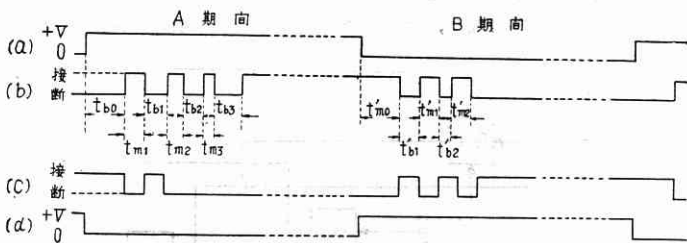


継電器接点振動測定装置

森 脇 義 雄

1. 試作の目的

電話交換機には多数の継電器が使用されていて、信号電流に応じて電気接点を開閉しているのであるが、可動部分の構造や材料の処理が不適當であったり、調整が満足に行われていなかったりすると、衝突振動のために無用の開閉を起すことがしばしばある。この信号電流に対応しない無用の接点开閉をチャタ (chatter) というが、このチャタのために誤動作を生じたり、接点が早く消耗して継電器の寿命を短くするなど、種々有害な影響があるので、できるだけチャタを少なくすることが望ましい。



第 1 図 継電器駆動電圧と接点の振動

そのためにはまずどんな性質のチャタが起っているかを知る必要がある。

チャタの測定法としては、継電器を周期的な電流で駆動しておき、接点間を通過する光を光電管で受けてブラウン管上に接点の変位を表示させる方法や、ストロボで接点の振動状態を観察する方法など、いろいろの工夫があるが、チャタは毎回同じ状態で起るとは限らないし、短時間のものはこれらの方法ではほとんど測定にかかってこない。しかし接点の寿命を短くする点では、継続時間の短いチャタが継続時間の長いものとは同様に有害である以上、その発生回数を知ることは重要な問題である。そこで発生しているチャタを 0.1 ms (ms=ミリセカンド=10⁻³秒) の単位で分類して発生回数を測定することができる装置を作ることになり、でき上がったのがここに述べる継電器接点振動測定装置である。

第 1 図についてチャタの発生状態をもうすこし詳しく考えてみよう。この図は時間を横軸にして (a) 継電器のコイルに加える電圧、(b) メーク接点の振動状況、(c) ブレーク接点の振動状況、(d) (a) と反対の変化をする電圧を示したもので

ある。コイルに電圧を加えてから t_{b0} なる時間を経てメーク接点は一度閉じるが、 t_{m1} なる時間後にはね返って接点が開き、さらに t_{b1} 後に閉じ、これを何回か繰返して最終の閉じた状態に落ち着く。コイルの電流を切ると、 t_{m0}' 後にまず接点が開くが、 t_{b1}' 後には再び閉じ、何回か開閉を繰返した後、最終の開いた状態になる。最初に接点が開じまたは開くまでの時間 t_{b0} または t_{m0}' をそれぞれ動作時間または復旧時間ということにする。 t_{m1} 、 t_{m1}' 等はチャタのメーク時間、 t_{b1} 、 t_{b1}' 等はチャタのブレーク時間である。ブレーク接点についても同様のことがいえる。継電器を繰返して動作させたとき、動作時間は毎回多少異なる値をとるし、最終状態に落ち着くまでのチャタの回数も一定でなく、メーク時間およびブレーク時間も長短いろいろの値をとるが、これらの時間がどのような分布をなしているかを求めるのが本装置の目的である。

