

# ブラウン管を用いた電気機器の試験装置

豊田工場開発課 石垣可連

## Testing Equipment for Electric Apparatus by the Application of Braun Tube

By Yoshitsura Ishigaki  
(Developmental Div., Toyoda Works)

### Synopsis

To observe voltage waveforms that occurs repeated periodically, braun tubes are applied. The author has improved the ordinary braun tube oscillograph, developed an equipment with which one can see two waveforms on the same screen at the same time, or see some part of the waveform amplified, and attached them to a switch board just like other electric meters. For this purpose a special device for insulation is made.

On the other hand, it is very important in the electrical engineering to study what sort of voltage distribution appears in an apparatus when some impulse voltages are impressed on it. By this equipment, impulse voltages are generated by thyratrons and then impressed on the apparatus to be tested. The voltages that occur consequently in the apparatus are led to braun tube oscilloscope, the frequency of time axes is just synchronized to that of impulse. The equipment is made portable, compact, and very convenient to operate.

### I. 緒 論

電気機器の試験および調整において、その各部分の電圧波形を精密に観測し、その波形を基準として種々の調整をおこない、またはその特性を論ずる場合が多い。交流電源を用いて駆動する機器においては各部分の動作は一定の周期をもって繰返される。このような機器の動作を観察するためには、ブラウン管オシロスコープによって電圧波形を観察することが有効である。本オシロスコープは高電圧によって加速された電子が蛍光板に衝突する時に蛍光物質が蛍光を発することを応用したものであり、電子流の道程にこれと直角方向に静電界を与え、電界の強さを測定電圧を用いて変化させてやれば、蛍光板上の像は測定電圧を示すにいたる。通常のブラウン管オシロスコープはかくのごとくして一つの現象を観測するのに用いられ、しかもその映像は、グラフに画くように、横に平等な経過時間を、縦にはその時間に応じた現象が与えられるものである。このオシロスコープは繰返しておこなわれる現象の全貌を一見して見るためには非常に便利であるが、時には電気機器を調整するためある特定の部分だけを大きく増幅して観測したいという要求の出ることがある。このような時には時間軸または現象軸の中で特に見たい部分だけ大きく拡大し、他の部分は傍の方に押し込めてしまうのが便利である。またこれらの装置を通常の計器のごとく、配電盤に取付ける時

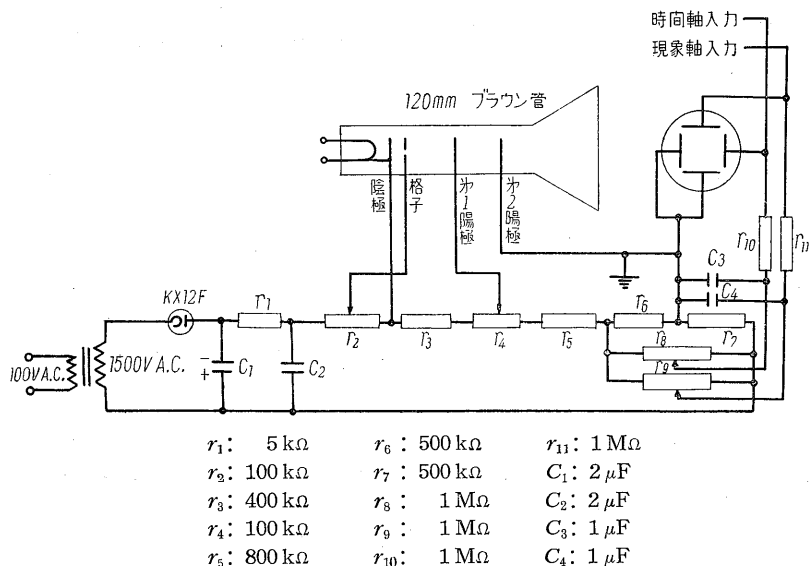
に、測定現象が一端接地であることがむしろ稀であるから、装置の絶縁に関する問題は特に注意を払わなければならない。この点、盤への取付けには特別な方法が採られている。また電気機器においては衝撃電圧を加える時に内部にいかなる現象が生ずるか、また内部の電圧はいかなる分布を取るかが問題になる。この分布状況を知ること、その機器の衝撃電圧に対する性能を知る上に重要なことである。これにかんがみてブラウン管オシロスコープを用い、適当に同期のとれた時間軸と衝撃電圧とを発生せしめることによって、映像面に衝撃電圧波形を画かせ肉眼による観視に便ならしめ、要すれば半透明紙を映像面上にのせて、その上をトレースすることにより鉛筆記録も可能ならしめる過渡現象直視装置を作成した。原理的には通常のものとは大差ないが、その簡単なことと使用に当たっての安定性が特長である。以下これらブラウン管オシロスコープの応用を各部分ごとに順を追って説明する。

