

診療用大型 X 線装置の撮影時の 電圧変動について

小林 長平* 草谷 晴之**

Voltage Variation of X-Ray Apparatus at Photographing

By Chōhei Kobayashi and Haruyuki Kusagaya
Kameido Works, Hitachi, Ltd.

Abstract

When a large-sized X-Ray apparatus for medical examination is operated for photographing human body, the machine usually takes a load of 60 kVp, 300 mA, 0.1 sec, instantaneous input at that time being around 200 V, 130 A. This causes voltage drop in feeder line, which in turn results the voltage drop in rectifier valve, and auto and main transformers.

The writers discussed in this paper such kind of voltage drops, particularly of rectifier valve, and introduced their preventive method.

It may be added that the writers proved that the computation and actual measurement of voltage drop were in exact accordance. Also, they found that the measurement could gain preciseness by the use of shield on the potential divider.

〔I〕 X線発生装置の回路説明

X線発生装置回路は第1図の通りである。(次頁参照)

(1) 操作順序

電源開閉器を入れ ② 電圧計が 200 V を示すよう ② のハンドルを調整する。

X線管電圧が所要の値となる如く、③ のハンドルを調整する。

X線管の電流が所要の値となる如く、④ の抵抗器を調整する。

④ の接点を閉じると X線が発生する。

(2) 調整

整流管フィラメント電流

無負荷時のフィラメント電流が 8 A になる如く、抵抗 ⑮～⑰ をそれぞれ調整する。

負荷時の電源電圧降下を考え、負荷時フィラメントの加熱電流が下らぬ如く、⑩ 補償変圧器を調整する。

〔II〕 装置内の電圧降下に就いて

装置内の電圧降下は単巻変圧器、主変圧器、整流管である。その中前二者は、計算で推定でき、また計算値と

* ** 日立製作所電戸工場

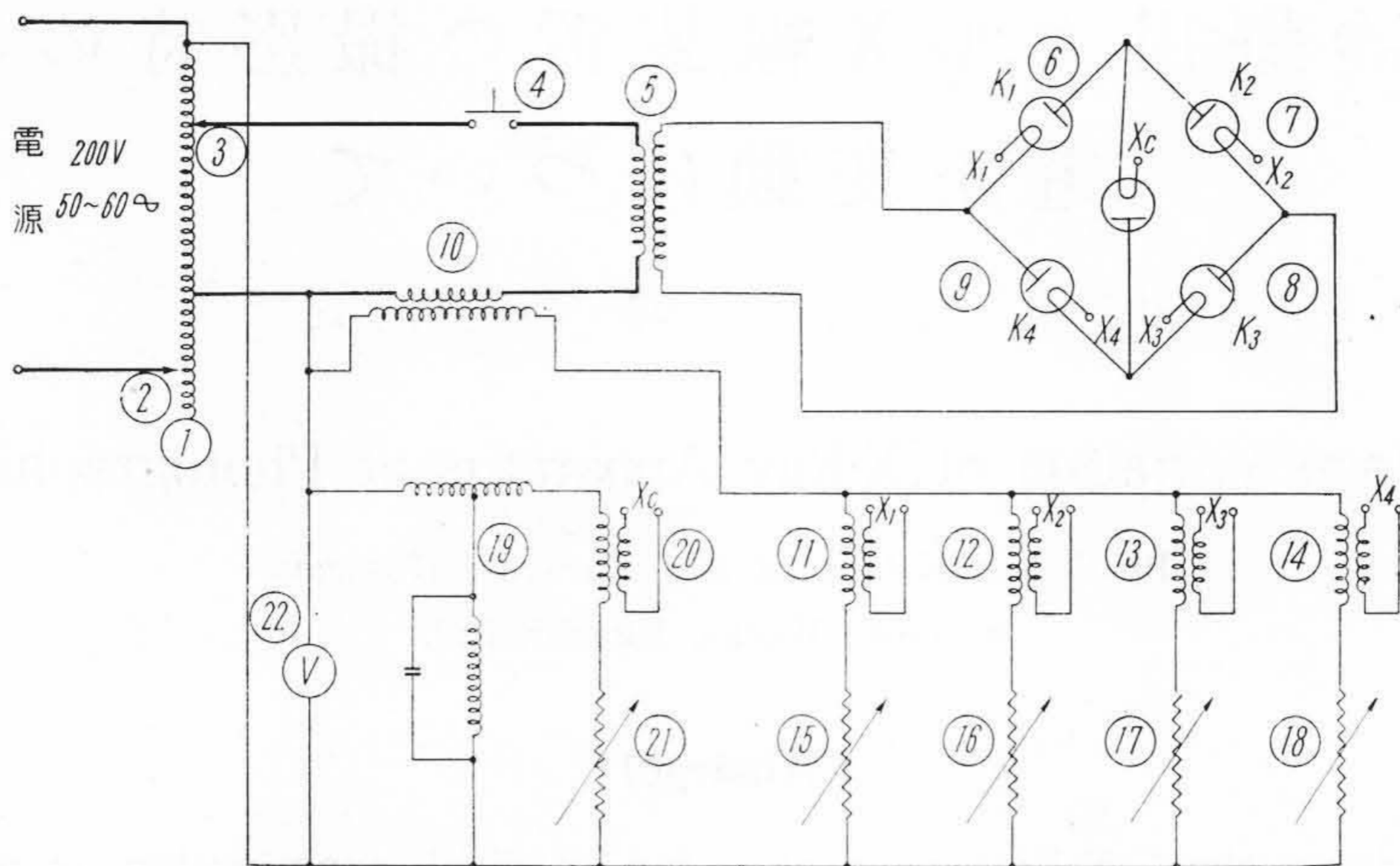
実際とがよく一致するものであるが、整流管に於ける電圧降下は割合に複雑であり、又装置によつてはその値も大きくなることが多い。本論文に於ては、特にその点を明らかにし、又その対策についてのべる。

〔III〕 整流管内の電圧降下に就いて

整流管は二極管であるからそのフィラメント電流、陽極電圧、陽極電流の関係は一例をあげれば第2図の如くなる。即ち陽極電流尖頭値 500 mA の場合フィラメントの加熱 7.9 A のときは陽極電圧 1.1 kV, 加熱 7.5 A なら陽極電圧は 1.5 kV, 加熱 7 A なるときは陽極電圧は非常に大きくなる。即ち X線管の電圧は小になり且つ陽極電流は 200 mA しか流れないことになる。かかる場合には整流管を破壊することも多い。それ故整流管ではその流す電流により必ずフィラメントも一定以上に加熱せねばならぬ。即ち尖頭値 500 mA の陽極電流の場合は、7.5 A 以上が必要である。

然し一方負荷時は端子電圧が降下するのでその補償装置が、完全に動作していない場合にはフィラメントの加熱は 7.5 A 以下に下るため、整流管内の電圧降下が非常に大きくなることが多い。