2. 装置の構成

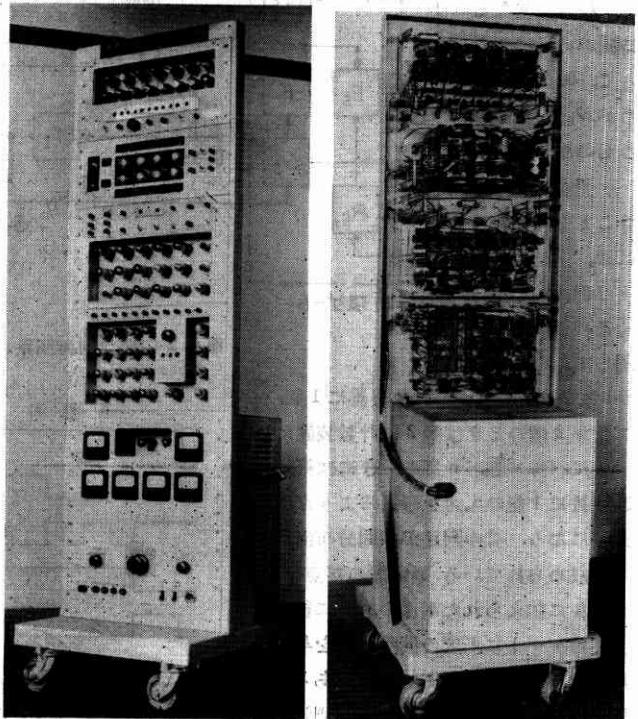


写真 1

写真 2

写真1は本装置を斜め前方から見たもの、写真2は斜め後方から見たもので、高さ165cmの標準測定器架に取めてある。パネルは5部に分れ、上方から時限ゲート、計数装置、制御、時間分布測定、各パネルおよび電源部である。写真からわかるように、各パネルの真空管のソケットは少し引込んだ別のパネルに取り付けてあるが、これはスイッチの操作や端子への接続のじゃまにならないようにするために、熱の放散を妨げないように、真空管の部分にはカバーを付けないこととした。次節の説明でわかるように、機能上からはこれと異なる順序にパネルを排列したいところであるが、計数装置パネルを眼の高さにもってくるためにこのような排列にしたのである。

動作時間、復旧時間、チャタのマークまたはブレイク時間等を0.1msの単位で測定するには、測定しようとする時間だけ開いているゲート（ゲートとはこれに加える制御電圧を変化することにより信号を通したり止めたりするもので、スイッチとは反対に、信号を伝達する状態にあるとき開いているという）に10kcの一定繰返し周波数のパルスを加えて、その出力側に出てくるパルスの数を計数装置で数えればよい。しかし、ここで問題となっているように、長さの異なる時間がいくつもあると、0.1msのものが N_1 回、0.2msのものが N_2 回、……発生したということを知るためには、上述のゲートの出力側に出てくるパルス数を判別して、パルス数

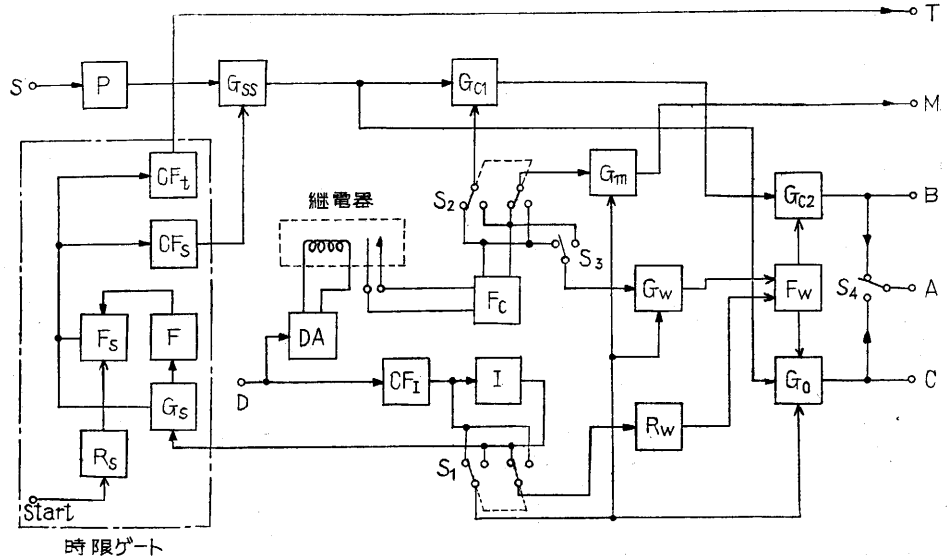
が1個のときは第1の計数装置に1個、パルス数が2個のときは第2の計数装置に1個、一般にパルス数が n 個のときは第 n の計数装置に1個の入力を与えるような回路が必要になる。この回路が時間分布測定パネルに取められている。継電器の接点の開閉、コイルに加えられた電圧の有無に従って、上述のゲートに所要の開閉特性を与える回路を取めたものが制御パネルである。継電器を駆動した回数は駆動電源の周波数（10ないし100サイクル程度）と測定時間とが