### II. 特殊増幅型ブラウン管オシロスコープ

#### 1. ブラウン管オシロスコープ

ブラウン管およびその動作電圧発生装置に関しては、通常のブラウン管オシロスコープ装置と同じものであるから、ここでは簡単にその回路と動作原理について説明する。

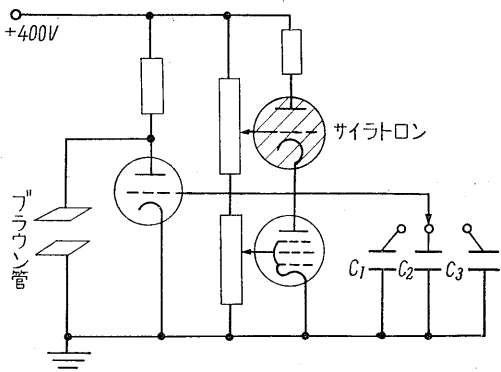
第1図はブラウン管の動作電圧を発生する電源回路



第1図 ブラウン管オシロスコープ高圧発生部

Fig. 1. Braun tube oscilloscope high voltage generator

である。ブラウン管は、陰極より発する熱電子を加速して蛍光板に衝突せしめ、そのエネルギーを蛍光物質に与えて蛍光を発生せしめるものであるから、陰極と陽極の間には 2kV 程度の電圧が加わっていることを要する。ブラウン管の蛍光板付近は陽極と同電位にあり、また記録その他の目的で人がこれに接触する機会が多いので、これは大地電位に保っておく必要がある。そのために陰極線条および制御格子は負の高電位にある。陰極と陽極の間には、さらに一つの極があり、電子流を蛍光板上において1点に収斂せしめる作用をする。この極を第1陽極と呼び、大地電位にある陽極を第2陽極と呼ぶ。第1陽極は陰極より 400~600 V 正の電位にあり、各ブラウン管によって像を鮮明に生ずる電位が異なるので、可変抵抗を用いてポテンシオメーター式に電圧を加え、丁度輝点が鮮明に出るように設定しなければならない。これを焦点調整とよぶ。また



第2図 時間軸発生部

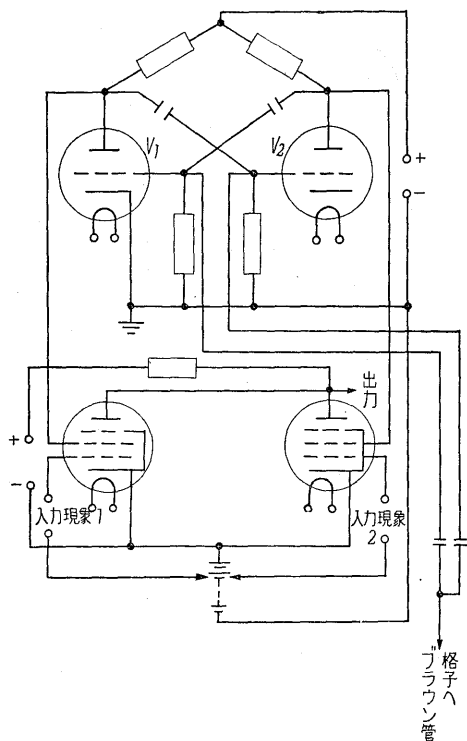
Fig. 2. Time frequency generator

制御格子は陰極より 30~60 V 負の電位にあり、電子流を制限して輝点の明るさを加減するのに役立つ。これを輝度調整と呼び、矢張り可変抵抗を用いてポテンシオメーター式に饋電する。陰極、制御格子、および第1陽極より成る電子銃によって加速された電子流は、これに直角な二つの電界によって方向を変えられる。そのために電子の走行方向に平行でかつがい直角な2対の偏向板が取付けられ、その各対の板の間を電子流は流れる。今垂直な対の偏向板間に、時間に比例して減少する電圧を繰返して加え、水平な他の偏向板間に測定せんとする電圧を加え前者を後者に同期せしむれば、電子線は蛍光板上に同じ軌跡を繰返して画く