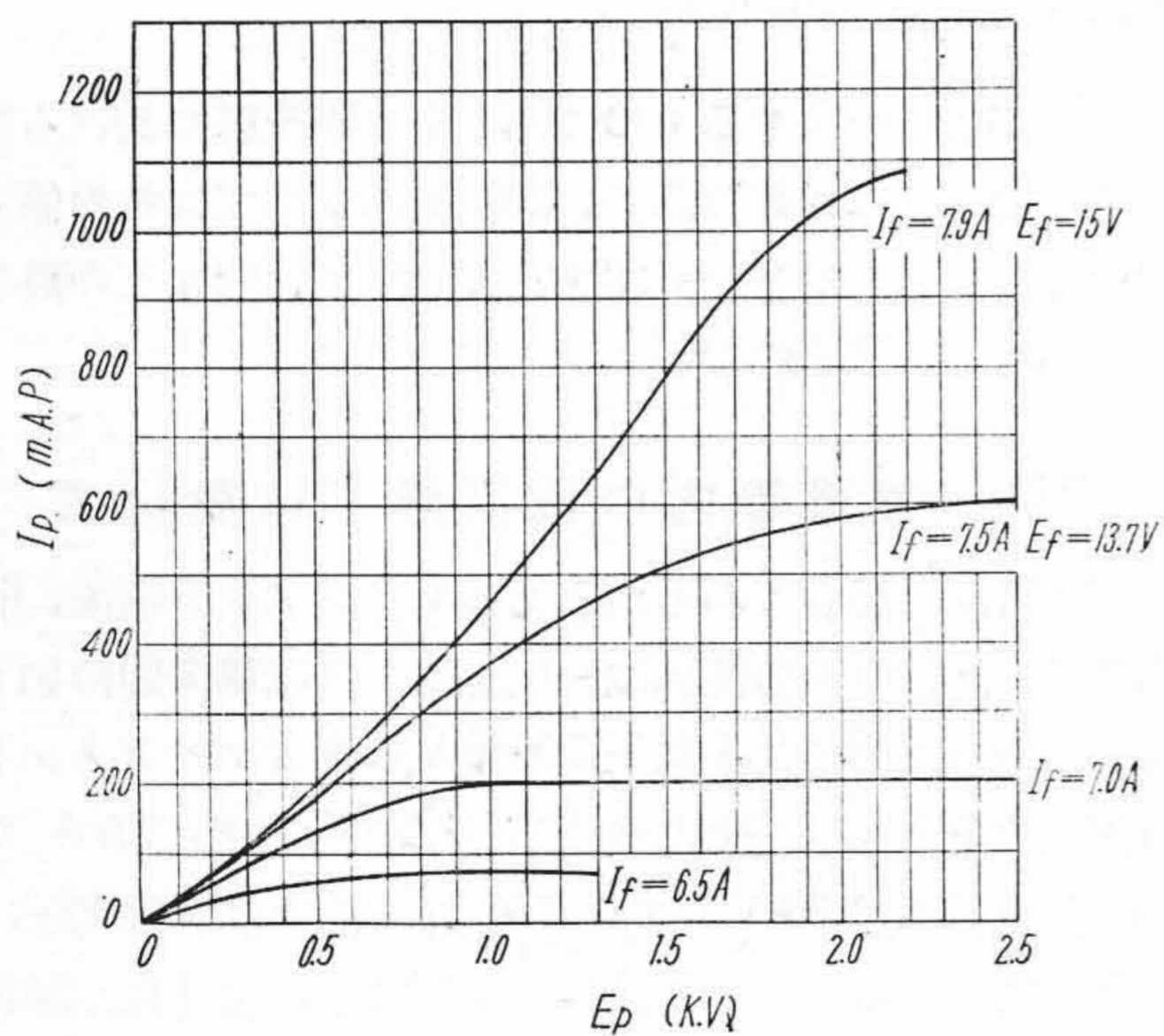
それなら無負荷にフィラメント加熱を 8 A 以上に上げ



- ① 単巻変圧器(電源電圧補償X線管球電圧調整)
- ② 電源電圧補償用ハンドル
- ③ X線管電圧調整用ハンドル
- ④ X線発生用電磁開閉器接点
- ⑤ 主変圧器(X線管高圧発生)
- ⑥~⑨ 整流管(KO-100)
- ⑩ 整流管フィラメント電流補償変圧器
- ⑪~⑭ 整流管フィラメント変圧器(絶縁変圧器)
- ⑮~⑱ 整流管フィラメント電流調整抵抗器
- ⑲ X線管フィラメント用自動電圧調整器
- ⑳ X線管フィラメント変圧器(絶縁変圧器)
- ㉑ X線管フィラメント電流調整抵抗器
- ㉒ 電圧計

第1図 X線発生装置回路

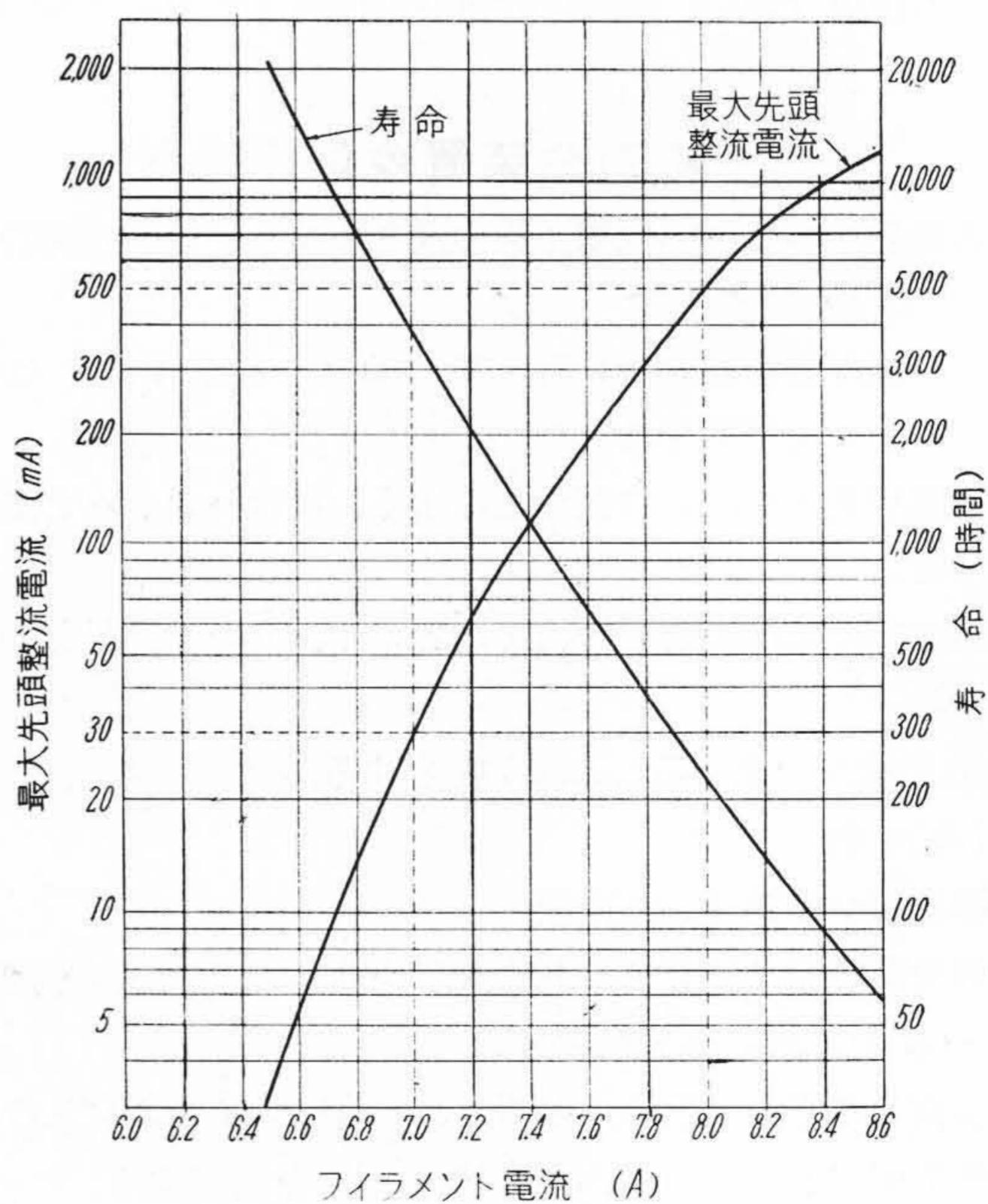
Fig. 1. The Connection Diagram of X-Ray Generator Apparatus



第2図 E_p-I_p 特性曲線 (KO-100)

Fig. 2. E_p-I_p Characteristic Curve (KO-100)

負荷時にも 7.5 A 以上の加熱になる如くしておけば、負荷時に於て整流管の電位降下が大きくなることはないわけだが、一方フィラメント電流と、整流管の寿命は第3図の如くなり、加熱を上げるとその寿命は急激に減少するためあまり無負荷で加熱を上げることも出来ず、補償回路が完全に動作しないものでは、負荷時フィラメントの加熱が減じ、整流管内の電圧降下が大きくなる。



第3図 KO-100, KR-150 フィラメント電流と最大整流電流及びフィラメント寿命との関係

Fig. 3. The Relations between Filament Current, Rectified Plate Current and Filament Life of KO-100 or KR-150

〔IV〕 整流管フィラメントの加熱のフラッシュに就いて

X線管に大電流を必要とする場合は、整流管加熱は 8 A 程度で加熱せねばならぬ。然しこの場合の寿命は 200 hr 位になる。

実際 500 mA を流す場合にその尖頭電流は、650~700 mA 流れる。そのような場合は加熱は 8.2 A 位を必要とし、そのときの寿命は 130 hr 位に減ずる。

然し一方 7 A 加熱の場合の寿命は 4,000 hr で非常に長い。こゝで整流管のフィラメントを X 線電流を流すときのみ大きく加熱し、それ以外 7 A 程度に少くすれば負荷時の電位降下も少くなり、且つ大電流加熱に依る整流管の動作時間も少く、従つて整流管の寿命も非常に長いことになる。