正確にわかれば計算することができるわけであるが、両者を正確に測定することはかなり繁雑であるし、一定回数だけ駆動する間に発生するチャタを測定することができれば時間と手数の節約にもなって便利である。 2^{10} 、 2^8 、または 2^2 回駆動する間だけについて測定が自動的に行われるようにする回路を時限ゲートパネルに取めてある。

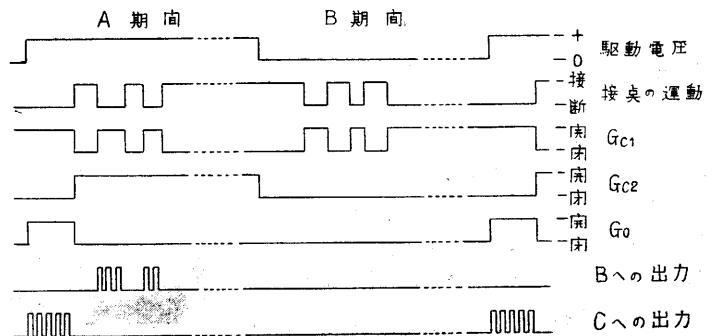
3. ゲート回路

第2図にゲート回路の構成を示してある。継電器のコイルに加える電圧は第1図(d)のように反対の変化をするのもゲートの制御に必要なので、反転回路Iでこれを作り、スイッチ S_1 で切り換えられるようにしてある。すなわちコイルに電圧を加えてある期間（以下A期間と称する）に発生するチャタを測定するときには S_1 を左に、コイルに電圧を加えてない期間（B期間）に発生するチャタを測定するときには S_1 を右に置くのである。

端子Sから入る10kc（これを変えれば時間測定の単位が変わる）の正弦波電圧は波形成形回路Pでく形波電圧となり、ゲート G_{ss} （後述）を通過してゲート G_{c1}



第2図 制御回路および時限ゲート回路構成図



第3図 接点の運動とゲートの開閉状態

よび G_0 に加えられる。 G_{c1} は継電器の接点の開閉に応じて開閉するゲートである。 G_0 は接点が最初にメークまたはブレイクするまで開いていて、以後閉じるゲートで、 G_{c2} はこれと反対の開閉状態になるゲートである。第 1 図の接点の開閉状態とゲート G_{c1} 、 G_{c2} 、 G_0 の開閉状態とを対応させると第 3 図のようになる（この図はメーク接点の動作時間と A 期間におけるブレイク時間を測定する場合について書いてある）。これから G_{c1} および G_{c2} を直列に通過できる時間は A 期間中で接点が開いている時間から最初の動作時間を除いたものであり、 G_0 を通過できる時間は動作時間と一致していることがわかる。

G_{c1} を制御するのはフリップフロップ F_c である。これは左方のグリッド抵抗を大きくした不平衡型の回路で、この抵抗に並列に接点を入れてあるから、接点が開けば左方の三極管はオン、右方はオフとなり、接点が開れば反対になる。したがって、左方のプレート電位は接点が開くと低く、接点が開くと高くなり、右方のプレート電位はこれと反対の変化をするから、ブレイク時間を測るには右方のプレート電位でゲートを制御すればよい。すなわち S_2 はメーク接点の動作時間、ブレイク接点の復旧時間、またはチャタのブレイク時間を測るときは右に、メーク接点の復旧時間、ブレイク接点の動作時間、またはチャタのメーク時間を測るときは左に置くのである。