ので映像面には測定電圧の波形を観測することができる。第2図は今述べた鋸歯状波電圧の発生回路である。

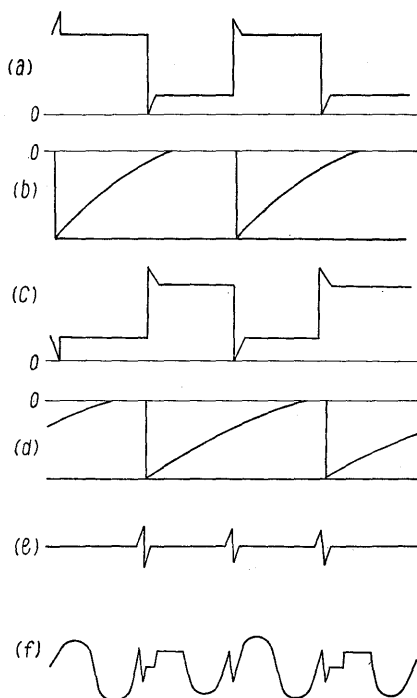
## 2. 2 現象観測装置

前節において述べたブラウン管回路は一つの現象を観測するための回路であるが、電気機器の試験、および調整に当っては、二つ以上の波形を同時に観測する必要がある。この時多くのブラウン管オシロスコープを並べるのは不経済であり、また位相や波形を比較するのにも不便である。ここに述べる2現象観測装置は二つの電圧波形をブラウン管の同一映像面上に映像する装置である。第3図はその回路を、第4図は各極の電圧波形を示すものである。第3図の3極管  $v_1$  および  $v_2$  を用いてマルチバイブレーター回路を作ると、 $v_1$  および  $v_2$  の陽極には第4図(a)(c)に示すごとき矩形波を生ずる。この時これらの矩形波は正の電位を持っており、その各端において不規則な部分を生じている。この矩形波を陽極抵抗を共通に持ち並列に接続されて5極管の遮蔽格子に加えると、各5極管においては、その遮蔽格子の電圧が高くなっている間だけ陽極電流が流れ得るので、遮蔽格子が低くなっている間は高い固定抵抗がもう一つの5極管に並列に入っているのと同じ結果になり、そのため5極管の陽極にあらわれる波形は、遮蔽格子電圧が高い方の5極管の制御格子に加えられる電圧のみによって決定される。 $v_1$ ,  $v_2$  の格子には第4図(b)(d)に示すような負の鋸歯状波があらわれ、これらは後述する輝点消去に用いられる。



第 3 図 2 現象観測装置回路図

Fig. 3. Circuit diagram of two phenomena analyser

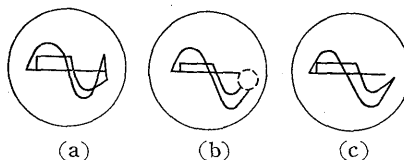


第 4 図 2 現象観測装置各極電圧波形

Fig. 4. Voltage wave form of two phenomena analyser

今  $v_3, v_4$  の格子に現象を入れたい場合には理想的にいえば、輝線は一直線をなすべきである。しかし前記のべたように  $v_3, v_4$  の遮蔽格子電圧には矩形波の初め

と終りに不規則な部分があるので第 4 図 (e) に示すように突出波形がある。これに測定現象を加えると第 4 図 (f) に示すように 1 周期ごとに交互に出る二つの波形のつぎ目には、(e) に示す不規則部分が生ずるので、波形は非常に見難くなる。第 5 図 (a) はその時のブラウン管映像面上のオシログラムである。本装置においては、この不規則部分を消すために特別な考慮が払われている。今  $v_1, v_2$  の格子にあらわれる突出電圧をコンデンサ  $C_3, C_4$  を介してブラウン管の格子にみちびく時には、その位置において格子電位が低くされるので、映像は消える。マルチバイブレーター回路  $v_1, v_2$  の発振が現象と同期している時には、この消去部分は現象の同一個所において生ずるので、第 5 図 (b) に示すごとく、現象波形の一部分が必ず消えてしまうため測定にははなはだ不便である。今マルチバイブレーターの発振と現象との間の同期をわざと外してやる時には、時間軸と現象との間には同期がとれているので、像は静止する。一方消去点は波形のすべての部分にわたって順次におこなわれるため、波形のすべての部分はいつかは必ず像を生じている。この方法によれば、いくらかは像がちらつく心配はあるが、これは像が浮動するのではなく同一位置において輝度が不均一になることによるものであるから、肉眼観察および鉛筆記録には不便はない。この回路によれば入力 150mV 程度で 75mm ブラウン管は一杯に振れるので、感度ははなはだよいものである。第 5 図 (c) は同期をはずした時測定せんとする二つの現象の全体がよくみえることを示す図である。

