

ラジオ万華鏡 静電容量測定の話

或る初夏の午後でした。何だか面白そうな話が熊沢技師の部屋から聴えて来ました。さて今日のお客さんは何時も来るメーカーの方々とは違ったお客が見えているようだ。さてどういう方かな一寸覗いて見よう。熊沢技師との話の様様ではどうも小学校の先生のようにです。もう少し詳しく聞いてみましょう。この先生は地方の或る小学校の学校放送用の受信機の保守をやっておられる方で、熱心なラジオ・アマチュアの一人です。嘗てラジオ技術講習会で顔見知の熊沢技師の所へ上京のついでに立寄り色々々と疑問を聞きに来られたのであった。

質問の内容は静電容量の測定について聴きにこられたのでした。さあ両氏の対談をお知らせしましょう。

先生 どうも御無沙汰致しました。今日は測定器についてお尋に上りました。

熊沢技師 やー久し振りですね。仲々熱心にやっておられますね、何の測定器ですか。

先 やっと交直両用のテスターだけ一丈購入して頂きましたが、ラジオの組立や修理の際、蓄電器の容量が測れないので困っていますが、何とか簡単に容量を測る工夫はないでしょうか。

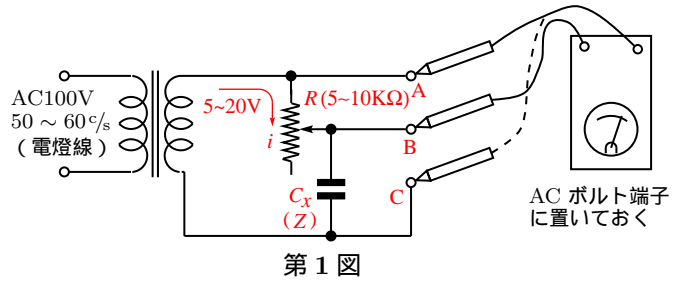
熊 蓄電器の容量を測るといっても、その容量値の大きさや確度によって簡単という訳には行きませんが、ラジオの組立や修理の際、単に容量が定格の容量とひどく違っているか、いないかを知る程度でしたら比較的簡単に測れもし、又容量計も作ることが出来ます。誤差 10 乃至 20% 以内の範囲なら楽です。

テスターの或種のものには容量計端子があって $0.10\mu\text{F}$ 乃至 $5\mu\text{F}$ 位まで、オーム計端子と同じ方法で測れるようになったものもあります。但しこの際は電源に変圧器を別に付けて 50 又は 60% の 5V 位の電圧を加えて測るようになったものもありますが、どうも貴方のお持のテスターにはその端子はないようですから、別の方法で測定する場合を先ずお教え致しましょう。先ず $0.5\mu\text{F}$ 乃至 $10\mu\text{F}$ 位までの容量を測定する場合ですと、次に述べる方法でかなり可成正確な値が得られますから、又後で述べる容量ブリッジの標準の蓄電器を作るのに役立ちます。

その方法は第 1 図に示すように抵抗器と蓄電器のリアクタンス即ち抵抗器の電気抵抗と蓄電器の交流に対する抵抗 $\frac{1}{\omega C}$ の絶対値を等しくさせて、計算から求める方法です。測定電圧は普通の電燈用 50 又は 60% の交流電圧を変圧器で 5 乃至

20V 位に降下させたものを使用します。

可変抵抗器は5乃至10K Ω 位のものを使用しますが、普通のラジオ用の音量調節に使用するもので差支えなく、若し捲線抵抗の大型のものがあれば尚好都合です。



第1図

先ず第1図のように測定しようとする未知の蓄電器と可変抵抗器(バリオーム)とを接ぎます。

電源変圧器は二次側に20V出ているものとしましょう。可変抵抗器のレバーの位置を中央部辺にして置きます。次にテスターの端子をACの50V程度の所に切替スイッチを置いて置きます。そしてテスト棒を図のBCにあてて未知の蓄電器(C_x)の両端の電圧を測り、次にこれをABにあてて可変抵抗器の両端の電圧を測ります。若しその時 R の両端の電圧が C_x の電圧より高いならば、 R の値を減じて行き、そして電圧計を C_x と R と何れに切替ても、その両端の電圧が等しくなるまで R を調節します。両方の電圧が等しくなれば次式のようなった訳です。

