

電磁接触器を使用した同期式電子管タイマー

Synchronous Electron Tube Timer Using Magnetic Contactor

小林長平* 安藤文蔵* 長沢寅之助**
Chohei Kobayashi Bunzo Ando Toranosuke Nagasawa

内 容 梗 概

変圧器式X線装置では現在ほとんどすべての装置が電磁接触器の開閉により高圧印加時間を制御しているが、最近大電流あるいは高電圧による瞬間撮影法が発達し、1/50あるいは1/60秒までの露出時間を正確に制御できるタイマーが必要となつてきた。しかしながら電磁接触器による1〜の撮影は単にタイマー自身の精度を上げるだけでは不可能であり、現在では電磁接触器を使用した短時間制御用タイマーは皆無の状態である。

本報告は主電磁接触器の特性を検討し、もつともこれに適した電子管タイマーを製作することにより、電磁接触器によつても完全に1/50秒あるいは1/60秒の制御が可能であることを確認したものである。

〔I〕 緒 言

診療用X線装置においては適正な露出が写真の診断価値を高める上において重要な要素をしめているが、近年X線管の発達に伴つて大電流あるいは高電圧による瞬間撮影が要望されるようになり、短時間露出、特に0.1秒から1/50あるいは1/60秒までを正確に制御できるタイマーが必要となつてきた。大電流瞬間撮影においては露出時間がわずかにばらついても写真の診断価値を著しく低めるばかりでなく、X線管を破損する可能性が生じる。

X線の露出時間を制御する方法としては電子管で直接制御する方法、同期電動機を利用する方法、電磁接触器を使用する方法など色々あるが、この中で電磁接触器を使用する方法が割合安価であり、実用的であると思われる。しかし従来は電磁接触器を使用する場合、その動作時間のばらつきだけでも1/100秒におよび、1/50あるいは1/60秒のような短時間を制御することはほとんど不可能であつた。

以上の理由によりまず主電磁接触器の特性を検討し、これにもつとも良く合致したタイマーを製作することにより、短時間撮影におけるX線露出時間の精度を上げることを試みた。

