

第九章 電気測定器

第一節 電流及電圧の測定器

§ 107 電流計及電圧計の概要

電流を測る装置を電流計(Ammeter)といひ、電圧を測る計器を電圧計(Voltmeter)といふ。或る抵抗 R の両端に任意の電圧 V を加へれば抵抗中に流れる電流は

$$I = \frac{V}{R}$$

であつて、 R を一定とすれば抵抗を流れる電流と、この両端に加えた電圧とは比例する。故に電圧を計るにはこれに依つて或る抵抗中に流れる電流を計ればよい。かく電圧計の原理は電流計と全く同じであるから兩者を一括して説明する。

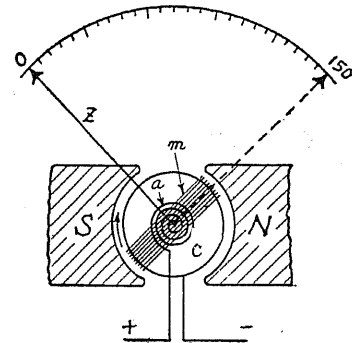
直流の電圧計及電流計は殆んど可動線輪型 (§ 108 イ) のみであつて、交流用のものは配電盤用の如き普通品に可動鐵片型 (§ 108 ロ) が多く用ゐられ、高級品には電流計型 (§ 108 ハ) が用ゐられる。

上述の交流電圧及電流計も周波數が大となると誤差が大となるから熱線型 (§ 108 ニ) 其他の特殊計器を用ゐる必要がある。

§ 108 各種電圧計及電流計の原理

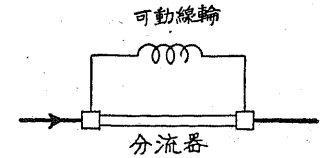
イ 可動線輪型

此の型は第 168 圖に示す如く永久磁石 N 、 S 及鐵心 C との空隙に於ける一様な磁場内に可動線輪 m を置いたものである。線輪に測るべき直流を流すと電流に比例する廻轉力を受け、軸に取付けられた渦巻狀發條 a の力に打勝つて或る角度だけ廻り、電流を指示するものである。



第 168 圖

前述の線輪に流し得る電流は通常 1—12 ミリアムペア位であるから、大なる電流を測るには第 169 圖に示す分流器(Shunt) と稱する抵抗を用ひ、電流の大部分は分流器を通し電流計には規定の弱電流を通じて使用する。15 アムペア位



第 169 圖

迄のものでは分流器を計器内に内蔵してあるが、其以上のものでは獨立分流器を、50 A 用、100 A 用等種々作つて置き計器の端子に接続して使用する。これを外藏分流器(External Shunt) と言ふ。

此の型の計器は特別精密級、精密級及普通級に區別され、其の許容誤差は夫々 $\pm 0.4\%$ 、 $\pm 1.0\%$ 、 $\pm 2.5\%$ で携帯用計器は精密級に作られ、配電盤用計器は普通級である。

電圧計として使用する場合は内藏或は外藏の直列抵抗を用ふれば宜しいので、外藏の場合にはこれを倍率器(Multiplier) と云ふ。例へば 0.01 アムペアで最大指示をする電流計を 150 V 用にするには全抵抗が 15,000 オームになる様に直列抵抗を定めてある。

此型で感度を非常によくした計器を檢流計(Galvanometer) と云ふ。

ロ 可動鐵片型

鐵板又は鐵棒がソレノイド内に吸引せられる型と固定鐵片と可動鐵片との反撥力を利用したものとある。

此型は鐵のヒステリシスに依る指示誤差を忍べば直流にも利用される。

ハ 電流計型

此型は可動コイルが固定コイルとの間の電磁力に依つて廻轉するもので、要部を成層鐵板で圍んで外界磁氣の影響を遮斷してあるから前者よりは精密で、精密級の交流電圧計、電流計、電力計等に用ひられ、尙直流にも使用し得る。

