・目的

オシロスコープの基本的な原理を理解し、実験を通して電圧測定の基礎を身につける

・実験原理

オシロスコープとは時間的に変化する電気信号をブラウン管上に図形として表し、観測する装置である。オッシロスコープは水平（Ｘ軸）入力と垂直（Ｙ軸）入力との入力端子をもち、ブラウン管上の輝点は水平、垂直方向にそれぞれの入力電圧に比例した変位を示す。この性質を利用して、以下の実験にとりくむ。

・実験方法

Ａ、時間掃引

(1)インターナルトリガ、トリガレベル、スロープを操作し、その役割を理解する

(2)ライントリガを用いて波形を静止させるためには何を行えばよいか理解する

(3)オシロスコープの入力結合をAC、及びDCにして、周波数1～10hzの正弦波の振幅を読み取る。その値をグラフから読み取り、それぞれの結合方式の役割を理解する。

Ｂ、Ｘ－Ｙ動作

チャンネル１とチャンネル２に同じ電気信号を入力したときに表示されるリサージュ曲線をスケッチする。また周波数f1とf2の関係をf1=f2だけでなく、 f1=nf2（n=1､2､3､4････)となるように変えた場合のスケッチを取る。

応用課題２（音速の測定）

超音波送信機を用いて音速を測定する。また、音速を理論値から求め、実験で求めた値と比較する。

・実験結果及び考察

Ａ、時間掃引

(1)

インターナルトリガとは表示したい入力信号を利用して強制的に同期を取る方法である。周波数をかえても同期をとりつづける。他に別の信号を使い同期をとるエクスターナルトリガ、電源から同期を取るライントリガなどがある。トリガとは時間的に変化する信号が周期的に加わったときに、その信号の波形を継続的に表示するために加わる時間掃引の周期を信号の周期に合わせ、同期をとるための掃引開始点のことである。時間掃引の周期が信号の周期の整数倍になると波形が静止する。この状態にすることが同期を取るということである。同期を取るためには、トリガを1周期上の同じ点に合わせればよい。トリガを設定した場合、トリガのレベルと波形が2点以上で交点を持つ場合がある。この場合はスロープをつかい、波形の傾きの符号を異符号にかえたりして、一方の点を選ぶ。トリガーの場所を調整するのがトリガーレベルである。y軸方向に+方向、-方向に動く。この時注意しなければならないのはトリガレベルが振幅よりも大きくなってしまうと、交点が取れず、よって同期できないので波形が表示できない。

(2)ライントリガーとは、オシロスコープに電力を供給している電源（line）の周波数の正弦波によって同期を取る方法である。このとき、１００、１２５、１５０、１７５、２００…のようにπ／２、３π／２の時に同期を取ることから25の整数倍時の周波数で同期をとると考えられる。

電源の周波数は関東で50Hz、関西で60Hzであるためであると思う。

インターナルトリガーとライントリガーの同期の仕組みの違いは インターナルトリガーの場合は周波数をいくら変えても同期しつづけることである。

(3)オシロスコープのチャンネルの部分にあるAC（交流）、DC（直流）、GND（ゼロ電圧）の入力結合の切り返スイッチを使って、AC結合、DC結合の違いを調べた。周波数1～10Hzの正弦波の振幅を読み取る。 AC結合、DC結合の両方で行い、その結果を下表に示す。

表をみると交流は周波数により振幅が変化しているのに対し、直流のそれは変化していないことが見て取れる。

DC結合にした場合は直流の値が表示されているが、AC結合の場合は交流の値だけが表示されている。普通、ハイパスフィルタ特性といって、直流がかぶってしまい、交流の値がうまく読めないが、AC結合にすることによってこれが解消できる。

DC結合は直流から4Hzくらいの低い周波数成分を表示するときに使う。一方AC結合は直流をカットし、小振幅の交流成分を拡大して見るときに使う。

Ｂ、Ｘ－Ｙ動作

オシロスコープはＸ軸とＹ軸にそれぞれ外部の異なる発信機からから正弦波を加えることができる。正弦波を加えるとオシロスコープのブラウン管上に両者が合成され、リサージュ(Lissajous finger)という図形が表示される。この図形には二つの信号の特徴が反映されており入出力関係を直接的に見ることができ、周波数比、位相差を測定することができる。水平入力電圧をf1、垂直入力電圧をf2とし、 f1=nf2（n=1､2､3､4････)の各場合についてスケッチを取った。

f1=f2の場合

f1=2f2の場合

f1=3f2の場合

f1=4f2の場合

f1=5f2の場合

f1=6f2の場合

2f1=3f2の場合

振動数が順に整数倍になるとそのリサージュ曲線にも規則性が見て取れる。また、逆にその規則性より、両者の振動数の比が読み取ることが出きる。

応用課題２（音速の測定）

オシロスコープ、超音波送受信機、正弦波の発振器を下の図のように接続する。

この実験で使用した超音波送受信機は40kHzでもっとも効率よく超音波を出すので発信機を40kHzに合わせる。送受信機の感覚を広げたり、狭めたりすると両者間に位相差が生じ、下の図のようなリサージュ曲線が現れる。

位相差がちょうど一波長分ずれると同じ状態のリサージュ曲線を示す。この事から、何cm間隔で位相が元に戻るか測定した。その結果を下の表に示す。なお、測定においてより正確性を高めるために、1波長間隔の測定を３ヶ所で、5波長間隔の測定を一回行った

