

# pF - $\mu$ H 計 に 就 て

森 光 三

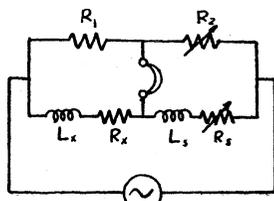
On the pF- $\mu$ H meter.

Mituzo MORI

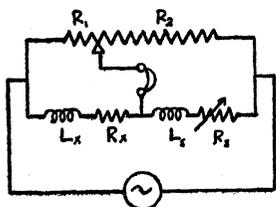
It is very difficult to measure the capacity less than 1000 pF and the inductance less than 100  $\mu$ H by the A. C. bridge. I designed the five range pF- $\mu$ H meter, whose range are following: 0-0.1 $\mu$ F, 0-1000pF, 0-100pF, 0-3.5mH and 0-130 $\mu$ H. The ranges are easily changed by a rotary switch. The principle is the utilization of the triode oscillator which has the crystal resonator between the anode and the cathode. The relation between the current through the crystal and the position of the variable condenser is measured. The relation does not show the ordinary resonance curve but takes a special form, which is very suitable for the present purpose. The effects of the temperature change and the voltage fluctuation of the A. C. source were measured, proving they are very small. The difficulties which we meet in the measurement of the small capacity and inductance will thus be overcome with this pF- $\mu$ H meter.

## 1. ブリッジに就て

抵抗の測定にはブリッジ、オーム・メーター、テスター、メガ等があり目的に応じて適当なものを選ぶことができ方法も簡単で時間を要しない。静電容量 (C) 及びインダクタンス (L) の測定は抵抗程簡単便利でない。先ずブリッジに就て。第1図は L を測定するブリッジであるが  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $L_S$ ,  $R_S$  が調整できるようになっている。 $R_1$ ,  $L_S$ ,  $R_S$  をある値に固定し  $R_2$  を加減して極小音を求め更に  $R_S$  を加減して最低音を求める。 $R_1$  及  $R_2$  に十進法の抵抗を用いて居るものではたとえ4ダイヤルであつても連続的に変える事が困難で極小音をさがすのがむずかしい場合がある。従つて第2図のように  $R_1/R_2$  の比を連続的に変えうるようにしたものは実用上第1図に比して非常に便利である。



第 1 図



第 2 図

利である。

$$R_x = R_s \frac{R_1}{R_2} = R_s n, \quad L_x = L_s \frac{R_1}{R_2} = R_s n$$

$R_1/R_2 = n$  が直読できるようになっている。然し精度は第1図の十進法抵抗を用いたものに対して劣るから3桁以上の数値が必要ならば、第1図のものによる。第2図の製品には  $n$  が  $L_s$  に誤差が多く非常に誤つた結果を与えるものがあるから注意を要する。とも角数ヘンリー以上の L の測定には第2図の方法が有利である。

## 2. 小なる静電容量及インダクタンスの測定の困難なこと

ブリッジの測定電源の周波数を1000c/sとすれば 1000pF (=1000 $\mu$ F=0.001 $\mu$ F) の静電容量のリアクタンスは

$$\frac{1}{\omega C} = \frac{10^{12}}{2\pi \times 1000 \times 1000} = \frac{10^6}{2\pi} = 159K\Omega$$

この値は大きすぎるので 1000pF 以下では測定が次第に困難となる。実用的なのは 9.01 $\mu$ F 以上であろう。

1  $\mu$ H のコイルのリアクタンスは、

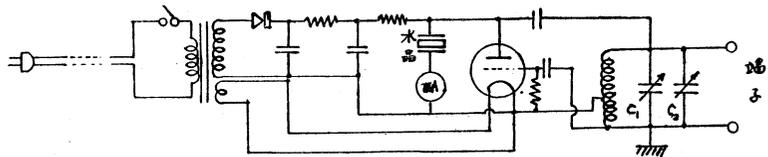
$$\omega L = 2\pi \times 1000 \times 1 \times 10^{-6} = 0.00628\Omega$$

この値は小さすぎるので 1 $\mu$ H は 1000c/s のブリッジでは測定不可能で 100 $\mu$ H 以上になつて測定が可能になる。電源周波数を 100kc に上げれば 1000pF で 1.59k $\Omega$ , 1 $\mu$ H で 0.628 $\Omega$  となり測定可能になるが受話器はそのまゝ使えないからビートで受話器を働かせねばならない。装置も複雑となり、この種の製品はない。