* 電圧計及電流計にては固定線輪と可動線輪とが直列になつてゐるが、電力計にては異なる。

ニ 熱線型

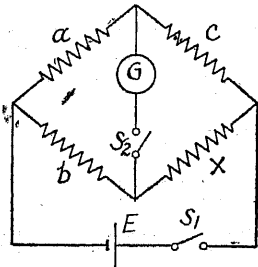
白金、イリジウム線に通る交流の熱作用で、線が膨脹した量に依つて指示する計器で、インダクタンスが小さいから高周波用に使用される。然し作動電流が多いから電流計には宜しいが電圧計には不適當である。

第二節 抵抗測定器

§ 103 抵抗測定器

イ ホキートストンブリッジ (Wheatstone Bridge)

第 170 圖の接続にて S_1 を閉じて回路に電流を流し、 S_2 を閉ぢれば検流計は whichever 一方に振れる。 a, b, c の値を種々に變化し検流計が少しも振れないところを求めれば、未知抵抗 X は次式で求められる。



第 170 圖

$$X = c \times \frac{b}{a}$$

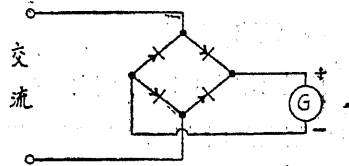
通常製作されるもの使用範囲は 0.1 オーム ~ 10 萬オームである。

使用する場合にはスイッチ S_1 を閉じてから S_2 を閉ぢ、又止める時は S_2 を開いてから S_1 を開く必要がある。感度が悪い時に電池電圧 E を増し過ぎると抵抗線を焼損する可能性があるから E は普通は 6 ヴォルト以下で使ふ。

ロ コーラウシユブリッジ (Kohlransch Bridge)

第 170 圖で直流電源の代わりに交流電源を用いたものをコーラウシユ電橋と云ふ。

此の場合の G 代りには電圧感度の宜しい受話器 (抵抗の少ないもの) を用ふるが、尙第 171 圖の様にラジオの磁石検波器を四個使つて交流を直流に直し直流検流計を使ふと非



第 171 圖

常に鋭敏に測定出来る。液體抵抗や接地抵抗は常にこれ等の方法により交流式に

て測る。

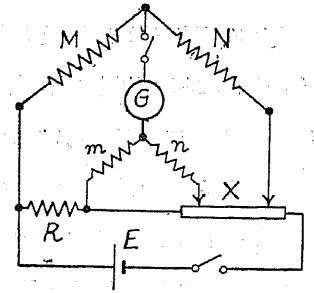
§ 110 低抵抗測定

イ ダブルブリッジ (Double Bridge)

低抵抗 (例へば 0.0001 オーム程度に於ても) を最も正確に比較測定を行ふにはケルヴィン型ダブルブリッジ (第 172 圖) に及ぶものはない。

$$\frac{M}{N} = \frac{m}{n} = \frac{R}{X}$$

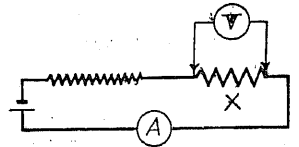
から X を求める。



第 172 圖

ロ 電圧降下法

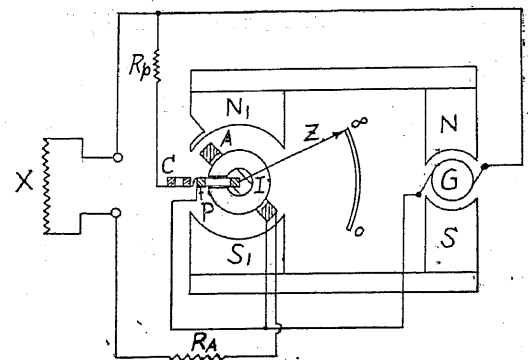
0.01 オーム前後の抵抗を簡易に且かなり正確に測定するには次の第 173 圖に示す電圧計電流計法がある。此の場合に 45 ミリヴォルト程度の精密級電圧計を使用し、 X に通る電流が大であれば誤差を 0.1 % 以下にし得る。その他、軌條ボン



第 173 圖

§ 111 高抵抗測定器

高抵抗を直接指示せしめるものに第 174 圖のメツガー (Megger) がある。これは永久磁石の磁場内にある發電子を手で廻して發生した直流により可動線輪を動かすもので、 A なる電流線輪と P なる電圧線輪とがあり、 P に C なる補助線輪が附屬して居る。