然し一つ問題になるのは、7 A 加熱から、8 A 加熱に上げ、8 A で十分安定する時間として、実験に依れば普通 0.18 sec 程度の時間を必要とする。

それ故 X 線電流を流すある時間前、整流管を加熱することが必要になる。

これは手動によつても出来るわけであるが、それを取扱う人により、その時間がまちまちで、大体長くなる方が多いので、寿命の点よりあまりよくない。

そこでこれを電氣的に X 線放射の一定時間前に整流管のフィラメントを加熱増加する、所謂フラッシュに依る加熱が最もよいことになる。

この場合には整流管の加熱を十分にし、且つ加熱時間

を必要の最少限度に出来るので整流管の寿命は非常に長くなり、又整流管内電位降下も小さくとめることが出来る。

〔V〕 実測について

日立 X 線装置に於てはフラッシュを実施している。即ち第 1 図の配線図中整流管のフィラメント用電源として高低の二つをおき、普通は低い方につなぎ整流管は 7 A で加熱され、撮影直前高い方につなぎ、8 A に加熱する方式をとつている。この方式に於けるオッシログラムの状況について説明する。

(1) 動作説明

第 4 図にその実測を示す。

上より電源電圧、主変圧器一次電圧、単巻変圧器入力電流（電源全電流）X 線管フィラメント電圧、整流管フィラメント電圧、X 線管電圧、X 線管電流を示す。

A 点

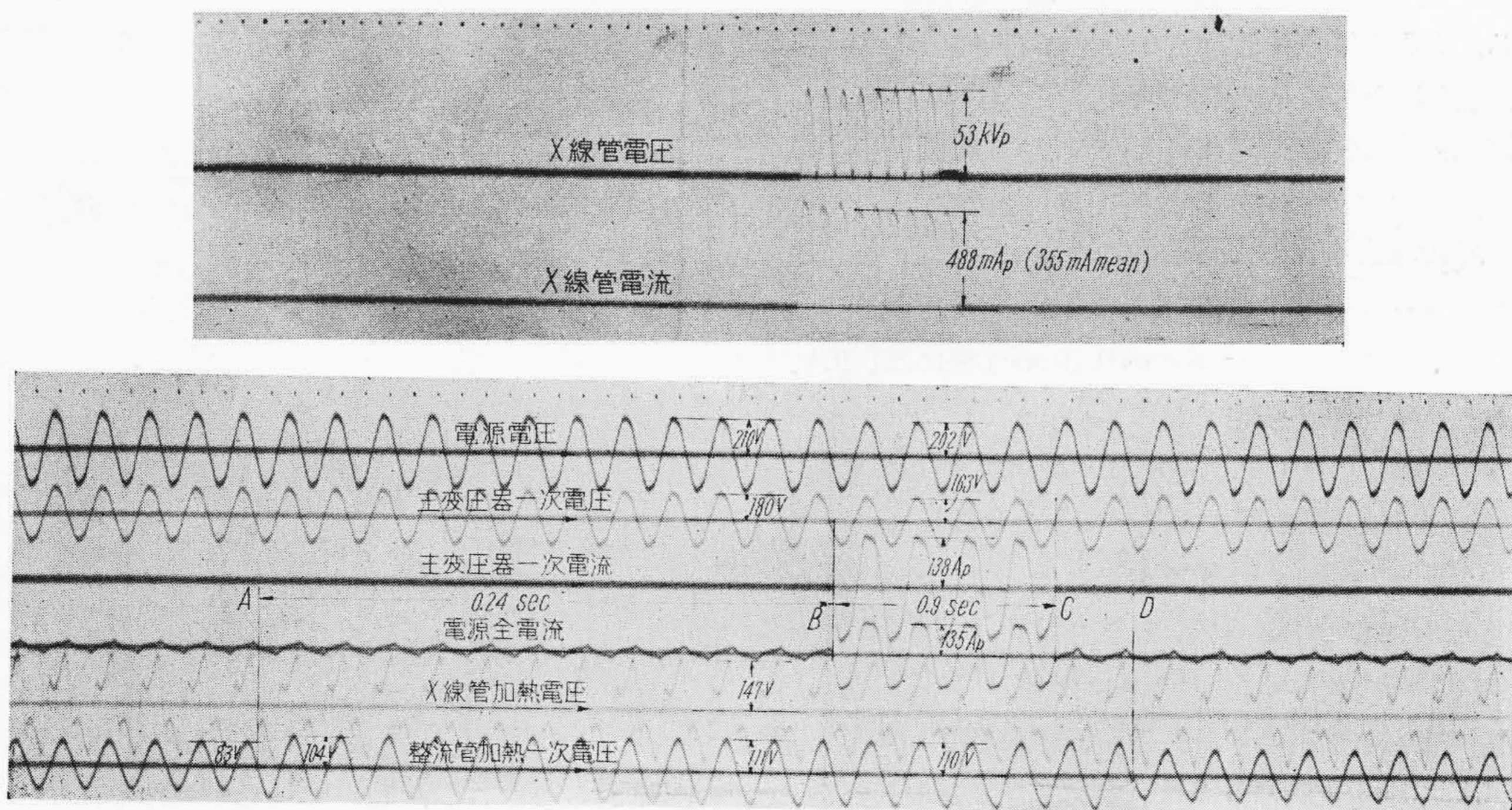
X 線ボタンを押し、整流管フラッシュ開始、このとき X 線管電流は流れない。

整流管フィラメントに直列抵抗があるため、フィラメントが加熱され、電流が減少すると共にフィラメント電圧は上昇する。

B 点

主変圧器が電源と接続、X 線管の電流開始。

主変圧器に最大 138 A 実効値 100 A が流れる。そのため電源電圧は減少する。電源電圧の減少、単巻変圧器内の電圧降下により、単巻変圧器出力電圧、即ち、変圧器一次電圧が減少する。



第 4 図 X 線装置実測オッシログラム

Fig. 4. Oscillogram of X-Ray Generator Apparatus

X線管フィラメント電圧は磁気飽和型自動電圧整調器のため、始めより歪んでおり、その波形は変るが実効値はかわらない。

整流管のフィラメント電圧は補償変圧器があるために一次電圧は減少してもその値は変らない。

C 点

タイマーが切れる。主変圧器が開きA点と同一状態になる。このときフラッシュのみ作用する。

D 点

フラッシュ終る。始めにもどる。

(2) 電圧変動に就いて

オッシログラフより下記の如くなる。

尙高压は後述の如き方法に依り測定した。

電 源 電 圧	
無 負 荷.....	206 V
負 荷.....	195 V
単巻変圧器出力電圧	
無 負 荷.....	200 V
負 荷.....	181 V
X線管電圧尖頭値.....	59 kVP
X線管電流尖頭値.....	482 mA
X線発生時間.....	0.094 sec

以上の数値に対する電圧変動率は下記の如くなる。

電源電圧変動率	94.5%
単巻変圧器変動率	95.9%
高压発生装置変動率(整流管を含む)	82.8%

尙主変圧器内の電圧降下は 12,200 V であるが、その中主変圧器のみの電圧降下を抵抗値、電流値より計算すると 9,000 V となる故 1 箇の整流管内の電圧降下は 1,600 V となる。500 mA を流す場合十分フィラメントを加熱した整流管 KO-100 内の電圧降下は約 1,200 V であるので高压測定の誤差を考えると、大体計算通りになる。

(3) 整流管のフラッシュの効果に就いて

A点にてフラッシュを開始、フィラメントトランスの電圧は 100 V に上るがその後 8~(0.16 sec) 後には、104 V まで上昇しその後は一定となる。

即ち始め 82 V で加熱し、急に 104 V に加熱しても定常状態になるまでには 0.16 sec かゝることになる。

即ち 0.16 sec 以上の時間をおかないとフラッシュの効果はあらわれない。即ちフラッシュ始めより X線発生まである時間が必要なことが分る。

次に整流管内の電圧降下であるが、計算上は 1.6 kV である。然しこれは X線管電圧の測定誤差内にあり正確な値とは云えないがこの程度に小さく出たことは整流管が十分に加熱されていたものと推定出来る。

〔VI〕 管電圧の測定

(1) 測定方法

(A) 測定回路

測定は第5図の如き回路により行つた。即ち、 $R_1(=300 M\Omega)$, $R_2(=7 k\Omega)$ により分圧器となし、 R_2 の両端の電圧を真空管 V_1 (UX-12 A) にて電流増幅し、電磁オッシログラフの振動子 v_H (H型振動子) を用いた。この場合、信号入力をグリッドに直接結合した。

尙、中点接地の両波整流 X線管端子電圧を測定するには、第5図の A, B 端子は大地に対し管電圧の半分の電位となるから電磁オッシログラフは振動子箱と光源箱との二部分に分け、振動子箱は絶縁碍子を脚とした台の上へのせ、又光源箱は大地電位とした机の上へのせ、その間はプレスボード製のワニス処理した遮光筒を用い、アースをとつて安全をはかつた。