### 3. pF— $\mu$ H 計に就て

1000pF 以下の蓄電器の C, 100  $\mu$ H 以下のコイルの L の測定は普通では手につかぬ状態である。発振器と共振器と組み合わせて共振点から見出す方法があるが到底實用にならない。又このよきな製品もない。1000pF 以下, 100 $\mu$ H 以下の測定器で実用的なものを製作する目的で先ず水晶発振器に就て研究したが、(これは研究所, 製作所で尙使つてゐる所がある。) これは時間効果があり、ある C の値になつてから振動が成立する迄に時間を要する。従つてバリコンを回転する速さによつて値が異なるという致命的欠陥がある。次に水晶共振器を利用した測定器に移つた。これは既に製品も出ているが大型で五極真空管を利用している。筆者は普通のテスターと同じ大きさのコンパクトな携帯用の測定器を作る爲に第

3 図の回路を用いた。これは簡単な発振器の回路で陽極に水晶共振器 (100kc) と整流型の電流計を接続したものである。

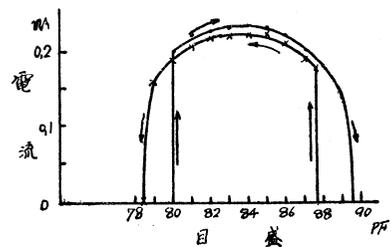


第 3 図

C<sub>1</sub> を最大とし C<sub>2</sub> を調整して (容量の大なる方から小なる方へ回す) 電流計のふれが零になる所に C<sub>2</sub> を固定する。次に測定すべき蓄電器 C<sub>x</sub> を端子に接続する。電流計をふれるようにし C<sub>1</sub> を減小して電流計のふれが零になる端の所をよむ。C<sub>1</sub> の初めの値と C<sub>1</sub> のこの値との差が C<sub>x</sub> になる。この差の目盛を施しておけば C<sub>x</sub> が直読できる。この測定器の原理は上記のような置換法に過ぎない。

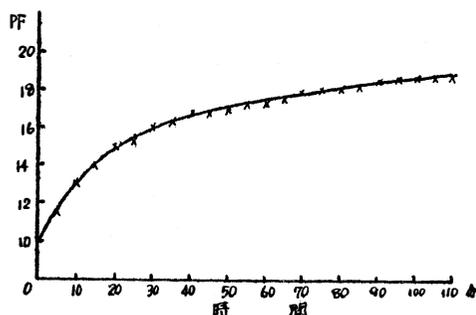
### 4. 電流計のふれとバリコンの目盛との関係

電流がバリコンのある一つの C の値に対してのみ流れるのであれば問題はないが実際は C のある範囲 (約 10pF) に対して電流が流れしかも普通の共振曲線と異り C を増加する場合と減小する場合とで曲線が異り第 4 図に示す形となる。これから電流曲線の最大をとることは不可であり、電流の流れはじめる端、電流の零になる端が四個所あるが、この中の何れによつても差支えないが、例えば C の目盛を増す場合に電流がある値から零になる所をみることにする。かようにした場合に測定の都度値が変わるようでは困るが実験の結果は変化がない。



第 4 図

## 5. 零調整の変動



第 5 図

測定の始めには  $C_1$  を目盛零のところ（実際は  $C_1$  の値最大）におき  $C_2$  にて零調整をとるのであるが電源スイッチを入れてから時間の経過と共に零調整の位置が変動する。第5図は 冬期2月の寒い頃の測定結果でスイッチを入れた直後では10分間に  $3\text{pF}$  程度 30分後では 10分間に  $3\text{pF}$  程度 30分後では 10分間に  $0.5\text{pF}$  程度変り 1時間後には殆んど変らない。従つて長時間測定を行う場合には 時々零調整をとり直すことが必要である。

## 6. 温度及び電源電圧の影響

周囲温度及び電源電圧はたえず変動しているものであるから、これらが 大きな誤差を生ずるようでは困る。先ず測定器の温度を  $4^\circ\text{C}$ — $30^\circ\text{C}$  の範囲に変え測定すべき蓄電器の温度を一定に保つた場合に次の値をえた。

温 度	$4^\circ\text{C}$	10	15	19.5	23	30
測 定 値	$990\text{pF}$	990	993	995	1000	1000