第 174 圖

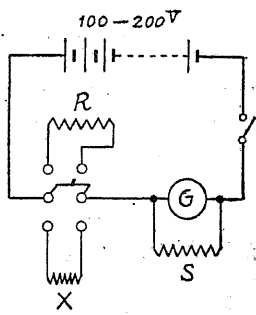
測るべき抵抗が零に近い時は A は時計式に廻はらうとし P は反時計式に廻は

らうとして指針位置が零附近で力が釣合つて静止する。又抵抗無限大の時は A に流れる電流が零で P 及 C 線輪のみの力に依つて左廻りし、圖の位置即ち鐵心 I の切れて居る位置に来て静止する。發生電壓は 250

V、500 V、1000 V 等があつて電壓に應じ最高メグオームを普通は 50、100、200 メグオームに定めてある。

ホキートストーン電橋とメツガーとを合併したものをブリツヂメツガー (Bridge-Megger) と云ふ。

正確に高抵抗を測るには第 175 圖の様に標準高抵抗 R を回路に入れた時の検流計の振れと X の場合の振れとを比較して定める。



第 175 圖

第三節 電力及電力量の測定器

§ 112 電力の測定

イ 直流電力の測定

直流電力を測定するには電圧計及電流計の読みより計算に依つて行ふ方法と、電力計 (Wattmeter) にて直接測る方法とがある。

電流計

及び電圧

計に依る

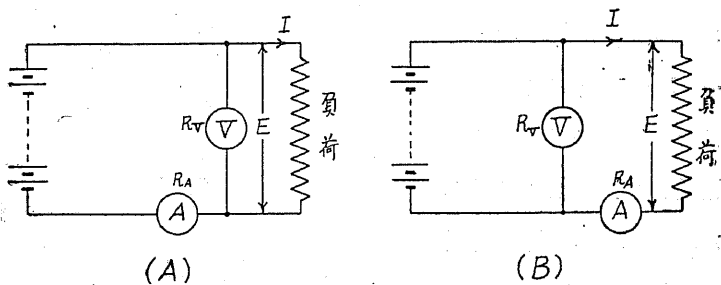
方法では

第 176 圖

(A) 又は

(B) の接

續にて測



第 176 圖

* 1,000,000, オーム

られる。

(A) 接続;

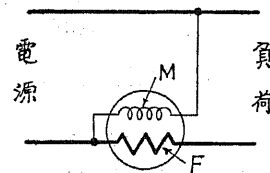
$$\begin{aligned} (\text{電圧計読み}) \times (\text{電流計読み}) &= E \times \left(I + \frac{E}{R_v} \right) \\ &= EI + \frac{E^2}{R_v} = \text{電力} + (\text{電圧計内の損失}) \end{aligned}$$

(B) 接続;

$$\begin{aligned} (\text{電流計読み}) \times (\text{電圧計読み}) &= I \times (E + IR_A) \\ &= EI + I^2 R_A = \text{電力} + (\text{電流計内の損失}) \end{aligned}$$

大なる電力を計る場合にはいづれの方法にしても計器内の損失は無視し得るから電流計及電圧計の読みの積にて電力を表はすことが出来る。精密を要する場合には使用接続に従ひ、電圧計又は電流計の抵抗からそれ等の損失を求めて上式に依つて校正すればよい。

電力計にて測定する場合は第 177 圖に従つて電流線輪及電圧線輪を誤りなく結べば計器の読みにて直ちに電力を知ることが出来る。電力計には通常測定範囲を廣くする爲に電流電圧共に幾個かのタップがあるから兩者を適當に選ばなければならない。



