**1．実験目的**

オシロスコープの基本的な使用法について学び、これからの電気計測などにおいて応用することができるようにする。

**2．実験原理**



　上はオシロスコープの前面図である。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。これによって電気信号の時間変化を可視化し、周期的な信号であればその周期や振幅を測定することができる。また、複数の信号を同時に入力し、それらの間の周波数比や位相差なども測定できる。



**〈時間掃引〉**

時間tととも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直線運動をする。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。信号波形が周期的だと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。しかし、掃引の周期と信号の周期が無関係だと、掃引ごとに波形の位置が一定にならず、波形が移動して見える。

そこで波形を静止させるためには掃引の周期を信号の周期の整数倍にする必要がある。この操作を同期といい、同期を取るためには掃引開始を波形の１周期内の同じ点にあわせればいい。（別紙参照）

**〈XY動作〉**

ダイヤル①を「X-Y」の位置にすると、輝点はCH1とCH2への入力電圧にそれぞれ比例して、水平方向（X軸）と鉛直方向（Y軸）に変位する。両方の信号が正弦波の時に描かれる図形をリサージュ図形といい、この図形から２つの信号の周波数比や位相差を容易に測定できる。

**〈音速測定〉**

　送信器と受信器の間隔を変えていくと両者間電圧の波に位相差が生じ、オッシロスコープにリサージュ図形が現れる。位相差が2π、つまり１波長分変化すると同じ形のリサージュ図形が現れるから、この実験において送信器と受信器間隔Ｌを10で割れば波長を求めることができる。波長は周期の逆数だからｖを音速[m/s]、ｆを周波数[1/s]、λを波長[m]とすれば、より音速が求められる。（方法２）

**３．実験方法**

　①１ｋＨｚの正弦波の測定

　先生が設定した周波数発信機の波形の周波数および振幅を求めた。（別紙参照）

オッシロスコープの画面の１マス間をDIVISIONという。図1のオッシロスコープの様々なボタンの中で、TIME/DIVとVOLTS/DIVというボタンがあるが、前者が横軸１マスあたりの時間、後者が１マスあたりの電圧である。

つまり、図3中の振幅のマス目を数え、それにVOLTS/DIVボタンの値を掛ければ振幅[V]が求まる。また周波数は図3中の周期のマス目を数え、それにTIME/DIVボタンの値を掛ければ周期が求まるから、λ=1/Tより周期の逆数をとれば周波数を求めることができる。

　②トリガーについて

　internal triggerとline triggerについて実際に使用してみて、その原理と現象においてどのようなことが起こっているかということを調べた。（別紙参照）

　③AC結合

　AC結合とは直流・交流成分が交ざっているとき、交流だけ取り出して表示するものである。このAC結合を実際に使用することによってどのような便利な点があるかを調べた。また、トリガーを「internal trigger」にして波形を観測すると表示がどのようになるのかということも調べた。

　④リサージュ図形



X-Y入力において垂直入力電圧と水平入力電圧を変化させ上の図4のようなオシロスコープの画面をとる。そして周波数比１：１のときのみでなく様々に条件を変化させてオシロスコープ上で可能な限りスケッチをした。（別紙の演習を参照）

　⑤音速の測定

　右の図5のように配線を行う。超音波送受信機

を、図5のように配置し、それぞれ送信機をオシロスコープと発信機に、受信機をオシロスコープに接続して、発信機を40kHzにセットした。ちなみに40kHzで発振された超音波の波形をch1で見えるようにし、受信機で受信した超音波の波形をch2で見えるようにした。

　（方法1）

　まず受信機を動かして送信側と受信側の波形が重なる

ようにした。（その位置を㎜とする。）受信機を物差し

上でスライドさせると波形がずれる。ちょうど一周期分

ずれると再び重なる。（このときの受信機の位置を㎜とする。－が波長である。さらに受信機を動かして送信側と受信側の波形が重なるときの位置を測れるところまで測る。

20回測定する。ちなみにこのときch2の信号はどんどん弱くなるので感度を上げていく。

　（方法２）

　X-Yモードにしてリサージュ図形にする。受信機を動かして、位相がそろって右上がりの直線になるようにし、そのときの受信機の位置を読み取る。（このときの位置を㎜とする。）受信機をものさしの上でスライドさせると図形が変化する。図形が一巡してもとの形に戻ったときの位置を読み取る。（このときの位置を㎜とする。）－が波長λである。