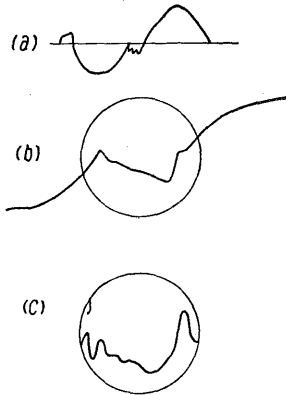


第 5 図 ブラウン管映像面上のオシログラム  
Fig. 5. Oscillogram on the braun tube

### 3. 部分増幅型ブラウン管オシロスコープ

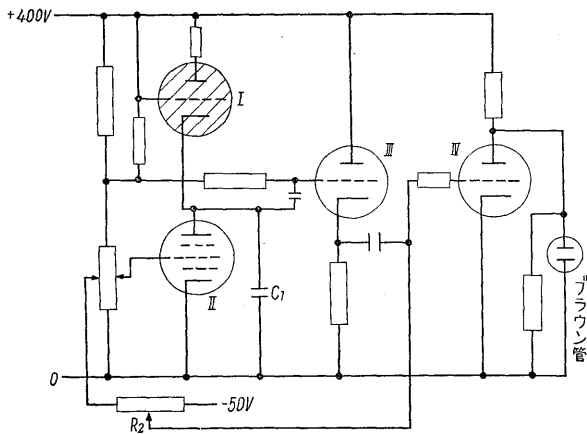
ブラウン管オシロスコープを用いて、繰返しの現象を測定する際に、1 周期の中のある部分だけを特に拡大してみたい場合がある。時間軸に加える鋸歯状波電圧を極度に大きく増幅して加えるならば、一部分は拡大して見えるが、肝心の測定しようと思う部分が丁度中央にあらわれない時には、偏光板に大きな偏倚電圧を加えてやらなければならない。しかし実際に用いる場合には今拡大しているのが、全波形のどの部分に相当するかを知ることも必要である。そのために、全波

形も同一オシログラムの中に入れ、その中の一部分を特に拡大してみる方法が必要とせられる。第6図は測定原波形(a)に対して、全体を極度に増幅した図(b)および特に拡大してみたい所だけの時間軸を増幅した図(c)を示す。第7図に示される回路によれば、時間軸の

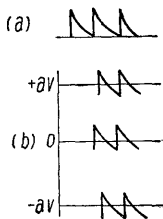


第6図 原波形 (a) およびその拡大波形 (b), (c)  
Fig. 6.

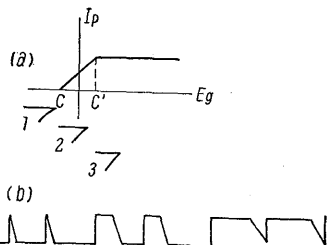
Original wave form (a) and its magnified wave form (b), (c)



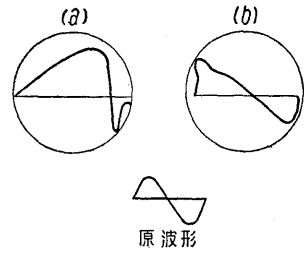
第7図 部分増幅用回路図  
Fig. 7. Circuit diagram for partial amplification