〔II〕 主電磁接触器の特性

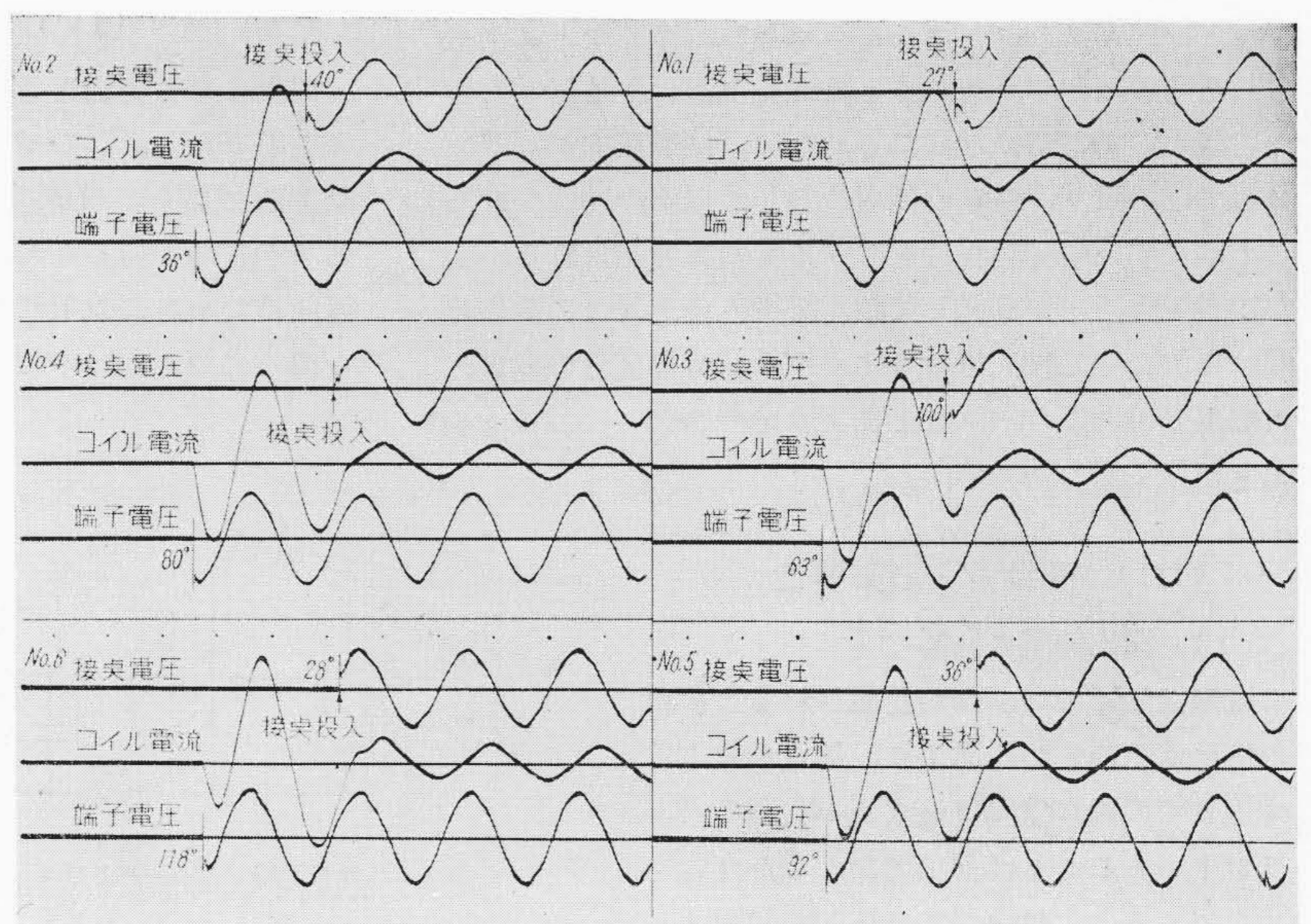
高電圧発生装置の一次側

* 日立製作所亀戸工場
** 日立レントゲン株式会社

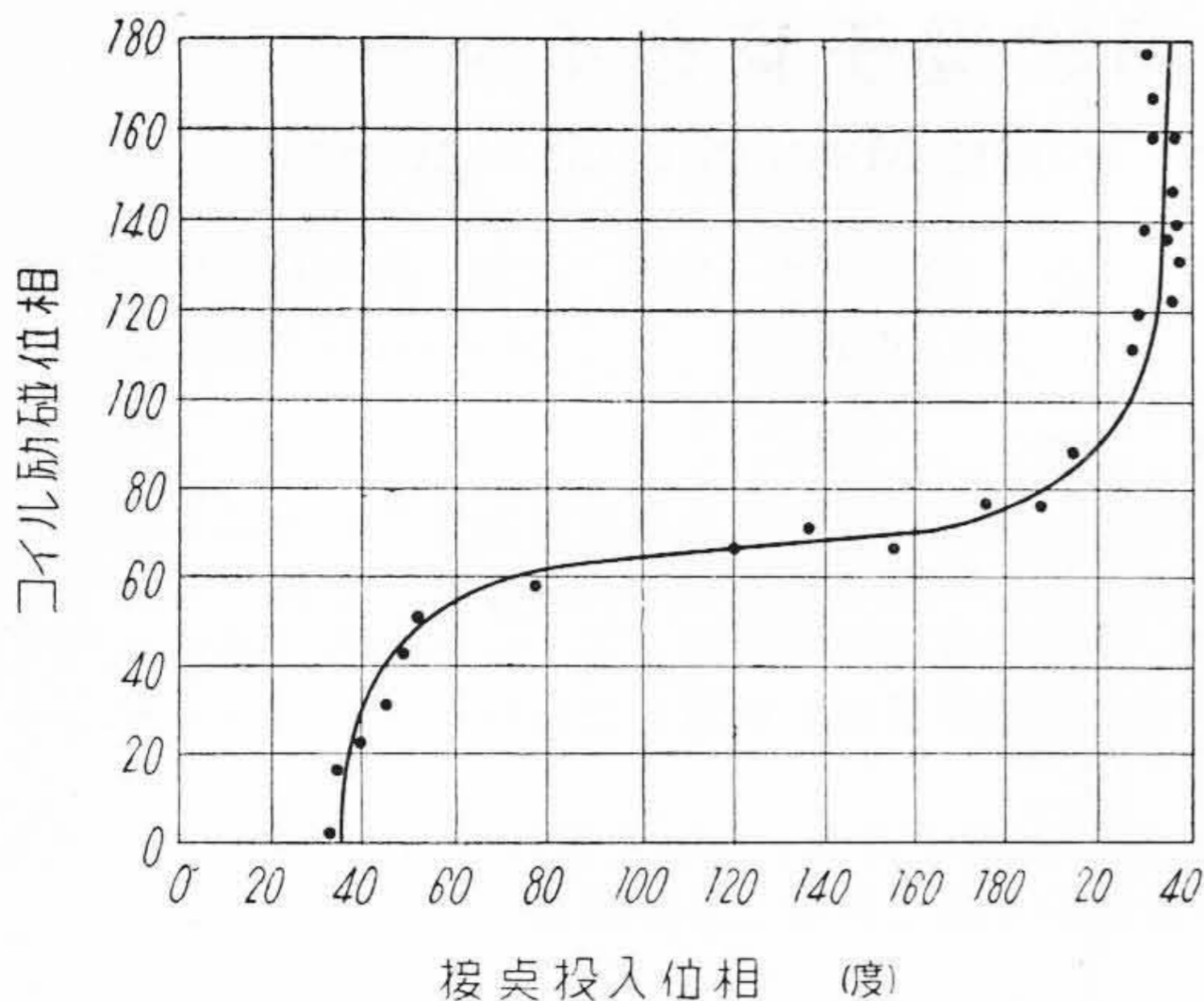
を閉路して所要時間X線管に高圧を印加する主電磁接触器としては、日立製のKP型電磁接触器（以下KPという）を使用している。KPはプランジャ型で広く使用しているコンタクタ型に較べ第二次反跳現象がなく動作が安定で、接点の消耗量が少いことがあきらかにされているが⁽¹⁾、さらに電磁石が励磁されてから可動接触片が接触を形成するまでの特性を調べることにより動作時間の変動要因をあきらかにした。

KPが励磁される位相を0〜180度の間変化させてKP端子間の電圧、コイルを流れる電流および接点投入位相をオシログラムにより測定した。第1図にそのオシログラムの一例を示す。

オシログラムよりKPの励磁位相を縦軸とし、接点投入位相を横軸にとつてこの両者の関係を求めてみると第2図のごとくなる。



第1図 KP型電磁接触器投入時のオシログラム



第2図 KP型電磁接触器投入特性

第2図より得られる結果を示すとつぎのごとくなる。

- (1) コイルが0~30度および120~180度の範囲で励磁された場合は接点は比較的安定してほぼ同位相で投入される。すなわちこの範囲では電磁接触器自身が同期性を有するものと考えられる。
- (2) コイルが30~120度の範囲で励磁されると接点投入位相はまったく不安定となり、接点投入位相は大きなスキップを示している。

可動コアと固定コア間の摩擦の変化により以上の特性がばらつくことも考えられるが、両コアの接触部分の摩擦を色々に変化させて測定を行つた結果、摩擦の影響はほとんど現われず、まったく無視できることがわかつた。すなわちコイル励磁より接点投入までに外部より入る電気的エネルギーの大部分がコアの運動エネルギーとマグネチックエネルギーになり、摩擦などに消費されるものはわずかであるということがいえる。したがつて接点の消耗がはなはだしくなく、接触圧力がバランスしている限り、長年の使用に対して以上の特性が変ることとはなく、十分再現性を有するものと考えられる。したがつてコイルが励磁して接点が投入するまでの動作時間は単位時間の投入電気エネルギー、可動部分の重量、可動部分のストロークなどにより影響されるものである。

〔III〕 同期投入の必要性

(1) 露出時間の影響

電磁接触器のコイルが励磁されるとき、電圧位相のいかんにより、接点が投入するまでの動作時間は最大1/100秒のバラツキがあることは前項であきらかなところである。したがつて短時間を問題とする場合はコイルを常に同じ位相で励磁

する必要がある。しかし種々の変動要因によりつねに完全な同位相で励磁させることは不可能であり、ある位相を中心としてわずかな変動を生じることが予期せねばならない。

前述のごとく零位相付近では同期が若干ずれても接点の投入位相にはほとんど関係なく同期性を有するが、30~120度の範囲ではわずかのずれで接点の投入位相は大きくばらつくことがあきらかになつている。したがつて短時間撮影における露出時間の正確を期するためには電磁接触器の励磁位相を零付近で同期させることが望しい。

