

日立記録計器

伊藤謙三* 河井陽一**

Hitachi Recording Instruments

By Kenzo Ito and Yōichi Kawai
Taga Works, Hitachi, Ltd.

Abstract

The demand on recording instruments is growing especially of late, not only at power stations and substations but also at industrial manufacturing factories. Coping with this trend the electronic self-balancing recorder is showing a rapid progress accelerated partly by the advance of electron tubes and the theory of servomechanism.

Electronic self-balancing recorders are essentially a type of servomechanism. The limit of its application is rapidly extending because of its inherent advantages, such as the high accuracy, good response, large torque by the balancing motor, and availability in workshop subjected to dust, moisture, vibration, etc.

The recording instruments are divided in general into the deflection type recorders and the self-balancing type recorders. Hitachi, Ltd. which has been supplying a large number of deflection type recorders for more than thirty years, has launched recently in the manufacture of various types of the electronic self-balancing recorders, Type TVK, TVQ, Q₆, etc. These recorders are displaying their splendid efficiency in the recording of either electric quantities such as voltage, current, power, frequency, etc. or physical and chemical quantities such as temperature, flow, liquid level, pH, CO%, etc., thereby contributing to chemical, iron and steel, foodstuff, paper manufacturing, and many other industries.

In this paper, the writers discuss the general construction of recorders and their divisions, and introduce the Hitachi recording instruments with detailed descriptions of their construction and features.

In the end, the writers touch briefly the prospects of these recording meters.

〔I〕 緒 言

生産企業の合理化はまず実体を正しく把握することから始まるといわれる。そのための道具として各種の電気計測器を取付け、その指示によつて現場の生産状況を監視することが必要である。しかし時々刻々の瞬時値を知ればことたりる場合もあるが、その読みを記録するのでは断片的とならざるをえず、突発的に起る最大値、最小値、あるいは特別な変化などの記録は困難な場合が多い。ここに記録計器の重大な一使命が存在する。かくして現象の変化過程およびその時刻は記録紙上に明確に記録されて、ただちに諸現象に対する合理的な判断がなされ、

* ** 日立製作所多賀工場

操業上の監督も容易となり、また貴重な資料の一つとしてそのまま保管される。さらに自動制御系中に設置された記録計はその系の安定度、速応度を判定する唯一の手掛りとなりうる。これらの記録資料は集積、類別、帰納されて生産体系の合理化が図られることは勿論、新方式の開発、新理論発展の基礎ともなる重要な意義を有する。

発電所などにおいては記録計器をもつて重要な電気回路の電気値を記録させることが古くから行われているが、近年では温度、水位などの記録は勿論のこと、特殊な目的に使用される要求が多くなつて来た。特に自動制御と相俟つて企業の合理化が積極的に進められている各生産工場のいわゆる工業計器としては大部分が記録計器

であり、ここ数年来斯界の注目を浴びている電子管式自動平衡計器の出現により、すべての現場用記録計は本方式の計器に置換えられようとしている。さらに本器は実験室、研究室用の電磁オシログラムの分野にまで滲透して行きつつある現状で、電子管式計器の発展とともに記録計器の応用分野はますます広大なものとなり、その前途はおおいに期待されている。

日立製作所における記録計の製作歴史は古く、一連のQ型およびQP型記録計は高速度装置付記録計⁽¹⁾、フィギュアメータ、プロダクションメータ⁽²⁾など特殊用途の記録計を含めて各方面に賞用されて来た。日立製作所ではかかる電力用記録計のみならず、各種工業計測用としても温度、流量、液面、ガス分析などの記録計を多数製作し、電子管式記録計の開発とともに続々と新製品を発表して好評を博している。

以下、日立記録計器の概要について記し、各位の御参考に資する次第である。

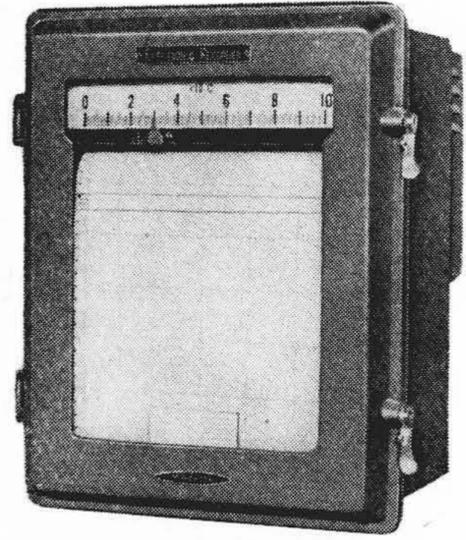
〔II〕 記録計器の概要

記録計器は原則として測定要素（指示計器）と時計機構とからなっており、その構造、記録方式、使用目的などによつて各種各様に分類される⁽³⁾が、大別して被測定量からえたエネルギーにより直接記録ペンを駆動して記録する直動方式（偏位方式）と、記録ペンを駆動するために別に補助動力源を備え、これにより測定回路を自動的に平衡しつつ記録する自動平衡方式（零位方式）の記録計に分けることができる。

（1） 測定方式による分類

（A） 電子管式自動平衡記録計

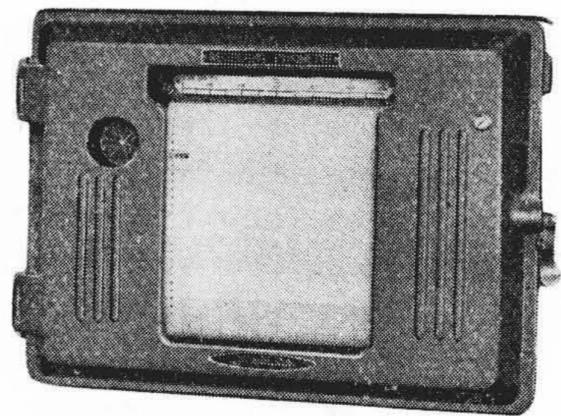
自動平衡計器にはマイクロマックス記録計などのごとく純機械的な方式もあるが、現在では電子管式のものが時代の寵児となつている。電子管式計器は電位差計、またはブリッジの不平衡電圧を真空管増幅器で増幅し、この増幅された電圧で平衡用可逆電動機を駆動して電位差計、またはブリッジを平衡させる機構で目的により指示、記録ならびに調節計として使用できる。本器はつぎの直動方式と異り、ペンの駆動は平衡電動機のトルクによるため摩擦などの心配がなく、かつ感度が高く精度も良好であるが、構造は多少複雑とならざるをえない。トルクが強大であるため、記録ペンも大型のものを使用することができ、1箇月以上にわたる連続記録も容易である。また多点記録方式の場合には打点機構、各測定箇所に応じた記録ペン、多色インクおよびその測定箇所を明示するインデックスなどすべて指針と一体の構造にすることができるため、頑強にして記録状態の監視も非常に便利である。電子管式自動平衡記録計としてはTVK型、Q₆



第1図 TVK型電子管式抵抗温度記録計
Fig.1. Type TVK Electronic Recording Thermometer



第2図 Q₅₄型記録電力計
Fig.2. Type Q₅₄ Recording Wattmeter

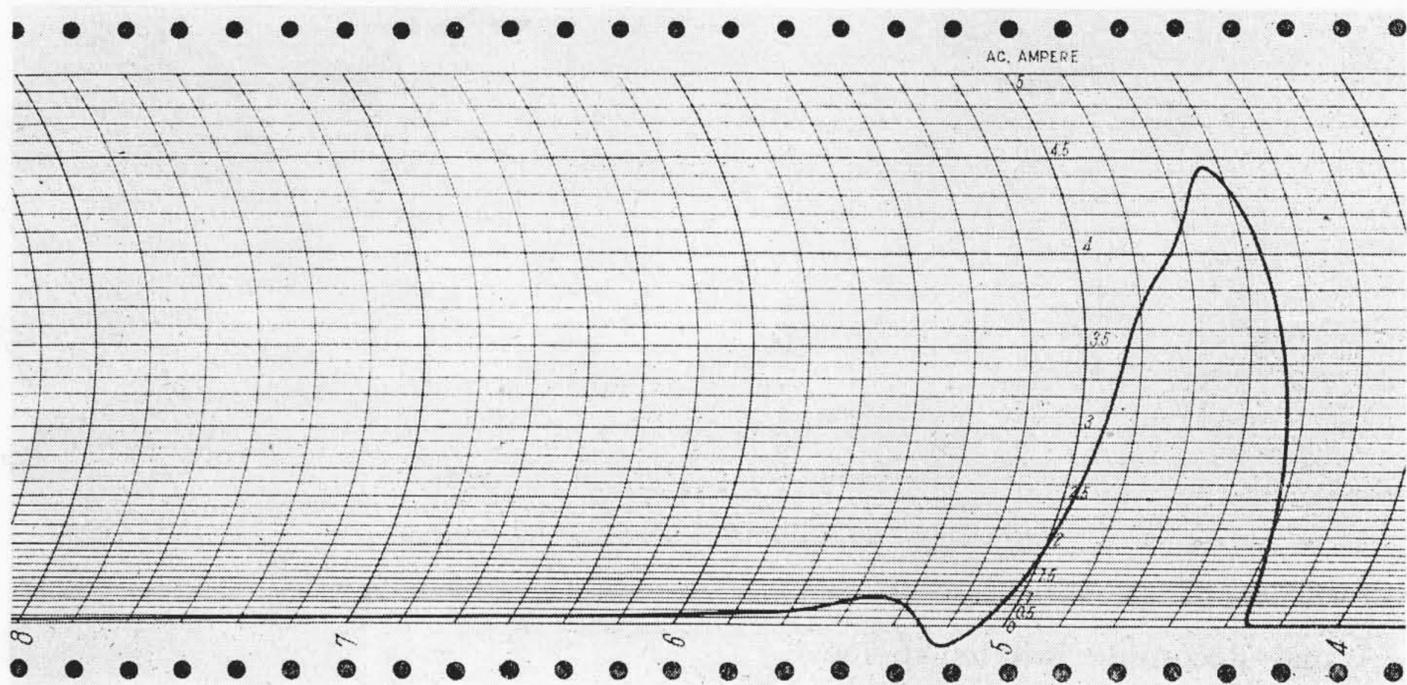


第3図 TMK型熱電温度記録計
Fig.3. Type TMK Recording Pyrometer

型など多種類を製作しており、その使用分野も広範囲にわたっている。

（B） 直動式記録計

計器の指針に直接記録ペンを取付け、計器の駆動回転力によつて記録せしめるもので、指針の一部をサイフォン状とし、固定のインク溜容器からインクを吸上げて長期間連続記録させるものと、指針の先に普通のペン先のごとき金属ペンを取付け、数日分のインクを含ませたも



