

静電容量測定器の設計製作

永 野 由 二

(教育学部 電気研究室)

Design and Construction of a Capacity Bridge

Yūji NAGANO

(Electrical Lab., Faculty of Education, Kochi University)

緒 言

電子回路の要素の一つであるコンデンサの静電容量を測定するための器具としては、測定器メーカーから市販されている万能ブリッジがある。しかし、これらは教育学部の学生等初心者にとっては、その取扱操作が複雑高級に過ぎ、測定原理の理解をやや困難としているように思われる。そこで筆者は構造、取扱が簡単で学生でも容易に製作できるものがあれば教育上有効と考えて、簡易型 Capacity Bridge を考案製作した。以下その原理、構造、精度等について述べる。

1. 原 理

Capacity Bridge の原理的な接続図を Fig. 1. に示す。図において、

R_A, R_B : 抵抗

C_x : 容量未知のコンデンサ

C_s : 標準コンデンサ

OSC: 可聴周波発振器

DET: 平衡状態の検出器 (レシーバ)

I_A, I_B, I_x, I_s はそれぞれ R_A, R_B, C_x, C_s を流れる電流

C_s, R_A, R_B の値を調整して、レシーバの音が消えたとき、すなわち Bridge が平衡したとき、DET を流れる電流は零となるから、

$$I_A = I_B, \quad I_x = I_s$$

また、 R_A と C_x における電圧降下は相等しい。 R_s と C_s においても同様であるから、 $\omega = 2\pi \times$ (周波数) として、

$$R_A I_A = I_x / (\omega C_x)$$

$$R_B I_B = I_s / (\omega C_s)$$

両式を辺々割れば、

$$C_x / C_s = R_B / R_A \quad \therefore C_x = C_s R_B / R_A \quad \dots \dots \dots (1)$$

C_s, R_B, R_A の値が既知ならば、 C_x の値を(1)式より求めることができる。また、

$$R_B / R_A = n$$

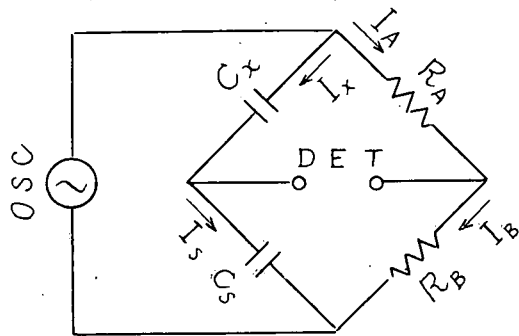


Fig. 1.

とおけば

$$C_x = nC_s \dots\dots\dots (2)$$

すなわち、 R_B と R_A との比があらかじめわかっておれば、(2)式より C_x の値を求めることができる。以後この n を Bridge の倍率という。

2. Capacity Bridge の構造について

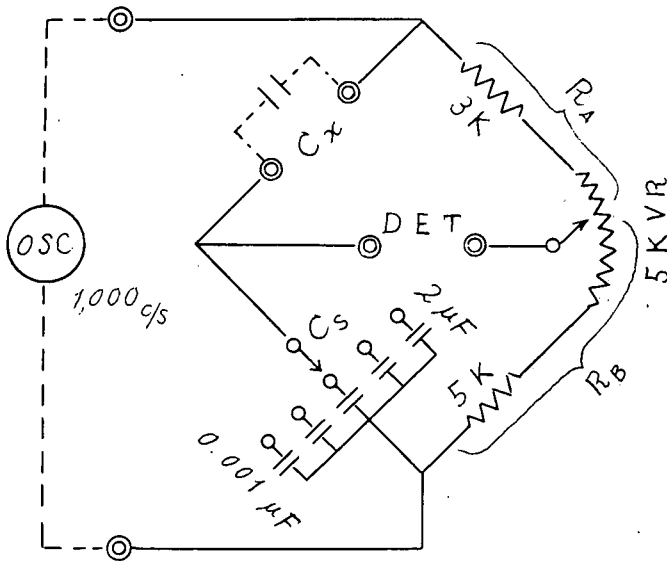


Fig. 2.

