目的

　電気計測において不可欠なオシロスコープの使用法を学び、それを応用して、簡単な実験を行う。

理論的背景

　オシロスコープの基本的な働きは、入力電圧の瞬時値をブラウン管上に変位として表示することである。これによって、電気信号の時間変化を可視化することができる。その信号が周期的なものであれば、周期や振幅を測定することができる。

〈構造〉

オシロスコープの表示部分であるブラウン管は電子銃、偏向電極、蛍光面からなる。電子銃は、陰極から出た電子を一定速度まで加速し細いビーム上の電子流にする。電子流は2組の偏向電極の電界を通過した後、蛍光面に当たり輝点を生じる。2組の偏向電極の向きは直行しているので輝点は、それぞれの電極に加えられた電圧に比例して水平方向（Ｘ軸方向）と鉛直方向（Ｙ軸方向）に独立に変位する。

〈主な使用方法〉

1. 時間掃引

時間tと共に直線的に変化する掃引電圧をX軸に加えると、輝点は水平方向に等速運動をする。したがって、時間的に変化する信号V(t)を同時にY軸に加えると、V(t)の図形が表示される。

信号波形が周期的な場合は、時間掃引を繰り返すことによって波形を継続的に表示できる。波形を静止させるために掃引の周期を信号の周期の整数倍にすることを同期と言い、同期を取るためには掃引開始（trigger）を波形の１周期内の同じ点にあわせればよい。同期を取る方法として、表示したい入力信号を利用する同期方法：internal trigger、表示したい信号とは別の信号によって同期を取る方法：external triggerがある。さらに、オシロスコープに電力を供給している電源（line）の50Hzまたは60Hz（本実験では50Hz）の正弦波による同期をline triggerといい、また、何にも同期を取らない掃引をfree runと言う。

なお、時間掃引を1回だけ行うことによって単発現象を観測することができるsingle sweep機能がある。

1. X－Y動作

Y軸だけでなくX軸にも外部の信号を加える使い方をX－Y動作と言う。2つの信号をX軸とY軸に別々に加えると、両者の関係が図形になってブラウン管に表示される。両者の信号が正弦波のとき、ブラウン管にはリサージュ図形（Lissajous figure）が表示される。

1. 音速の測定

超音波送信器への入力信号と受信機の出力信号の位相差から、空気中の音速が求められる。

1. RC回路の交流特性

図１のような回路に正弦波

を入力すると、定常になった後の出力も

の定常波となる.

なお、交流回路の理論から

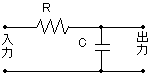
で位相差Δφと振幅V0が求められる。本実験では、位相差はリサージュ図形を用いて求めた。

図１

方法

1. 時間掃引
2. 1kHzの正弦波を発振器からオシロスコープのチャンネル1に入力し、波形を観察した。適当にスイッチを調節することで波形を停止させた。
3. スイッチをLINEにしたとき、波形がほぼ静止して見えるときの周波数を観察した。
4. 周波数を数Hz以下にして、「AC結合」がどのようなときに役立つか確かめた。
5. X－Y動作

１、チャンネル1と２に同じ信号を入力したときにブラウン管に現れる図形を観察した。

２、チャンネル1と2に別々の発振器から正弦波を入力した。この時現れる図形を観察した。

1. 音速の測定

超音波送信器間の距離はものさしで、正確な周波数は周波数カウンターで測定し、その値から空気中での音速を求めた。

1. RC回路の交流特性

図２のように、発振器から回路への入力信号をオ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させた。周波数ｆの値を変え、振幅V0と位相差Δφがどのように変化するか観察した。

１、（出力）/（入力）の比、位相差を求めた。

図2

結果

　A)、時間掃引

1. TIME / DIVダイヤルを回して正弦波を出す。それを静止させるために切り替えスイッチをINTにし、LEVELつまみを調節してトリガーのかかる状態にすることで、正弦波は停止した。
2. 静止した振動数は、以下のようになった。

表１、静止した振動数

|  |
| --- |
| 700.36Hz |
| 750.06Hz |
| 849.58Hz |
| 899.65Hz |
| 949.48Hz |

1. 入力切替スイッチをDCからACに変えると、振り幅が半分になった。また、DC OFFSETのまわしても、波形の位置は変化しなかった。また、「DC結合」で波形が画面からはみ出すときに「AC結合」を用いたら、波形が画面の中に収まるようになった。