第4図 Q₅₄ 型 記 録 計 用 記 録 紙
Fig.4. Recording Roll Chart for Type Q₅₄ Recorder

のことがある。Q₅ 型、Q₁₁ 型などの記録計は前者に属し、後者には FLQ 型流量記録計などがある。構造は最も簡単であり、記録紙とペン先との摩擦によつて誤差を生じないように強力な駆動回転力を生ずる方式を採用している。しかし mV 計のごとく高感度を必要とする場合には強力な駆動回転力がえられないので、直動方式で摩擦を少なくするために打点式（間歇式）と称せられる方法が用いられる。また 1 箇の記録計器で多数の記録を行う場合にもこの方式が採用されている。Q₃ 型、TMK 型温度記録計などがこれに属し、色別タイプライタリボンを用いて、一定時間毎に指針に圧力を加えることにより明瞭な密接点線を描かせている。

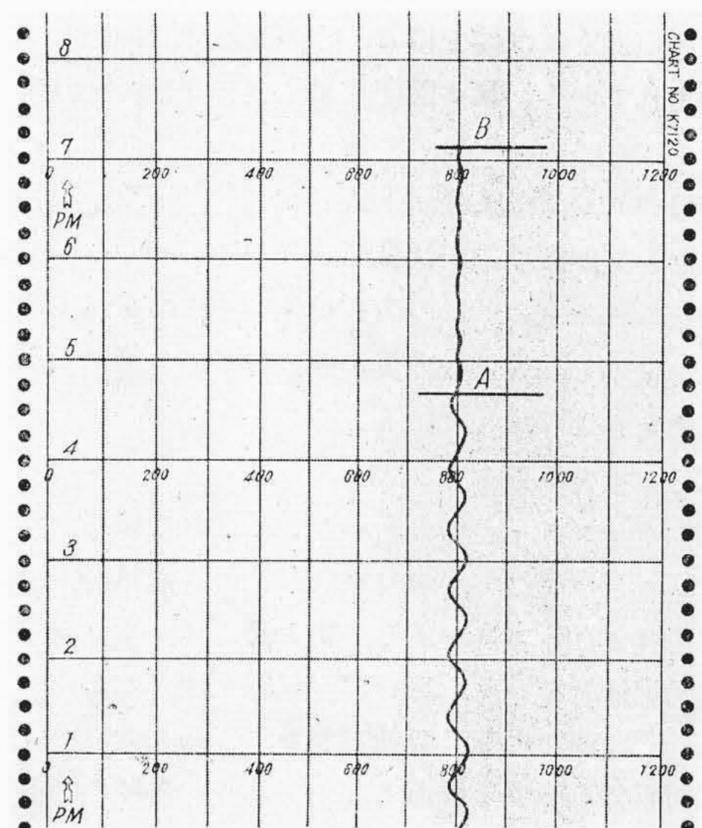
(2) 記録紙による分類

戦後、我国では米国の影響を受けて 1 日 1 回転のラウンドチャート式記録計が工業界では多数使用されるようになってきた。これに反し欧州ではラウンドチャートはあまり好まれず、もつばらストリップチャート式記録計が使用されている⁽⁴⁾。日立製作所では両者いずれをも製作しており、使用目的、需用者側の好み、記録紙のランニングコストなどによつていずれかの方式が採用される。

記録紙については多年の経験を生かして特にインクが滲んで記録を不鮮明ならしめることのないよう、またペン先の摩擦を極小ならしめるように緻密、強靱、平滑なものを厳選の上使用している。

(A) ロールチャート(ストリップチャート)式

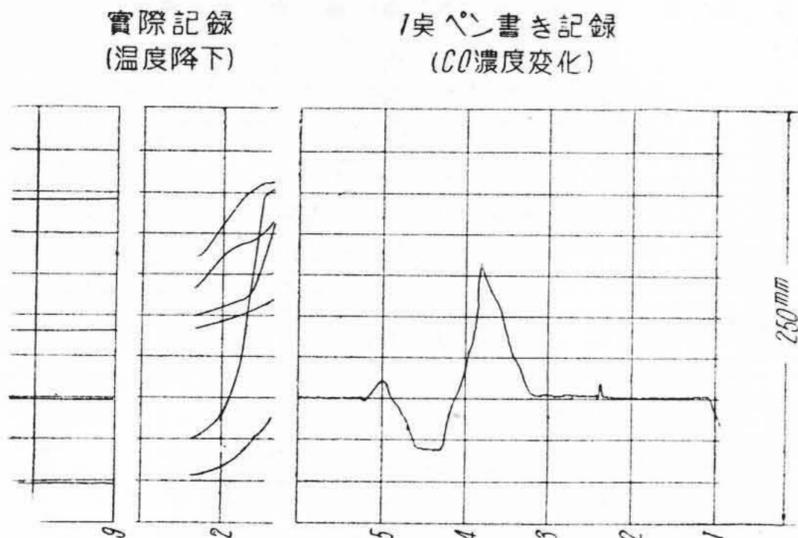
長時間連続して記録できる巻物状の記録紙で、記録済のものは再び巻取り機構によつて巻込んで行く方式である。1 箇月以上にわたる連続記録が可能である点ではつぎのラウンドチャート式のおよばないところであるが、



第5図 Q₃ 型 記 録 計 用 記 録 紙
Fig.5. Recording Roll Chart for Type Q₃ Recorder

計器の構造はやや複雑となり、大きい駆動トルクを必要とする場合が多い。第4図に示す Q₅ 型用記録紙のごとく、直動方式の記録計では記録用ペンの運動が円弧状をなすため、直角座標とすることができない。Q₃ 型または TMK 型温度記録計など打点式のものでは第5図のごとく直角座標の記録紙を用いている。しかし指示目盛が円弧状をなしているため記録紙目盛は均一にすることができないが、指針を長くしてできるだけ均一目盛に近づけるように設計されている。

TVK 型電子管式記録計ではペン書実線式、打点式の



第6図 TVK 型記録計の記録例
Fig.6. Actual Recording Results by Type TVK Recorder

いずれにもかかわらず直角坐標式記録紙を採用することができ、さらに目盛も原理上均一、対数、あるいは部分目盛など必要に応じて適当に選ぶ。一般に温度、流量などの測定には図上積算、その他の点で均一平等目盛が好まれている。第6図に TVK 型記録計の記録例を示す。

(B) ラウンドチャート式

円形の記録紙で、記録調節計その他いわゆる工業計器と称せられるものにこの方式が多い。標準1日1回転のものを使用し、現場保守員が毎日計器の点検に巡回する際取換えるようにしている。

(C) 折畳みチャート式

ストリップチャートであることには変わらないが、ロールチャートとは異つて巻取り機構がなく、記録済のものは逐次折畳まれる方式である。第7図に Q₆ 型記録計用折畳み式記録紙を示す。数日前の記録を調べる必要が生じた場合には経本を開く要領で簡単に点検できると同時に、切り取りも簡単な構造となつており、各種の Q₆ 型記録計は本方式を採用している。

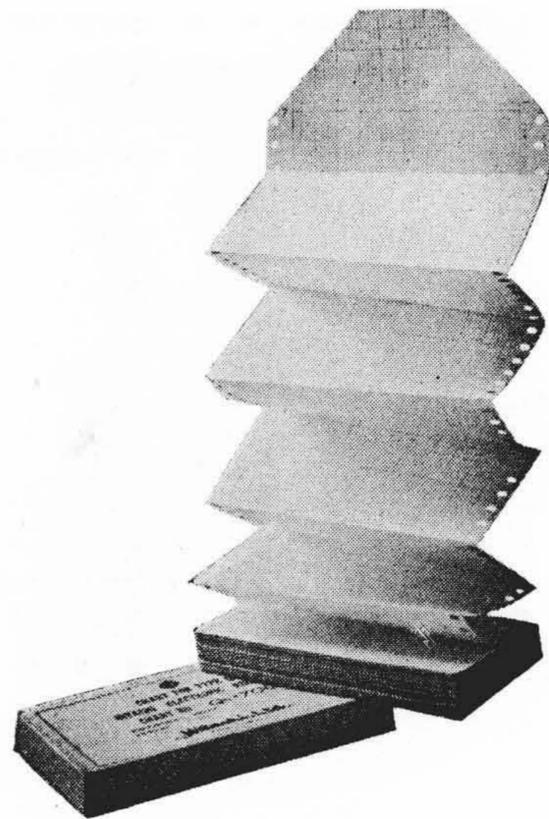
(D) シートチャート式

これもストリップチャートの一種であるが、長さが短く、一枚の方眼紙のごときのものである。研究室、実験室で使用される EPR 型自記分光光電光度計など理化学測器の記録に用いられ、数分ないし数時間で記録を終るものが多い。