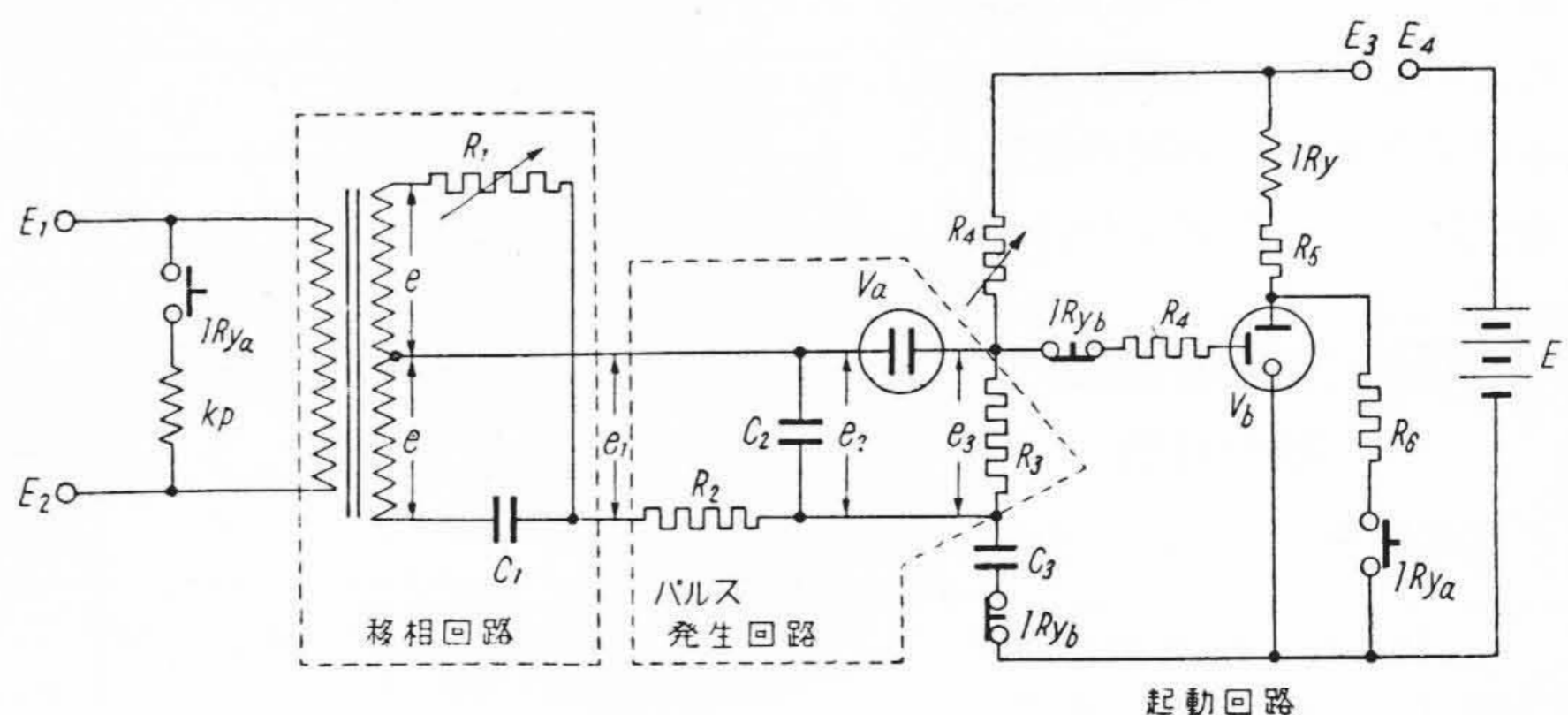
また短時間接点を閉路する場合は接点の投入、遮断を電圧の零位相で行つた方が閉路時間を正確に調整することが容易であり、実際に電流を流した場合電圧の零付近で接点の投入あるいは遮断位相が多少ばらついても mA・s にはほとんど影響しないが90度付近ではわずかなばらつきが mA・s に大きく影響することになる。したがつて接点の投入位相は零付近で同期させることが望しい。

(2) 接点の影響

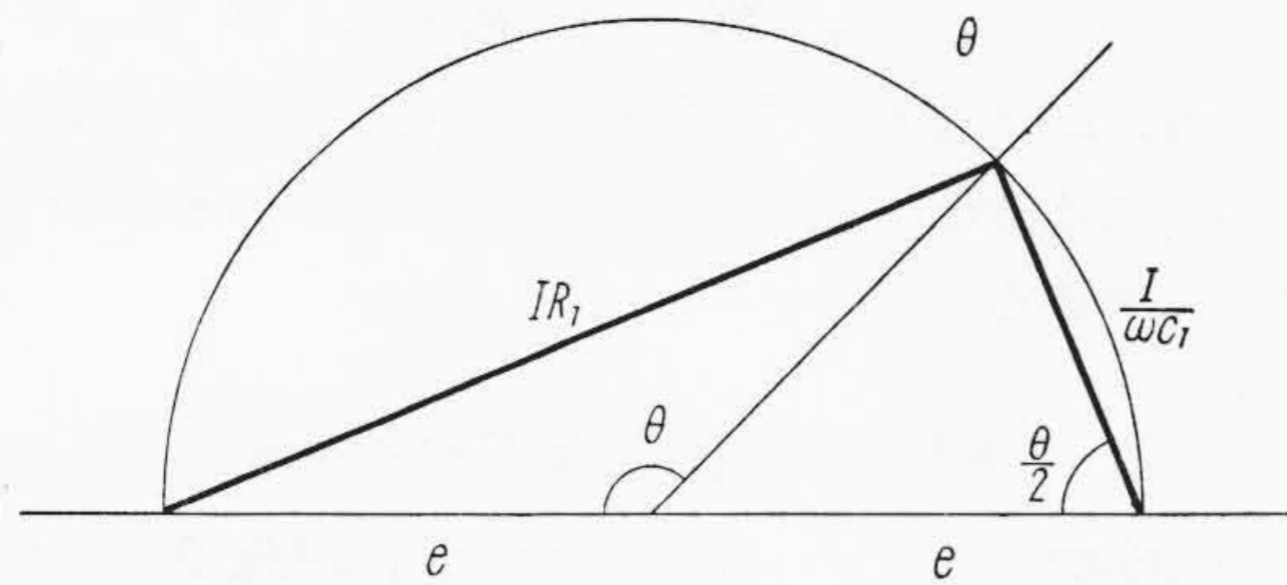
大電流瞬間撮影の場合は高電圧発生装置の一次側には百数十アンペアの大電流が流れる。一般に負荷がある値以上になると回路の力率はほとんど100%となるので、撮影時の電圧電流はほぼ同相であると考えてよい。したがつて電圧の90度付近で一次回路の投入あるいは遮断を行うと大電流によるアークのために接点の消耗はまぬがれないが、零付近であれば大電流を直ちに投入あるいは遮断することがないので接点の保護、ひいては再現性を永続させる意味でより有効であるといえる。