G_{c2} および G_0 を制御するフリップフロップ F_w は次のように制御される。継電器接点の開閉に応じて反転するフリップフロップ F_c の一方のプレート電位の変化を微分して得られる正パルスをゲート G_w に加え、その出力側に得られる負パルスを F_w の常時オフになっている三極管のプレートに加えて反転させる。接点の最初の開閉により F_w が反転した後は G_w から繰返して負パルスを加えられても F_w はそのままの状態であるが、継電器のコイルに加えられた電圧がなくなると、その変化を微分して R_w で増幅して得られる負パルスを F_w の反対側のプレートに加えてリセットする。 G_{c2} の開閉状態は F_w の状態に対応しているが、 G_0 はさらに継電器のコイルに加えられた電圧による制御も受けるので、その開通期間は第 3 図に示すように動作（または復旧）時間だけとなる。

ゲート G_m 、 G_w 、 G_0 は継電器のコイルに加える電圧で制御されるが、 S_1 を左に置けば A 期間のみ、 S_1 を右に置けば B 期間のみ開通するようにできる。 F_w をリセットするパルスは測定すべき期間の終りで出す必要があるから、 S_1 により同時に切り換えるようになっている。

G_s 、 F 、 F_s 、 R_s 、 CF_s 、 G_{st} 、 CF_t は継電

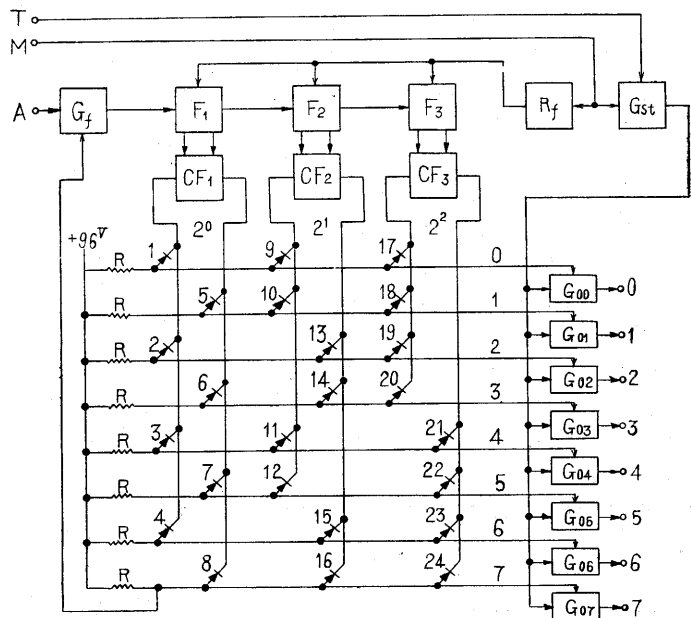
器を駆動する電圧の一定回数 (2^0 、 2^1 、 または 2^n) の間だけ測定を行うようにするための回路で、駆動電圧をゲート G_s を通じて 10 段のフリップフロップ F （これは 9 段、 8 段にも切り換えられる）に加え、その出力によりフリップフロップ F_s を反転させてゲート G_{ss} および G_s を閉じて測定を終る。測定を再開するには start のスイッチにより R_s でパルスを作り F_s をリセットして、 G_{ss} および G_s を開けばよい。カソードフォロア CF_t は時間分布測定回路（第 4 図）のゲート G_{st} の開閉を行うためのものである。