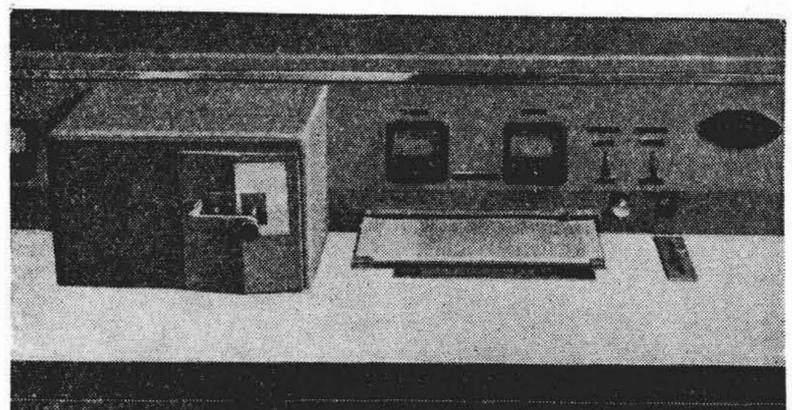
(3) 記録用ペンおよびインク

記録用ペンは上記各種の記録方式にしたがい、材質、形状に十分な吟味を加えているので記録紙との滑りが良く、摩擦などによつて誤差を生じる心配がない。

インクは記録計用として乾固、変質など、特に注意され、良く記録紙に適合し、鮮明な記録を行うものを選んで

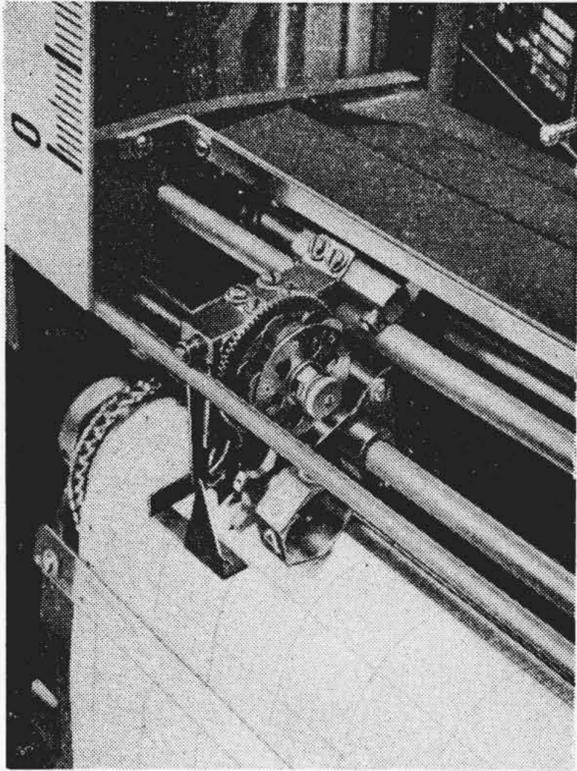


第7図 Q₆ 型記録計用折畳み式記録紙
Fig.7. Recording Folded Chart for Type Q₆ Recorder

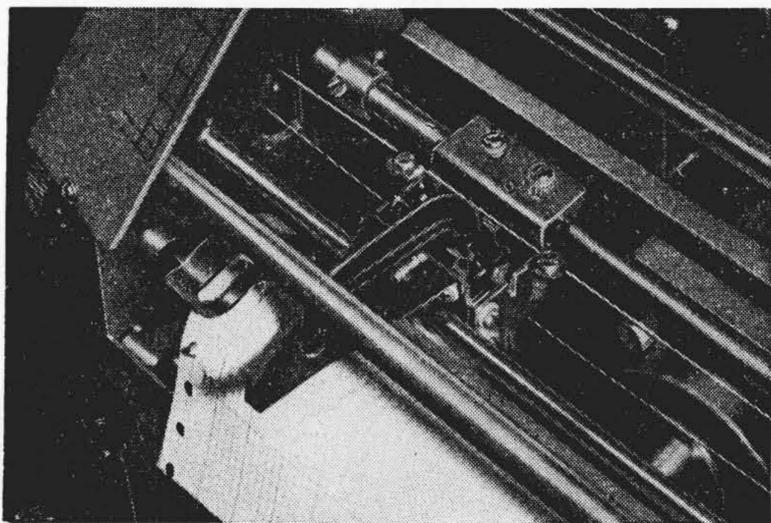


第8図 EPR 型分光光電光度計の記録装置
Fig.8. Recording Device of Type EPR Photoelectric Spectrophotometer

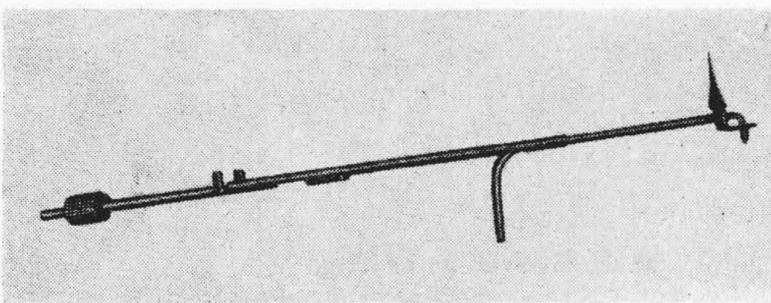
第9図は TVK 型電子管式多点記録計の記録機構であり、各測定箇所に応じておのおの打点用ペン、および特殊材質によるインクパットを備え、回路の切換スイッチと連動して順次切換えて行く方式である。電子管式ペン書記録機構の一例として第10図に Q₆ 型電子管式記録計のペン機構を示す。直動方式の記録計ではこのような大きいペンを保持することができないので、第11図に示すごときサイフォン状のペンを用い、固定インク溜容器からインクを吸上げて記録する方式を採つている。また直動式多点記録計ではインクを使用せず、3色タイプライタリボンを記録紙上に置いて一定時間毎に瞬間圧力を指針に加えて密接打点を得る方式で、第12図に TMK 型記録計の打点機構部分を示す。またラウンドチャート式では第13図に示すごとき三角帽子状の金属ペンを使用している。



第9図 TVK型記録計の印字記録機構
Fig.9. Assembly of Recording Stamp Device for Type TVK Recorder



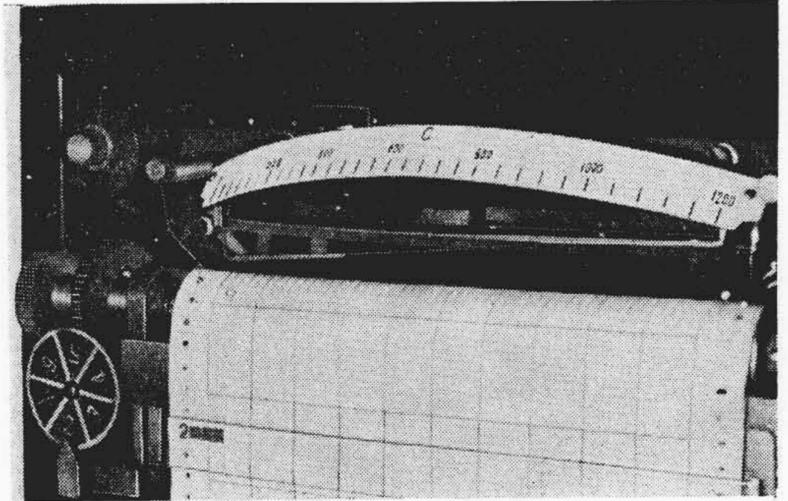
第10図 Q₆型記録計の記録ペン機構
Fig.10. Assembly of Recording Pen Device for Type Q₆ Recorder



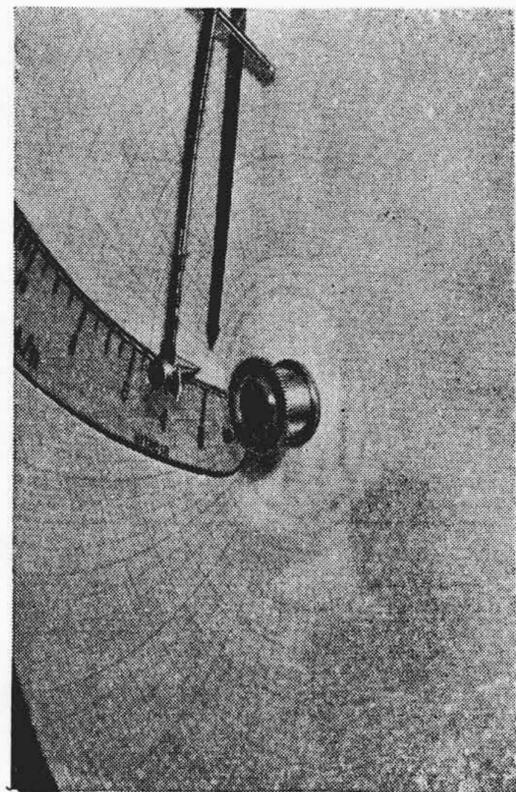
第11図 Q₅₄型記録計用ペン
Fig.11. Recording Pen for Type Q₅₄ Recorder

(4) 記録紙送り機構(時計機構)

この装置は時計機構を基礎としたもので電気時計、パルス式電磁時計および天府式ゼンマイ時計の3種類がある。電気時計は小型同期電動機を主体としたもので、周波数変動の影響を直接受ける欠点はあるが、他の方式と比較し構造が簡単にして頑強であり、トルクが大なるた



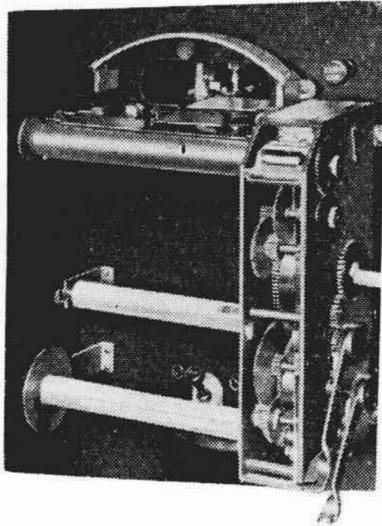
第12図 TMK型記録計の打点記録機構
Fig.12. Intermittent Printing Device of Type TMK Recorder



第13図 ラウンド・チャート記録計用ペン先
Fig.13. A Part of Recording Pen for Round-Chart Recorder

め多点記録計の切換スイッチや打点機構なども同時に駆動しうるので工業計測器の大部分に使用されている。パルス式電磁時計は親時計から発せられる標準パルスにより多数の電磁時計が一斉に駆動される方式⁽⁵⁾で、親時計はラジオの時報により1時間毎に較正されるから時間精度が高く、発電所など多数の記録計を運転する場合に有効で、今後ますます需用が増して行くものと考えられる。天府式ゼンマイ時計は手動巻込式と電気式自動巻込式に区別される。前者には一週間巻と毎日巻のものがあ

り、防爆の点で電気時計が使用できない場合の工業用計測器には本方式が採用される。一方電力測定用のQ₅型記録計では一週間巻が用いられ、第14図(次頁参照)に示すごとく記録紙の駆動、および記録済記録紙の巻取り用ゼンマイはいずれも側面のレバーを上下させるだけで



第14図 Q₅型記録計用記録紙送り装置
Fig.14. Recording Chart Driving Device for Type Q₅ Recorder

十分巻込みうるようになっている。後者は電動機によつてゼンマイを巻込む方式で、ゼンマイがある程度緩むと自動的に電動機によつて巻込まれるため、常時ゼンマイは十分巻込まれた状態に保たれている。したがつて停電により巻込装置が停止しても、ゼンマイの余力で約5時間は確実に動作する。さらに手動巻込みも可能で、自動、手動いずれの場合でも巻込み過ぎた場合にはみづからクラッチがはずれて巻込軸が空転し、ゼンマイに無理をかけることのないような保護装置が付いている。一般にストリップチャート式記録計の記録速度は掛替歯車により数段の速度に切換えることができる。

〔III〕 日立記録計器の種類

日立製作所においては日立記録計器として上述のごとく各種のものを製作しているが、これらは使用目的に応じて工業計測用記録計器、電力測定用（配電盤用）記録計器、その他に類別される。しかしこれは慣例上の問題と取扱上の点で分類されるもので、本質的にはなんら異なるところはない。各計器の測定原理、測定要素などの詳細は本紙他の編に詳述されているので割愛し、以下第1表に示す代表的日立記録計器について概説する。

〔IV〕 電子管式自動平衡記録計

自動平衡型計器の原理は Black の安定饋還増幅器などよりはるか以前から実用されていたもので、種々の方式が考案され使用されて来た。そのおもなるものは継電器方式で、いずれも一長一短があり、満足なものが少かつた。最も定評をえていたのは Leeds & Northrup 社の Micromax 記録計である。一方日立製作所においても戦時中同一型式のもの（TKQ 型、TBQ 型記録計）を製作して来た。