〔IV〕 同期回路

同期させる方法としては電源電圧の一定位相からパルスを取りだし、このパルスを利用するのがもつとも確実な方法であり、従来も広く利用されているところである。パルスを得るためには種々な方法があるが単に同期させるためには立上りが急峻であればよく尖鋭なパルスを得る必要がないので、安価で寿命が長く動作が確実で



第3図 同期回路



第4図 移相回路のベクトル図

できるだけ小型であることを目標にして第3図のような回路とした。

(1) 移相回路

移相回路は第3図のごとくブリッジ型移相回路を使用した。この回路では負荷電流が C_1, R_1 を流れる電流 I に比し非常に小さいとすると、負荷電圧は R_1 を可変することにより第4図のごとくほぼ e を半径とした円周上を移動する。今電圧 e の位相を標準とし位相角を θ とすると(1)式が成立する。

$$\tan \frac{\theta}{2} = R_1 \cdot \omega \cdot C_1 \dots \dots \dots (1)$$

(2) パルス発生回路

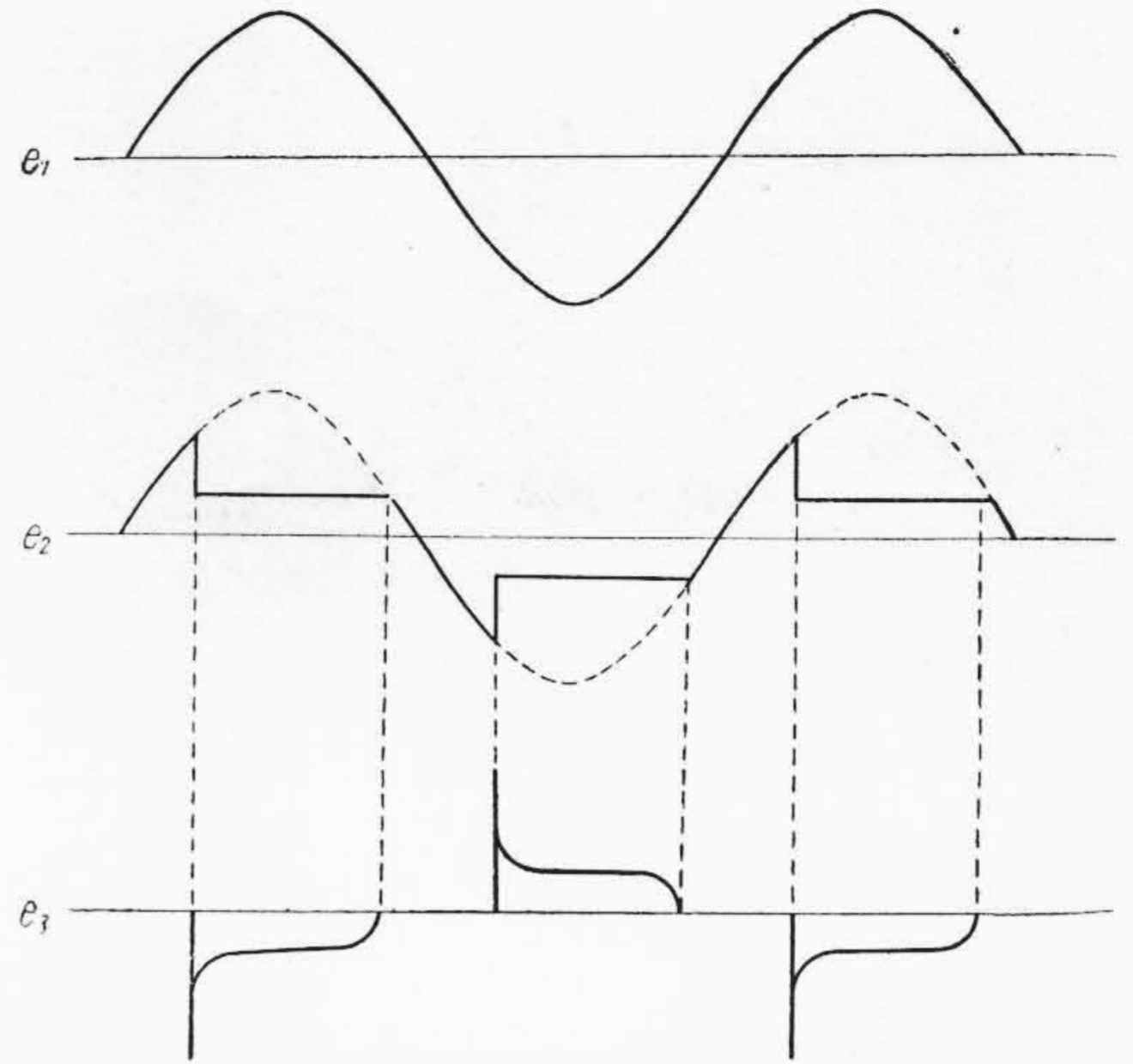
本回路は第3図のごとく定電圧放電管 V_a の放電開始電圧と放電持続電圧の差を利用したものであつて、 V_a としてはこれらの差の大きいものを使用している。各部の電圧は第5図に示す通りで、 R_3 には電源電圧の一定位相 (V_a の放電開始電圧に相当する位相) で V_a の放電開始電圧と持続電圧の差に相当する立上りの急峻なパルスが得られる。パルスの後方には V_a の放電持続電流のために若干の電圧が持続するが実際使用上にはなんら影響がない。

