

## 【 1 】 目的

- ・ コンデンサの構造とそのキャパシタンスの理論値の導出法を理解する。
- ・ C R回路の低域濾波器としての機能を把握する。
- ・ C R回路の周波数特性と遮断周波数の意味を理解する。
- ・ 交流ブリッジを用いたキャパシタンスの測定法を習得する。

## 【 2 】 理論

本実験では、コンデンサとして、「平行コンデンサ」を用いる。

平行コンデンサとは、1組の金属板を局番として向かえあわせた素子のことである。

コンデンサの極板 A, B の向かい合った面上に電子がたまることによって、極板間に電界が生じる。その時、極板間では、極板に垂直な方向に一樣な電界が生じている。理想的な平行コンデンサでは、極板 A にたまった電気量を  $Q$ [c]局番面積を  $S$ [m<sup>2</sup>]とすると、これから出る電気力線の本数は、ガウスの定理より  $4\pi k \frac{Q}{S}$  本である。これらが全て極板 B に入るとすると、2枚の極板上

には、正・負等量の電気が一樣に分布することとなる。よって、電界の強さを  $E$ [V/m]、2枚の極板の間隔を  $d$ [m]、極板間の電位差を  $V$ [V]とすると、 $Q$  は  $V$  に比例するという事になる。

$$Q = CV$$

$$\text{ただし、 } C = \frac{1}{4\pi k} \frac{S}{d}$$

となる。C をコンデンサの電気容量という。電気容量は極板の面積に比例し、極板の間隔に反比例する。電気容量の単位には、1V の電位差を与えたときに 1 C の電気量を蓄えるコンデンサの電気容量をとり、これを 1 [F]と定められている。

容量が  $C$ [F] のコンデンサに、 $f$ [Hz] で  $E$ [V] の交流電圧を与えたときに流れる電流の大きさは、加えた電圧の大きさに比例し、 $1/2 \pi fC$  の値に反比例しているところから、 $1/2 \pi fC$  の値は、この回路に電流が流れるのを妨げる働きを表していることがわかる。この、コンデンサの交流電流が流れるのを妨げる働きのことを「リアクタンス」と呼ぶ。リアクタンスの大きさの単位は、抵抗と同じく「 $\Omega$ （オーム）」を用いる。

リアクタンスも、電流が流れるのを妨げる働きをするという点では抵抗とにているが、抵抗は、交流の周波数が変わってもその大きさが変わらないのに対して、リアクタンスの方は、静電容量の大きさが一定であっても、これに流れる交流の周波数が変わるとリアクタンスが変わる事が抵抗と違っている。

### 【 3 】 実験事項

- ・コンデンサの製造
- ・コンデンサの端子電圧の測定
- ・交流ブリッジによる静電容量測定

## 【 4 】 実験方法

- ・ 使用機材

- ・ 万能ブリッジ

- 形式：LCR-6

- 製造：安藤電気

- S N：20910505

- 規格：1KHz

- ・ ファンクション・ジェネレーター

- 形式：FG-330

- 製造：岩崎通信機

- S N：22275066

- 規格：0.1Hz から 1MHz

- ・ シンクロスコープ

- 形式：SS-5703

- 製造：岩崎通信機

- S N：22274490

- 規格：DC-20MHz

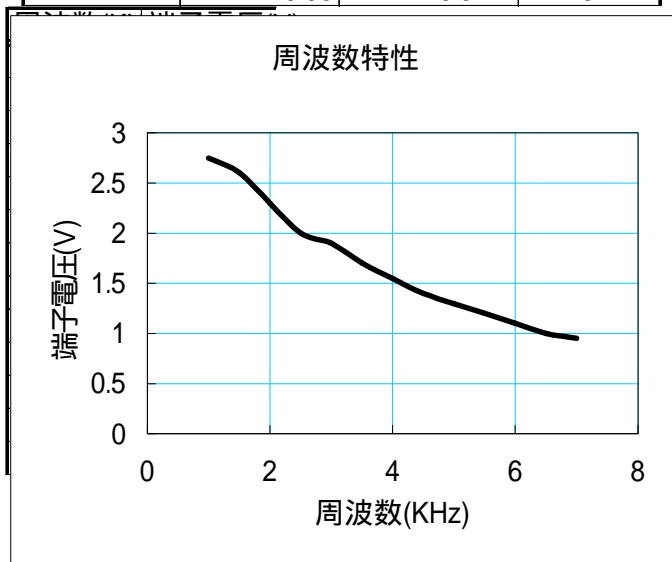
- ・ コンデンサを S G の出力端子に接続し、周波数を変化させ、コンデンサ両端の電圧を測定。

