負荷抵抗の値が大きいと負荷抵抗に伴って増幅度が増加する率は小さくなるのがわかる。この理由、および  $r_b$  が大きいと高周波の増幅度が落ちることから、高プレート抵抗の三極管の場合であっても、負荷抵抗は、実際には 500 kΩ 以下に制限される。実際に三極管で得られる電圧増幅度は、増幅率のおよそ 80% 程度である。

抵抗負荷の五極管では、プレート電流が少ないところでは、負のグリッド電圧が大きくなるにつれ、静特性の間隔が急速に小さくなるという事実によって、その動作は複雑になる。その結果、動伝達特性は曲がり、振幅歪みが生じる。この問題は、プレート電源電圧を上げることにより軽減できるが、負荷抵抗が大きくなるにつれ、必要な電圧は急速に高くなる。五極管の負荷抵抗の現実的な値も、およそ 500 kΩ に制限される。五極管のプレート抵抗は 1 MΩ をはるかに上回っているため、得られる電圧増幅度は増幅率よりかなり小さく、おおよその限界は 350 程度である。五極管のプレート抵抗は、使用できる負荷抵抗よりもかなり高いので、式 (6-1) は、

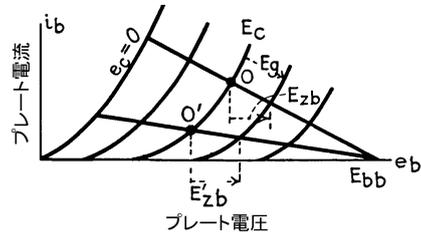


図 6-5.—一定の励振を与えた場合の、負荷抵抗による出力電圧の変動を示す、純抵抗負荷の三極管のプレート図表。