(3) 起動回路

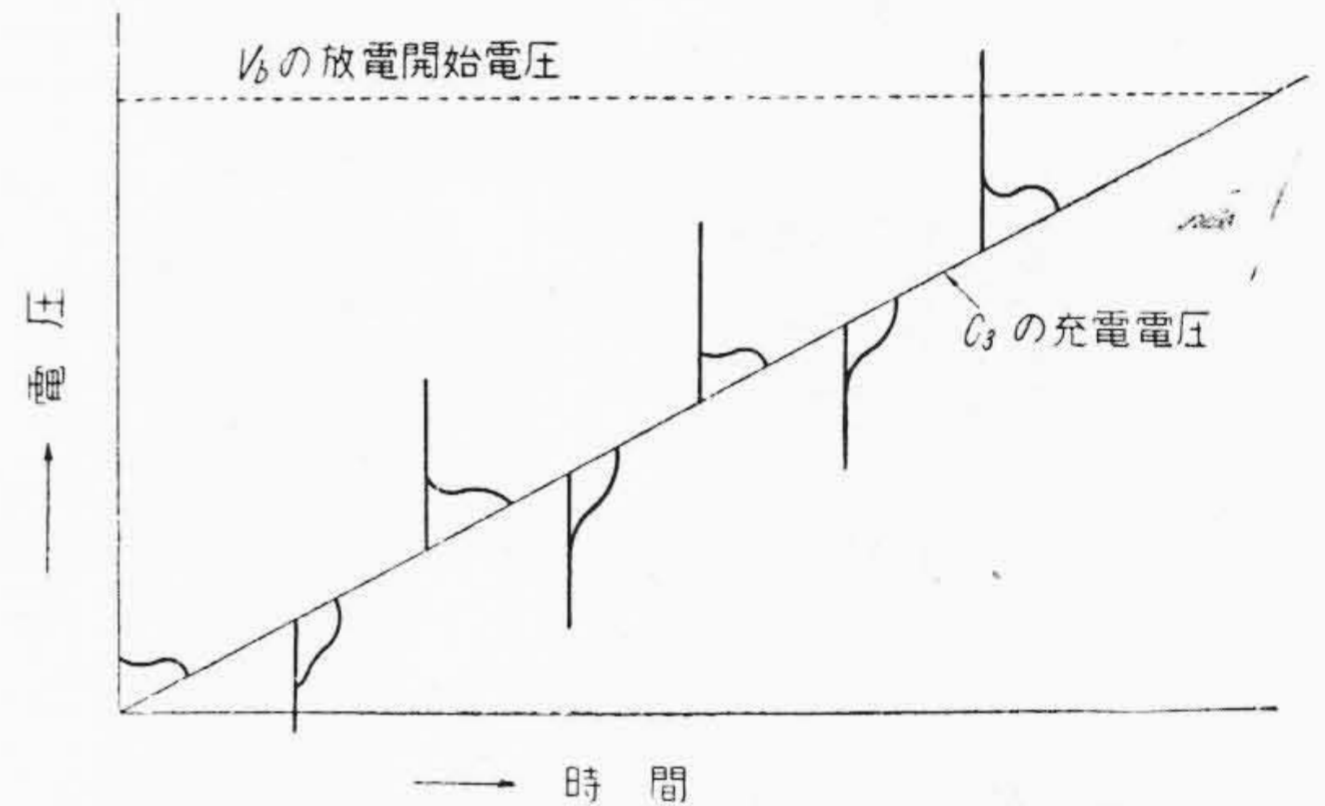
前述のごとくして R_3 に得られたパルスを C_3 の充電電圧に重畳させ、冷陰極三極放電管 V_b の起動陽極に第6図のごとき電圧を印加する。 C_3 の電圧は E_3, E_4 を閉路することによつて R_4 を通して充電が行われるため、 R_4 を調整して V_b が起動するまでの時間を任意に変えることができる。 V_b は起動陽極と陰極間の電圧がある値以上になると放電を開始し、陽極、陰極間の主放電により継続されるため $1R_y$ が付勢し、 $1R_y a$ により主電磁接触器 KP の起動を一定位相で行う。 V_b は冷陰極放電管であるため常に放電を待機させることができ、また起動陽極と陰極との放電開始電圧はほとんどバラツキが見られない特長を有する。

[V] タイマー回路

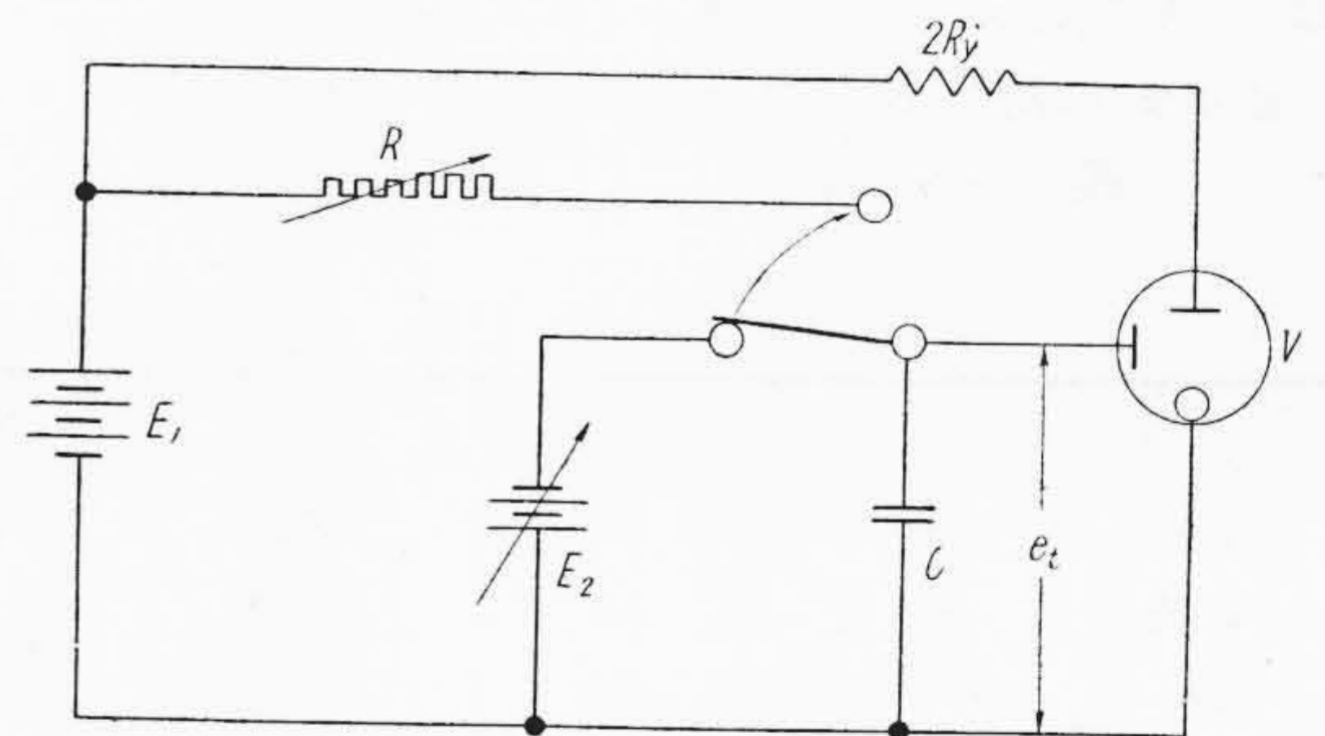
基本回路は第7図に示すごとく、一定電圧 E_1 を R, C 回路に加えてから C の電圧が一定値に達して、放電管 V



