1. ｓ目的

オッシロスコープの基本的な使用法を学び、RC回路の周波数、振幅と位相の関係と音速の測定を実際にしてみる。

1. 理論

　電子銃から発射された電子ビームは負の電荷を帯びていて、正の電圧にひきつけられる性質がある。電子ビームの進行方向にと平行に偏光板と呼ばれる２枚の電極を置いて、その偏光板間に電圧を加えると、電子ビームは２枚の偏光板の正の電位を持つほうの偏光板に引き寄せられるように曲がりながら進んで蛍光面にぶつかる。オッシロスコープとは、その蛍光面に電子ビームが衝突して生じるエネルギーによって発光するという仕組みを持った装置である。。

　オッシロスコープ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。

　以下にオッシロスコープの原理的な動作を書くことにする。

　Ａ．時間挿引

　ＴＩＭＥ／ＤＩＶダイヤルを｢*Ｘ－Ｙ*｣以外の位置にすると、輝点は水平方向(X軸)に左から右へ等速で変化する。従って時間tに依存する電圧*Ｖ*(*t*)をチャンネル1または2に入力すると、鉛直方向を*Ｙ*として*Ｙ*＝*Ｖ*(*Ｘ*)の形で表示される。2つの入力を同時に表示することもできる。

　信号波形が周期的な場合は、じかん挿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、挿引の周期が信号の周期と無関係だと、挿引毎に波形の位置が一定にならず、波形が移動して見える。挿引の周期を信号の周期の整数倍にすることを同期といい、その時波形は止まって表示される。

　Ｂ．*Ｘ－Ｙ* 動作

　ＴＩＭＥ／ＤＩＶダイヤルを「*Ｘ－Ｙ*」の位置にすると、輝点はチャンネル1とチャンネル2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。

　チャンネル1とチャンネル2に別々の発振機から正弦波を入力し、両方の周波数がほぼ等しいときには、円が丸い状態から斜めの線一本になるような連続した図形が現れる。周波数の値を変えてみると、またさまざま違った図形が画面に表示される。このように見える図形をリサージュ(Lissajous)図形という。

1. 方法

　応用課題1＜RC回路の交流特性＞

　図1のようなRC回路の性質を調べてみる。

　まず、オッシロスコープ、発振機とRC回路を図1のように発振機からの入力信号はオッシロスコープのチャンネル1へ、出力信号はチャンネル2へと接続し、理論のところで書いた時間挿引によって2つの信号を同時に表示する。周波数を100(Hz)から6K(Hz)まで変化させ、振幅*Ｖ*０と位相差⊿φがどのように変化するかを観察した。

　　　　　　　　　　　　　　－図1：RC回路－

　(注)リサージュ図形による位相差⊿φの求め方

　Ｘ軸、Ｙ軸端子にそれぞれ

　　　　　Ｘ＝ａ sinωｔ

　　　　　Ｙ＝ｂ sin(ωｔ＋⊿φ)

　を入力すると、図2のようなリサージュ図形が

　得られる。図上の（０，ｃ）点はωｔ＝０また

　はπの点であるから

　　　　　ｃ＝±ｂ sin⊿φ

　　　　　∴　sin⊿φ＝±ｂ／ｃ

　となる。なお、今回の実験ではプラスマイナスの

　2種類の式のうち、プラスの式のほうを採用する

　ことにした。

　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　－図2－

　応用課題2＜音速の測定＞

　超音波送信機への入力信号と受信機の出力信号の位相差から、空気中の音速を求めることにする。使用する超音波送信機は、最も効率よく超音波を出す周波数は、40ＫHz付近であるので40ＫHzに設定した。

　まず、発振機、オッシロスコープと超音波の送信機、受信機とを図3のようにつなぐ。そして、超音波の送信機と受信機の間の距離を測れるようにものさしを置いておく。オッシロスコープで*Ｘ－Ｙ*動作をして、リサージュ図形を出す。この図形は、円から斜めの線になりまた円になるような連続した図形になる。このとき、斜めの線から斜めの線になるまでが1波長であるので、その時の送信機と受信機との長さを測り、それを繰り返していった。

　　　　　　　　　　　　　　　－図3：音速の測定－

1. 結果

応用課題1＜ＲＣ回路＞の結果

　　　　　　　－表1：周波数、振幅と位相との関係－

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 周波数(Hz) | 振幅(V) | ⊿φ | ｂ | ｃ |
| 100 | 9.0 | 3.82 | 9.0 | 0.6 |
| 200 | 9.0 | 6.38 | 9.0 | 1.0 |
| 300 | 8.8 | 10.48 | 8.8 | 1.6 |
| 400 | 8.6 | 13.45 | 8.6 | 2.0 |
| 500 | 8.4 | 16.60 | 8.4 | 2.4 |
| 600 | 8.2 | 19.97 | 8.2 | 2.8 |
| 700 | 8.0 | 23.58 | 8.0 | 3.2 |
| 800 | 7.8 | 25.84 | 7.8 | 3.4 |
| 900 | 7.6 | 28.27 | 7.6 | 3.6 |
| １K | 7.4 | 30.90 | 7.4 | 3.8 |
| 1.2K | 7.0 | 36.87 | 7.0 | 4.2 |
| 1.5K | 6.2 | 42.64 | 6.2 | 4.2 |
| 1.8K | 5.6 | 48.95 | 5.6 | 4.2 |
| ２K | 5.2 | 50.28 | 5.2 | 4.0 |
| ３K | 4.0 | 58.21 | 4.0 | 3.4 |
| ４K | 3.2 | 61.04 | 3.2 | 2.8 |
| ５K | 2.6 | 67.38 | 2.6 | 2.4 |
| ６K | 2.4 | 90.00 | 2.4 | 2.4 |