第8図 鋸歯状波  
Fig. 8. Saw-tooth wave



第9図 特性曲線および波形  
Fig. 9. Characteristic curve and wave form



第10図 正弦波増幅例  
Fig. 10. Examples of amplified sine wave

発振はサイクロトロン I, 5極真空管 II およびコンデンサ  $C_1$  よりなる回路によっておこなわれ、コンデンサ  $C_1$  の充放電特性によって得られる鋸歯状波は 3 極管 III によって電力を増幅せられる。真空管 III の格子入力波形は第 8 図に示される鋸歯状波であるから、真空管 III の陰極電圧もこれと同じようになる。最終段の電圧増幅管 IV の格子には、直流の偏倚電圧が加えられ、III よりくる鋸歯状波はこの直流電圧の上に重ね合わされる。第 8 図 (b) は可変抵抗  $R_2$  を変化させた時の真空管 IV の格子電圧の変化を示す図である。3 極管の格子電圧対陽極電流特性曲線は第 9 図 (a) に示されるようなものであるから、今格子電圧の直流部分を変化させて 1, 2, 3 の順に動かしてやれば、それに応じて a 級, b 級, c 級の増幅がおこなわれる。3 極管の特性が格子電圧が  $C$  volt 以下では電流が流れず  $+C'$  volt 以上では飽和してこれまた変化を生じないとすると、格子電圧を下から、1, 2, 3 の順に変化させるならば、1 においては、鋸歯状波の尖頭部分のみが、増幅せられ、2 においては、その中腹部分が、また 3 においてははその下端の部分のみが増幅せられる。第 9 図 (b) は増幅せられた波形を示す。今これをブラウン管の時間軸に用いるならば、1 においては同期のはじまりの部分、2 においては中間部分、3 においては周期の最後の部分が特に大きく増幅せられてみえる。可変抵抗  $R_2$  を変えることによってその間の任意の部分が増幅される。同じような回路を縦軸の増幅にも用いれば、縦軸にも拡大された任意の位相の電圧を読むことができる。この装置を用いるならば、増幅を必要としない他の部分は端の方へ押し込めることができるので増幅部分と全体との関連性を知ることができることもまた長所の一つである。第 10 図は本回路を用いて正弦波を増幅した場合の 1 例である。第 10 図 (a) は位相のはじまりを、第 10 図 (b) はその中腹を増幅した場合を示す。

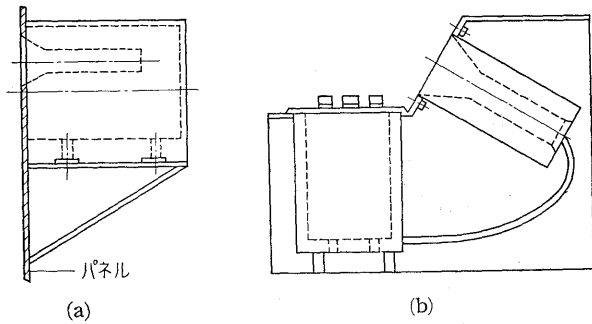
本器は接触変流機の調整に用いられる。接触変流機は機械的な接点の開閉によって電流を遮断投入し、整

流をおこなわしめるものであるから、接点の開閉の時間と電流の零値通過の時間との間の関係を特に詳しく観測しなければ、とても安全な運転をおこなうことはできない。この点にかんがみて接点の全波形をみることはもちろん、その開閉の瞬間の様子を探究することが特に望まれる。本装置はこれらの測定には非常に有効なものである。

4. 配電盤への取付け

本装置は通常の配電盤計器のように配電盤に取付けることが望ましい。直径 75mm のブラウン管オシロスコープを取付けることは容積の面からみれば大した問題はない。しかし問題は接地と絶縁の問題である。通常ブラウン管は使用時には、2 対の偏光板の各対の一方を接地し、なお第 2 陽極および外面は接地して用いられる。このことは測定される電圧の一端が大地電圧である場合には問題ない。しかし接触変流機の接点電圧を測定する場合には、接点の両端とも大地に対して 200 V 程度の電位を持っているために、一端接地の方法を用いることはできない。今ブラウン管の第 2 陽極側を接地し、偏光板だけは浮かせて、これに接点電圧を加えたとする。偏光板対には両方とも 200 V 程度の電圧がかかるので、その間の電界は乱れを生じ、映像面上には不正確な波形が生ずる。なおこのような使い方をすると焦点がぼけて輝点が太くなり、鮮明な像を画くことはできない。以上の理由から、ブラウン管のガラス壁、第 2 陽極および偏光板の一端は常に等電位に保たなければならない。