$$iR = iX \quad i \text{ は回路を流れる電流}$$

従って

$$R = X \quad X \text{ は未知蓄電器 } C_x \text{ のリアクタンス } (\Omega)$$

$$R \text{ は可変抵抗器の抵抗値 } (\Omega)$$

若し蓄電器が損失の少ないもの、絶縁抵抗の高いものであれば、(電解蓄電器では漏洩電流少く、且つ力率の良いもの)

$$X = \frac{1}{\omega C_x} = \frac{10^6}{2\pi f C_x (\mu\text{F})}$$

$$\pi = 3.14$$

$$f = \text{電源周波数 (50 ~ 60 c/s)}$$

$$C_x = \mu\text{F}$$

$$X = \Omega \text{ (リアクタンス)}$$

これを書き変えると

$$\begin{aligned} C_x(\mu\text{F}) &= \frac{10^6}{2\pi f X(\Omega)} \\ &= \frac{10^6}{2\pi f R(\Omega)} \end{aligned}$$

電源の周波数を入れると

$$50\text{ c/sのとき} \quad C_x(\mu\text{F}) \doteq \frac{10^6}{314R(\Omega)} \quad (1)$$

$$60\text{ c/sのとき} \quad C_x(\mu\text{F}) \doteq \frac{10^6}{377R(\Omega)} \quad (2)$$

故に C_x と R の両方の電圧が等しくなったらば、電源を切り、 C_x を取外し、 B の抵抗をテスターのオーム計端子で測定する。その時 R の値即ちオーム数を (1) 又は (2) 式に入れて計算で C_x の値が求まります。今 R の抵抗値が約 3180Ω 、その時電源周波数が 50 c/s の所であったとすると (1) 式に代入して見ると

$$C_x(\mu\text{F}) = \frac{10^6}{314 \times 3180\Omega}$$

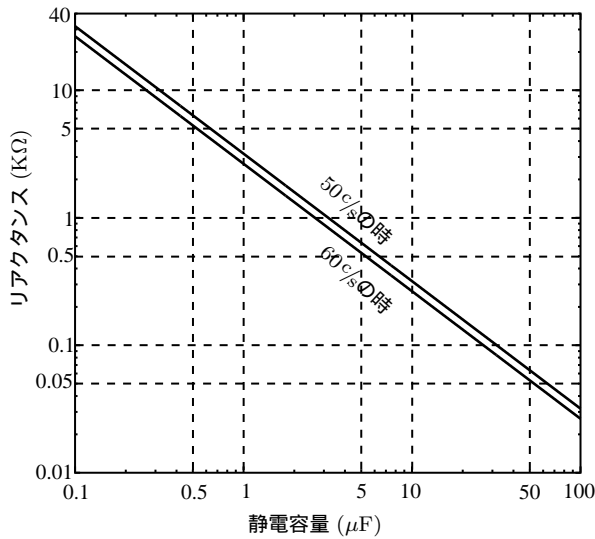
となり、 C_x は丁度 $1\mu\text{F}$ あることが解ります。

この測定に際して注意せねばならぬことは、 C_x の両端の電圧を測る際に電圧計の内部インピーダンスが少くとも C_x のリアクタンスの 10 倍以上ないと、電圧計を C_x 又は R に接続した際にその箇所のインピーダンスが著しく低下して測定値を不正確なものにします。一般にテスターの電圧計の内部インピーダンスは 10V 端子で約 $10\text{K}\Omega$ 、50V 端子では $50\text{K}\Omega$ 位の割になったものが多いので、 C_x の値としては $0.5\mu\text{F}$ 以上のものでなければ正確な値が出ないことと、電圧計端子は 50V 端子以上でないと困る訳です。従って測定電圧は 10V 以上、換言すると電源変圧器の二次端子電圧は 20V 位ないと電圧計の読^{よみ}が不正確となって来ます。

前式から想像つく様に $3\mu\text{F}$ 以上ならば、リアクタンスは 50 c/s では約 $1\text{K}\Omega$ 位になりますので 10V 端子でもよい訳です。従って測定電圧も 5V 程度 (電源変圧器は 10V 程度) あればよい訳です。

可変抵抗器の抵抗値も一々測定の都^{つど}度、抵抗値を測らなくとも抵抗器に目盛板をつけ、それに抵抗値を目盛って置くか、或は容量値を計算して、抵抗値と二重に目盛っておけば実際測定の時は便利でしょう。