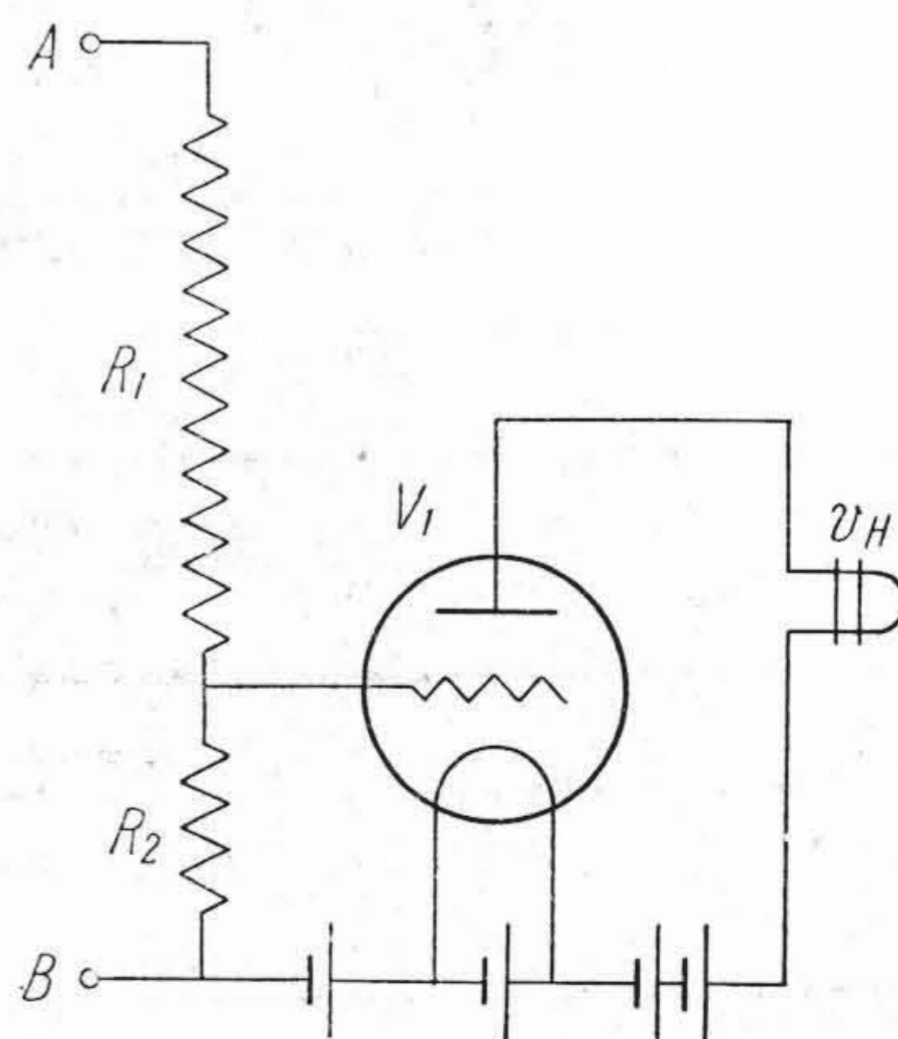
(B) 分圧器

分圧器は第5図の抵抗 R_1, R_2 で構成される。 R_1 は透視の時の X線管電流の 10% 以下とするため、 $300 M\Omega$ とし、 R_2 はオッシログラフの振れが適当になるように $7 k\Omega$ とした。 R_1 は 10 w 型 $10 M\Omega$ リケノーム 30 箇を直列に接続し、直径 150 mm, 長さ 1 m の日立筒に入れてコロナの発生を防ぐために絶縁油を満した。

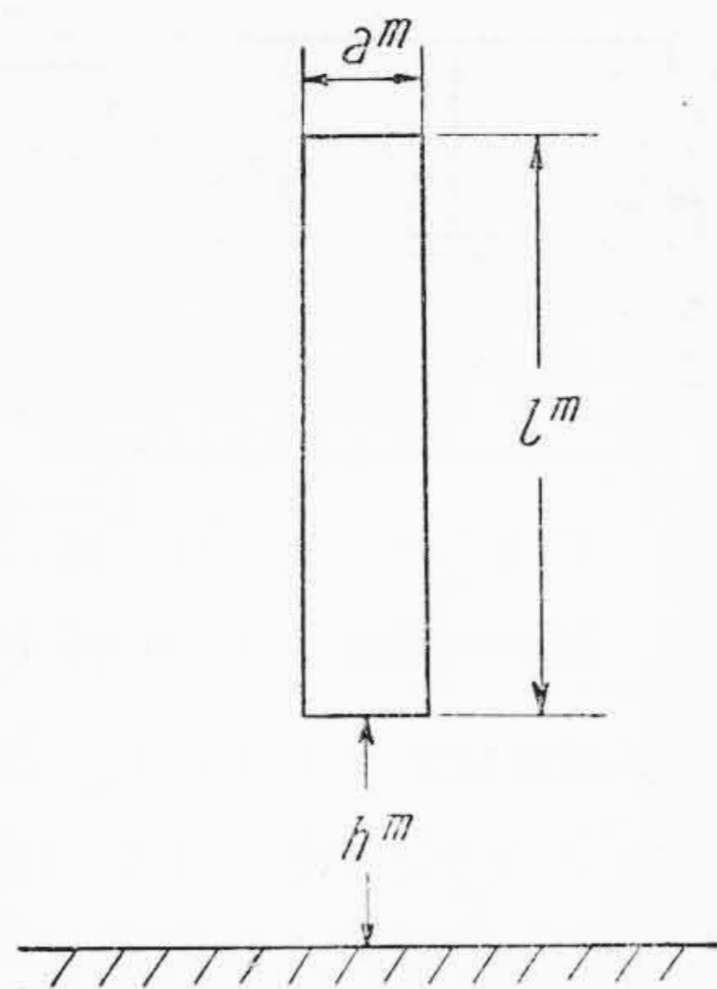
整流電圧の如く、高調波を含む電圧を測定するには分圧器の特性に影響のある次の諸点を考えなければならない。

1. 抵抗体の大地に対する静電容量

抵抗体の大地に対する静電容量は第6図の如く、直径 a m, 長さ l m の棒状抵抗体が地上 h m の所にあるものとすれば、大地に対する静電容量⁽¹⁾は次式で与えられる。



第5図 測定回路
Fig. 5. Measuring Circuit



第6図 抵抗体と大地との関係位置
Fig. 6. Relative Position of Resistance to Ground

$$C = \frac{2\pi\epsilon_0 l}{\log \frac{l}{a} \sqrt{\frac{4h+l}{4h+3l}}} \dots\dots\dots(1)$$

但し、 $\epsilon_0 = \frac{10^7}{4\pi c^2}$ (farad/m)

c : 真空中の光速

この場合、近似的に $a=0.06$, $l=1$, $h=0.6$ とすれば、

$$C=21.5 \mu F$$

となる。

この容量を両波整流の基本波である 100 \sim に対するインピーダンスとして計算すれば

$$\frac{1}{2\pi f c} = 74 \times 10^6 \Omega$$

となる。このように分布容量によるインピーダンスは抵抗 300 M Ω よりも低く、分圧器の特性に大きな影響を及ぼすであろう事が想像される。又測定電圧が一端接地であるか、中点接地であるかにより第7図の如き電気回路を形成する。