しかしこれらに代つて、ここ数年来最も斯界の注目を

第1表 日立記録計器

Table 1. Typical Hitachi Recording Instruments

類別	型名	測定対象
日立 電子管式記録計	TVK TVQ	直流 mV, 熱電温度, 抵抗温度, pH, 流量, 液面, 差圧, 位置, 濃度, ガス分析など
	Q ₆	抵抗温度, 流量, 液面, 位置, 交流電圧, 交流電流, 直流電流, 電力, 無放電力, 周波数など
	QV ₅₄ , QV ₅₅	衝流直流電流
日立 直動式記録計	EPR	分光反射 (吸収) 特性
	FLQ FBQ	流量, 液面など
	Q ₃ TMK TCK	熱電温度, 抵抗温度 濃度, ガス分析 ドラフトなど
日立 電子管式 記録調節計	Q ₅ , Q ₅₄ , Q ₅₅ Q ₁₁ , Q ₁₁₄ Q ₂₁ , Q ₂₁₄	交流電圧, 交流電流, 交流電力 無効電力, 力率, 周波数 直流電圧, 直流電流, 直流電力 位置, 水位など
	TVK TVQ	熱電温度, 抵抗温度 pH 流量, 液面, 差圧, 位置など
	PVQ*	抵抗温度, 流量, 液面など
日立 直動式 記録調節計	AFC	周波数, 水位
	PTQ*	温度
	PFQ*	流量
	PLQ* PPQ*	液面 圧力

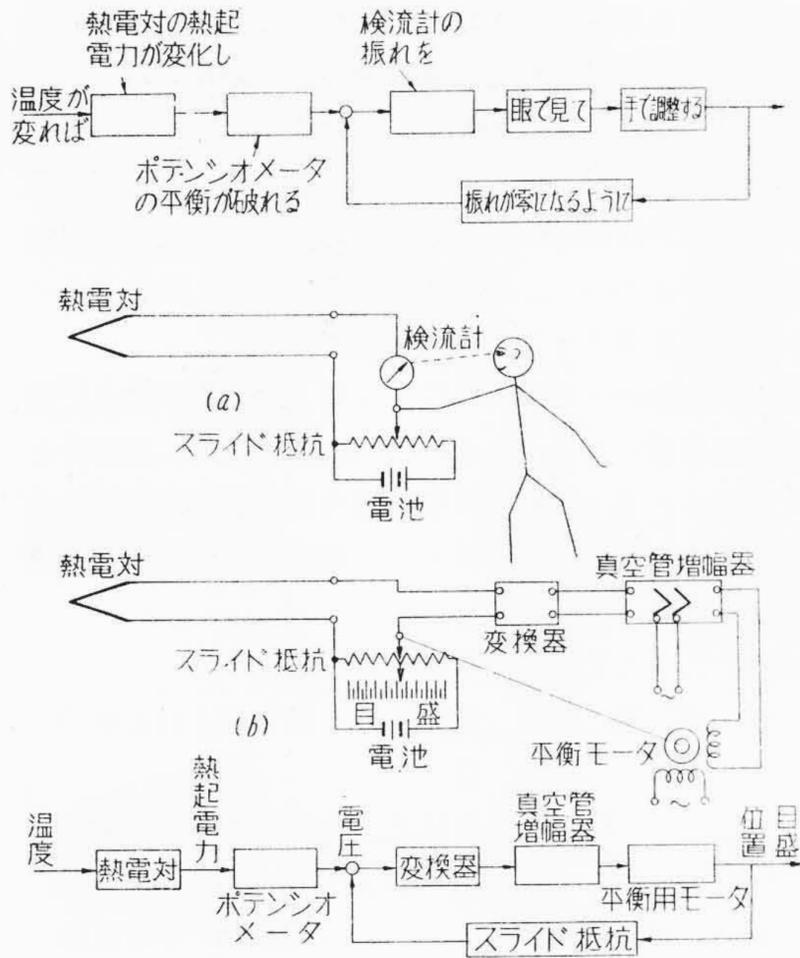
(注) * 空気作動式調節計

浴びて来たのは先にも述べたごとく電子管式自動平衡記録計である。これは W. Geyger の考案による Numo (Nullmotor)⁽⁶⁾に端を発し、時代の寵児である電子管工学と最近急速に発達して来たサーボの理論とが結び付いて生れたもので、現場向計測器として、さらに遠隔測定用、自動調節用としてその優秀性が認められ、また一方精密測定用記録計として研究室においても使用されており、従来の計器は全面的にこの新しい型式の電子管式自動平衡計器に置換えられようとしている⁽⁷⁾⁽⁸⁾。

(1) 構造および動作原理

電磁気測定中最も信頼できる測定法はポテンシオメータ法とブリッジ法で、ともに零位方式であり、測定量は直接スライド抵抗の摺動子の位置に置換えられる。熱電対による温度測定の例を第15(a)図に示す。この検流計の振れを眼で見ながらスライド抵抗を調整する代りに、真空管増幅器とサーボモータを組合せて平衡をとらせるのが電子管式自動平衡計器である。したがつて本器もまたポテンシオメータ方式とブリッジ方式に大別される。

第15(a)図に対応する本器の動作原理を第15(b)図に示す。温度が変化してポテンシオメータの平衡が破れる



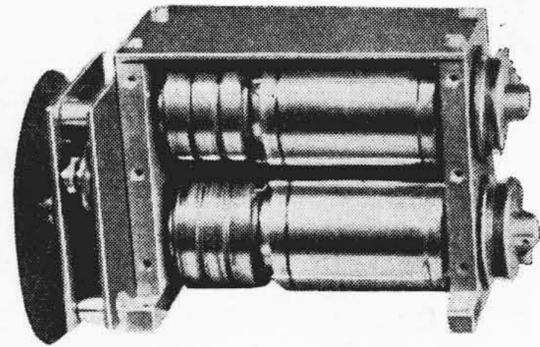
第15図 ポテンシオメータおよび電子管式記録計の測定原理とブロック線図

Fig.15. Principles and Block Diagrams of Both Potentiometer and Electronic Self-Balancing Recorder

と、その不平衡電圧はバイプレータ型変換器で電源と同じ周波数の交流に変換される。一方ブリッジ方式の場合には交流ブリッジとしてその不平衡電圧を直接真空管増幅器で増幅し、平衡用可逆モータを駆動する。平衡用モータは不平衡電圧の方向によつて正回転または逆回転し、ポテンシオメータあるいはブリッジを再び平衡せしめる方向にスライド抵抗を調整し、平衡点に達すればモータは停止する。このモータの回転は直接指針、および記録用ペンを駆動して指示および記録を行う。

記録しようとする現象の電気的变化を検出する測定回路は上述のごとく交流ブリッジとポテンシオメータを基本としている。交流ブリッジとしては使用目的によりホイートストンブリッジ、リアクタンスブリッジ、あるいはウーンブリッジなど多年の経験を基礎とした独特の方式を採用し、またポテンシオメータ回路の電流は直接精度に影響をおよぼすから標準電池により自動または半自動式に規正され、厳密に一定ならしめている。

真空管増幅器は標準として寿命の長い通信用真空管を使用し、傷みやすい整流管を避けて電流量に十分余裕を持たせたセレン整流器を用いている。標準増幅器はユニットとして取付けて交換を容易にし、かつフィラメントの放熱を測定部と隔離するため、本体の背後に背負わせている。利得は計器により 80~135 db とし、計器を



第16図 サーボモータ用特殊磁気クラッチ
Fig.16. Dust Magnetic Clutch Used as Servomotor

最適状態で動作させるために利得は自由に調整できる。

サーボモータとして一般には二相の可逆モータが使用され、最小始動電圧 Torque-inertia ratio および動作の安定性が問題となるので構造上空隙、励磁サスセプタンスおよび回転子抵抗は比較的大きいものが要求される⁽⁹⁾。特殊用としては第16図に示すごとく日立独特の小型磁気クラッチ(Dust Magnetic Clutch)式サーボモータを使用し、急峻な変化に対しても追尾遅れを生じないように自動速度調節機構を附加している。

附属回路としては検定点チェック機構、指針走行時打点ロック機構、故障時保護接点機構などを有するものがある。

(2) 特 色

従来の計器の大多数は偏位方式を採つていたため誤差の原因が多く、種々なる点で改良の余地が残されていた。しかるに本器は原理的にすぐれた零位方式を採用しているため現場用記録計として、また精密測定用記録計としてすぐれた特性を有する。おもなる特長としては次の点が挙げられる。

(A) 理想的サーボ機構をなしているため感度、精度ともに高く、増幅器の利得など回路途中の特性の変動はほとんど影響をおよぼさない。

(B) モータ駆動であるためトルクが大きく、連続記録や複雑な自動調節機構の作動が容易となる。また目盛板、指針、インク溜容器などを大きくすることができる。

(C) 電源電圧、周波数、周囲温湿度、振動などの影響が少く、安定な動作を行う。

(D) 目盛範囲および形状を任意に選ぶうる。

(E) 熱電対を使用するものでは回路抵抗に無関係に正確な測定が可能で、かつ基準接点の温度補償を自動的に行いうる。

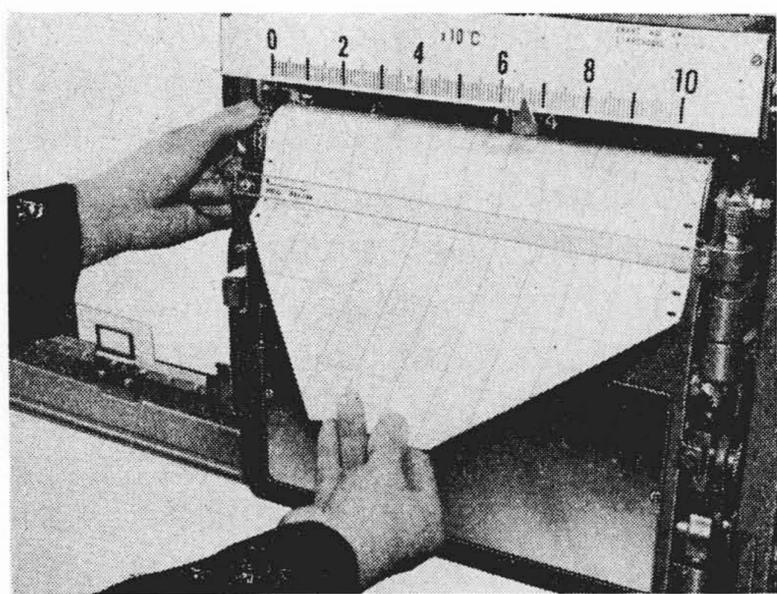
しかし動作原理上他の強電回路からの誘導を受ける場合には、計器の動作が乱れ、指示不良を起す欠点がある。入力回路と大地間に電圧のある場合も同様に誤差の原因となる。