さらに受信機を動かして、20波長分の測定を行う。これにより、残差を求め誤差を調べる。

**４．実験結果**

　①１ｋＨｚの正弦波の測定

　別紙に記載したが、一応ここにも記載しておくことにする。

　振幅：1.5〔v〕　　周期〔s〕

ここで、周波数は周期の逆数を取ればいいから、

〔Hz〕

となる。

　②トリガーについて

　別紙に記載したが、一応ここでも触れておくことにする。（図や絵などのイメージは手間がかかるのではしょることにする。）

　先ほど書いたように波長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いう。同期をとるために、掃引開始（これがtrigger）を波形の一周期内の同じ点にあわせればいい。実験書の図にあるようにその点は次の手順で選ぶことができる。まず、掃引開始の電圧（level）を設定する。図中の点線が設定したlevelとすると、点線と信号波形の交点は一周期内に2個あるのでこれらの内、勾配（slope）を＋か－に設定して一方の点を選ぶ。掃引速度を早くすればの時間が短縮し波形の一部だけが表示され、遅くすれば何周期も連続した波形が表示される。は掃引が休止している時間である。このように、表示したい入力信号を利用する同期方法をinternal triggerという。（交点がたくさんある場合は、波形が静止しないことがある。）これに対し、表示したい信号とは別の信号によって同期をとる方法をexternal triggerという。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の正弦波による同期をline triggerという。何も同期を取らない掃引をfree runという。入力端子が二つある今回のオシロスコープでは、複数の信号を同時に表示することができる。これによって、信号の周波数比や位相差などを容易に調べることができる。また、single sweep機能というものによって時間掃引を一回だけ行い、単発現象を観測することもできる。

　つまり、要はinternal triggerとline triggerの違いとはinternal triggerは周波数をいくら変えても同期し続けるということである。ちなみにline trigger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り同期を取る方法であり、電源の周波数は関東で50、関西で60と違うため（単位はHz）同じ日本国内でも違いが出るらしい。

　③AC結合

　入力結合の表す切り替えスイッチには[AC]、[DC]、[GND]がある。まず[GND]で入力信号に関係無くゼロ電圧の位置を表示するから、この状態で輝線がモニターの中心の高さの桝目に重なるようにする。これで振幅が正しく読み取れる。[DC]にセットすると、直流から約4Hzまでの低い周波数成分も表示できる。たとえば、この状態で発信機の直流成分を足す方向につまみを回すと、モニターの波は波形(振幅や周期)をそのままに、モニター上を上に移動する。[AC]では直流成分を無視して交流成分のみを表示する。例えば、この状態で発信機の直流成分を足す方向につまみを回しても、モニターの波形は一瞬上下するものの結局はその位置が変化しない。実験では交流成分しか見ないので、[AC]にセットしておいた。

　④リサージュ図形

　演習については別紙プリントを参照

　図形についても同様

　⑤音速の測定

　まず、温度は25.0°であった。また、データについては下のようになった。

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 受信機の位置（㎜） | 受信機の位置（㎜） | 10波長分の長さ（㎜） | 一波長（㎜） | 残差（㎜） | 残差の二乗 |
| 71.8 | 159.8 | 88.0 | 8.80 | 0.17 | 0.289 |
| 80.7 | 167.4 | 86.7 | 8.67 | 0.04 | 0.0016 |
| 90.3 | 176.0 | 85.7 | 8.57 | -0.06 | 0.0036 |
| 98.2 | 184.8 | 86.6 | 8.66 | 0.03 | 0.0009 |
| 107.1 | 193.5 | 86.4 | 8.64 | 0.01 | 0.0001 |
| 115.8 | 202.0 | 86.2 | 8.62 | -0.01 | 0.0001 |
| 125.3 | 210.3 | 85.0 | 8.50 | -0.13 | 0.169 |
| 133.2 | 218.9 | 85.7 | 8.57 | -0.06 | 0.0036 |
| 141.8 | 227.4 | 86.4 | 8.64 | 0.01 | 0.0001 |
| 149.9 | 236.0 | 86.1 | 8.61 | -0.02 | 0.0004 |
| 平均/合計 |  |  | 8.63 |  | 0.4684 |

表1　音速の測定

**5．考察**

〔音速の測定の誤差〕

ちなみに、温度が25°より空気中の音速ｖの理論値は



となる。

　そして測定値については前頁の表1より、（ｆは40.3186kHzであった。）



となった。よって、かなり真値にこの測定値が近いということが分かる。また、誤差は前頁の表１より、



より、となり、よって誤差は



となる。

　音速の測定においてはかなり真値に近い結果が出た。偏差をいれてもその誤差はたったの1.3%ほどである。しかし、この誤差はどのようにして出たのであるか考えてみた。

1. 教室の温度と湿度の変化
2. 金尺の測定のずれ
3. 超音波装置の送受信機が互いに平行になっていなかった。
4. 風の影響
5. ほかの波による干渉

　このようなものが考えられる。しかし、今回の場合、実験者の手による不安定になりがちな測定が少なかったのが誤差を少なくしたもっとも大きな要因だろう。

　〔ｆについて〕（方法1）

配線の仕方により、CH１には発信機の周期と振幅の波の波形が映し出される。また、送信側の超音波送信機の出す超音波の波はこれに影響を受け、発信機の作る波と同じ周期と、超音波送信機の効率の度合いによりそれよりも小さくなってしまった振幅の超音波を出す。CH2には、超音波送信機によって放たれ、空気中を伝い受信機に届いた音波の波形が映る。このときCH2の波形は、CH1と同波長で振幅はCH2のほうが小さいものになる。

また発信機の周期を調節してCH2の波形の振幅の最も大きい部分にあわせたのは、使用する超音波送信機には最も振幅の大きく強い音波を出せる周波数が存在する為で、その位置に合わせる事でCH2の波形を見易いものとするためである。その際の発信機の周波数は周波数カウンターで40.3186ｋHzであったから、本当に40ｋHz付近の超音波が送信機にとって最も効率の良いものであることが証明される。

6．感想

オシロスコープについての予備知識がつき大変ためになりました。