ゲート G_m は各チャタの終了時にパルスを発生して、時間分布測定回路の計数ゲートに加えるためのもので、 A 期間または B 期間の中で測定を行う期間のみ開通するように、継電器を駆動する電圧を S_1 により切り換えて加え制御するようになっている。

ゲート回路は上述のような構成になっているから、 P でく形波に成形された 10 kc のパルスはチャタが起っているときにはその時間に対応する数の群をなして端子 B から、また動作時間あるいは復旧時間に対応するパルス群が端子 C から出てくることになる。端子 A には両者の一方をスイッチ S_4 で切り換えて取り出せるようにしてある。

4. 時間分布測定回路（第 4 図）

上述のゲート回路の A には継電器の動作時間、チャタのとき接点が開いている時間等に比例した数のパルス群が引続いて出てくる。 1 群のパルスの数が n 個である回数を計数することが目的であるが、そのためにはまずこのパルス群を第 4 図の 3 段のフリップフロップ F_1 、 F_2 、



第 4 図 時間分布測定回路構成図

F_3 に加えて記憶させる。たとえば繰返し周波数10kcの計時パルスを用いているときには、長さ0.3msのメーク時間に対応して3個の計時パルスの1群がAから G_f を通して F_1 に加わる。このとき3個のパルスにより F_1 、 F_2 は反転し、 F_3 は反転しない状態にある。この状態をカソードフォロアー CF_1 、 CF_2 、 CF_3 を通じてマトリクスゲートに伝える。

各フリップフロップは平常は左側の三極管のプレートが高電位、右側が低電位になっており、入来パルスにより反転すれば、反対に左側が低電位、右側が高電位になる。カソードフォロアー CF_1 等のカソードの電位もこれと同様に上下し、高電位のときは125V、低電位のときは59Vになる。そこで図のようにマトリクスを構成しておけば、横列の3個のゲルマニウム・ダイオードの右側がいずれも高電位になっている場合だけ、その線は左端に加えてある96Vの電位になるが、一つでも低電位のものがあれば、左端に加えてある96Vの電位は抵抗 R の右端で59Vまで降下し、その線の電位は59Vになる。たとえば3個の入来パルスにより F_1 、 F_2 のみが反転すれば、 D_6 、 D_{14} 、 D_{20} の陰極側はいずれも高電位になるから、③の線は高電位に保たれ、他の7本の線は陰極側が低電位になっているダイオードが1個以上あるために低電位になる。

このように入来パルスの数に相当する線のみが高電位になるから、これで $G_{00} \sim G_{07}$ なる8個のゲートを制御し、入来パルス列が終ったところでゲートに1個のパルスを加えれば、 n 個のパルス列がAにはいるごとに G_{0n} の出力側に1個のパルスを生ずるから、これを計数装置により計数すれば、 n 個のパルス列を生じた回数、したがって上例のように10kcの計時パルスを用いたときは $(0.1 \times n)$ msのメーク時間を生じた回数を求めることができるのである。

n 個のパルス列が終るたびごとにMから1個のパルスがはいてくるが、これは測定時間(たとえば継電器のコイルに 2^{10} 回だけ駆動電圧を加える間)中だけ開いているゲート G_{st} を通して出力ゲート $G_{00} \sim G_{07}$ に加えられると共に、遅延用単安定マルチバイブレータ R_f により一定時間後にパルスを発生して、フリップフロップ $F_1 \sim F_3$ をリセットする。

この装置ではフリップフロップ $F_1 \sim F_3$ は3個しかないから、8個以上のパルス群がAにはいると、 F_1 等の状態は $n-8$ 個のパルス群のときと同じになって区別できなくなるから、入来パルスが7個になって、マトリクスゲートの⑦の線の電位が上がったとき、ゲート G_f を閉じて、8番目以後のパルスによって F_1 が反転しないようにしてある。したがって

G_{07} の出力は7個以上のパルス群の総数を与えることになる。

第2図および第4図の回路に出てくるゲートはすべて正の信号パルスを加えて負のパルスを取り出すようになっているから、二つの相続くゲートの間にはパルスの極性を反転する回路を入れてあるが、これは構成図には省略してある。