第 177 圖

□ 単相交流電力の測定

E 及 I を夫々交流電圧及電流の實効値とし、力率を $\cos \theta$ とすれば電力 P は

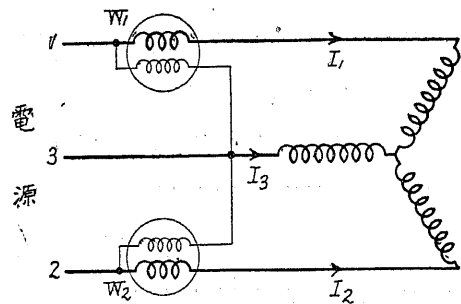
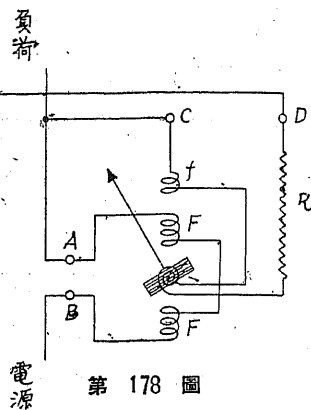
$$P = EI \cos \theta$$

にて表はされる。故に直流の場合と同じやうに電流計及電圧計より電力を求めんとすれば、別に力率計を備える必要があつて、不便でもあり、不正確でもあるから多くは電力計にて直接測定する。電力計の接続法は直流の場合と同様である。

ハ 電力計

電力計として最も廣く用られるものは第 178 圖に示す如く固定電流線輪 F

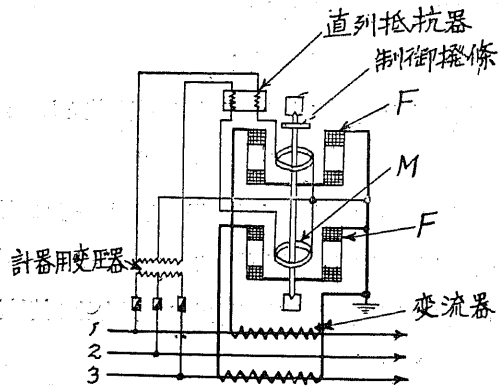
と可動電圧線輪 M とより成る電流計型であつて、その原理は各瞬時に F 線輪に流れる電流と M 線輪に流れる電圧に比例する電流との相乗積に比例する廻轉力を生ずるものであつて、これは交流に使用する場合に於ても第 29 圖に説明した理に依つて電力を表はすことが判る。即ち交流の場合には各瞬時に電力が脈動してゐるが、計器はその平均値を指示する。



三相電力を測る場合には第 179 圖の如く電力計二個を接続し、兩者の讀みの和をとればよい。電力計一個にて三相電力を讀むには第 180 圖の如く同一軸に二つの单相電力計を組合せたものを使用すればよい。

第 179 圖

特別の場合として、三相の負荷が變動しない場合には第 181 圖の如く電力計一個を用ゐる切換開閉器 $S_1 S_2$ にて電圧線輪を切り換えて讀み、兩者を加へ合せばよい。



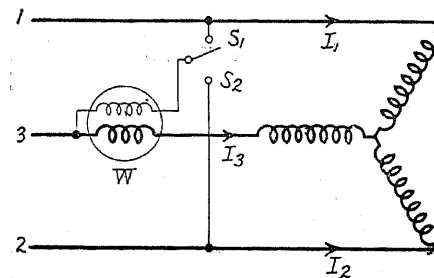
第 180 圖

§ 113 積算電力計

或る時間内の電力と時間と

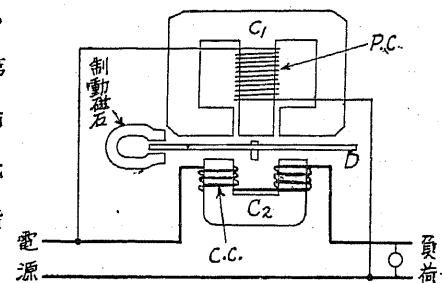
の相乗積を積算する計器を積算電力計 (Watt-Hour Meter or Integrating Watt meter) といふ。

直流用積算電力計には整流子電動機型と水銀電動機型とがあつて、孰れも電圧及電流の積に比例する速度にて廻轉する一種の電動機にて、軸に取付けられたウォーム齒車に依つて目盛を



第 181 圖

廻して行く。交流用として用ゐられるものは殆んど總て誘導型であつて、第 182 圖に示す如く電流線輪及電圧線輪を有し、各瞬時の電流及電圧の積に比例する速度にて廻轉し、時間と共に指示を進めて行くものである。



第 182 圖