第5図 パルス発生回路各部の電圧波形



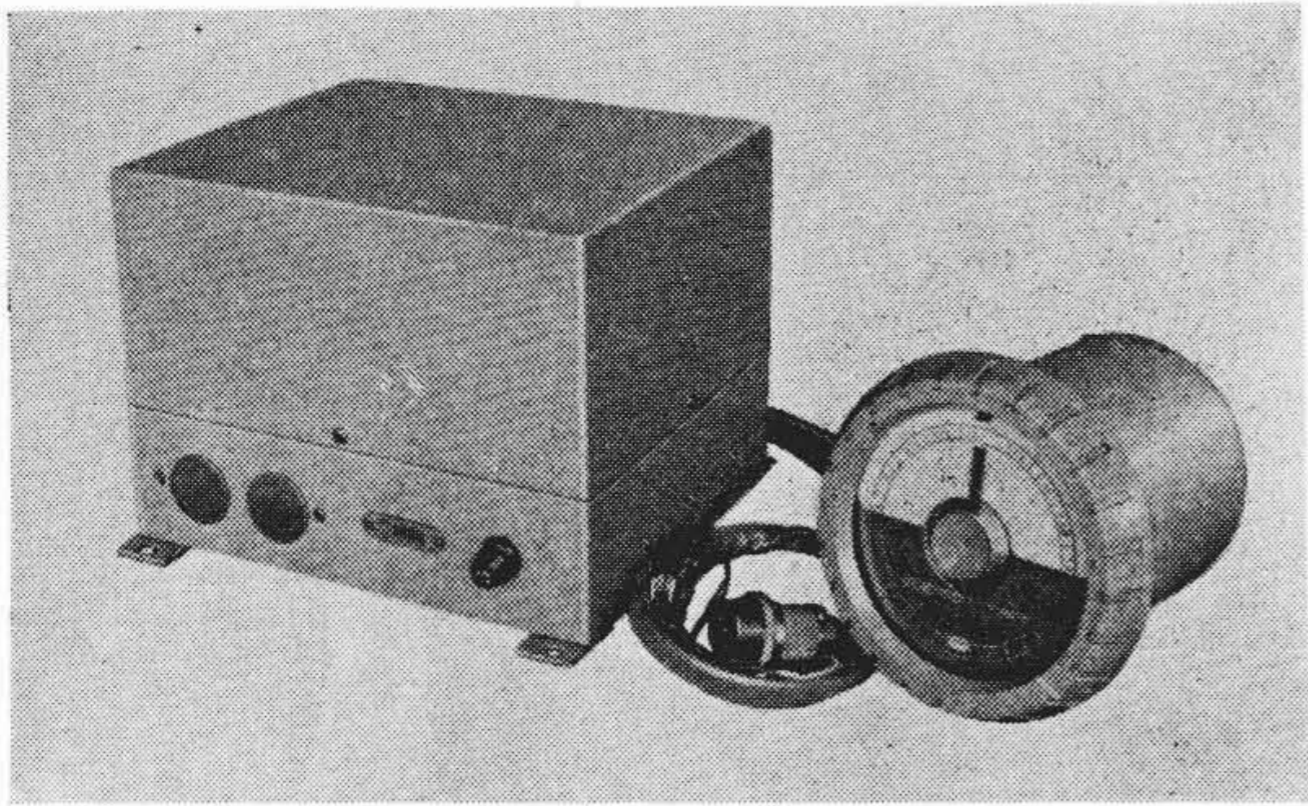
第6図 起動印加電圧



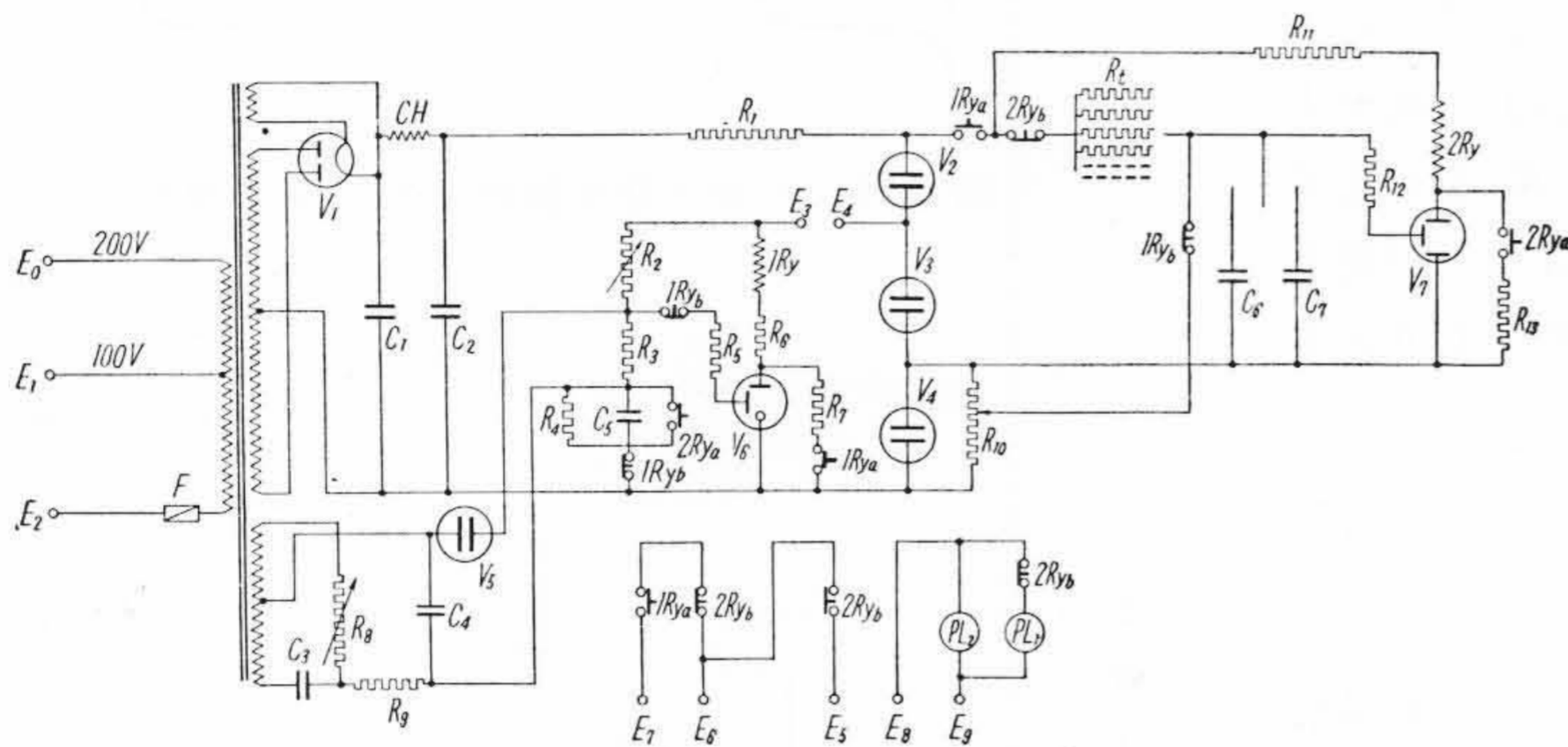
第7図 タイマー回路

が放電するまでの時定数を利用している。 V としては KP の起動回路に使用したものと同じく、動作の安定な冷陰極三極放電管を使用した。 V の放電開始電圧は球によつて値が異なるため、それを補正するためのバイアス電圧として E_2 を設けた。

本回路に関して E_1, E_2, R, C および V の起動陽極、陰極間の放電開始電圧 e_t との間には第(2)式のような関係がある。



第8図 同期式電子管タイマーの外観



第9図 同期式電子管タイマーの結線要図

$$e_t = E_1(1 - e^{-\frac{t}{RC}}) - E_2 e^{-\frac{t}{RC}} \dots\dots\dots (2)$$

(2)式で E_1, E_2, e_t を一定とすると $\frac{t}{RC} = \text{一定}$ となり、 C を選んでおけば R と t は比例して変る。

また e_t に対し E_1 を十分大きくとつていたので

$$E_2 = -ae_t + b \dots\dots\dots (3)$$

$$a = 1/e^{-\frac{t}{RC}}, \quad b = E_1(1 - e^{-\frac{t}{RC}})/e^{-\frac{t}{RC}}$$

となり、 e_t すなわち V を交換した場合放電開始電圧の相異による補正は E_2 を調整することにより完全に行うことができる。

〔VI〕 同期式電子管タイマー

同期回路とタイマー回路を含めた同期式電子管タイマーの外観を第8図に、またその回路図を第9図に示す。

(1) タイマーの調整

調整部分としては R_2, R_8, R_{10} の3箇所がある。 R_8 は主電磁接触器 KP のコイルを電圧の零位相付近で励磁させるための位相調整抵抗、 R_2 はX線開閉器を入れてから整流管(ケノトロン)が正常加熱となるまでの時間(約0.3秒)を得るための起動遅延調整抵抗、 R_{10} は冷陰極3極放電管 V_7 の放電開始電圧が球により異なるのを補償するためのバイアス調整抵抗である。

(2) タイマーの動作説明

電源を投入すると定電圧放電管 V_2, V_3, V_4 が放電し、 PL_1, PL_2 が点灯して撮影準備完了を示す。制御卓子のX線開閉器を入れるとそれと連動して E_3, E_4 が閉路され、 R_2, R_3, C_3 の回路で C_3 は充電を始め、 R_3 に生ずるパルス電圧と重畳して V_6 の起動陽極と陰極間の電圧は上昇する。この重畳電圧が V_6 の放電開始電圧に達すると V_6 は放電して $1Ry$ が附勢される。 $1Ry$ の接点により E_6, E_7 間が閉路して KP が一定位相で投入されると共に、タイマー回路が形成し、 Rt を通して C_6 あるいは C_7 が充電を始める。 C_6 あ