Fig. 2. 参照

R_A , R_B の値は可変にする必要があるため、5 [kΩ] の可変抵抗器 RV35 YN 型を用いた。 R_A としてはこの可変抵抗器の一部と 3 [kΩ] の固定抵抗を直列に接続したのとなっており、 R_B としては可変抵抗器の一部と、5 [kΩ] の固定抵抗を直列接続したのとなっている。3 [kΩ] と 5 [kΩ] は 1 [W] 型の炭素皮膜抵抗器である。

標準コンデンサ C_s としては、0.001 [μF] から 2 [μF] まで11個のペーパーコンデンサを用いた。その内 1 [μF] と 2 [μF] は小型とするため、

MP コンデンサ (Metalized Paper Capacitor) を使用した。 C_s の切換スイッチとしては11接点1段のロータリースwitchを使用した。

3. 倍率の n の決定

倍率 n の範囲としては0.7から3.0とした。可変抵抗器左廻し切りに近いところで0.7、右廻し切りに近いところで3.0である。このため 3 [kΩ] と 5 [kΩ] の固定抵抗器が必要であった。もしこれが無ければ n は 0 から ∞ となり平衡する範囲が狭くなり、零を検出することが困難となるであろう。 C_s を多数用意したから n の値は 3 以上、または 0.7 以下は必要を感じない。

n の値と抵抗値との関係は次のようになる。全抵抗を R_T とすると、

$$R_T = R_A + R_B$$

$$R_B / R_T = R_B / (R_A + R_B) = n / (1 + n) \dots\dots\dots (3)$$

ある n に対する可変抵抗器の廻転位置は (3) 式より算出される抵抗 R_B の位置で決められる。 n のいろいろの値に対する $n / (1 + n)$ の値を Table 1. に示す。

Table 1.

$R_B/R_A=n$	$R_B/R_T=n/(1+n)$	$R_B/R_A=n$	$R_B/R_T=n/(1+n)$
0.7	0.412	1.8	0.643
0.8	0.444	2.0	0.667
0.9	0.474	2.2	0.687
1.0	0.500	2.4	0.706
1.2	0.546	2.6	0.722
1.4	0.584	2.8	0.737
1.6	0.615	3.0	0.750

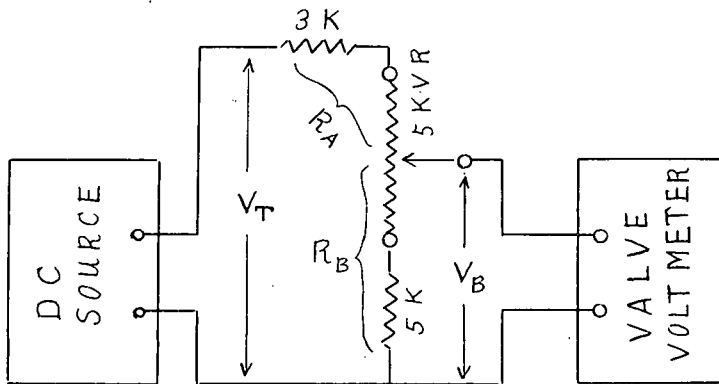


Fig. 3.

抵抗 R_B を測定する代りとして, Fig. 3. に示すような方法で n を決定した. 直流電源より $V_T=10(V)$ の電圧を全抵抗 R_T に加える. R_B に生ずる直流電圧 V_B を真空管電圧計で計る. 次の関係がある.

$$V_B/V_T = R_B/R_T \quad \therefore V_B/V_T = n/(1+n) \quad \dots\dots\dots (4)$$

すなわち, ある n に対する位置は (4) 式よりの回転位置で決められる. Table. 1. はそのまま使用できる.

4. 標準コンデンサについて

C_s としては, その公称値と真値とができる限り近いものを多数個の市販品の中より選び出したものである. 真値の測定には横河電機製万能ブリッジを用い, その結果を Table 2. の更正値の欄に記入してある.

Table 2.

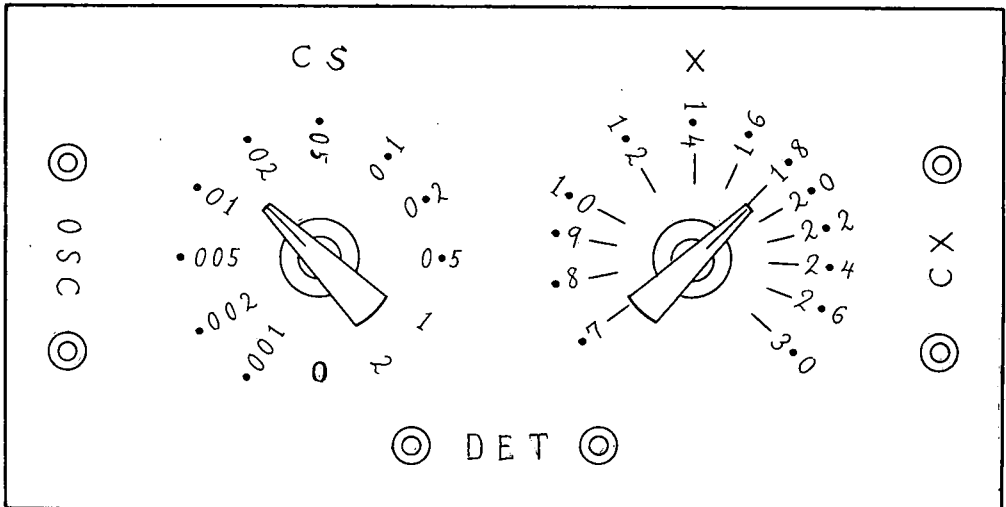
単位: (μF)