(3) 工業計測用記録計

(A) TVK 型記録計

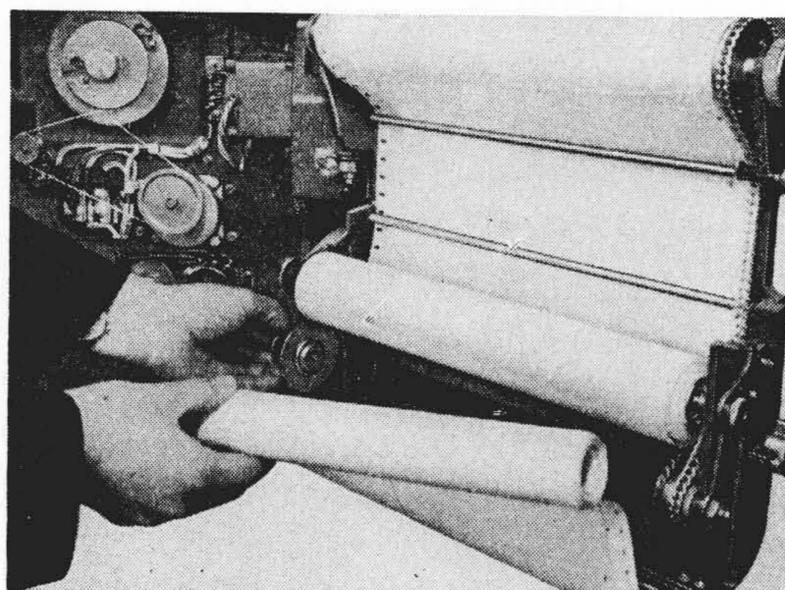
本器は第1図に示すごとき外観のストリップチャート式記録計で、油入自動切換スイッチを内蔵して最高6箇所までの現象を同一記録紙上に色別け打点記録し、指針の傍にはインデックスが付いていてそのときの測定箇所を明示するようになっていた。また1点ペン書実線記録式のものもあり、直流mV、熱電温度をはじめ、抵抗温度、流量、液面、pH、位置、圧力、COなどの記録計として使用される。

本器の内部構造は二重回転式であつて、記録紙送り部分は単独に引出しうるので、第17図および第18図に示すごとく記録紙の取換え、記録機構の点検、線糸の張り換えなど取扱い上便利にできている。記録紙、回路切換ス



第17図 TVK型記録計における記録紙の取換え(1)

Fig.17. Exchange for the New Chart in Type TVK Recorder



第18図 TVK型記録計における記録紙の取換え(2)

Fig.18. Exchange for the New Chart in Type TVK Recorder (2)

イッチ、打点機構、自動電流規正装置などは内蔵の同期電動機により駆動される。第19図にその駆動機構部を示す。計器自身の検定は押釦によつて簡単に行われ、同時に外部回路の故障などを容易に判定しうる。指針が走行中に打点すれば記録紙送り用ドラム、ペン先などを傷付ける心配があるので、検定中は絶対に打点しないようにロック機構が動作する構造となつてゐる。

本器は記録計としてのみならず種々なる電気接点を附して警報装置付とし、あるいは二位、三位式の調節計として使用される。第20図は警報接点付熱電温度記録計の回路で、また電流規正機構および警報接点機構などを第21図に示す。

本器のおもなる仕様は下記の通りである。

目盛範囲...抵抗変化の場合最小目盛幅 3Ω以上

直流電圧の場合最小目盛幅 3mV以上

目盛幅.....250mm 平等目盛

記録方式.....6点(または3点)打点式
1点ペン書実線式

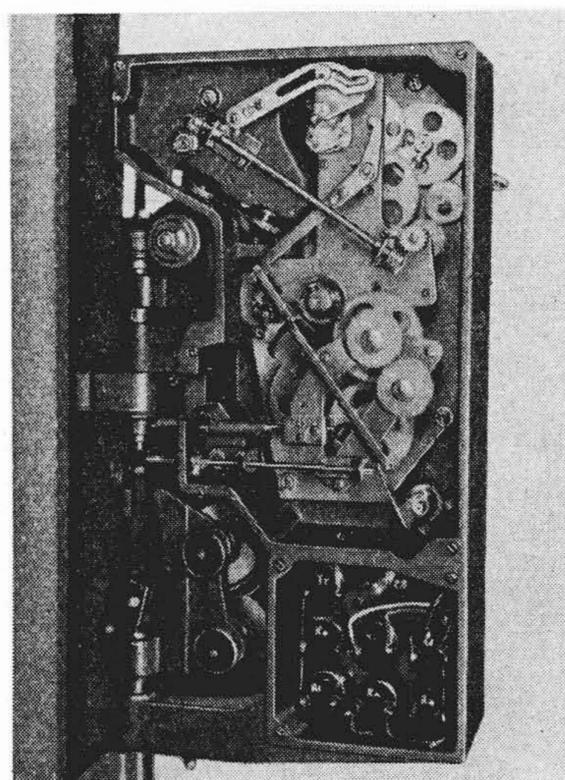
記録紙..有効目盛長 250mm

送り速度 25/50/100 mm/h
(標準)

長さ 20m, 記録速度 50 mm/h として 15 日以上

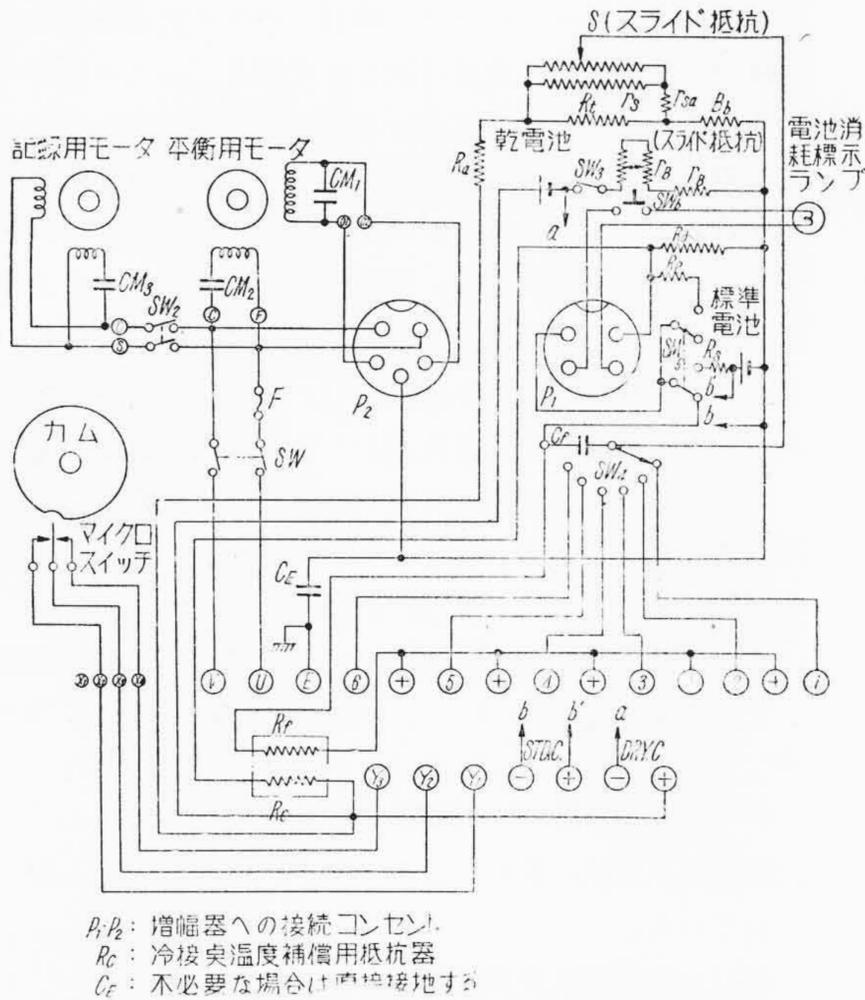
走行時間...指針が80%目盛を移動するに要する時間 約5s

打点間隔.....15s

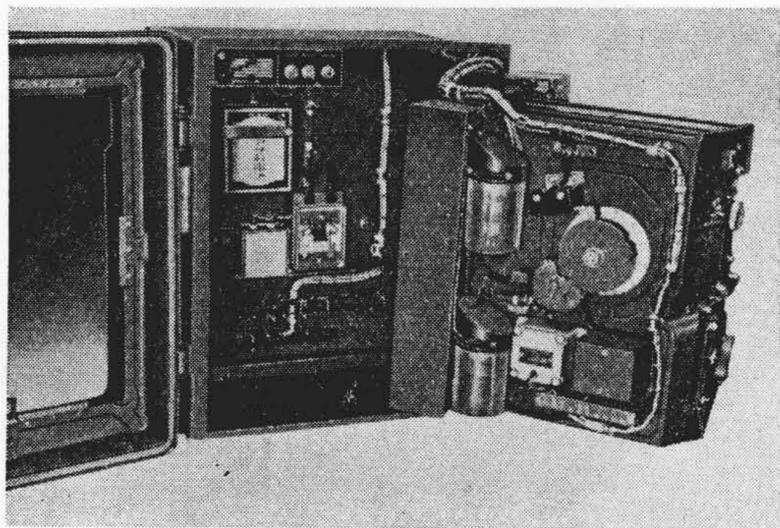
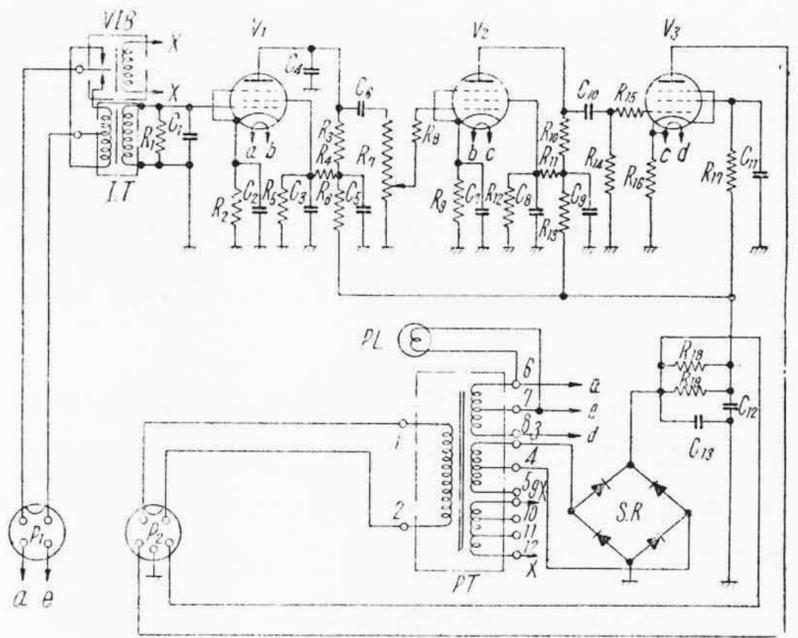


第19図 駆動機構部 (TVK)

Fig.19. Driving Mechanism Part (TVK)