次に外箱だけを接地して安全ならしめ、内部配線だけを浮かせて、内部配線に前述の等電位点を落してやる時には、内部配線と、外箱との間に漂遊容量が存在するため偏光板間の電極は矢張り歪むので、これも正確な波形をみることはできない。以上のような理由からブラウン管ケースは二重底式とし内側のケースに前述の等電位点を落とし、内ケースと外ケースとの間の絶縁は特に充分に保ってある。また正面の盤へ取付ける面は絶縁板を用いてあり、内部ケースに電気的に接続する金属鉄のようなものは一切頭をかくしてある。直径 120mm のブラウン管を用いる時には、ブラウン管と電源部とを一つの箱に入れて盤に取付けることは空間的にも重量的にも困難である。そのためにブラウン管と電源その他の回路部とは別々の部分に分けて、ブラウン管は比較のみやすく上の方に、その他電源回路部等の重い部分は下の方に取付ける。盤に取付時には、盤に大きな穴をあけて電源回路部が顔を出すし、



第 11 図 配電盤への取付  
Fig. 11. Fixing to switchboard

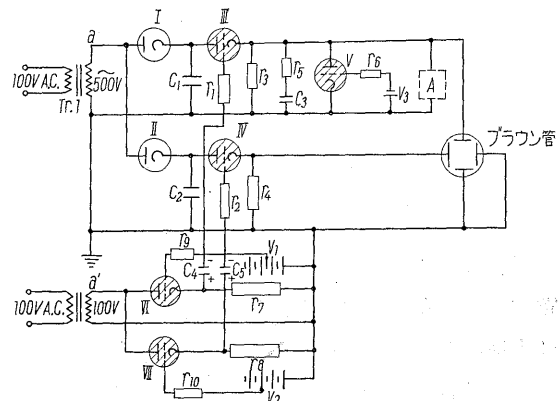
つまみを上から操作するようにすれば、絶縁の問題も操作も非常に楽になる。第 11 図 (a) は 75mm ブラウン管の盤への取付を示し、第 11 図 (b) は 120mm ブラウン管の盤への取付を示す。

III. 過渡現象直視装置

本装置は商用周波数を有する衝撃電圧を発生せしめ、これと正しく同期の取れた矩形波を時間軸に与え、衝撃電圧を加えた時被試験体の各部分に発生する電圧をブラウン管の現象軸に加えることによって、被試験体の電圧分布を調査する装置である。衝撃電圧発生部および時間軸部（截断波部を含む）、ブラウン管部、ブラウン管高圧発生部より成立している。以下順を追って各部分を説明する。

1. 衝撃電圧発生部および時間軸部

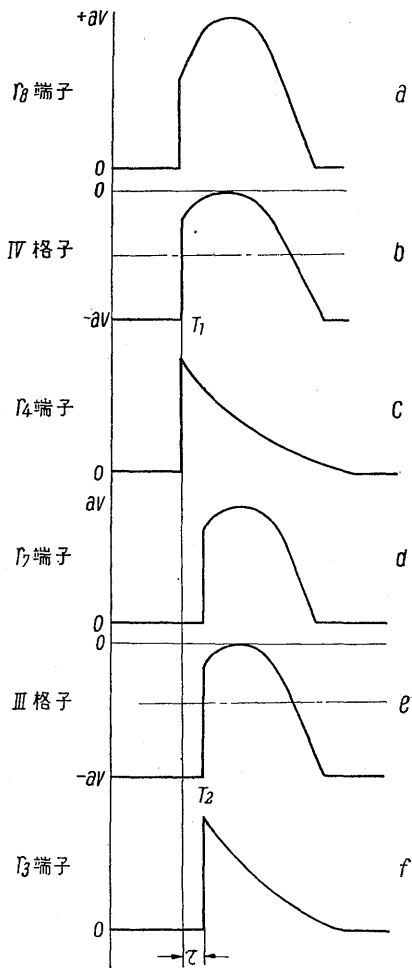
第 12 図は回路を示す。Tr I により交流 500 V, 50 への電圧を用いてコンデンサ C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub> は半周期の間充電せられる。その間サイクロン III, IV は動作しない。