冬季のように電力不足で電源周波数が低下している時は電気時計 (シンクロナスマーター使用のもの) で時間の遅れを測って、周波数の較正を行うと尚正確に



静電容量 (μF)	リアクタンス	
	(50 c/s)	(60 c/s)
0.5	6.36	5.30
1	3.18	2.65
2	1.59	1.33
3	1.06	0.883
5	0.636	0.530
10	0.318	0.265

第 2 図

なるとは思いますが、平常は周波数は非常に正確ですから、そう気にしなくてもよいでしょう。第 2 図は R の値と C_x の値の曲線ですから、この曲線を活用されれば一々計算しなくてもよい。

この方法は静電容量ばかりでなく、インダクタンスの測定にも使用できますし、電源の周波数を変えたり、電圧計に真空管電圧計等を使用すれば、もっと広範囲の静電容量が測れるばかりでなく、スピーカー・トランス等のインピーダンス、周波数特性等色々の測定に応用出来る重要な測定法です。今はテスターだけしか持っておらぬのですから、静電容量では $0.5\mu\text{F}$ 以上の容量しか、この方法では測れませんから、これで適当な蓄電器の静電容量のものをを選び、これを標準として次に述べる、静電容量ブリッジを作れば $0.001\mu\text{F}$ 程度から測定出来ます。では、次にブリッジのお話をしましょうか。貴方時間の都合は如何ですか。

先 お忙しくなければ是非話して下さい。今の所 $0.001\mu\text{F}$ 位から測れば充分ですから。

熊 ではもう少しお話ししますかね。静電容量計にも色々ありますが、その内で一番簡単なものをお話ししましょう。先ず低周波の発振器や、受話器や、比例辺抵抗器等が揃っていない訳でしょうから、先ずテスターだけで、ブリッジを作り、又測れるような方法でお話を致しましょう。材料としては先ず前回と同様な可変抵抗器が一箇是非入用です。それはラジオ用のボリュームコントロールで結構です。全抵抗は 1 乃至 $10\text{K}\Omega$ 程度のもので、出来れば $3\text{K}\Omega$ か $5\text{K}\Omega$ 位の所がよいでしょう。抵抗体は抵抗値が一様に変化するものが望ましいです。その抵抗変化

曲線は直線型でも差支さしつかえありません。又捲線型でもカーボン型でもよいですが、出来ればカーボン型で抵抗体をレバーが直接当るもので、左廻りの時と、右廻りの時に抵抗値が余り変らぬものがよいでしょう。と云うて余り神経質になる必要はありません。

先ず $3K\Omega$ のバリオームに例をとってお話をすすましましょう。測定方法は第3図の様に接続します。テスターを AC 間に接続し、AC10V 以下の所に切替スイッチを置いて置きます。 C_s には前回の測定法によって択び出された絶縁のよい $1\mu F$ の紙蓄電器を標準として接続します。次に C_x に測定したい未知容量の蓄電器を挿入します。それから電源には普通の電燈線の $50 \sim 60c/s100V$ を変圧器で約 $5 \sim 10V$ 位に低下させるようなものを接続します。

いよいよ測定に掛ります。それには R (バリオーム) を加減して見てテスターのボルト計の振が最小即ち 0V に近くなる様にします。

その時は次の式のような関係になります。と云うのは A 点及 B 点の電位が等しいので AB 間に電位差がないのでボルト計が振れない訳ですから、

$$i_1 R_1 = i_2 R_2 \quad (3)$$

$$i_1 \frac{1}{\omega C_s} = i_2 \frac{1}{\omega C_x} \quad (4)$$

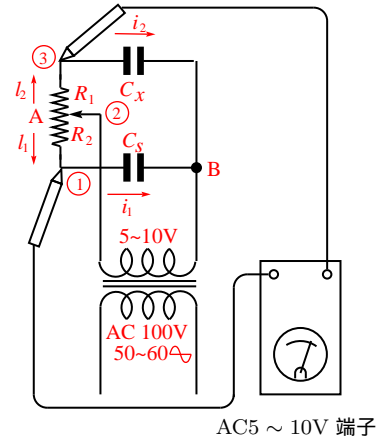
$$\frac{(3)}{(4)} \dots \dots \frac{R_2}{C_s} = \frac{R_1}{C_x} \quad \therefore C_x = C_s \frac{R_1}{R_2} \quad (5)$$