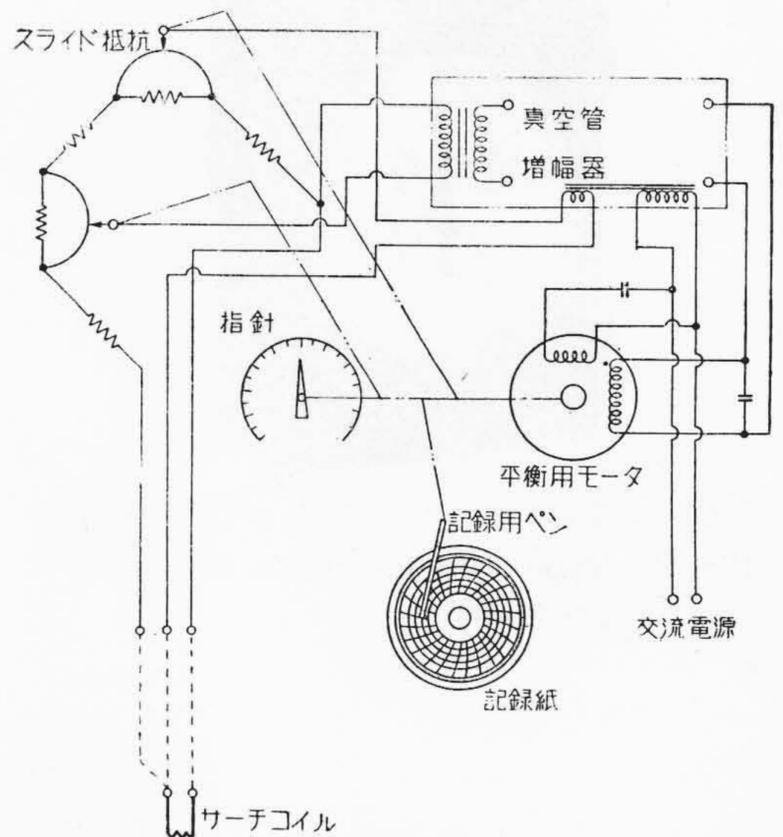
第20図 TVK型警報接点付電子管式熱電温度記録計結線図
 Fig.20. Circuit Diagram of Type TVK Electronic Recording Pyrometer with Alarm Contacts



第21図 TVK型警報接点付熱電温度記録計の引出部裏面構造
 Fig.21. Backside View Opened Inner-Door of Type TVK Electronic Recording Pyrometer with Alarm Contacts

電流規正回路..半自動および自動 (30 min 毎)
 許容誤差.....全目盛の 0.5% 以下
 動作感度.....全目盛の 0.1% 以下
 使用真空管..CZ-501D×2(高利得の場合×3)
 CZ-504D×1

増幅利得.....90 ないし 135 db
 消費電力..... 100V, 50~ にて約 45W
 重量.....約 43 kg
 (B) TVQ 型記録計



第22図 TVQ型電子管式抵抗温度記録計の動作原理図
 Fig.22. Principle of Type TVQ Electronic Recording Thermometer

本器は公称 300φ のダイヤルチャート式 1 点ペン書記録計で、記録速度は 1 日 1 回転を標準としている。目盛板は透明な有機硝子を使用した 270° 広角目盛であるか

ら、遠方からの読み取りも容易である。計器動作のチェックおよび故障原因の発見には検定用電鍵を使用して簡単に行われる。また故障時の保護装置を内蔵しているのも万が一外部回路の故障などで指針の振り切れを生じた場合でも赤ランプを点灯し、モータを停止して無駄な駆動を防止できる構造となっている。検出端（温度計の場合のサーコイルなど）と本器を接続する導線を三線式としたものは、理論上接続導線による誤差を全然生じない2重スライド式ブリッジを採用している。第22図（前頁参照）にこれを示す。

TVK型と同様に直流mV、熱電温度、抵抗温度、pH、流量、液面、濃度、ガス分析などの記録計として使用される。本器に三項動作調節機構を附加したものにPVQ型電子管式空気作動温度（流量など）指示記録調節計がある⁽¹⁰⁾。第23図および第24図にTVQ型pH記録計およびPVQ型流量記録調節計の外観を示す。また電気接点を附した二位式、または三位式記録調節計もある。

(4) 電力測定用(配電盤用)記録計

(A) Q₆型記録計

本型式の記録計は先に述べた折畳み式チャートを採用している点で、時計機構には手動巻込式、あるいは

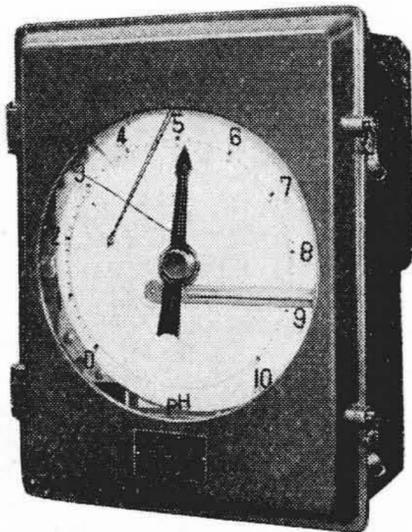
電気自動巻込式のゼンマイ時計とパルス式電磁時計の二種類がある。動作原理は異なるが記録計としての仕様はつぎのトルクバランス式Q₆型記録計の項に譲り、ここでは割愛する。多点温度記録計としては上記TVK型温度記録計とは全く異なる打点ペン機構を有するもので、サーコイルによる発電機、変圧器などの温度上昇の測定記録に用いられる他、工業計測用としても使用することができる。6点記録用を標準とし、打点周期は15秒である。1点ペン書実線式記録計としては温度計は勿論のこと、工業計測用と同じ方式の流量、水位記録計および周波数記録計がある。

(B) QV₅₄およびQV₅₅型記録計

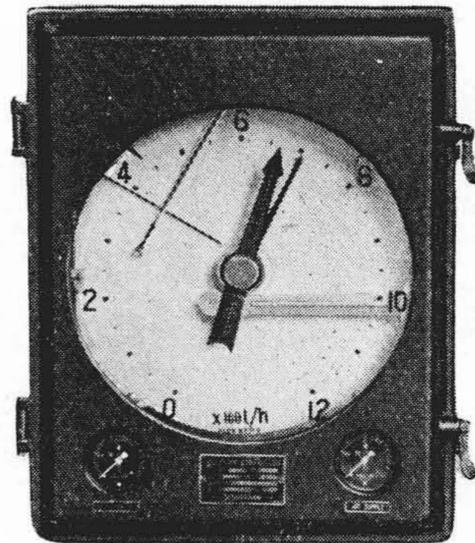
本器は衝流搬送式遠隔測定(テレメータ)用受量記録計として第25図に示すごとく有極継電器を使用し、5~30の衝流に反応させてコンデンサの充放電を行い、この平均微小電流 $I=2fCE$ を記録するものである⁽¹¹⁾。記録紙送り機構の駆動方式によりQV₅₄型とQV₅₅型に区別される。

(C) 自動周波数調整装置(AFC)用記録計

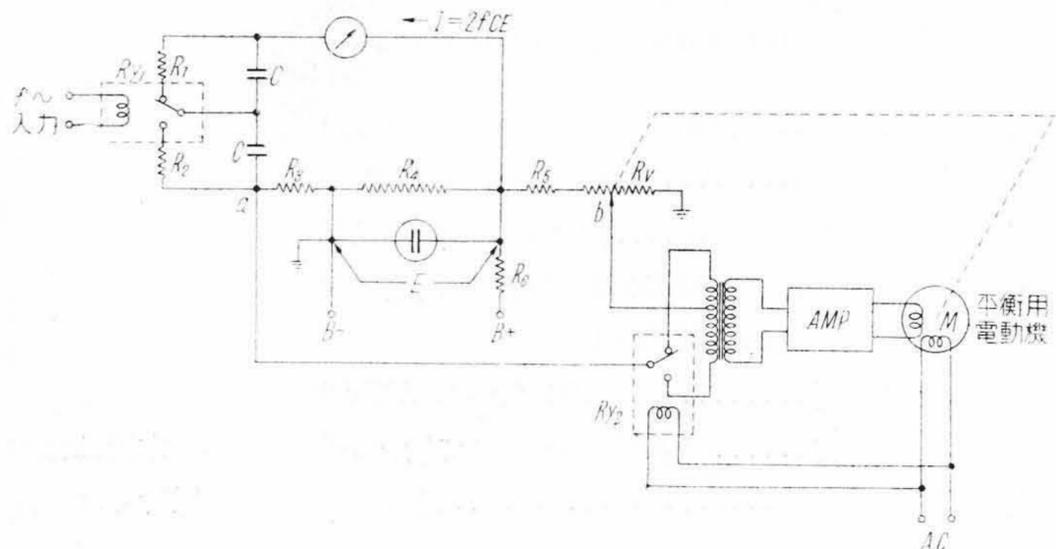
本器はAFCとして電力系統の周波数を予定値に保持するために必要な調節機構を内蔵したもので、つぎの2



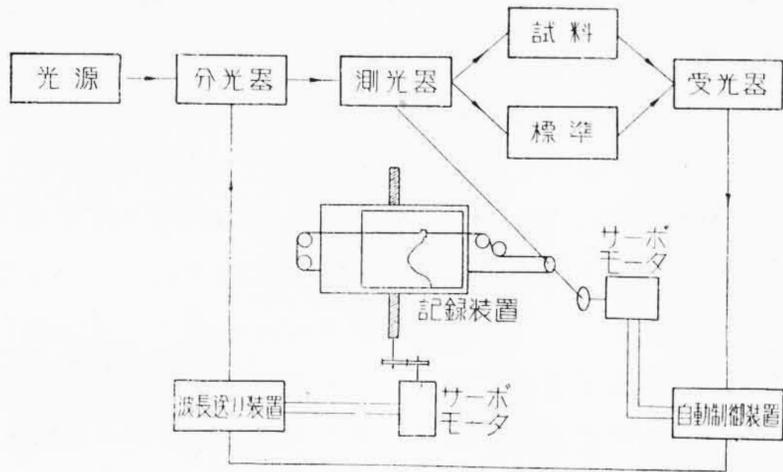
第23図 TVQ型電子管式pH記録計
Fig. 23. Type TVQ Electronic Recording pH Meter



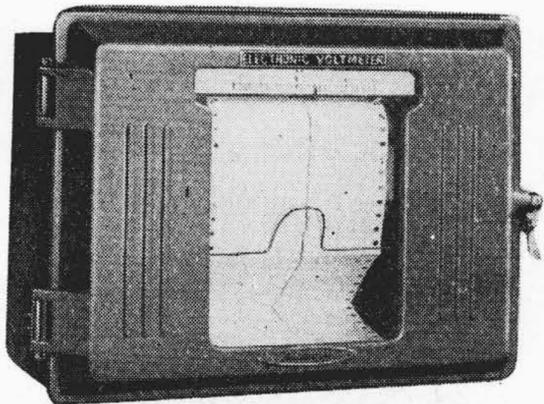
第24図 PVQ型電子管式流量記録調節計
Fig. 24. Type PVQ Electronic Recording Flow Controller