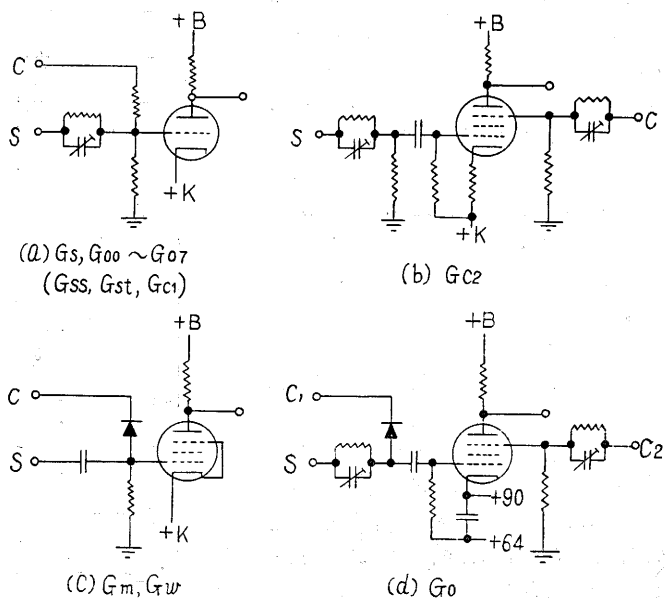
5. 計数装置

計数装置は計数放電管4段および電話用度数計で 10^8 まで計数指示し得るもの2組を計数装置パネルに取めてある。時間分布測定回路の出力端子は0ないし7の8個あるから、計数装置も8組欲しいのであるが、経費と空間の関係で2組に止め、これを切り換えて使用するようにしたのである。

6. ゲートの説明

第2図および第4図の回路には各種のゲートを使用しているが、おもなものについてやや詳しく説明してみよう。

使用しているゲートの中で G_0 のみは制御電圧が二つあるが、他はすべて制御電圧が一つである。後者の中で第2図の G_s と第4図の $G_{00} \sim G_{07}$ には三極管を用いて、制御グリッドに第5図(a)のように信号電圧をSに、制御電圧をCに加えた、 G_{ss} 、 G_{st} 、 G_{c1} はこの回路の三極管の代りに五極管を用いただけである。 G_{c2} は第3グリッドの目が細かくて制御特性のよい6AS6の第1グリッドに信号電圧を、第3グリッドに制御電圧を加えるようにした(第5図(b))。 G_m と G_w は G_0 と共に継電器を駆動する電圧で制御されるので、相互の干渉を避けるために第5図(c)のようにゲルマニウム・ダイオードを経て



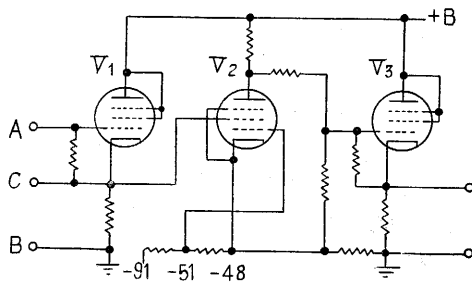
第5図 ゲートの回路

制御電圧を加えるようにした。信号電圧は制御電圧より高い部分がクリップされるから、制御電圧が高いときだけ出力を生ずる。G₀は6A56を用いて第5図(d)のようにさらに第3グリッドに第2の制御電圧を加えてある。

以上の回路で直列抵抗に並列に入れてある小容量は過渡特性を改善するためのものである。カソードの正電位は定電圧放電管で直接に、またはこれを抵抗で分割して与えた。

7. 電圧反転回路

本装置では0と+48Vとの間を変化するく形波電圧を与えられて、A期間とB期間で全く反対の変化をするく形波電圧を得る回路として、第6図のようなものを使用した。カソードフォロアーV₁のカソードには8Vと56Vの間を変化する電圧を生ずるが、これをV₂の第2グリッドに加え、その出力電圧を分割してカソードフォロアーV₃に加えると、そのカソードの電位は56Vと8Vの間を変化し、C点とD点は正確に反対の電位をとるから、これをゲートの制御に利用するのである。