となります。従って可変抵抗器の R_1 と R_2 の値が解っているならば C_x の値は C_s に R_1 と R_2 の比の値を掛ければ求められます。今バリオームの中央端子 (2) と (1) 端子間が R_1 であるとして、これをオーム計端子で測り $1K\Omega$ あって、(2) 端子と (3) 端子間 R_2 が $2K\Omega$ あったとすれば、 C_s に $1\mu F$ のものを使用すれば C_x は (5) 式から

$$C_x = 1\mu F \times \frac{1}{2} = 0.5\mu F$$

となります。

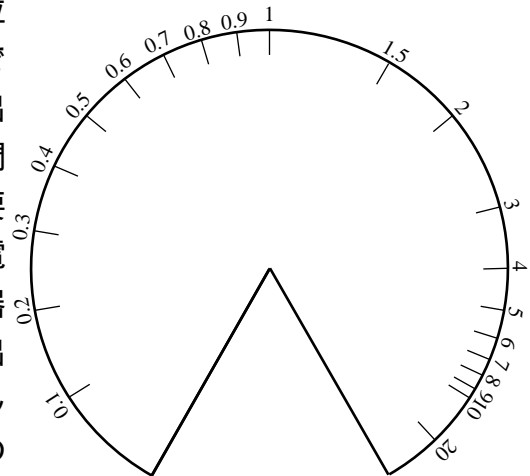
これで原理はお解りのことと思いますから、次に少し具体的にお話ししましょう。前に申したバリオームのことを比例辺と云いますが、これを何かしっかりし



第3図

たパネルに取付け、可及的大きなダイヤルを設けます。次にバリオームの中央端子と各両端子の間の抵抗をテスターのオーム計端子で測り、 R_1 と R_2 の比をそのダイヤルに目盛りします。例えば (2) 端子 (中央端子) と (1) 端子間が $1.5\text{k}\Omega$ 、(2) 端子と (3) 端子間が $1.5\text{k}\Omega$ あれば $\frac{R_1}{R_2}$ は 1 となりますから、その点のダイヤルの指示を 1 と目盛りします。次に (2)~(1) 間が $1\text{k}\Omega$ (2)~(3) 間が $2\text{k}\Omega$ の点までバリオームのレバーを廻したならば、その点は 0.5 と目盛りします。すると直線変化型のバリオームですと第 4 図の様になります。

実用上大体目盛り得る比は 0.1 から 10 位までです。これで比例辺は出来上った訳です。次にこの静電容量ブリッジの平衡検出器、即ち前にお話したように第 3 図の AB 間の電位差の最も少ない点を見つけるのに必要な計器はテスター交流電圧計の最も低い電圧端子を使用すればよいです。標準蓄電器 C_s は一番始めにお話した測定方法で選び出された $1\mu\text{F}$ のものを先ず使用します。そして今作った比例辺を使用すれば、比例辺の目盛がその儘静電容量 (μF) の値となります。即ち 0.8 の所で平衡したとすると、その値



第 4 図

は $0.8\mu\text{F}$ であることを示します。次にこのブリッジで $0.1\mu\text{F}$ の蓄電器を選べば大体 $0.01\mu\text{F}$ から $1\mu\text{F}$ まで測れますから、これで目的が達せられるわけです。

標準蓄電器としては $1\mu\text{F}$ と $0.01\mu\text{F}$ の二箇を選んで用意すれば $0.001\mu\text{F}$ から $10\mu\text{F}$ までは測定出来ますから、この二種で貴方の要求には合うでしょう。標準蓄電器としては極く絶縁の良く、且つ損失の少ないものが必要です。従って $0.01\mu\text{F}$ のものには雲母蓄電器を使用し、 $1\mu\text{F}$ のものは良質の紙蓄電器が良いでしょう。

まずこれで電解蓄電器以外のものでしたら大体一般の保守用程度には間に合うでしょう。

丁度この時所長から熊沢技師に一寸用があるから所長室まで来る様にと給仕が伝えに来ました。

熊 ではこの次に電解蓄電器の測定についてお話ししましょう。

(沼沢豊名)

PDF 化にあたって

本 PDF は、

『無線と実験』(1947年7月号)

を元に作成したものである。

PDF 化にあたり、旧漢字は新漢字に、旧仮名遣いは新仮名遣いに変更した。

ラジオ関係の古典的な書籍及び雑誌のいくつかを

ラジオ温故知新

<http://www.cam.hi-ho.ne.jp/munehiro/>

に、

ラジオの回路図を

ラジオ回路図博物館

<http://fomalhaut.web.infoseek.co.jp/radio/radio-circuit.html>

に収録してある。参考にしてほしい。