

10 増幅器の基本特性

I. 目的

増幅器の特性の測定方法を学び、トランジスタ増幅器(エミッタ設置、ベース設置、コレクタ設置)の特徴を知る。

II. 解説

ここでは増幅器の特性を調べる上で必要とされるいくつかの項目について、その測定方法を解説する。増幅器の基本的な測定項目を列举すると次のようになる。

1. 利得(Gain)とその周波数特性
2. 入出力インピーダンス
3. ひずみ率
4. 信号対雑音比

本実験では蒸気の項目の中で(1)と(2)について測定を行う。それぞれの測定原理を以下に述べる。

III-1. 利得とその周波数特性の測定法

★(1)測定原理

一般に、増幅器の利得は周波数に依存して変化するため、その値は“周波数??Hz における利得”と規定して述べるのが普通である。ここでは、発信器から与える入力信号の周波数ある特定の値 f に固定した時の利得の測定方法について簡単に説明する。

図 1 の様に増幅器の入力に発信器を接続して、入力電圧 e_i 及び出力電圧 e_o を電子電圧計で読めば、利得 $A(f)$ は、

$$A(f) = \frac{e_o}{e_i}$$

で与えられる。また、これをデシベルで表す時には、

$$A(f) = 20 \log_{10} \frac{e_o}{e_i}$$

である。

★(2) 入力信号の大きさについて

増幅器の入力に加える信号 e_i の大きさは、出力電圧に歪が生じない範囲に選ばなければならない。そのため、出力波形はオシロスコープで測定中、常に監視しておく必要がある。このような監視を行う場合、電子電圧計の出力端子にオシロスコープを接続しておく、電圧測定と波形観測が同時に行える為便利である。

★(3) 周波数特性測定

発信器の周波数を変化させて利得の周波数測定を行うには、(a)入力電圧を一定にして出力電圧の変化を測定する方法と、(b)出力電圧が一定になるように入力を調整し、その時の入力電圧を測定する方法の二通りがある。(b)の方法を用いると、出力が常に一定であるから、測定中に波形が歪むことはないため、気を使わなくても良いという利点がある。しかし、増幅器の利得が大きくなると入力電圧が小さくなりすぎて測定誤差が増加する可能性もあるため、周波数特性を測定する場合は両方法を併用するのが望ましい。

II-2. 入出力インピーダンスの測定法

II-2-1. 入力抵抗の測定

入力インピーダンスは等価的に抵抗 R_i と容量 C_i が並列になっていると考えられる。普通 R_i は数百 Ω ～ 数百 Ω 、 C_i は数十 pF のオーダーである。ここでは、抵抗文の測定だけを行うため、測定周波数は入力容量の影響が出ないような低周波に設定する必要がある。

図 2 の利得 $A(f)$ を持つ増幅器を考える。この増幅器では、

$$e_o = A(f) \cdot e_i$$

が成り立つ。ここでダイアル抵抗を零にして(短絡して)、入力信号 e_i を加えたとき、出力レベル

e_{o1} が得られたとする。次に、ダイアル抵抗の値を R にした時、出力レベルが e_{o2} になったとする。これらの値の間には、(3)式を考慮すると、

$$e_{o1} = A(f) \cdot e_i, \quad e_{o2} = A \frac{(f) \cdot R_i}{R + R_i} \cdot e_i$$

が成立するから、両式より、

$$R_i = \frac{R}{n-1}, \quad \therefore n = \frac{e_{o1}}{e_{o2}}$$

を導ける。上式より $n=2$, つまり e_{o2} がの半分に抵抗 R を見つければ、その時 $R_i = R$ となることがわかる。

II-2-1. 出力抵抗の測定

図 3 の様に出力抵抗 R_o を持つ増幅器を考える。 R_o を簡単に測定をするには図 3(a)(b)の二通りの方法がある。

まず、負荷を on-off する方法について述べる。図 3(a)の回路において、スイッチ S が off の時の出力電圧を e_{off} 、 S が on のとき e_{on} とする。これらの間には次の簡単な関係が成り立つ。

$$e_{on} = \frac{R_L}{R_o + R_L} e_{off}$$

よって、出力抵抗は、

$$R_o = \left(\frac{e_{off}}{e_{on}} e_{on} - 1 \right) R_L$$

で求められる。

次に、負荷抵抗を変化させる方法について示す。図 3 (b) の回路において、スイッチ S が RI 側の時の出力電圧が e_{o1} 、R2 側の時 e_{o2} になったと仮定する。このとき、

$$e_{o1} = \frac{R_1}{R_o + R_1} e_{off}$$

$$e_{o2} = \frac{R_2}{R_o + R_2} e_{off}$$

が成立するから、両式より、

$$R_o = \frac{1 - n}{\left(\frac{R_2}{R_1} \right) \cdot n - 1} R_2 \quad \therefore n = \frac{e_{o1}}{e_{o2}}$$

を導ける。どちらの測定方法も本質的に同じであるから、実際の測定は利用しやすい方法を採用すればよい。