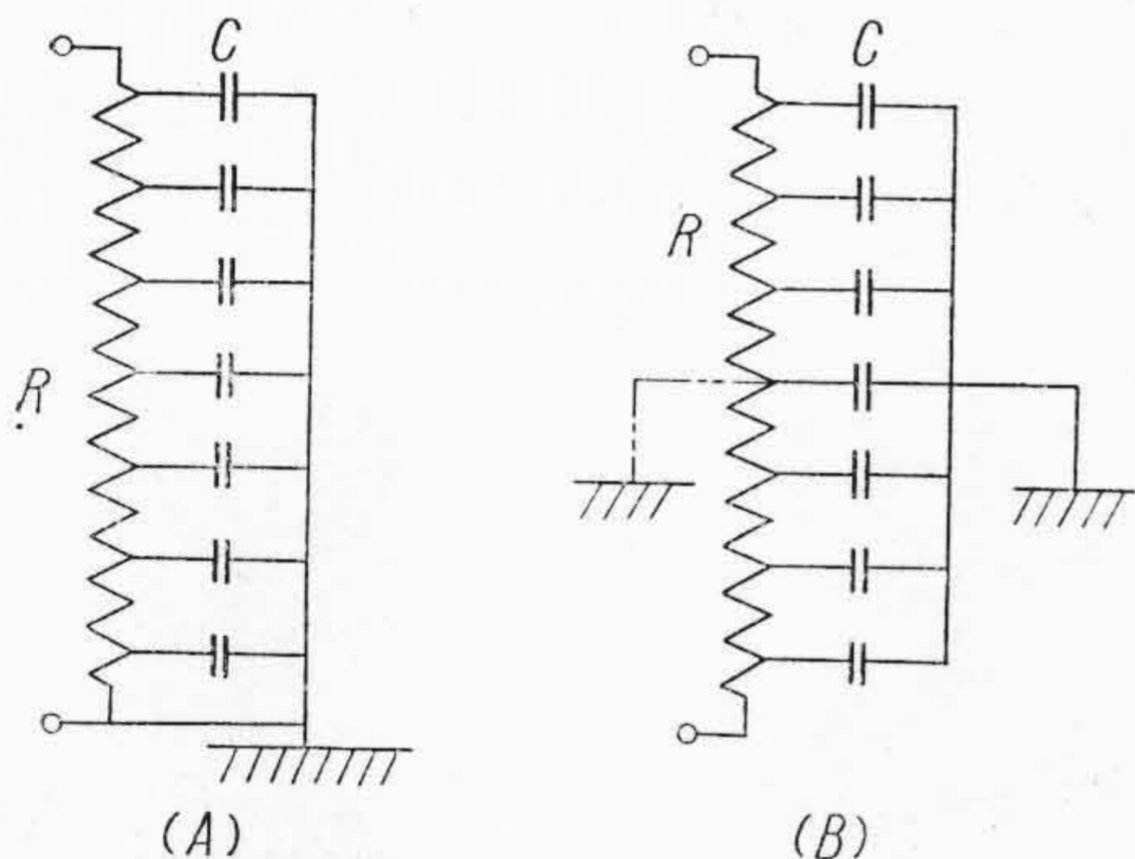
2. 抵抗体相互間の静電容量

抵抗体は 10 W 型リケノーム 30 箇所を日立筒に納め、絶縁油で満たしたため、抵抗体相互間にも第8図(A)の如く静電容量が入る。

3. 誘導障害

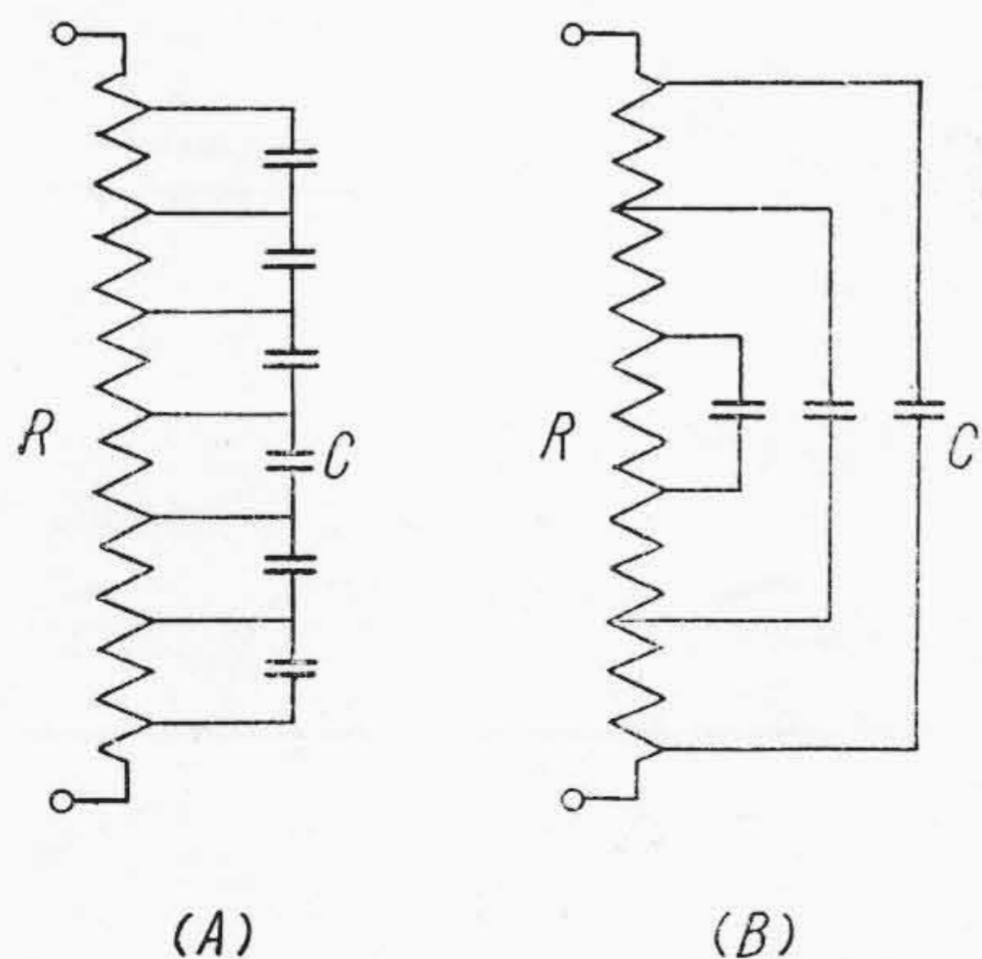
本測定器を適用する X 線装置では電磁誘導よりも静電誘導が問題となる。即ち測定器の近くに交番高電位となる物体があれば、その物体と抵抗体との間の静電容量を通して誘導障害が起る。実際に分圧器より 1.5m 位離れた位置にある物体には静電誘導により約 20% の電圧変動となつてオッシログラムに現われた。従つて、これを除かなければ使用出来ない。