第1表 寿命試験中の各部の変動

回数	0	15,000	30,000	45,000	60,000	変動
1 Ry 動作時間 (s)	0.024	0.023	0.023	0.023	0.023	0.001
2 Ry 動作時間 (s)	0.016	0.015	0.015	0.015	0.015	0.001
CR の 時 定 数 (s)	0.009	0.009	0.009	0.009	0.009	0
KP 投入動作時間 (s)	0.022	0.021	0.022	0.021	0.022	0.001
KP が附勢を止めてから接点落ちるまでの時間 (s)	0.016	0.016	0.017	0.016	0.016	0.001
接点閉路時間 (s)	0.02	0.02	0.02	0.021	0.021	0.001

第2表 寿命試験中の変動

時間目盛	0.5	1.0	5.0
平均値 (s)	0.498	0.993	5.062
標本標準偏差 (s)	0.008	0.011	0.28
変動度 (%)	1.61	1.11	0.55

注：(1) 標準標本偏差

$$S = \sqrt{\frac{1}{N} \{f_1(I_1 - \bar{x})^2 + f_2(I_2 - \bar{x})^2 + \dots + f_n(I_n - \bar{x})^2\}}$$

N : 全測定回数 (600) f_1, f_2, \dots, f_n : 各階測定回数 (10)
 I_1, I_2, \dots, I_n : 各階10回測定ノ平均値 \bar{x} : 全測定値ノ平均値

(2) 変動度 $\frac{S}{\bar{x}} \times 100 (\%)$

るいは C_7 の電圧が V_7 の放電開始電圧に達すると V_7 は放電し $2Ry$ を附勢する。 $2Ry$ の接点により E_6, E_7 間は開路して KP の附勢が止み, PL_1 が滅灯して撮影終了を指示する。X線開閉器を離すと E_3, E_4 が開路し, 回路は最初の状態に復する。

〔VII〕 KP 接点の投入位相調整

前述の理由により KP の励磁を電源電圧の零位相附近で行った場合, 接点の投入は必ずしも零とはならず, また種々製作上の要因のために KP によつて動作時間が異なるのは当然である。したがつて接点を零位相で投入するためにはなんらかの方法でその位相を零位相までずらさねばならない。その方法としてはつぎの事項が考えられる。

- (1) 外部から単位時間に加えられる電氣的エネルギーを調整する方法。
- (2) 可動部分の重量を調整する方法。
- (3) 可動コアのストロークを調整する方法。

(1)の方法としてはさらにタップ切換えなどの方法により印加電圧を調整する方法, コイルと直列に可変抵抗を挿入し, 起動電流を抑制して接点の投入を遅らす方法などがあげられる。

本装置では(2)(3)項によりあらかじめ適当に調整製作された KP を使用し, (1)の方法により微調整を行うようにした。したがつて接点の投入はまったく安定して零附近で投入される。

