

シーメンス社製電力用測定器および測定装置

その1 シーメンス万能-容量-および損失角測定ブリッジ

技術部 技術課 山本 広三郎

技術部 技術課 宮森 重二

Siemens Measuring Equipments for Electric Power Services

Part 1. Siemens Universal Capacity (C) and Loss-Angle (tg δ)

Measuring Bridge

By Hirosaburō Yamamoto and Shigeji Miyamori

(Technical Div., Technical Dep't.)

Synopsis

This article covers the principle, characteristics, applications, and experimental results of the new type Siemens universal capacity and loss-angle measuring bridge which has recently been imported from Germany for use in our laboratory of the technical department.

I. 緒言

電気材料の良否、電気機器の絶縁状態を判断するために、従来メガーによる絶縁抵抗試験と規定電圧による絶縁耐力試験とがおこなわれてきたが、前者のみでは不完全であり後者は時により供試物を損傷する恐れがある。

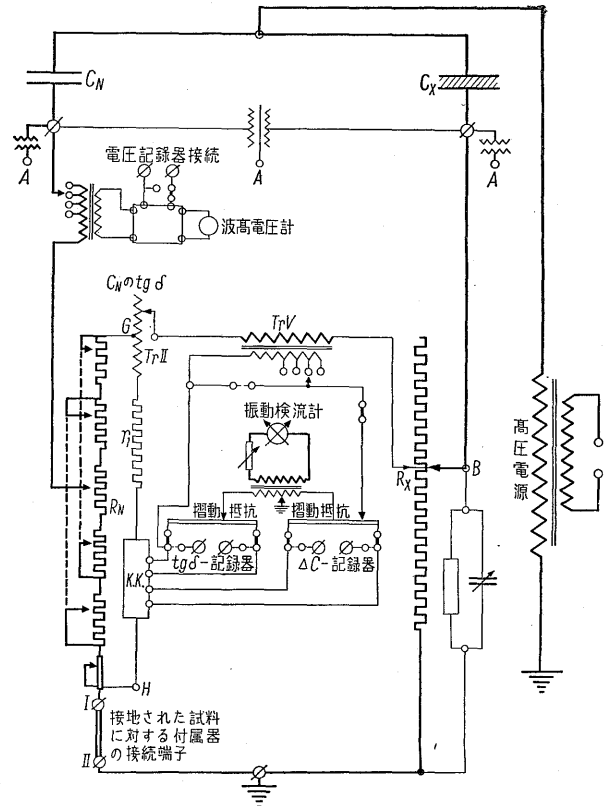
しかるに戦前よりドイツにおいて絶縁材料の誘電体特性試験および電気機器の絶縁状態判断法に対し、損失角 (tg δ) 測定ブリッジが発展しており当社技術部実験室においても最近この信頼ある測定器を備付け、tg δ の測定の完璧を期した。以下これについて原理、特長、用途、構造等について御紹介申しあげることにする。

II. 原理

第1図は本器の標準回路図である。原理としては周知のシェリングブリッジより発展したもので、従来のシェリングブリッジにおいては検出器回路中に電圧が存在しないように平衡がおこなわれ、その際の平衡条件は次の通りである。

$$C_x = C_N \frac{R_N}{R_x} \quad \text{および} \quad \text{tg } \delta = R_N \omega C_P$$

かように容量の平衡は R_x の変化によっておこない、他方試料の損失角は固定抵抗 R_N と、これに並列に接続した可変コンデンサ C_P の調整によっておこなう。この平衡条件から測定すべき容量は計算により与えられ、損失角はシェリングブリッジにおいても C_P が損失角の%で



第1図 測定ブリッジの回路図
Fig. 1. Circuit diagram of the bridge

目盛ってあれば直読し得ることになる。かかるブリッジの特長は、つねに平衡状態においてはブリッジ検出回路中に電位差が存在しないという事実である。所で新型ブ

リッジの基本原理としては同様に試料コンデンサ C_X 、比較用標準コンデンサ C_N および 2 個のブリッジ抵抗 R_N および R_X を有するシェリング接続を用いる。また簡単なブリッジ抵抗 R_N の代りに R_N は電流分割器として利用され、コンデンサ電流 i_N の一部 (最大 2%) を複素電位差計 $K.K.$ に分流させる。G 点にはチョークコイル T_{rII} が接続され、その一部は検出用変成器 T_{rV} と直列に検出器回路中に挿入され、他の部分は r_r と直列に電位差計 $K.K.$ の回路に接続される。電位差計回路 (G および H 間) は移相差を生じないように補償してある。チョークコイル T_{rII} の第 1 巻線部分には多くのタップが設けてあり、標準コンデンサに損失がある場合でもこのタップで調整することにより測定に誤差を生じない。

i_K と i_N の比は R_N の調整に比例する。

C_X および C_N のインピーダンスが大きいため、電流 i_X および i_N は R_X 、 R_N に影響されないことを考慮すると、本接続に対する平衡条件は次のごとく極く簡単に得られる。

$$i_N \cdot R_N \cdot K_1 + i_N \cdot R_N \cdot K_2 (\alpha - j\beta) = i_X \cdot R_X$$