B)、X－Y動作

　　１、ブラウン管に右上がりの直線が現れた。

　　２、リサージュ図形が現れ、入力電圧の比がωの比となった。

　C)、音速の測定

　　振動数は、40.0421kHz。位相差は、1cmであった。

　D)、RC回路の交流特性

表2、出力と入力、位相差の関係

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 周波数 | 入力（V） | 出力（V） | 出力/入力 | 2c | Δφ(rad) |
| 200(Hz) | 15 | 14.5 | 0.97 | 1.6 | 6.3 |
| 500(Hz) | 15 | 14 | 0.93 | 3.0 | 12.4 |
| 1(kHz) | 14 | 12 | 0.86 | 5.6 | 27.8 |
| 2(kHz) | 14 | 9.0 | 0.64 | 6.6 | 47.2 |
| 5(kHz) | 14 | 4.6 | 0.33 | 4.2 | 65.9 |

　（出力）/（入力）と周波数、（出力）/（入力）とΔφの関係は、片対数グラフ用紙に記入した。

考察

（内部トリガの動作原理、及びlevelとscopeの意味）

　内部トリガは、観測する信号の電圧が、オシロスコープ内で設定されたlevel、基準電圧になると、画面上に波形として映し出す。また、slopeとは、levelと観測する信号の波形の交点（2点）のどちらかを選択するという意味である。

（ライントリガで波形が静止する条件と用途）

　観測する信号の周期が、掃引の周期の整数倍にする、つまり同期を取る。波形を静止させることにより、信号の波長、振り幅（入力電圧）などを正確に求められる。

（入力結合で、AC結合における直流の挙動と用途）

　AC結合をすると、直流の成分をカットすることができ、その結果、直流の振り幅もカットされるので、画面上の振り幅は、小さくなる。画面上におさまらない大きな電圧を入力する際には、振り幅を小さくし、波形を画面上に表すこともできる。

（XY動作での、リサージュ図形について）

　リサージュ図形とは、X軸Y軸それぞれに正弦波を図示するため、それぞれを合成した図形が表示される。今回の実験では、リサージュ図形が完全に静止することはなかった。これは、互いの振動数が完全に一致することが困難なためである。互いの位相差は、徐々に大きくなり、πを超えたら今度は徐々に小さくなり、2πを超えたらまた大きくなるという繰り返しである。

（音速の測定）

より、であった。音速の理論値は、より、室温20度のときは、343.5m/sである。実験の誤差が大きく生じた理由は、位相差を求める際に、物差しで計ったため、人為的な誤差があったと考えられる。

（RC回路の周波数特性について）

　周波数が大きくなるほど、位相差も大きくなっている。つまり、振動数をどんどん大きくすると、出力が入力に比べどんどん小さくなる。これは、グラフ（図４，５）を見ても明らかである。つまり、振動数が大きいと電流が流れにくくなったのだと考えられる。なぜなら、V＝IRで、Rは一定、Vもほぼ一定だからである。また、グラフ上の誤差は、2a,2b,2cが目視による測定で、人為的な誤差が生じたと考えられる。

（時間掃引、内部トリガ、ライントリガについて、わかったこと）

　時間掃引とは、観測する信号を時間の変化のよって、表してくれるものであった。観測信号が、時間によって変化する場合は、同期を取れば、静止した波形を得ることができる。また、内部トリガについては、最初の考察に示したとおりである。また、ライントリガの実験で振動数が50Hz毎の時に静止した。電力の電源が50Hzだったことを示している。

（実験でパソコンをつかったことについて）

　パソコンには、画像が豊富にあったため、実験装置の組み立て方などが良くわかった。そのため実験もスムーズに行えた。また、前日に行った予習授業で、操作の仕方を大まか理解できたので、ためになった。

参考文献

　実験書

　詳細　物理IB（三省堂）