〔VIII〕 寿命試験

同期式電子管タイマーおよび KP の調整部分を正規の状態に調整し, 実際の使用時とまったく同じ条件で6秒間隔の繰返し連続試験を行つた。1,000回に1度づつサイクルカウンタで0.5秒, 1秒, 5秒の3点について測定し, さらに15,000回ごとに各部分の動作時間をオシログラムにより測定して各部品のバラツキを調べた。その結果を

要約してまとめると第1表, 第2表のごとくなる。

第1表であきらかなように各部品の特性変化は寿命試験中 1/1,000秒程度にすぎず, KP の再現性も十分確認できた。また第2表で示されるように0.5秒, 1秒, 5秒の各時間における寿命試験中の変動はサイクルカウンタの誤差を入れていづれも2%以下であり, 十分満足できる結果が得られた。

以上の連続試験後さらに1時間間隔でタイマーを起動させて各時間目盛における測定を続行中であるが, まつたく安定した動作を行つている。

〔IX〕 結 言

以上の結果を要約するとつぎのごとくなる。

- (1) 同期回路を附加して主電磁接触器の励磁を電源電圧の零位相附近で行うことにより, 接点投入位相はほとんどバラツキなく一定となり, 動作は非常に安定する。
- (2) 主電磁接触器は再現性があると同時に, 動作時間が特殊に調整されたものを選ぶことにより, 零位相で投入が可能となる。このため接点の消耗は防止され, タイマーの精度も著しく上る。
- (3) タイマーに使用した部品はすべて十分検討を加え動作の安定なものを使用したため長年の使用に対して特性の変化はなく動作が確実である。
- (4) タイマーのバラツキは0.1秒以下でもほとんど認められず, 特に限時抵抗を整合させることにより, 50~あるいは60~電源での1~撮影がまったく安定して行われる。

以上のごとく同期式電子管タイマーを使用すれば, 変圧器式X線装置で電磁接触器を使用した場合においても短時間撮影を行うことが可能となり, 十分その性能を発揮することができる。

参 考 文 献

- (1) 森泉: 日立評論, 27, 94 (昭 19-2)

Vol. 39

日 立 評 論

No. 7

- ◎別府化学株式会社納全低圧式空気分離装置
- ◎低騒音変圧器
- ◎タービン監視用計器
- ◎電磁接触器の研究
- ◎広波長域光電管を用いたフィルタ光電光度計
- ◎鉦山用巻上機および附属設備に関する技術向上について

- ◎線型回路網の機械的節点解析法について
- ◎受像管の管内ガスについて
- ◎鉄道車輛用中型ゴム緩衝器について
- ◎ヒタエステル線のワニス処理に関する考察
- ◎黒心可鍛鉄管継手の焼鈍管理
- ◎ハイドロブラストの研究

発行所 日立評論社 東京都千代田区丸ノ内1丁目4番地 振替口座東京 71824 番
取次店 株式会社オーム社書店 東京都千代田区神田錦町3丁目1番地 振替口座東京 20018 番



特 許 と 新 案



最近登録された日立製作所の特許および実用新案

(その1)

区 別	登録番号	名 称	工 場 別	氏 名	登録年月日
特 許	229946	集 電 装 置	日立工場	桑原繁太郎	32. 3. 16
"	229951	交 流 整 流 子 電 動 機	日立工場	一木利信	"
"	229947	可 撓 体 伝 動 装 置 の 緊 張 装 置	亀有工場	石坂川昭	"
"	229949	予 熱 お よ び 後 熱 を 行 う 焰 焼 入 用 火 口	亀有工場	井上啓	"
"	229952	制 御 器 互 鍵 装 置	亀有工場	浜野敏隆	"
"	229948	放 射 状 素 子 を 有 す る 折 畳 み 空 中 線 装 置	戸塚工場	黒木政次	"
"	229950	熱 電 堆 製 作 法	中央研究所	原谷勝美	"
実用新案	458580	変圧器に注入する絶縁油の窒素飽和装置	日立工場	古角野正夫	32. 3. 8
"	458583	磁気増幅器乱調防止装置	日立工場	宮本沢寿郎	"
"	458584	電 磁 石 線 輪 取 付 装 置	日立工場	吉田正吉	"
"	458585	交 流 電 流 継 電 器	日立工場	岩城秀忠	"
"	458588	変 圧 器 巻 線	日立工場	白土野博	"
"	458593	直 接 式 遠 方 表 示 装 置	日立工場	高品藤政	"
"	458594	多 数 機 器 の 遠 方 表 示 装 置	日立工場	首渡政巳	"
"	458595	電 流 刷 子 車	日立工場	宮崎徳太郎	"
"	458597	交 流 電 気 車	日立工場	池田正一郎	"
"	458598	電 気 車 車 体	日立工場	桑原繁太郎	"
"	458599	電 気 車	日立工場	小川愛久雄	"
"	458600	表 示 線 保 護 継 電 装 置	日立工場	小前近藤喜久雄	"
"	458601	分 割 電 刷 子	日立工場	小前近藤喜久雄	"
"	458605	窒 素 ガ ス 封 入 密 封 変 圧 器	日立工場	川井晴雄	"
"	458610	可 逆 圧 延 電 動 機 の 制 御 装 置	日立工場	中宮徳太郎	"
"	458615	電 磁 開 閉 器 の 補 助 接 触 子 取 付 装 置	日立工場	桑原利信	"
"	458618	過 電 流 制 限 装 置	日立工場	滑川清市	"
"	458619	抄 紙 機 に お け る タ ル ミ 付 け タ ル ミ 取 り 装 置	日立工場	稲平利克	"
"	458620	ガ ス タ ー ビ ン 逆 火 防 止 装 置	日立工場	鈴木正明	"
"	458622	電 磁 接 触 器 の 耐 衝 撃 装 置	日立工場	柴田定雄	"
"	458623	電 磁 接 触 器 の 可 動 接 触 部 支 持 装 置	日立工場	佐々木精治	"
"	458624	電 磁 接 触 器	日立工場	鈴木千吉	"
"	458625	火 花 樋 取 付 装 置	日立工場	泉白土忠治	"
"	458626	火 花 樋 支 持 装 置	日立工場	白土井忠政	"
"	458627	可 動 接 触 子 パ ネ 受	日立工場	白土忠治	"
"	458628	固 定 接 触 子 台 取 付 装 置	日立工場	白土忠治	"
"	458633	放 水 面 押 下 装 置	日立工場	白土所野武	"
"	458635	高 圧 下 連 続 排 出 装 置	日立工場	田浅野垣登夫	"

(第44頁へ続く)