ここで K_1 および K_2 は接続の定数、 α および $j\beta$ は複素電位差計の調整を表わす。

さらに $G_X = \frac{1}{R_X}$ として

$$i_X : i_N = (G_X + i\omega C_X) : (j\omega C_N)$$

ゆえに下記の関係が得られる

$$1) C_X = C_N \cdot \frac{R_N}{R_X} (K_1 + \alpha K_2)$$

$$2) \text{tg } \delta = G_X : \omega C_X = (\beta \cdot K_2) : (K_1 + \alpha K_2)$$

III. 特長および用途

本器は一般のシェリングブリッジに見られない種々の特長をもっている。すなわち

- a) 測定範囲が極めて広い。使用電圧は 100 V から 500 kV、試料の容量は 5 P.F. から 100 μ .F. の範囲にわたる。
- b) 標準コンデンサの損失を補償できる。標準コンデンサは無損失である必要はなく、一定の損失角をもつものなら $12 \times 10^{-4}(\text{tg } \delta)$ の損失まで簡便に補正できる。
- c) 損失角 ($\text{tg } \delta$)、容量 (C_X)、容量変化 (ΔC) が直読でき、 C_X は普通のシェリングブリッジのごとく計算を要しない。
- d) $\text{tg } \delta$ 、 ΔC の長時間記録が可能である。本器を付属の記録計と連動することにより供試物の $\text{tg } \delta$ 、 C_X の

時間変化 (ΔC) が記録され、したがって供試物の温度、電圧特性、吸湿による絶縁劣化等の測定に極めて便利である。

- e) 接地機器がそのままの状態での測定できる。シェリングブリッジでは特別の工夫を要するが、本器は接地用付属器を計器左端の端子に接続すれば接地機器を高電圧で測定できる。
- f) 保護装置が完全である。供試物が破壊事故を起した場合、回路素子は直ちに短絡保護され、電源変圧器は自動的に遮断されるようになっていて極めて安全である。
- g) 波高電圧を指示する電圧計を内蔵する。印加電圧を監視しながら測定できるゆえ、確実な測定ができる。
- h) その他可搬式になっており、コンパクトな構造と相まって現場の測定保守に便利である。

次に用途としては電気機器用絶縁材料、変圧器、発電機、変流器、套管、ケーブル片等あらゆる電気機械器具について測定できる。

IV. 測定範囲、精度および標準コンデンサ

- a) C_X , $\text{tg } \delta$, ΔC の測定範囲は第 1 表のごとくである。

第 1 表 C_X , $\text{tg } \delta$, ΔC の測定範囲

Table. 1. Measuring extent of C_X , $\text{tg } \delta$ and ΔC

C_X	5 P.F. ~ 100 μ .F.					
$\text{tg } \delta$	1 %	2 %	5 %	10 %	20 %	100 %
ΔC	$\pm 0.5 \%$	$\pm 1 \%$	$\pm 2.5 \%$	$\pm 5 \%$	$\pm 10 \%$	$\pm 50 \%$

ただし 測定精度

$$C_X : \pm 1 \%$$

$$\text{tg } \delta : \pm 1 \% \text{ (最大感度において } \pm 0.01 \%)$$

$$\Delta C : \pm 2 \% \text{ (最大感度において } \pm 0.01 \%)$$

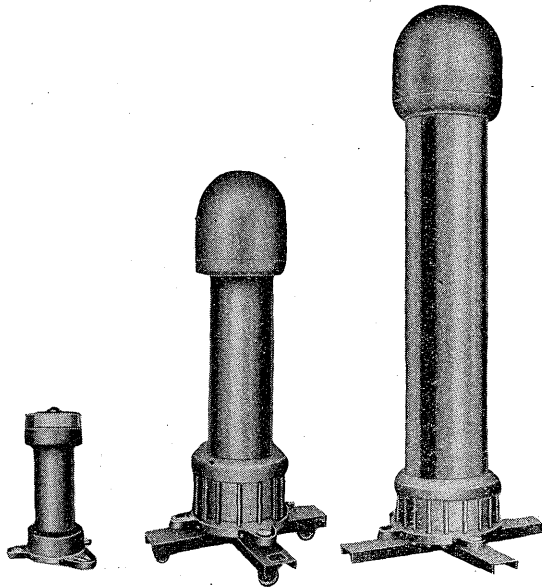
- b) 供試物の容量、電圧により標準コンデンサは第 2 表のごとく選択する。

第 2 表 標準コンデンサの選択

Table. 2. Selection of standard condenser

使用標準コンデンサの使用範囲	印加電圧範囲	試料の容量の範囲
500kV—50PF	20~500kV	5 PF~1 μ F
250kV—100PF	10—250kV	5 PF~2 μ F
120kV—100PF	10~120kV	5 PF~2 μ F
20kV—2,000PF	1~20kV	50 PF~40 μ F
2kV—50,000PF	100~2,000 V	1,000 PF~100 μ F