$26^\circ\text{C}$  の変化に対し 1% の程度であるから温度の影響は心配する程のことはない。

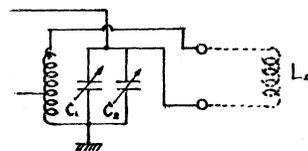
次に電源電圧を  $60\text{V}$ — $110\text{V}$  に変化して同一の蓄電器を測定した場合に次の値をえた。

電源電圧	$110\text{V}$	100	90	80	70	60
測 定 値	$996\text{pF}$	996	995	994	990	不能

電源電圧が  $60\text{V}$  に下れば発振が起らないから測定不能になるが電圧が  $60\text{V}$  に下ることは殆んどない。電圧  $40\text{V}$  の変化に対し誤差は 0.5% 程度で非常に小さく電源電圧の変動は影響がないといつてもよしい。

## 7. インダクタンスを測る為の接続

インダクタンスを測るには第6図の接続による。発振コイルに  $L_x$  を附加すれば  $C_1$  はこれに相当して減じなければならぬから  $C_1$  に  $L_x$  の目盛を施すことが出来る。零調整を行うには端子を短絡して行う。



第 6 図

## 8. 多重目盛とすること

普通のテスターが便利なのは一個の計器で数多くの測定が出来ることにある。C の単目盛だけ、C と L の二重目盛だけでは不充分である。次のような五重目盛のものを設計した。

$$C_1 \cdots \cdots 0-0.1\mu\text{F}$$

$$C_2 \cdots \cdots 0-930\text{pF}$$

$$C_3 \cdots \cdots 0-100\text{pF}$$

$L_1 \dots 0-3.5\text{mH}$

$L_2 \dots 0-130\mu\text{H}$

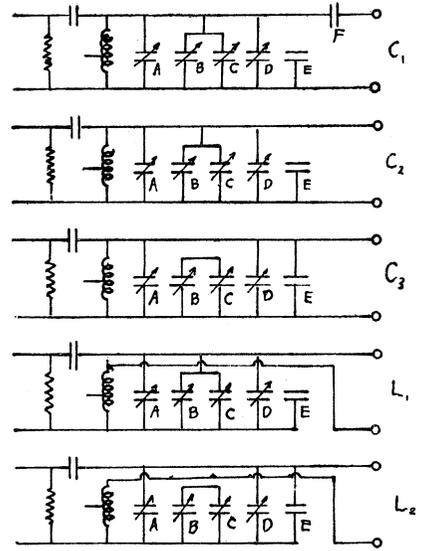
この爲には市販の三連バリコンを利用した。Cの目盛が均一でない欠点はあるが、ロースタリスイッチの切換により第7図の接続がえられるようにした。A, B, Cが三連バリコンでAは翼をぬいて100pFにしたもの、Dはミゼットバリコンで零調整用のもの、EはB+Cの容量をもつ補償用の固定コンデンサー Fは1000pF程度のものである。

9. 測定器をコンパクトにまとめること

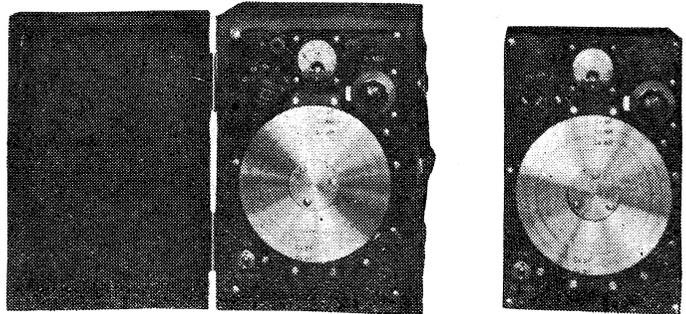
測定器が大きく据置用になつては 価値が半減する。なるべく小さく 携帯用にすることが必要である。テンターの大きさにまとめた。鉄函入で 210mm×140×117, 3kg, 木箱入で蓋付にして 227mm×157×165, 3.1kgである。第8図は出来上りの写真である。目盛は 真鍮板に彫刻してニッケルメッキを施す。視差のないようにできている。