以上の問題を解決するために、シールドを用いる事と

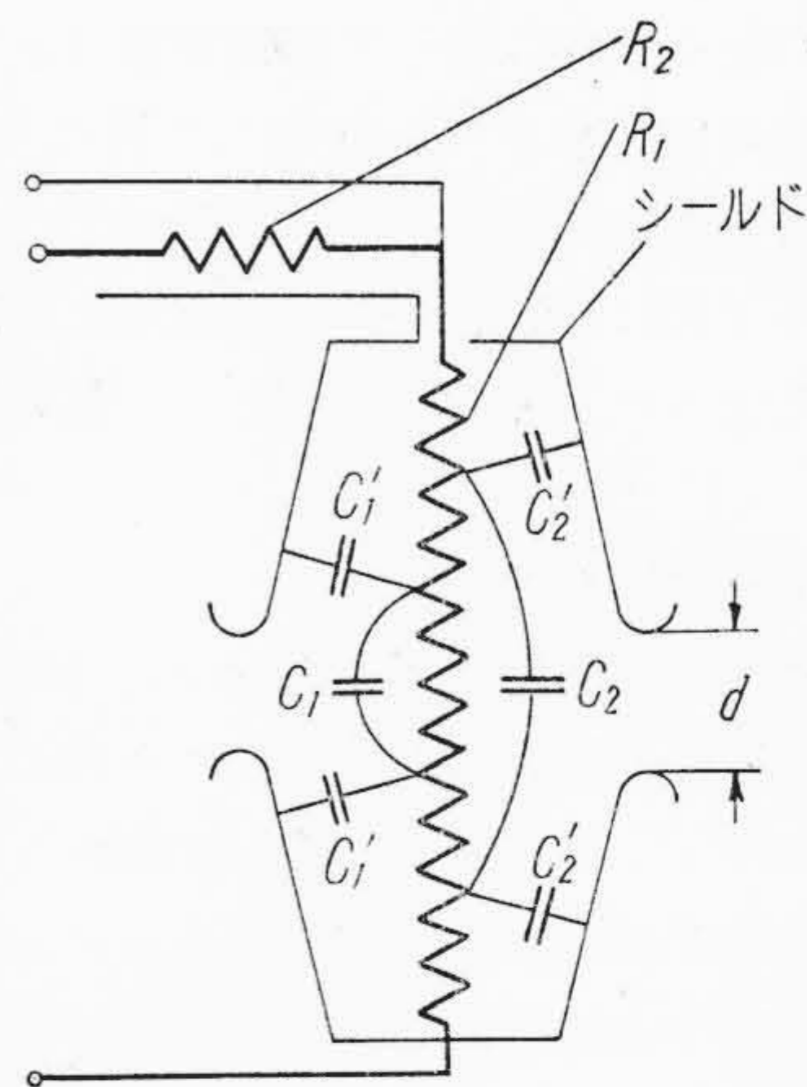


第7図 抵抗体の大地に対する静電容量

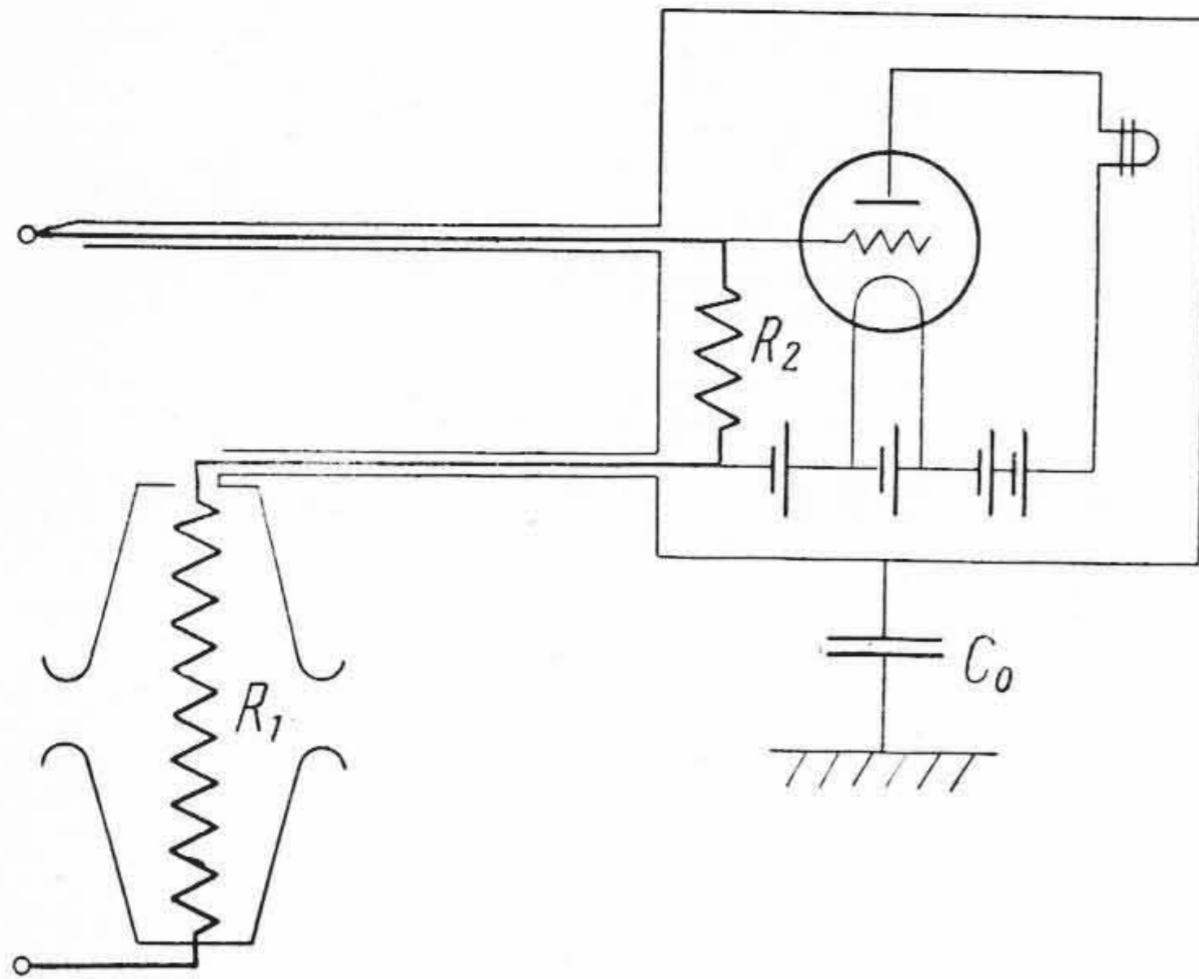
Fig. 7. Earth Capacity of Resistance



第8図 抵抗体相互間の静電容量
Fig. 8. Capacitance Distributed between Resistances



第9図 分圧器のシールド
Fig. 9. Schematic Diagram of the Shield



第10図 増幅回路の遮蔽
Fig. 10. Shielding of the Amplifier

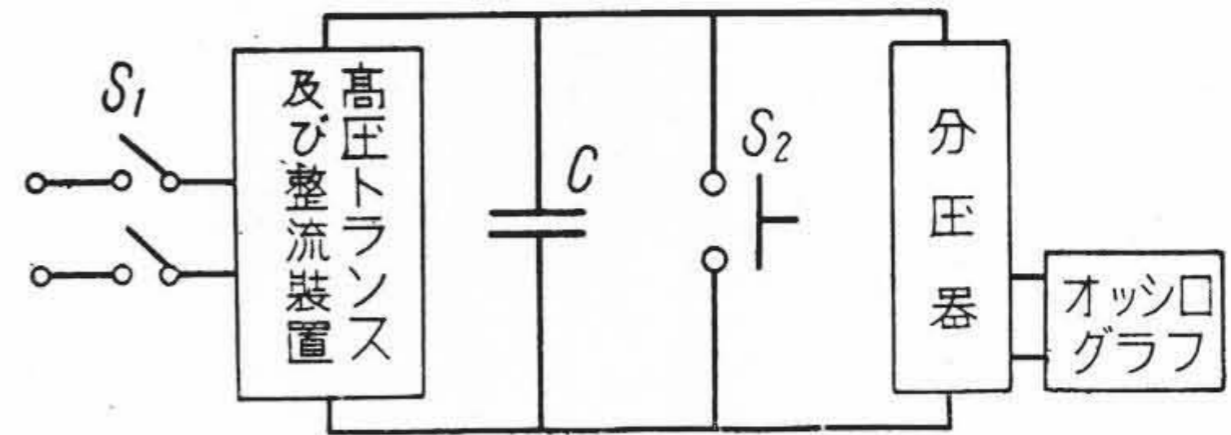
した。即ちシールドを施す事により大地に対する静電容量の問題及び誘導の問題は除かれ、又抵抗体相互間の容量については次の如く考えた。高抵抗は上下対称で抵抗体相互間の静電容量は第8図(B)の如く置き換え得る。従つて、Hargenguth⁽²⁾の考えたように図解的に第9図に示せる如く、 C_1 を流れる電流は C_1' にて、 C_2 を流れる電流は C_2' にて供給し、分圧器の抵抗中を容量電流が流れないようにするために、上下対称な図の如きシールドを施した。こゝに C_1' 、 C_2' 等は抵抗体とシールドとの間の分布静電容量である。この場合、 d は誘導の点より考えれば狭い方が良好であるが測定電圧により制限され、110kVP までスパークせぬように定めた。尚、このシールドのもつ静電容量は約 $20 \mu\text{F}$ であつた。

(C) 増幅回路の静電遮蔽

両波整流X線装置の如く、測定端子が両方とも大地に対して浮いている場合、電磁オッシログラフの振動子箱増幅回路は大地に対して絶縁されなければならず、これ等は第10図の如く大地に対して静電容量 C_0 をもつ。而して高圧電源の接地点と C_0 を通して流れる電流が R_2 の中を流れると測定の支障となる。従つて、これ等を薄鉄板製シールド箱に納め、又X線管電圧と同時に管電流も測定出来るように R_2 を陽極側とし、第10図の如き回路とした。

(2) 測定器精度の測定方法

或る回路に任意の電圧 $e(t)$ が加わつた時の電流は、その回路に単位函数波形の電圧が加わつた時の電流、即ちインデンシャルアドミッタンス $A(t)$ が知れば重畳の定理より容易に求め得る。この考えのもとに分圧器に単位函数波形の電圧を加えた時のオッシログラムに現われる電圧 $F(t)$ (インデンシャルアドミッタンスに相当する)の測定を行えばよい。そのためには高圧直流電源が必要となり、容量 C を直流高電圧で充電したものをを用いた。