- ・ コンデンサの静電容量と誘電正接を交流ブリッジで測定。

## 【 5 】 結果

・ 端子電圧測定結果

| 周波数(KHz) | 端子電圧(V) | 電圧比(Vc/3) | 計算値   |
|----------|---------|-----------|-------|
| 1        | 2.75    | 0.917     | 0.892 |
| 1.5      | 2.6     | 0.867     | 0.796 |
| 2        | 2.3     | 0.767     | 0.702 |
| 2.5      | 2       | 0.667     | 0.619 |
| 3        | 1.9     | 0.633     | 0.549 |
| 3.5      | 1.7     | 0.567     | 0.491 |
| 4        | 1.55    | 0.517     | 0.442 |
| 4.5      | 1.4     | 0.467     | 0.401 |
| 5        | 1.3     | 0.433     | 0.367 |
| 5.5      | 1.2     | 0.400     | 0.337 |
| 6        | 1.1     | 0.367     | 0.312 |
| 6.5      | 1       | 0.333     | 0.290 |
| 7        | 0.95    | 0.317     | 0.271 |



・ 交流ブリッジによる容量測定結果

LCR 切り替えスイッチの位置 : C

レンジ切り替えダイヤル : 1 0 0 [ ]

LCR 切り替えダイヤル : 1 1 5 [ ]

tan ダイヤル : 1 0 3 [ ]

#### 直列等価回路

キャパシタンス( $C_x$ ) :  $1.15 \times 10^{-8}$  [F]

等価抵抗( $R_c$ ) : 89.56 [  $\Omega$  ]

#### 並列等価回路

キャパシタンス( $C_x$ ) :  $5.95 \times 10^{-8}$  [F]

等価抵抗( $R_c$ ) : 90.56 [  $\Omega$  ]

#### 遮断周波数

測定値より作成したグラフから読みとった遮断周波数を、キャパシタンスの理論値より求められる遮断周波数と比較した。

遮断周波数の測定値 : 1.5 [KHz]

遮断周波数の計算値 : 1.9 [KHz]

#### キャパシタンスの推定

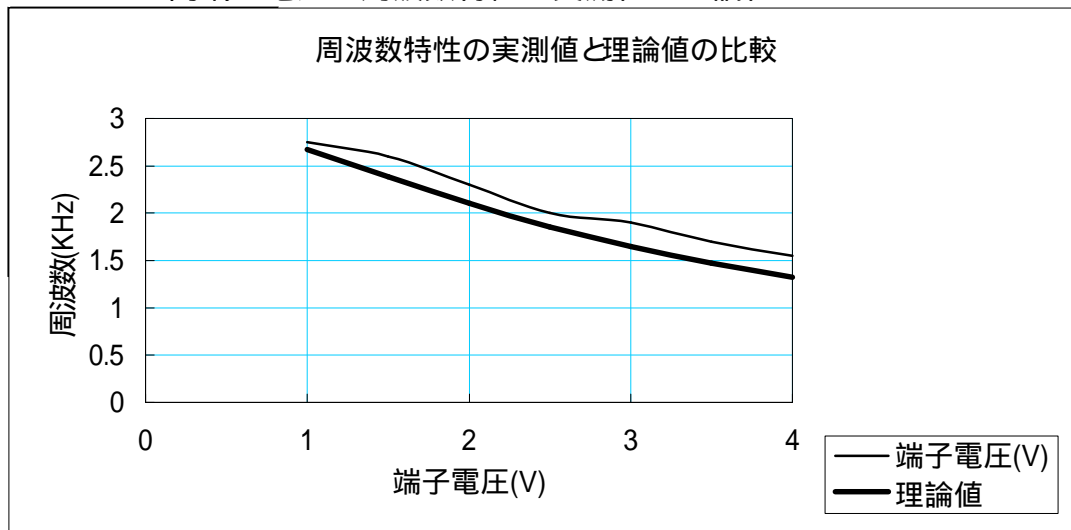
上で求めた遮断周波数の測定値からコンデンサのキャパシタンスを推定し、その理論値と比較した。

キャパシタンスの推定値 : 177 [nF]