10. ニ三の応用

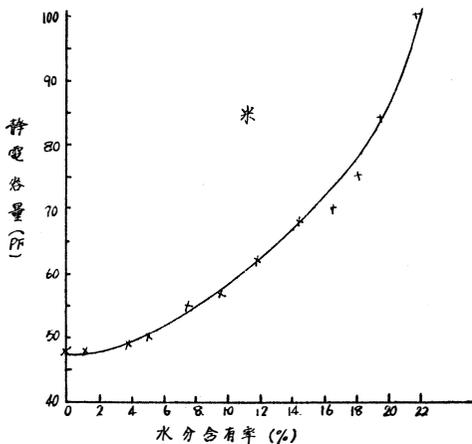
人体の静電容量, 10cmの導線の静電容量, 短波のコイルインダクタンス等が容易に測定出来る。Cの測定から穀物の水分含有率が測定できる。第9図は適当な容器に米



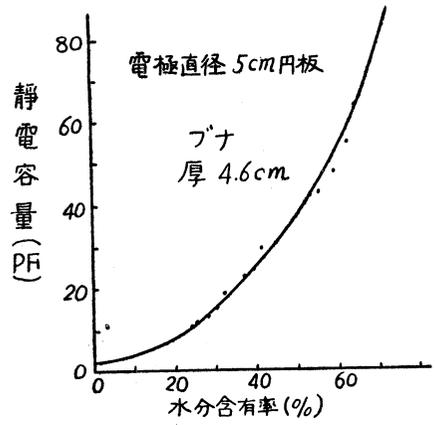
第 7 図



第 8 図



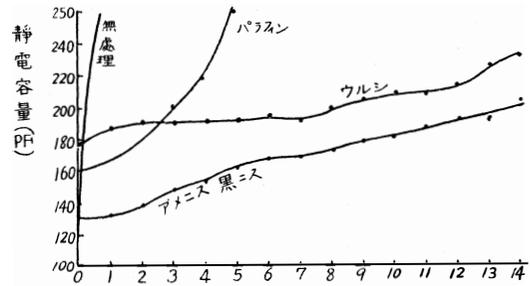
第 9 図



第 10 図

を入れ、米の水分含有率と 静電容量との関係を示したものである。第10図は適当な電極にて木材（

ブナ)をはさみ水分含有率と静電容量との関係を示したものである。第11図はシールドされた絶縁エナメル電線を湿度 100%の容器中に入れ心線とシールドとの間の静電容量が時日と共に増加する模様を示している。処理した材料によつて水分のしみ込む速さが異なることがわかる。横軸の数字は日を示す



第 11 図

## 11. 結 語

蓄電器の静電容量，コイルのインダクタンス等を 経験から大凡の値を想像するか，面倒な計算を行うことは誠に不便である。測定器によつてはつきりと値を出すことが望ましい。今までこのような便利な測定器がなかつたので 文部省科学研究費の援助により研究を行い多年に亘り希望していた測定器を作り出すことができた。C と L の大きな値に対してはブリッジ，小なる値に対してはこの pF— $\mu$ H 計があれば抵抗と同じ程度に C と L を楽に測定出来るであろう。0—10pF 或はそれ以下の小なる容量の測定器については今研究中である。

# 正 誤 表

頁	誤	正
15頁 終りから 8行目	$\Omega^2=24.27$	$\Omega_1^2=24.27$
15頁 終りから 7行目	$\Omega^2=0.1728$	$\Omega_5^2=0.1728$
18頁 13行目	摺動抵抗	摺動抵抗
24頁 12行目	ような	ような
25頁 5行目	の位置	の位置
26頁 12行目	テスター	テスター
33頁 題を含めて10行目	about	about
40頁 表を除き1行目	硝子光沢	硝子状光沢
41頁 表中13の10列目	普有	普通
42頁 表を除き1行目	190°C 5 min	190°C, 5 min.
42頁 表を除き9行目	200kg/dm <sup>3</sup>	200kg/cm <sup>3</sup>
43頁 第1図縦軸上部	kg/cm	kg/cm <sup>3</sup>
45頁 題を含めて5行目	Jigokudani	Zigokudani
49頁 下から4行目	3. From Figure 3,	3. From Figure 2,
53頁 Exp. No. 14	0.391	0.361
100頁 下から2行目	不確実さる	不確実さを
102頁 8行目	4 におて	4 において
102頁 下から11行目	有効経	有効径
最終頁CONTENTS 8行目	Elctric Conductivity	Electric Conductivity
〃 〃	Water	Water
〃 9行目	Instantaneus	Instantaneous
〃 24行目	Electro-depostiion	Electro-deposition
〃 28行目	(Part1)	(Part 1)