第25図 QV₅₄型電子管式記録計説明図
Fig. 25. Schematic Diagram of Type QV₅₄ Electronic Self-Balancing Recorder



第26図 EPR型自記分光光電光度計のブロック線図
Fig. 26. Block Diagram of Hitachi Recording Photoelectric Spectrophotometer



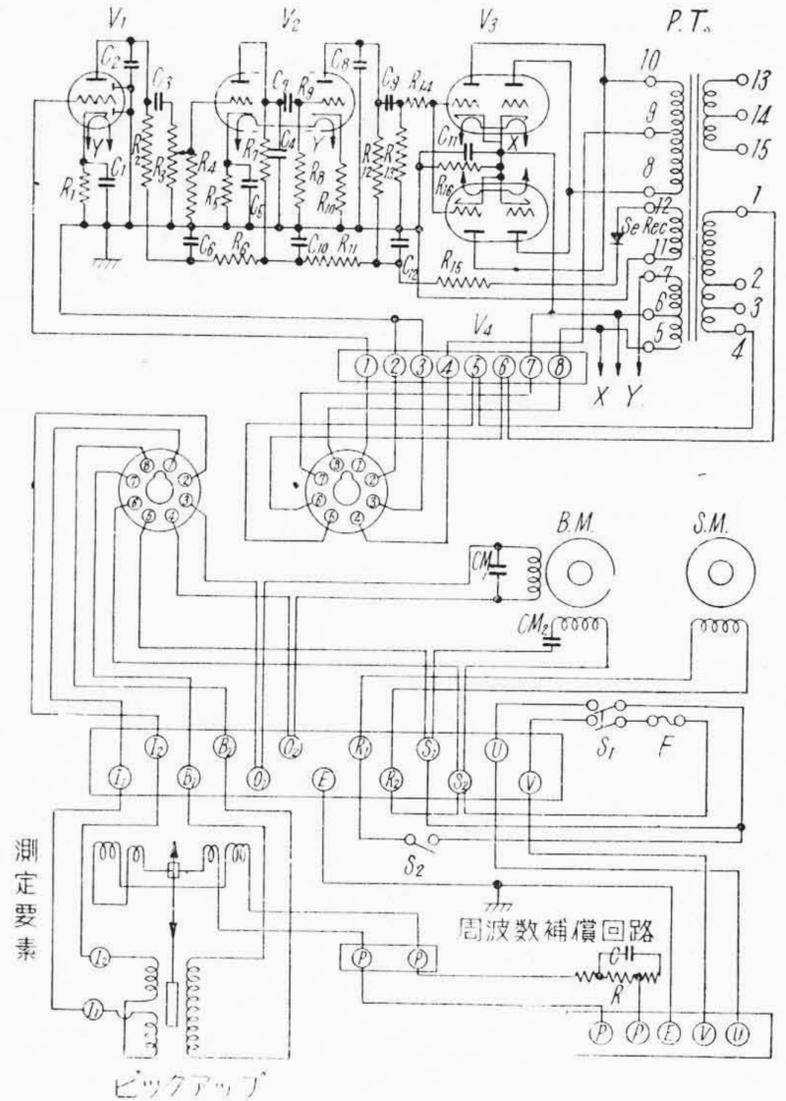
第27図 Q₆型電子管式記録電圧計
Fig. 27. Type Q₆ Electronic Recording Voltmeter

組の記録調節計からなる。周波数記録計はウイーンブリッジにより $\pm 0.02\sim$ 以下の周波数偏差を検出し、系統周波数を $\pm 0.1\sim$ 以内に制御しうるものである。これには貯水池の水位も直接影響をおよぼすので、第25図と同じ回路方式の水位記録調節計で記録するとともに警報、調節を行つている。いずれも 250mm の記録紙を使用した安定な高感度記録計⁽¹²⁾である。

(5) 理化学実験用記録計

研究室、実験室などにおける理化学実験用としては上述の TVK 型記録計が主に各種直流 μV 測定用として使用され、好評をえている。

EPR 型自記分光光電光度計は可視域 ($4,000\text{\AA} \sim 7,600\text{\AA}$) における分光反射 (吸収) 特性を自動的に記録する装置で、その根本原理は一種の光電式交照測光法であつて、標準系、試料系をそれぞれ通過した交番する 2 光束で一つの光電管を照射し、これによる光電流の交流分が消失するように自動平衡させて反射 (吸収) 率の記録をうるもので、可変セクタ方式と称する新方式を採用している。第26図に本器のブロック線図を示し、第8図にその記録機構部を示す。サーボモータとしては第16図に示



$R_4, R_7, R_8, R_9, R_{12}$	1 M Ω 2W 型 抵抗器	C_1, C_5, C_{11}	30 μF ミニコン
R_{13}	500 k Ω 2W 型 抵抗器	C_6	20 μF MP コンデンサ
R_2	250 k Ω 2W 型 抵抗器	C_{10}, C_{12}	5 μF MP コンデンサ
R_6, R_{14}	100 k Ω 2W 型 抵抗器	C_2	0.1 μF マイコンデンサ
R_{11}	50 k Ω 2W 型 抵抗器	C_3, C_4, C_7, C_9	0.05 μF マイコンデンサ
R_5, R_{10}	10 k Ω 2W 型 抵抗器	C_8	0.01 μF マイコンデンサ
R_1, R_{15}	5 k Ω 2W 型 抵抗器	V_1	6SQ7GT
R_{16}	300 Ω 2W 型 抵抗器	V_2	6SL7GT
R_3	1 M Ω 可変抵抗器	V_3, V_4	6SN7GT

第28図 Q₆型電子管式記録電圧計結線図
Fig. 28. Circuit Diagram of Type Q₆ Electronic Recording Voltmeter

したごとく 1 組の Dust Magnetic Cluch を使用して、波長—反射 (吸収) 率の関係をシートチャート上に記録するものである。

[V] トルクバランス式記録計

第27図に Q₆ 型記録計の外観を示す。本器は折畳み式チャートを採用し電圧、電流、電力、無効電力などの記録計器として従来の Q₅ 型記録計に代つて登場した新方式の記録計である。

測定要素は 2 素子式鉄心入電流計型で、第28図に示すごとく可動コイルの軸にはピックアップ部の可動鉄片が直結されている。測定電気量の変化に応じてこの鉄片

微小変位を起し、不平衡二次電圧を発生する。この不平衡電圧を真空管増幅器で増幅し、平衡用可逆モータを回転して指針および記録ペンを駆動すると同時に、制御スプリングをひねって平衡をとらせるいわゆるトルクバランス方式である。増幅器は計器内蔵型でGT管を使用し、利得は100db以上である。記録紙送り機構は標準として毎時60mmの定速度で折畳み式チャートを駆動するために、天府式ゼンマイ時計、またはパルス式電磁時計を使用する。

本器のおもなる仕様はつぎの通りである。

測定要素.....2素子式鉄心入電流力計型
入力および入力.....一般にP.T.またはC.T.と組
負担.....合せて使用する。本器単独では

電圧計 A.C. 150V (11 VA)

電流計 A.C. 5A (7 VA)

測定方式....電子管式トルクバランス方式

目盛長.....150mm (従来は120mm)

操作電源.....A.C. 100V または 110V
(その許容変動率) (±20%)

.....50~ または 60~(±10%)

消費電力.....約 30W

記録紙..有効幅 150mm (従来は 120mm)

全長 23.5m 折畳み式 (標準記録
速度で 16.5 日分)

記録紙送り速度....60mm/h 掛替歯車により 20,
30, 120, 240 mm/h に変更
可能

走行時間....指針が 80% 目盛を通過する
に要する時間 約 6s

使用真空管.....6SQ7-GT, 6SL7-GT,
6SN7-GT×2

増幅利得.....100db 以上

重量.....約 30kg

〔VI〕直動式記録計

(1) 工業計測用記録計

戦前から熱管理の合理化に多数愛用されているQ₃型記録計(第29図)は、日立製作所独特の技術により20年に近い歴史を持つ内部磁石可動線輪型を採用しているので、磁束の利用率が良く、遮磁効果が優秀で、熱電温度、抵抗温度、CO₂、CO+H₂などの測定や遠隔ドラフト記録計、検塩計として使用されている。記録には3色タイプライタリボンを用い、20秒毎に指針に瞬間圧力を加えて、記録紙上に明瞭な密接点線をうる打点記録方式を採用しているので指針のペン摩擦による指示誤差がなく、最大6箇所までの記録を記録幅150mmのロールチャー

ト上に色別け記録することができる。記録紙速度は24mm/hを標準とし、1巻で15日分の容量を有している。

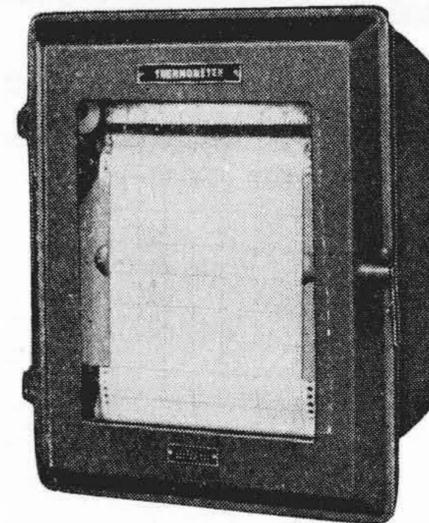
このQ₃型記録計の長所を生かし、さらに構造上、取扱い上一段の改良を加えた新型記録計には第3図に示したTMK型およびTCK型がある。これらは直流mV用可動線輪型と交叉線輪型とにより区別される。測定要素、切換スイッチなどは透明なカバーを通して外部からそのまま点検できる。タイプライタリボンの送りは半自動的に反転する方式を採り、ポリエチレンシートを重ねて塵埃やしみを防ぐようになっている。

ラウンドチャート式記録計としては電気誘導式のFLQ型流量(あるいは液面)記録計(第30図)や、リングバランス式FBQ型流量記録計がある。いずれも記録機構は小型同期電動機、または手動巻ゼンマイ時計方式による簡単なもので1日1回転を標準としている。

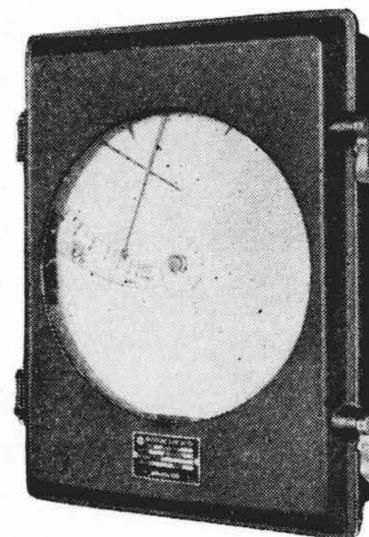
PTQ型温度記録調節計、PFQ型流量記録調節計、PLQ型液面記録調節計およびPPQ型圧力記録調節計など一連の空気作動式調節計も上記と同じ記録機構を有し、自動調節をより効果的ならしめるものである。