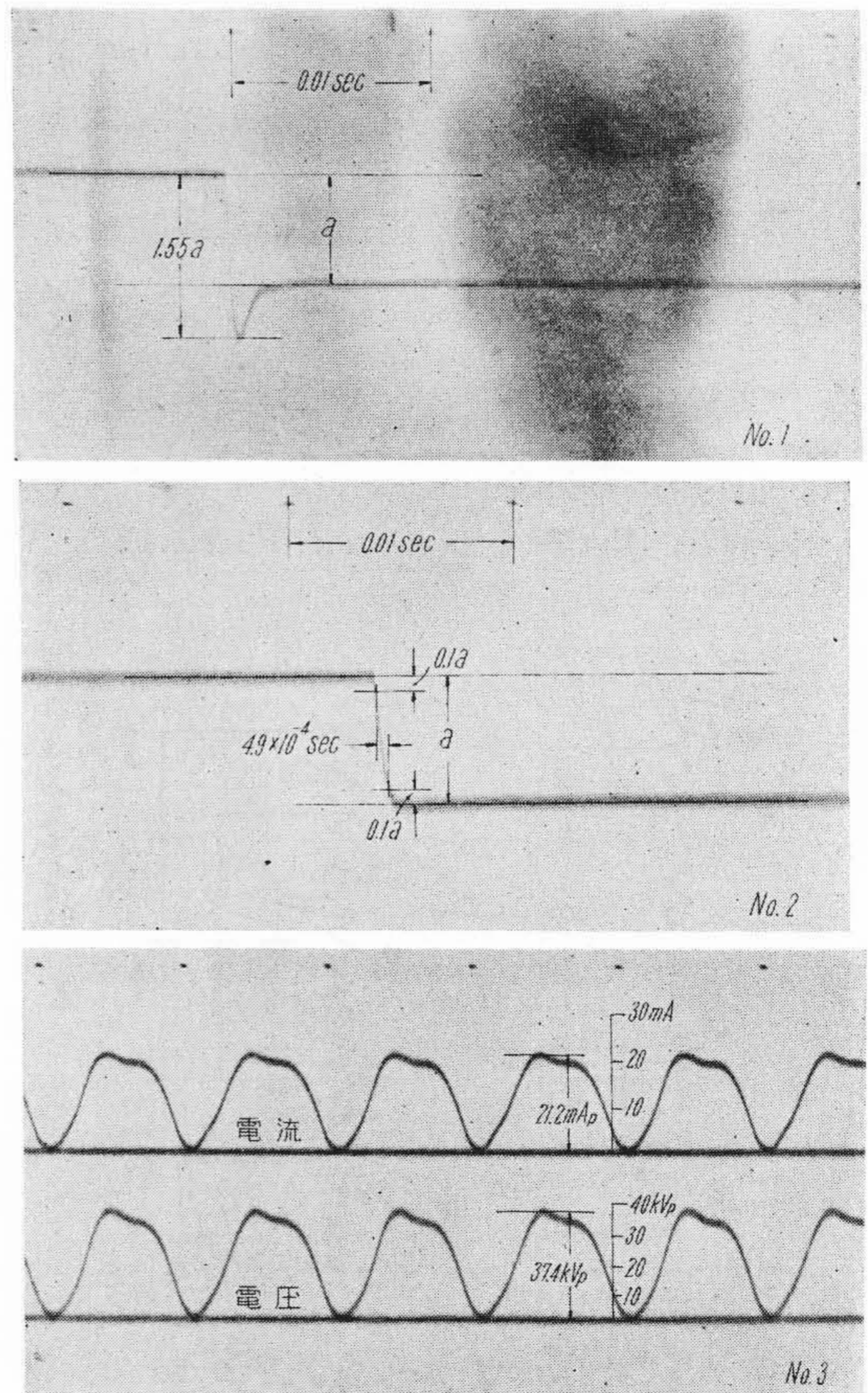


第11図 $F(t)$ の測定回路
Fig. 11. Measuring Circuit of $F(t)$

この場合、抵抗は $300 \text{ M}\Omega$ であるから、 $C=1 \mu\text{F}$ とすれば $CR=300 \text{ sec}$ となり、問題とする $1/100 \text{ sec}$ 以内では直流と考えて良い。尚かゝる高電圧を加える場合、三火花間隙では電流が少いため火花が続かず、又機械的に行う時は接点がある距離以内で火花が出るが連続せずに途切れ、 $F(t)$ を求めるのに火花の特性が入つて不可である。そこで第11図の如く分圧器に $e=1$ なる電圧を加えておき S_1 を開いて後に S_2 を閉じると、 $e=-1$ なる電圧が加えられた事となり $F(t)$ が求まる。

(3) 測定器の精度に関する実験結果及び検討

上記の如き方法で $F(t)$ を求めたが、分圧器にシール



第12図 精度測定のおッシログラム
Fig. 12. Oscillogram of Accuracy Measurement

ドを施さずに行つた時は第12図 No. 1 に見られる如く、高抵抗の分布容量が、大きな影響を及ぼしている事が分る。分圧器にシールドを施した場合には第12図 No. 2 に見られる如き曲線を得た。この曲線を $e^{-b_1 t}$ なる対数曲線と仮定して b_1 を求めると、90% 点と 10% 点の時間は

$$t_{90} - t_{10} = -4.9 \times 10^{-4} \text{ sec}$$

であるから

$$b_1 = \frac{\log \epsilon 9}{t_{90} - t_{10}}$$

より

$$b_1 = 4,500 \text{ sec}^{-1}$$

となる。

よつて

$$F(t) = (1 - \epsilon^{-4,500t}) \dots\dots\dots (2)$$

次に任意の電圧 $e(t)$ を加えた場合のオッシログラムに現われる電圧は重畳の定理により次式⁽³⁾で与えられる。

$$f(t) = \frac{d}{dt} \int_0^t e(t-\lambda) \cdot F(\lambda) \cdot d\lambda \dots\dots\dots (3)$$

今

$$e(t) = E_m \sin(\omega t + \phi_0) \dots\dots\dots (4)$$

なる電圧が加わつた時にオッシログラムに現われる電圧を求めると次の如くなる。

$$f(t) = \frac{d}{dt} \int_0^t E_m \sin\{\omega(t-\lambda) + \phi_0\} \cdot F(\lambda) \cdot d\lambda \dots\dots (5)$$

上式に (2) を代入して計算すれば

$$f(t) = E_m \left[\left\{ \sin(\omega t + \phi_0) - \frac{\omega}{\sqrt{\omega^2 + b_1^2}} \times \sin(\omega t + \phi_0 + \phi') \right\} - \frac{b_1}{\omega^2 + b_1^2} \times (b_1 \sin \phi_0 - \omega \cos \phi_0) \epsilon^{-b_1 t} \right] \dots\dots (6)$$

但し、 $\phi' = \tan^{-1} \frac{b_1}{\omega}$

(6) 式の第3項は過渡項で $b_1 = 4,500 \text{ sec}^{-1}$ であるから直ちに減衰して 0.01 sec 以後に於ては無視出来る故、この項を省き第1項、第2項のみを考えれば十分である。