I, II: HX968	C <sub>3</sub> : 0.0005 μF	r <sub>5</sub> : 1 kΩ
III, IV, V: TX920	C <sub>4</sub> , C <sub>5</sub> : 0.5 μF	r <sub>6</sub> : 30 kΩ
VI, VII: TY65G	r <sub>1</sub> , r <sub>2</sub> : 50 kΩ	r <sub>7</sub> , r <sub>8</sub> : 30 kΩ
C <sub>1</sub> : 0.05 μF	r <sub>3</sub> : 1 kΩ	r <sub>9</sub> , r <sub>10</sub> : 30 kΩ
C <sub>2</sub> : 0.01 μF	r <sub>4</sub> : 3 kΩ	A: 被試験体

第 12 図 過渡現象直視装置回路図  
Fig. 12. Transient analyser circuit

これは  $T_r$  I の a 側が+になる時に、 $T_r$  II の a' 側は-になるように接続してあり、a' が+の時、電流は a' より 65 G の VI VII を通り、 $r_7, r_8$  を通って大地に流れる一方、 $C_4-r_1$ -III 格子- $r_3, C_5-r_2$ -IV 格子- $r_4$  の経路をとおの大地に流れ、その電流によって、 $C_4, C_5$  は充電される。今  $V_1, V_2$  の格子電圧はおのの  $|V_2| < |V_1|$  とし、VII を少し早めに点火せしめるようにする。これは第 13 図に示すように、点火時間の差を  $\tau$  で示す。



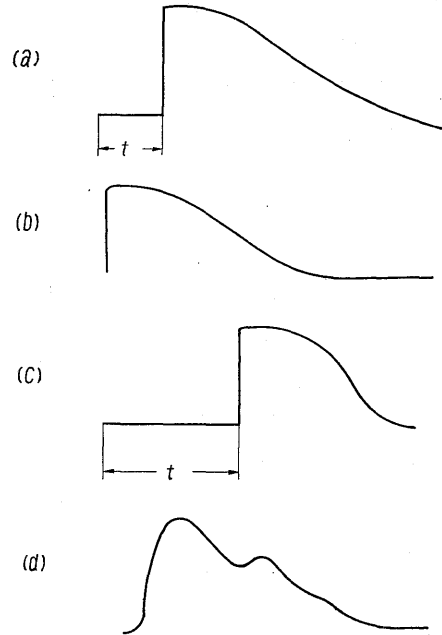
第 13 図 各部分の電圧波形  
Fig. 13. Voltage wave form

III, IV の格子は常に  $r_7, r_8$  端子より  $C_4, C_5$  の充電電圧だけ負の電位に保たれる。よって III, IV の格子は大地に対して零と負の電位の間を変動する。a および a' が同時には正にならぬので、 $C_1, C_2$  の充電する時は III IV は動作しない。

第 13 図 (b), (e) の破線が、 $C_1, C_2$  の充電電圧に対して、III, IV の点火すべき格子電圧とすれば、III, IV はおのの  $T_2, T_1$  の瞬間に放電し IV は III よりも  $\tau$  だけ早く動作する。そのため  $r_4$  端子に  $C_2$  の充電電圧が

現われて後、 $r_3$  端子に  $C_1$  の充電電圧が現われる。したがって  $r_4$  端子を時間軸にとり  $r_3$  端子を現象に取れば、ともに第 13 図 (c), (f) に示すように exponential であるから、ブラウン管の映像面には第 14 図に示すような波形を生ずる。

第 14 図の (a), (c) に示される時間  $\tau$  は、第 13 図における時間の差を示す。(b) に示される波形は  $T_1 = T_2$  の場合であり、これでは何が初めであるか分からないので、測定にははなはだ不便である。また (c) に示され



第 14 図 衝撃電圧波形  
Fig. 14. Impulse voltage wave form

る波形は  $\tau$  があまり大きすぎるので観察するのに不便である。(a) は最も理想的な波形である。この (a) に示される波形は、被試験物を接続しない場合の波形であり、この装置に第 12 図に示されるごとく被試験装置を接続し、衝撃電圧を加えると、第 14 図 (d) に示すような種々の波形を得ることができる。

これらの波形を観測または鉛筆にてトレースし、被試験体内の衝撃電圧に対する電圧分布を知ることができる。

## 2. ブラウン管高圧発生部

この部分は前章において説明した高圧発生部第 1 図と同じである。

## 3. 全体の設置

全体の設置に当っては筆写に便利のように、机型にできており、人は頭の上から黒い布をかぶり、机にあけた孔からブラウン管をのぞきながら、鉛筆でトレースする。



\*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。