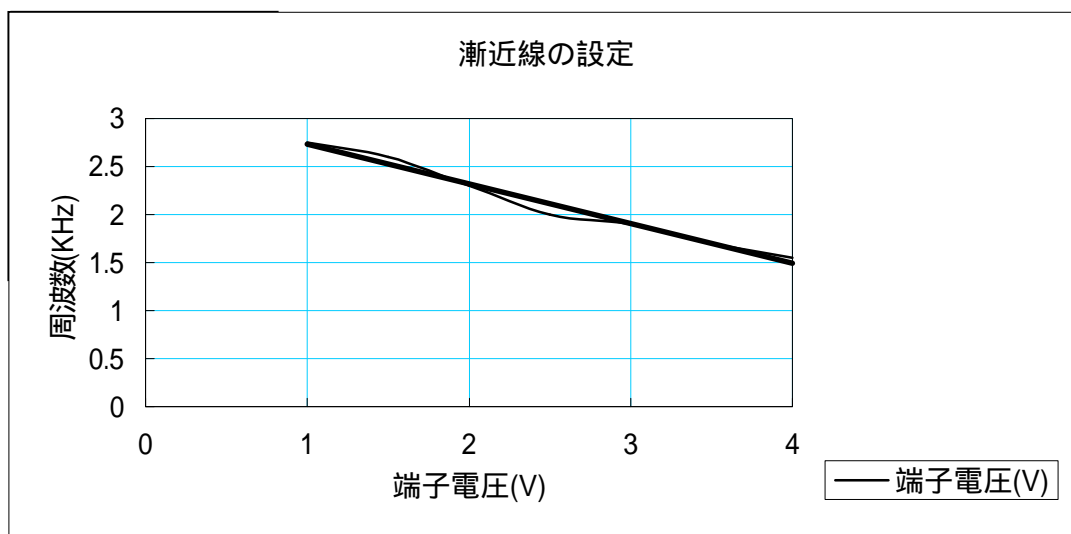
キャパシタンスの理論値 : 134.6 [nF]

## 【 6 】 検討課題

- ・ コンデンサ両端の電圧の周波数特性の実測値と理論値の差



- ・ 全体的に理論値に対して、実測値が「底上げ」の状態となっている。根本的な「誤差」が含まれているといえよう。



- ・ 太線が漸近線である。
- ・ 何故か 0.5 倍/oct にならなかった。
- ・ 考えられる原因としては、サンプリング周波数を広くとりすぎたのげ原因だとされた。

アルミホイルの間にラップではなく、空気層があるとすると、その厚さの平均は、

$$Ke \cdot E0 \cdot S / d = 1.15 \cdot 10^{-8}$$

の式に、 $Ke=1.000536$   $E0=8.854 \cdot 10^{-12}$   $S=0.125$  を代入すると、

$$d = (1.000536 \cdot 8.854 \cdot 10^{-12} \cdot 0.125) / 1.15 \cdot 10^{-8}$$

$$d = 9.63 \cdot 10^{-5}$$

と算出される。

- ・ラップも空気も両方あると考えた場合、ラップのある部分と空気のある部分それぞれが、直列接続されたコンデンサとして考えれば、空気層の厚さを算出することができる。ラップの部分を  $C1$ 、空気の部分を  $C2$  と置くと、

$$Cx = C1C2 / (C1 + C2)$$

となるので、 $C2$  は

$$C2 = CxC1 / (C1 - Cx)$$

となる。測定値  $Cx=1.15 \cdot 10^{-8}$  に対する空気の部分の容量は、

$$C2 = 1.15 \cdot 10^{-8} \cdot 14.0 \cdot 10^{-8} / \{(14.0 - 1.15)\} \cdot 10^{-8} = 1.25 \cdot 10^{-8}$$

と求められる。これを逆算して空気層を求めると、

$$d = (1.000536 \cdot 8.854 \cdot 10^{-12} \cdot 0.125) / 1.25 \cdot 10^{-8}$$

$$d = 8.85 \cdot 10^{-5}$$

となる。よって、空気層の平均的厚さは  $88.5 \mu\text{m}$  となった。

## 【 7 】 考察

- ・実験によって、コンデンサの構造及びキャパシタンスの意味を理解した。
- ・測定値と理論値の誤差の大きな原因として、巻くときに空気やほかの物体を一緒に巻いてしまっている可能性が挙げられる。その文だけ電極間の距離が離れ、また一定とならないので、キャパシタンスの実測値が理論値より小さくなっているのだと思う。
- ・4つの方法で得られた値それぞれに対する誤差は、測定回路そのものに含まれるわずかな抵抗や、測定回路自身がコイルになってしまうからだと考えられる。
- ・交流ブリッジの内蔵してある発振器が、どれだけの精度を持っているかわからなかったため、正確に「1KHz」ということにした。