* この表の周波数、振幅と位相との関係を表すグラフはこのレポートの最後のページにつける事にする。

応用課題2＜音速の測定＞の結果

　　　　　　　－表2－

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 距離(mm) | 前との差(mm) | δi(平均との差) | δiの二乗 |
| 7.5 |  |  |  |
| 16.5 | 9.0 | 0.37 | 0.13 |
| 25.5 | 9.0 | 0.37 | 0.13 |
| 34.0 | 8.5 | -0.13 | 0.02 |
| 43.0 | 9.0 | 0.37 | 0.13 |
| 51.5 | 8.5 | -0.13 | 0.02 |
| 60.5 | 8.5 | -0.13 | 0.02 |
| 69.0 | 8.5 | -0.13 | 0.02 |
| 77.5 | 8.5 | -0.13 | 0.02 |
| 86.0 | 8.5 | -0.13 | 0.02 |
| 94.5 | 8.5 | -0.13 | 0.02 |
| 103.0 | 8.5 | -0.13 | 0.02 |
| 112.0 | 9.0 | 0.37 | 0.13 |
| 120.5 | 8.5 | -0.13 | 0.02 |
| 129.0 | 8.5 | -0.13 | 0.02 |

* 距離のところの平均二乗誤差を求めると、σｘ＝±0.06270…となるので、距離の平均は下記のように表す事ができる。

この表の距離とは、この実験の波長を表している。

したがって、波長λは、

λ＝8.633±0.063

となる。

1. 考察

オッシロスコープは、低周波のものから高周波のものを入れると、位相はずれて、振幅は小さくなっていた。

応用課題1＜ＲＣ回路＞

この実験では、オッシロスコープをＲ（抵抗）とＣ（コンデンサー）を拭くんだ回路につなぎ、ある周波数のものを流して、リサージュ図形を観察して、そこから位相を求めた。図4、図5はそれぞれ周波数と振幅の関係、周波数と位相の関係となっている。図4の方は、一定ではないが減少関数となっており、図5の方は事情の関数の曲線に近似している増加関数となっている。

応用課題2＜音速の測定＞

まず、前ページの最後のλを使って、音速を求めることにする。音速Ｖは、

Ｖ＝ｆ・λ （ｆ：周波数 λ：波長）

で表すことができるので、

Ｖ＝40×10３×(8.633±0.063)×10－3

＝345.333±2.508 (m/s)

となる。

ここで実験室の温度24.2℃ということを使って、この時の音速の理論値を出してみることにする。理論値の音速V理は、下記の式で表される。

V理＝331.5＋0.6ｔ (ｔ：温度）

＝331.5＋0.6×24.2

＝346.02 (m/s)

この結果から、上の実験値のところで求めていた誤差の中に理論値は収まっていることが分かる。これより先で誤差の起こった原因について、考えてみることにする。

誤差要因として考えられるのは、

（ⅰ）周波数のあわせ方のずれ

（ⅱ）空気のゆれ

（ⅲ）リサージュ曲線をぴったり読み取ることができなかった

（ⅳ）数値の読み違い

などである。

（ⅰ）について

２つの１ｋＨｚの電圧をかけたとき、リサージュ曲線が円にならなかった。

片方を１ｋＨｚからずらした時きれいに円になったので、どちらかの機械が微妙な部分で故障していてと推測できる。

（ⅱ）について

音速の測定のとき、リサージュ曲線がぴったりとまらなかったので、下敷きで風を起こしてみたところ、さらに曲線がゆれてしまった。また、音をたてたときも同じだった。超音波は空気中を伝わってきているので、空気の流れ、さらに音にも影響されると考えられる。

（ⅲ）について

これは、（ⅱ）で述べたことが原因の一つであると考えられる、またきちんと重なったことをしっかり人間の視覚が認識できるかどうかと考えると、それは不可能であるので、この事も誤差の生じた原因の一つであると考えられる。

（ⅳ）について

注意して読んではいたが、必ずしも影響していないとは言い切れないので

これも誤差の生じた原因の一つと考えられる。

＜オッシロスコープ使用上注意しなければいけないこと＞

* ２０MHzまでの信号に応答するのでそれ以上の信号を入れない
* 輝点を同じところに長時間表示させたままにしない(表示部が焼けてしまう)
* 輝度を強くしすぎない（上記と同じ理由）
* きちんと極を間違えないようにつなぐ

1. 感想

前に行った実験の光電効果の仕組みは、実際に世の中でも使われているが、この実験オッシロスコープは実際に世の中で使われていないと思った。この装置は、物理の実験のためにあると思うと残念に思った。

グラフ集１

 －図5－

グラフ集２

－図6－