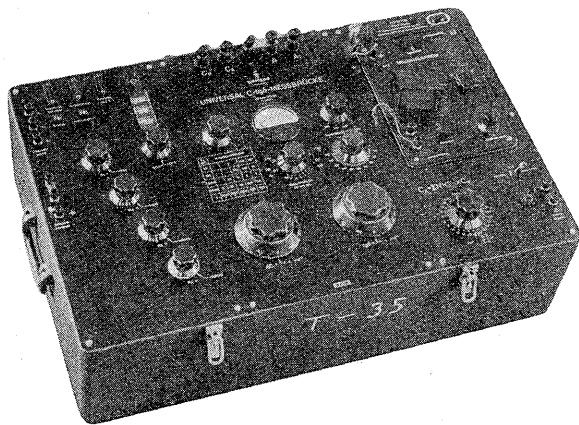
500 kV, 250 kV, 120 kV, 用コンデンサは高压窒素ガスが入っていて第 2 図はその外観である。



第2図 圧縮ガス入無損失コンデンサ
使用電圧 120kV 250kV, 500kV,
Fig. 2. Pressure gas filled low loss condenser
working voltage 120kV 250kV, 500kV,

V. 構造

ブリッジは蓋の付いた黒色の鉄箱、大きき800×500×300mmにすべて収められ、重さ約30kgで、第3図はその蓋を取り去り使用状態にした所である。



第3図 シーメンス万能—容量—および損失角測定ブリッジ
Fig. 3. Siemens universal-C-tg δ measuring bridge

主なるものは右に交流振動検流計、同下に容量測定範囲切換スイッチ、中央上に試料、標準コンデンサ、接地接続端子、印加電圧指示計器および同範囲切換スイッチ、導線部分容量除去用スイッチ、同下に $tg \delta$, ΔC に対するダイヤル型摺動抵抗および同範囲切換スイッチがあり、次に左には容量測定用3調整ダイヤル型抵抗および1調整ダイヤル型摺動抵抗、標準コンデンサの $tg \delta$ 調整用タップ付チョークコイル等がある。

VI. 使用実績

本器を用いて測定した結果の1例は次の通りである。

- a) 変圧器 3相, 50 \sim , 12.6kV/3.45kV 6,000kVA
温度 66 $^{\circ}$ C $C_N=103.2$ P.F.

第3表 測定結果
Table 3. Measuring results

印加電圧 (kV)	$tg \delta$ (%)	C_x (P.F.)
3	1.1	9,985
6	1.07	9,553
8	1.04	8,957
12	1.01	9,051

- b) 変圧器 単相, 50 \sim , 30kV/6.95kV 2,000kVA
温度 40 $^{\circ}$ C $C_N=103.2$ P.F.

第4表 測定結果
Table 4. Measuring results

印加電圧 (kV)	$tg \delta$ (%)	C_x (P.F.)
5	1.5	3,121
10	1.39	3,075
20	1.33	3,058
30	1.30	3,060

- c) 変圧器 単相 50 \sim , 69.5kV/2.2kV 10,000kVA
温度 33 $^{\circ}$ C $C_N=103.2$ P.F.

第5表 測定結果
Table 5. Measuring results

印加電圧 (kV)	$tg \delta$ (%)	C_x (P.F.)
5	1.9	3,980
10	1.89	3,538
20	1.87	3,415
30	1.87	3,649

以上のごとき測定をなすに当り、従来の測定器に比べ測定機器が一つの箱にコンパクトに収められているため、準備の簡易さ、新型交流振動検流計による調整の易しさおよび $tg \delta$, C_x , ΔC の直読のできること等非常に正確迅速に測定ができた。

VII. 結 言

以上で本器の紹介を終るわけであるが、本器はわが国で初めて当実験室が輸入備付けたもので、未だ日浅いがすでに関西電力株式会社、中部電力株式会社等から御注文をいただいている。1台の本器を備付けることは高圧機器の設計製作、保安上および高圧絶縁材料の研究製作上不可欠のものとする。最後に本器の使用上適當なる忠言をもって終始御援助された当社材料研究所第一課井関氏に深謝の意を表する。



*本誌に記載されている会社名および製品名は、それぞれの会社が所有する
商標または登録商標である場合があります。