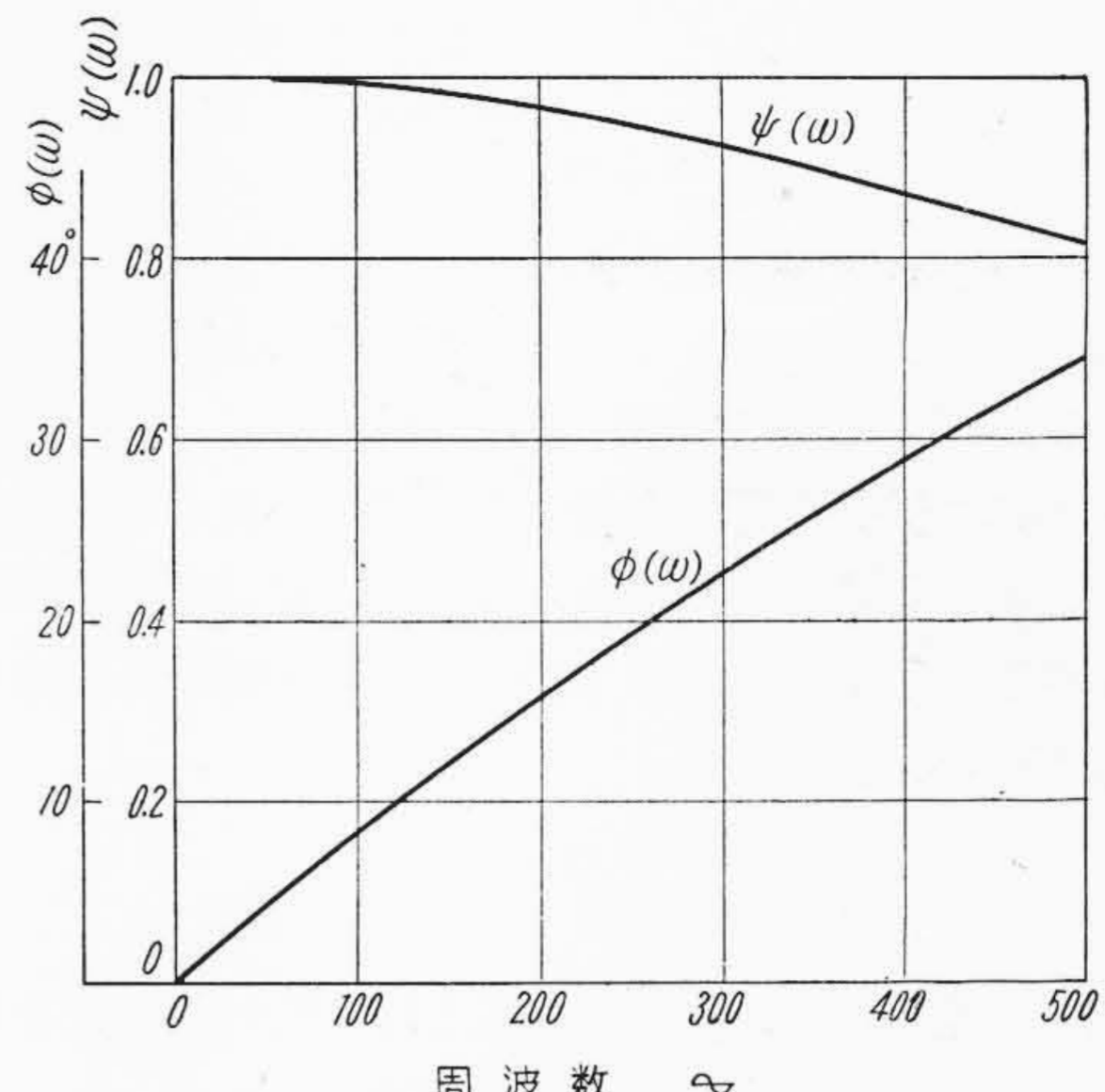
即ち

$$f(t) = E_m \left[\left\{ \sin(\omega t + \phi_0) - \frac{\omega}{\sqrt{\omega^2 + b_1^2}} \times \sin(\omega t + \phi_0 + \phi') \right\} \right] \dots\dots (7)$$

$\phi' = \tan^{-1} \frac{b_1}{\omega}$

次に、

$$\left. \begin{aligned} & A_1 \sin(\omega t - \phi_1) - A_2 \sin(\omega t - \phi_2) \\ & \equiv A_m \sin(\omega t - \phi) \\ & A_m = \sqrt{A_1^2 + A_2^2 - 2A_1 A_2 \cos(\phi_1 - \phi_2)} \\ & \phi = \tan^{-1} \frac{A_1 \sin \phi_1 - A_2 \sin \phi_2}{A_1 \cos \phi_1 - A_2 \cos \phi_2} \end{aligned} \right\} \dots\dots (8)$$



第13図 周波数特性曲線
Fig. 13. Frequency Characteristics Curve

(7) 式より

$$f(t) \equiv E_m \cdot \psi(\omega) \cdot \sin\{\omega t + \phi_0 - \phi(\omega)\} \dots\dots\dots (9)$$

とにおいて (8) 式を用いて $\psi(\omega)$, $\phi(\omega)$ を求めれば

$$\left. \begin{aligned} \psi(\omega) &= \frac{b_1}{\sqrt{\omega^2 + b_1^2}} = \cos \phi(\omega) \\ \phi(\omega) &= \tan^{-1} \frac{\omega}{b_1} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (10)$$

(10) 式より各周波数に於ける $\psi(\omega)$, $\phi(\omega)$ を計算すれば第13図の如き結果を得る。

この結果に基づき実際に測定せんとする両波整流電圧波形を測定した場合に現われるべき電圧は如何になるかにつき考えてみる。

$y = A_m \sin x$ なる波形を両波整流した場合の波形は、

$$y = \frac{2A_m}{\pi} \left\{ 1 - \frac{2 \cos 2x}{3} - \frac{2 \cos 4x}{5} \dots - \frac{2 \cos 2kx}{4k^2 - 1} \dots \right\} \dots\dots (11)$$

従つて、第13図に示した $\psi(\omega)$, $\phi(\omega)$ を次式に代入すれば任意の位相に於ける値が求まる。

$$y' = \frac{2A_m}{\pi} \left\{ 1 - \sum_{k=1}^{\infty} \frac{2 \cos\{\phi(\omega)\} \cdot \cos\{2kx - \phi(\omega)\}}{4k^2 - 1} \right\} \dots\dots\dots (12)$$

今、50 \sim の正弦波の両波整流波形の瞬時値が最高となるべき時、即ち $x = (2n+1)\pi/2$, $n=0, 1, 2, \dots$ の時の値は

$$\begin{aligned} y'_{x=(2n+1)\pi/2} &= \frac{2A_m}{\pi} \left\{ 1 + \frac{2}{3}(0.991)^2 - \frac{2}{15}(0.964)^2 \right. \\ & \quad \left. + \frac{2}{35}(0.923)^2 - \frac{2}{63}(0.873)^2 + \dots \right\} \approx 0.994 A_m \\ y'_{x=(2n+1)\pi/2 + 3.5^\circ} &\approx 0.999 A_m \end{aligned}$$

即ち、この装置によれば約 0.1% 低く、又 3.5 $^\circ$ 遅れて現われる。上と同様に最低値附近の値を計算すれば、

$$y'_{x=n\pi} \doteq 0.055 \text{ Am}$$

$$y'_{x=n\pi+3.5^\circ} \doteq 0.037 \text{ Am}$$

$$y'_{x=n\pi+5^\circ} \doteq 0.042 \text{ Am}$$

の如くなり、最低値を示すべき点は約 3.5° 遅れ、最大値の約 3.7% の電圧が現われる事となる。

実際に両波整流電圧を測定し、正しい波形として水抵抗を流れる電流波形を同時に測定したが、第12図 No. 3 (第52頁参照) に見られる如く、大体相似せる波形を得る事が出来た。

〔VII〕 結 言

以上診療用大型X線装置の撮影時に於ける電圧変動について述べたが、要約すれば次の通りである。

(1) 大電流撮影時に於けるX線装置内の電圧降下は計算と全く一致する。

(2) X線装置内電圧降下で特に注意せねばならぬことは整流管内に於ける電圧降下で、従つて撮影時にも特

にそのフィラメントを十分加熱せねばならぬ。

(3) 整流管の寿命の点、及び動作の安定の点より考え、整流管のフィラメントの撮影前フラッシュによる加熱は非常に有効である。

(4) 管電圧の測定は最大値附近に於て 1% 以下の誤差で測定出来た。

(5) 負荷時の管電圧については、管電流、変圧器内部インピーダンス及びケノトン電圧降下より計算した値と実測値とが一致した。

最後にこの測定に就き御指導御鞭撻下さつた中央研究所只野主任研究員、森泉設計部長、和田設計部副部長、野崎主任に感謝の意を表す。

参 考 文 献

- (1) 竹山説三：電磁気現象理論 151 (昭-19)
- (2) J.H. Hargenguth: E.E. 56 67 (1937)
- (3) 黒川兼三郎：電気回路過渡現象論 153 (昭-18)



創刊号 (大正7年1月) ~ 第34巻 第12号 (昭和27年12月)

(その7)

621.317.333.4 絶縁故障点の発見

エナメル線の新試験法に就いて

吉田数穂：日立評論 23 8 (昭 15. 8) 432

621.317.333.6 絶縁試験

コイルの絶縁抵抗を変動せしめる二三の因子

棚橋作次、杉山正夫：日立評論 26 7 (昭 18. 7) 373~379

621.317.333.82 高電圧衝撃試験

1) 高速度遮断器の遮断特性 (第1報)

森田誠一、山田勇飛：日立評論 31 6 (昭 24. 12) 240~245

2) 高速度遮断器の遮断特性 (第2報)

森田誠一、山田勇飛、福田広：日立評論 32 7 (昭 25. 7) 707~712

3) 3,500 kV 衝撃電圧発生装置

河合泰治、浅野次夫：日立評論 34 3 (昭 27. 3) 447~450

621.317.34 伝送量の測定

ポリエチレン充実型同軸ケーブルに関する研究

堀口二三男、山本三郎、庄司一男：日立評論 34 8 (昭 27. 8) 983~991

621.317.351 オッシログラフ法による電気諸量の測定

1) オッシログラフの原理と実際

豊田博司：日立評論 1 10 (大 7. 12) 1

2) 過渡異常電圧と陰極線オッシログラフ

駒井健一郎：日立評論 14 2 (昭 6. 2) 117

621.317.362 滑りの測定

滑りの測定法

豊田博司：日立評論 4 1 (大 10. 1) 40

621.317.374 損失角の測定

高周波に於ける固体絶縁物の誘電率並びに損失角測定に就いて

神原豊三：日立評論 21 12 (昭 13. 12) 811

621.317.38 電力・エネルギー及びトルクの測定

電源電圧の不均衡が三相誘導電動機の特性に及ぼす影響

伊藤達郎：日立評論 34 12 (昭 27. 12) 1459~1465

621.317.39 電気測定法の応用

1) 電気機関車電気装置の試験

鎌居大蔵：日立評論 10 8 (昭 2. 8) 535

2) EF 52 型 100 瓩電気機関車の組合せ試験に就いて

鎌居大蔵：日立評論 11 10 (昭 3. 10) 707

3) 日立自動温度調節器

山本英四郎：日立評論 18 7 (昭 10. 7) 421