第 6 図 電圧反転回路

本装置では継電器を6V6(第2図のDA)のプレート回路に入れ、そのグリッドに前記の0と48Vの間を変化するく形波電圧の一部を加えるようにした。これは実際の使用状態で継電器の両端に生ずる電圧は波形が乱れているので、制御電圧を簡単に得るためにこのような方法をとったのであったが、後にやはりこれでは不都合な場合もあることがわかったので、継電器の両端の電圧から制御電圧を作る回路を別に考案した。その詳細は紙面の都合で省略する。

8. 動作時間・復旧時間の測定

以上の説明では便宜上第2図のSに加える周波数を10kcとしてきたが、本装置では計数装置に計数放電管を用いているので、計時周波数の最高限は約20kcである。しかし動作時間や復旧時間は数msから数十msのものが多いから、その測定には数kcないし数百サイクルを用いなければならない。その周波数は発振器が正確に校正されていればそれからわかるし、またG_{ss}の出力を計数装置に加えて、ストップウォッチにより一定時間中のパルス数を測定して求めることもできる。

動作時間・復旧時間は比較的ばらつきが少ないから、制御パネルのS₄を第2図のC側に、S₁, S₂, S₃を適当な位置に置き、時間分布測定パネルの7および6の端子に計数装置を接続し、発振器の周波数を変化して、両計数装置に指示を生ずるようにすればよい。継電器をm回駆動する間に7の計数がn、6の計数がm-nであったとすれば、発振器の周波数をfとすると、動作または復旧時間の平均値は次式から求められる。

$$T_0 = \frac{7n + 6(m-n)}{mf}$$

9. チャタの測定

チャタを測定するときには制御パネルのS₄をB側に、S₁, S₂, S₃は測定すべきチャタがA期間かB期間か、メーク接点かブレイク接点か、メークしている時間かブレイクしている時間かによって適当な位置に置く(8通りの組合せがある)。発振器の周波数を適当にして、時間分布測定パネルの0~7の出力端子に計数装置を切り換えたとき、なるべく大きい端子に出力が現われるようにする。計数装置を適当な2個の端子に接続して測定を行い、次に他の端子に移して必要なだけ繰り返す。毎回の測定で継電器の状態が著しく変化していないことを確認したいときには、一方の計数装置を一つの端子に固定しておけばよい。第n端子にN個の出力が記録されれば、測定時間中に(n±1/2)/fなる長さのチャタがN回発生したことがわかる(細かくいえば多少違ってくるが、大きな誤りはない)。7の端子には8以上のものも出てくるが、発振器の周波数を下げて測定すれば分離できる。0の端子に多くの計数があれば、発振器の周波数を上げて分離することができる。

10. むすび

継電器の接点の好ましからぬ振動を測定するために、接点振動のメーク、ブレイク時間を任意の時間を単位として分類して、その発生回数を計数する装置を試作したので、ここにその概要を報告した。二、三の継電器について動作・復旧時間、チャタのメーク時間、ブレイク時間の分布を測定し、ほぼ満足すべき結果を得たが、測定結果については一切省略する。

この装置はパルス回路を精密測定へ応用した一例であるが、パルス回路は最近非常に発達してきているので、他の方法では不可能な測定がパルス回路の応用により可能となる場合が少なくないと思われる。

本装置は日立製作所戸塚工場の依頼により試作したもので、関係各位のご好意に深謝する。また試作および調整の実際に当たった高崎沛美氏(現在日本電気株式会社勤務)にも謝意を表したい。(1957.6.27)