表からわかるように、１波長が約0.9cmである事が分かる。この時のオシロスコープの状態と実験結果から

DIV = 5μ(s)×4.8



音速V = fλより



となる。

次に音速の理論値を計算で求める。

Ｖ＝331.5＋0.6tに教室の気温21.5℃をいれて計算する。

Ｖ＝344.4(m/s)

両者を比較すると、理論値とはややずれているが、ほぼ近い値になった。

誤差が生じ実験値と理論値に差が出てしまったが、これは、データをさらに正確に、また、測定値を多くとればより正確な値に近づくと思う。

・感想

電気信号の位相差が作り出すさまざまな表現を、視覚的に見ることができてオシロスコープの使い方や電気信号の理解が深まった。

今度はオシロスコープでの電圧測定をデータ取得の手段として利用できるような実験を行ってみたいと思う。

しかし、初めての実験ということもあって、データの取り方に対する不手際や、実験の手順のなかに不安な部分が残ってしまい正確なレポートに至らなかった点を反省したいと思う。次回の実験からはこの教訓を生かして、正確なデータの取得を目指したいと思う。

方法

Ａ．

下図のような装置を作り、Ｘ軸の可変抵抗器を動かし

て入力電圧を変化させると輝点がどのように変化す

るかを観測する。また、電池の向きを変えるとどう変

化するかも観測する。

アース

Ｘ Ｙ

Ｂ．下図のような時間的に変化する二つの正弦電圧を水平、垂

直入力端子に加えるとき、ブラウン管にはどのような図形

が得られるか考えてみる。

下図のように２つの発振器をつなぎ、ｆ＝ｆとして観測

される波形を実験（２）と比較してみる。

ｆ ＝ｎｆ（ ｎ＝2,3,4,･･･）の場合も観測する。

ｆとｆにどのような関係があるとき画面は静止するか

考察してみる。（このような図形をリサージュ図形とい

う）

下図のように発振器を垂直入力端子に接続し、正弦波

と方形波を発生させ、ｆｒｅｅ ｒｕｎ（同期を取ら

ない掃引）で波形を観測する。

掃引電圧の周期が入力電圧の整数倍であれば画面は静

止する。（リサージュ図形の場合と同じ）オッシロス

コープには掃引電圧の周期を垂直入力の周期の整数倍

に強制的にあわせる、internal triggerという機能があ

る。

上図の回路でinternal triggerで同期をとってみると

どうなるか

line trigger（周期にあわせない）にし、発振器の周波

数をゆっくりと変えてみるとどうなるか。

応用課題１＜Ｒ－Ｃ回路の交流特性＞

次ページの図ＡのようなＲ－Ｃ回路の性質を調べて

みる。一般にＲ，Ｃ，Ｌからなる回路に正弦波

Ｖin ＝ Ｖsin２πf t

を入力すると、出力は正弦波で

Ｖout ＝ V sin（２πf t ＋ Δφ）

と表せる。

そこで下図のように、発振器から回路への入力信号を

オッシロスコープのチャンネル1へ、出力信号をチャンネル2へ接続し、時間掃引によって２つの信号を同時に表示し、周波数ｆを広い範囲で変え、振幅Ｖo が

どのように変化するかを観測する。

位相差Δφは時間掃引でも測定可能であり、交流回路の理論から、

Δφ＝－tan 2πｆＣＲ

Ｖo ＝ Ｖ ／ ｛１＋（２πｆＣＲ）｝

と計算される。

結果・考察

（１）

入力電圧を変化させたとき

Ｙ軸方向に最大３Ｖ、最小０Ｖの幅で上下した。

電池の向きを反対にした場合

－Ｙ軸方向に３Ｖ～０Ｖの幅で上下した。

電流の向きが逆になったためと考えられる。

（２）

最終ページのグラフを参照。

（３）ｆ＝ ｎｆ

ｎ ＝ １ のとき

ｎ ＝ ２ のとき

ｎ ＝ ３ のとき

ｎ ＝ ４ のとき

ｎ ＝ ３／２のとき

ｎ ＝ ４／３のとき

１：１、１：２、２：３、３：４などのときに静止するが、その共通性はわからなかった。

（５）internal triggerのとき

internal triggerは強制的に同期を取る。

line triggerのとき

１００、１２５、１５０、１７５、２００…のときに同期を取る。

これは関東の電気の周波数は５０Hzであり、

π／２、３π／２のときに同期を取るため、２５の倍数時の周波数で同期を取るものと考えられる。

internal triggerとline triggerの同期についての違い

internalの場合：周波数をいくら変えても同期し

たままである。

lineの場合：２５Hzずつ周期がずれると同期する。

応用課題１

Ｒ＝ １０．１ｋΩ、Ｃ＝０．０１μＦ

・結果

周波数(Hz) 100 500 1000 1500 2000 2500

Ｖin (Ｖ) ±５ ±５ ±５ ±５ ±５ ±５

Ｖout (Ｖ) ±５ ±4.5 ±４ ±3.5 ±３ ±2.5

周波数が増加するにしたがってＶoutが小さくなる。

これは周波数が増加する＝流れている電流が大きくなると考えられ、電流と電圧は反比例するためであると考えられる。

計算によるＶo、Δφとｆの関係

|  |
| --- |
| 周波数ｆ(Hz) 100 500 1000 1500 2000 2500  Ｖo (Ｖ) ４ 3.2 2.9 2.5 2.3 2.2  Δφ(度) -32.3 -17.6 -32.3 -43.6 -51.8 -57.8 |

表にまとめて考察するに周波数が増加するにしたがい、Ｖoは小さくなり、Δφは大きくなると考えられる。

注：応用課題２、３は時間が足りなかったため、実験を

行わなかった。