

微小信号増巾の分解能と精度

微小信号の増巾に際して最大の課題は温度ドリフトと雑音であります。

信号が電圧と電流とでは増巾器の種類、増巾回路が異なります。それは信号源抵抗の相違、即ち理想信号における信号源抵抗は電圧信号の場合では無限小、電流信号の場合には無限大を理想とします。

温度ドリフトは増巾器固有の性能に依存し、電圧増巾器に於てはこの項目が重要な選択肢となります。

雑音は増巾器固有（ホワイトノイズ）のもの他に測定条件に伴う要因があり、多くの場合、精度、又は分解能を決定する要因となります。

雑音と分解能

分解能は測定可能な最小信号であり、分解能の値は雑音により決ります。この分解能を決定するような雑音が熱雑音（ジョンソンノイズ）であり、通常指示計器上にふらつきとして現れます。熱雑音は信号源抵抗中に発生し、分解能の限界値となります。

電圧増巾における熱雑音公式は次の式により与えられます。

$$E_n = AR^{1/2}(V_{p-p}) \dots\dots\dots(1)$$

ここでRは信号源抵抗、Aは温度、帯域巾により与えられる定数である。この式より電圧増巾における雑音は信号源抵抗に比例することがわかります。

電流測定における熱雑音は信号源、及び信号にシャントされる抵抗中に発生する雑音電流である。

$$I_n = \frac{E_n}{R} = \frac{A}{\sqrt{2}R} (A_{p-p}) \dots\dots\dots(2)$$

式から明らかなように雑音電流はRの増加に

反比例します。ここで、Rは信号源抵抗と増巾器にシャントされた抵抗との和であり、等価的にシャント抵抗に等しくなります。

理想抵抗における熱雑音公式は次の式により与えられます。

$$E_n = \sqrt{4KT \Delta f R} (V_{p-p}) \dots\dots\dots(3)$$

$$I_n = \sqrt{\frac{4KT \Delta f}{R}} (A_{p-p}) \dots\dots\dots(4)$$

Kは電気抵抗ボルツマン定数

Tは信号源の絶対温度

Rは信号源抵抗

Δf は測定系の帯域巾(Hz)

ここで、 Δf は絶対的なものではなく、一般的に次の要素の最小値に等しくなります。

1. 指示計器の帯域巾
2. 指示計器の上限-3dbの周波数
3. 0.35/tr、指示計器の10%~90%の立ち上り時間

亦、 Δf は高抵抗回路、及び10Hz以上の帯域での測定では回路のCR定数により制約されます。即ち、(3)、(4)式において抵抗、温度、帯域巾の変化により熱雑音は低くなるが、抵抗、温度はしばしば一定の値をとる処からこれを変化させることは事実上困難であるために帯域巾を低くするようなローパスフィルターを構成するのが一般的であります。

立ち上り時間と精度

立ち上り時間とは、入力信号が無限小の時間でゼロから特定値に達したときの指示計器における読み値が10%~90%に達する時間として規定される。立ち上り時間は次の式より導かれます。

$$tr = \frac{0.35}{f_{3db}} \dots\dots\dots(5)$$

f3dbとは指示計器の上限-3db点を示す。従って、立ち上り時間が計器の帯域巾に等しい場合の読みとり誤差は-10%となります。

バイアス電流と精度

増巾器のバイアス電流は、その入力形式により大きく異なります。Tr入力形では20n~100nA、JFET入力形で10p~100pA、MOSFET入力形で0.1p~1pA程度であります。

電圧増巾の場合、バイアス電流による誤差は次の式により計算されます。

$$\Delta E = R \cdot I_b \quad \text{但し } R \text{ は信号源抵抗}$$

電圧増巾器にはTr入力形のOPアンプが用いられますがRが低ければ誤差は無視出来ます。電流測定にはJFET、又はMOSFET入力形のアンプを用いて電流-電圧変換の回路を構成するのが一般的であります。この場合のバイアス電流による誤差は測定信号との比から算出されます。

$$\Delta E = \frac{1b}{1s} \quad \text{但し } 1s \text{ は入力信号}$$

電流測定では増巾器周辺に流れる漏洩電流が大きく影響を与えます。これは増巾器の電源部より入力端子へ漏れるものであり、湿度、汚れ等により、その程度は大きく異なります。漏洩電流の影響を低くする為には、回路の各アースが完全であることは勿論、入力をテフロン端子等で浮するのが一般的です。