(2) 電力測定用(配電盤用)記録計

日立記録計として30年に近い歴史を持つ一連のQ₅



第29図 Q₃型抵抗温度記録計
Fig. 29. Type Q₃ Recording Thermometer



第30図 FLQ型流量記録計
Fig. 30. Type FLQ Recording Flow Meter

型記録計は直流、交流の各種記録計器を網羅し、直流記録電圧計および電流計は最も優秀な性能を有する内部鉄心可動線輪型で、制動はコイルボビンの渦電流を利用している。直流記録電力計および交流記録電圧計、電流計、電力計などはすべて電流力計型で、スプリング制御方式で制御され、制動は油制動方式を採用している。第2図は Q₅₄ 型記録電力計の外観である。同調型記録周波数計および記録力率計は鉄心入電流力計の原理により、また水位計および位置計はセルシン方式を採用している。

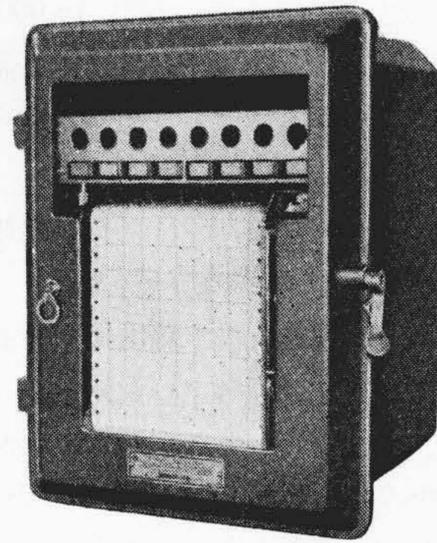
これら計器要素により直接駆動される記録ペンは、固定部に設けられたインク溜容器からたえずインクを吸い上げて記録紙上に測定量を記録する。記録紙送り時計機構のゼンマイ巻込方式に手動式と電気巻式があるが、前者を採用しているのが Q₅ 型であり、後者が Q₅₄ 型記録計である。さらに Q₅₅ 型記録計はパルス式電磁時計を使用している。記録幅 120mm で、記録紙送り速度は毎時 60mm を標準とし、掛替歯車により毎時 20, 120, 240mm に変更できる。

上記一連の Q₅ 型記録計に高速度装置を附したものに Q₁₁ 型記録計があり、短時間に生ずる電氣的諸現象を時間的に拡大し、記録するものである。本器は常時 Q₅ 型記録計として記録を続け、一度回路に接地、短絡などの事故が発生するとマグネットクラッチおよび動作表示器が動作し、記録紙を常時の 3,600 倍、すなわち毎秒 60mm の速さで駆動し、急激な変化状況を記録して行く。一度高速装置が動作すると主継電器が復帰してもそのまま高速状態が 24 秒間継続し、しかる後に自動的に復帰して常時状態に戻る。その間記録紙は丁度 1 日分を費し、翌日のほぼ同じ時刻のところで記録を続けて行くわけである。毎分 60mm に高速されるものに Q₂₁ 型記録計がある。

事故発生の際保護継電器の動作を表示するのに集合表示器が使用されているが、この動作した時刻および順序などを正確に記録するものに第31図の Q₅₄ 型故障表示記録計がある。表示機構は GB8 型集合表示器と同様なもので、記録ペン駆動機構は速応性のある可動鉄片型を用いているため、故障時は 2~3 サイクルくらいの瞬間電流でも十分に動作し、記録することができる。表示および記録素子数はそれぞれ 8 点のものを標準としている。

〔VII〕 記録計の将来

電子管式自動平衡記録計の出現により、計測技術上の一つの新紀元を画するに至つたのは事実であつて、直動式計器を駆逐してあらゆる計測がサーボ機構に基く本計器の方式に移行しつつある。



第31図 Q₅₄ 型故障表示記録計
Fig.31. Type Q₅₄ Fault Recorder

電子管式自動平衡計器が高精度であるために、読み取りの正確を狙つて記録紙幅は大となり、かつ平衡機構の複雑化も附随して記録計全体が大型とならざるをえなくなつて来た。反面、図示パネル⁽¹³⁾⁽¹⁴⁾の流行と、計測技術の進歩に伴い多種類の計測器を 1 箇所に集め、遠隔制御による中央集中計測運転を行う関係上、小型計器 (Graphic Chart 式記録計)⁽¹⁵⁾の要求が強くなり、記録計の大型化と小型化は互に相反しながらもますますその傾向が強まつて行くであろう。

ともあれ電子管式自動平衡記録計が標準化され、普及されるにつれて記録計に対する観念は一変し、今や電気応用計測の発展に伴つてあらゆる現象の記録を容易に行う段階に達しつつある。現在製作されている工業計測用電子管式記録計の応答はその使用目的からしておよそ 1 サイクル程度、あるいはそれ以下のものが多いが、より速い応答を必要とする質量分析計、X線分析計、あるいはポーログラフなどが製作されるに至つて、これら理化学測器を工業計器として直接プロセス制御に使用することを可能にし、さらにロケットエンジンテストや放射能特性試験に至つては、現像を必要とするオッシログラムに代つて、直接ペン書きできる自動平衡記録計の時代が訪れようとしている。最近の高度化されたサーボ技術の適用によつて、実際に 30~ 程度の応答を有する平衡計が実現しつつある⁽¹⁶⁾。

従来記録計とは時間の経過にしたがつて現象の変化を記録することのみ解され、かつかかる目的のものが大部分であつた。しかし研究室、実験室に滲透して行つた記録計の目的はさらに広範囲な記録を要求される。すなわち二現象の相互関係を記録するために記録紙の送りがまた電子管式自動平衡機構を採用し、真空管の格子電圧と陽極電流の関係、鉄片の飽和特性などをそのまま、しかも簡単に記録できる装置などである。EPR 型日立記録計や L & N 社製 X-Y 記録計⁽⁸⁾、Brown 社製函数書

き記録計⁽¹⁷⁾などがこれである。現に 15,000〜におよぶ過渡現象を特殊技術により X-Y 記録計に記録する方法を、エンジンの馬力曲線に適用した例が発表されている⁽¹⁸⁾。

記録精度が向上するにつれて、当然記録紙そのものの精度も問題の対称となり、記録紙の湿度による伸縮を自動的に補正しながら記録を行う精密型記録計も現われている⁽¹⁹⁾。しかしながら記録紙上の記録を読み取るには記録紙幅、あるいは記録線の幅などから自づから限度があり、かつ記録曲線から数値を知るには人間の判断力を必要とする。人間の心理もまた生産工程中の一重要要素であり、計装自体は勿論のこと、工業計測器が具備すべき事項の一つとして H. H. Johnson 氏が挙げた可読性を増大させるために記録計の形状、目盛板および記録紙の数字、文字、あるいは刻み線などに対してまで人間工学の立場から検討し直す必要がある⁽²⁰⁾。ここに N. Wiener 教授の提唱するサイバネティックスの理論の有する役割が存在する⁽²¹⁾。

一方、記録を処置するための自動化が採り上げられ、研究されている。すなわち記録計を一つの記憶系として⁽²²⁾、制御回路や監視用閉回路に記録を戻してやることのできる記録計がすでに使用されつつある。これの最もめざましい応用は自動工作機械であろう。

さらに記録のデジタル化が実用になつて来ている。これは温度、圧力、流量など各種の測定値を数字量に換算し (Analog-Digital Converter)、直接に、または変化が速くてサンプリング周期を極度に短くするときには上記記憶系を介して電気タイプライタを動作し、記録を打出し、同時にそれを孔明きテープに移して IBM 機、その他の後続処理へ送つて老大な測定値の自動整理や、高速走査による自動監視、複雑な自動制御などを行わせるものである⁽²³⁾⁽²⁴⁾。かくして記録計は計算機と直結し、現在見られるごとき型式の記録紙は全く姿を消すのではないかと考えられる。

〔VIII〕 結 言

以上日立記録計について概説し、終りに記録計の動向について簡単に述べた。日立記録計の測定要素についての詳細は本誌の他の編でも述べられているので御参照戴きたい。電子管式自動平衡記録計を主体とするこれら一連の日立記録計は発電所は勿論のこと、化学、鉄鋼、食品、製紙、金属冶金など各工場における計測管理、自動運転、あるいは研究所、実験室における実験記録など

各方面に利用されて、その進歩、発展にかならず貢献するものと確信するとともに、今後ますますその応用面を拡大し、つぎつぎと新型記録計を発表して需用者各位の御期待に沿うべく研究を続けていることを附記しておく。

参 考 文 献

- (1) 木内, 小林: 日立評論 17, 255 (昭 9-6)
- (2) 首藤: 日立評論 18, 408 (昭 10-7)
- (3) 青木, 友田: 電気計器 337 (昭 26-8 修教社)
- (4) 富士: 計量管理 2, 107 (昭 28-3)
- (5) 田川: 計測 3, 66 (昭 28-3)
- (6) 藤木: 科学測器 2, 223 (昭 17-5)
- (7) 計測懇談会: 計測 2, 特集号 (昭 27-5)
- (8) オーム社: OHM 41, 特集号 (昭 29-7)
- (9) A.M. Hopkin: Trans. of A.I.E.E. 70 Part I 881 (1951)
- (10) 河井: 日立評論 別冊 3 125 (昭 28-7)
- (11) 中谷, 滝田, 井沢: 日立評論 別冊 3 91 (昭 23-7)
- (12) 国近他 5 名: 日立評論 36, 1451 (昭 29-10)
- (13) G.G. Gallagher: Instruments and Automation 27, 135 (Jan.-1954)
- (14) W. T. Dorsheimer: Chemical Eng. 193 (May-1952)
- (15) 大島: コントロール・エンジニア 第 3 集 (昭 29-11 誠文堂新光社)
- (16) G. Nelson: Electronics 22, 100 (Nov.-1949)
- (17) 沢井: コントロール・エンジニア 第 2 集 (昭 28-1 誠文堂新光社)
- (18) R. C. Baird, K. W. Lamers: Instruments and Automation 27, 464 (March-1954)
- (19) A. J. Williams: Communication and Electronics No. 2 289 (Sept.-1952)
- (20) 坪内: 計量管理 4, 5 (昭 30-1)
- (21) 北川: サイバネティックス (昭 28-8)
続サイバネティックス (昭 29-8 みみず書房)
- (22) H. Ziebolt: 日本機械学会誌 56, 716 (昭 28-10)
- (23) 高橋: 自動制御 No. 4 252 (昭 29-11)
- (24) P. Paschen: Siemens Zeitschrift 28, 268 (Juli-1954)