ダイヤル指示	更正値	ダイヤル指示	更正値
0.001	0.00101	0.1	0.0982
0.002	0.00203	0.2	0.1998
0.005	0.00518	0.5	0.5093
0.01	0.01014	1.0	1.0085
0.02	0.0200	2.0	2.0820
0.05	0.0489		

5. Capacity Bridge の取扱方

未知の容量を測定せんとするときは次の順序で行う. Fig. 4. 参照

- 1) 可聴周波発振器 (1000 c/s) を本器の OSC 端子に接続する.
- 2) DET 端子に受話器 (Crystal Receiver で可) を接続する. ニケ用いと測定が容易である.
- 3) CX 端子に測定せんとする容量未知のコンデンサを接続する.
- 4) 倍率用可変抵抗器のダイヤル (Fig. 4. の X) を目盛 1 の位置におく.
- 5) CS ダイヤルを右回転, または左回転して, 受話器の音が最小の位置に止める. この位置をダイヤルの目盛から読み C_s [μF] とする.
- 6) X ダイヤルをゆっくり廻して, 受話器の音が消える位置を求める. この位置を目盛から読み, n とする.
- 7) 求める容量は $C_x = nC_s$ で計算する.



OSC : 発振器接続端子
CX : 未知容量接続端子
X : 倍率器ダイヤル

DET : 検出器接続端子
CS : 標準容量ダイヤル

Fig. 4. キャパシターブリッジのパネル図

- 8) Table 2. の C_s の更正值を用いれば, 精度は更に向上する.

6. 測定例

本器を用いて, 数個の普通市販のコンデンサを測定した結果を Table 3. に示す. 試料の欄は公称容量, 測定値の欄は本器による測定値 (C_s 更正值は用いず), 真値の欄は横河万能ブリッジを用いて試料を測定した値, (これは本器の精度を調べるためであり, 普通は必要でない.) 誤差の欄は測定値と真値との差.

Table 3. が示すように, 本器による誤差率は 5% 以下であることがわかる.

Table 3.

単位: (μF)

試 公 称 容 料 量	測 定 値	真 値	誤 差	誤 差 率 %
0.001	0.00085	0.00086	-0.00001	1.2
0.002	0.00220	0.00219	0.00001	0.5
0.005	0.0060	0.0063	-0.0003	-4.8
0.01	0.0092	0.0093	-0.0001	-1.2
0.02	0.0178	0.0177	0.0001	0.6
0.05	0.0480	0.0464	0.0016	3.5
0.1	0.100	0.096	0.004	4.0
0.2	0.195	0.193	0.002	1.0
0.5	0.490	0.496	-0.006	-1.2
1	0.950	0.957	-0.007	-0.7
2	2.000	2.070	-0.070	-3.4

Table 4. に C_s ダイアル数値を Table 2. より更正して測定計算した結果を示す。これによると誤差率は2.1%以下であり、精度が向上する。

Table 4.

単位: (μF)

試 公 称 容 料 量	測 計 定 値	真 値	誤 差	誤 差 率 %
0.001	0.00086	0.00086	0.0000	0.0
0.002	0.00223	0.00219	0.00004	1.7
0.005	0.0062	0.0063	-0.0001	-1.6
0.01	0.0093	0.0093	0.0000	0.0
0.02	0.0178	0.0177	0.0001	0.6
0.05	0.0469	0.0464	0.0005	1.1
0.1	0.098	0.096	0.002	2.1
0.2	0.195	0.193	0.002	1.0
0.5	0.499	0.496	0.003	0.6
1	0.958	0.957	0.001	0.1
2	2.08	2.07	0.01	0.5

結 言

本器のダイアル数はわずか2個である。(万能ブリッジにおいては10個)したがって取扱容易である。内部結線も簡単で、ブリッジの回路が一目瞭然である。したがってブリッジの学習には好適である。

精度をよくするためには、 X ダイアルの製作(穴あけ、目盛刻印)を正確に行うことである。

また測定するとき X ダイアルの読みを正確にしなければならない。

本器の測定範囲を超えるもの(5 (μF) 以上)に対しては、別に5 (μF) 以上の標準コンデンサを用意しておけば測定可能である。

本器と類似のブリッジ、Wheatstone Bridge, Frequency Bridge も製作可能である。

参 考 文 献

Sylvan Fich and Tames*L. Potter : Theory of A-C Circuits Maruzen
YEW : BV-Z-103B 取扱説明書
酒井 洋 : ブリッジ回路, 日刊工業新聞社

(昭和41年9月12日受理)