

自動電話交換機の回路に現われる 誘起電圧とその対策 (その1)

三井忠夫* 北村 敏**

Induced Voltage in the Circuits of Automatic Telephone Exchange and Its Prevention (Part 1)

By Tadao Mitsui and Toshi Kitamura
Totsuka Works, Hitachi, Ltd.

Abstract

The automatic telephone exchange equipment comprises a number of magnetic relays. As these relays engage in a quick operation and releasing, of high instantaneous induced voltage frequently appearing in the coils, breakdown of the wiring insulation and several operational troubles are liable to occur.

The writers, for the purpose of working out such a method of controlling induced voltage as is especially needed for Type 1-E Repeater, has clarified the general properties of it, and discussed herein the results of investigations and the counter-measure they organized.

〔I〕 緒 言

自動電話交換機は多くの電磁継電器によつて構成されているが、その接点の開閉は短時間に交換接続を完了するため、急速な動作を要求されるので継電器巻線を流れる電流値は比較的大きく、又その回路を接点により開閉する速度も早い。このため電磁継電器の回路の開閉に際しては、誘導性回路の逆起電力により、瞬間高電圧を発生し、巻線や布線等の絶縁を破壊したり、調整者に電撃を与え、又接点に火花を生じたりする結果となる。

このうち、外部に現われる障害としては、火花による接点の磨耗現象が最も顕著なため、火花を消去するという見地からは古くから種々の検討が行われ、有効な方法も考案されている⁽¹⁾。しかしその発生する誘起電圧の原因及びこれによる巻線の絶縁破壊については、堀江、旦氏⁽²⁾⁽³⁾らの調査以降、特に検討された結果も聞いていない。

たまたま最近製作した1号Eレピータに於ては、回路の一部に誘起電圧による巻線の絶縁破壊を生じ、これの解決を計る必要に迫られ日本電信電話公社電気通信研究所よりその実験と検討を依頼されたのを機に、一般自動

電話交換機の回路に発生する誘起電圧についても、総合調査を行つた。以下本稿にては1号Eレピータの場合について、(その2)では一般交換機に於ける場合について報告し、大方諸賢の御批判を仰ぎたいと思う。

〔II〕 1号Eレピータの誘起電圧と 対策の概要

1号Eレピータは、従来より自動電話交換に於て、しばしば問題となつていた長距離局間中継の接続不良を解決するために、戦後開発され特に最近東京に於ける大複数制局の出現と共に、大巾に採用されたレピータである⁽⁴⁾。

このレピータは、閉塞継電器に長接極子継電器を使用するとか、インパルス中継には両線ダイヤル方式を採用するなど、種々の改良を施されているが、局間中継線の断線閉塞とインパルス中のループ形成とを同一継電器(C)の二巻線で行い、また二次巻線の巻回路は一次巻線の数倍となつているために、一次巻線がインパルス数に従つて継続される瞬間に、開放された閉塞用の二次巻線に誘起する電圧は予想外に高く、製作中に絶縁破壊による事故が相次いで発生した。

こゝに使用している電話用継電器は、同一構造で巻線

* ** 日立製作所戸塚工場

や負荷の仕様を変えた数多くの種類のを、ある一定の耐圧規格で設計製作しているために、該当する継電器のみの耐圧を上げることは、量産上著しい不利であるのみならず、現在の構造ではこの耐圧の要求は性能の限界を越していると思われる。

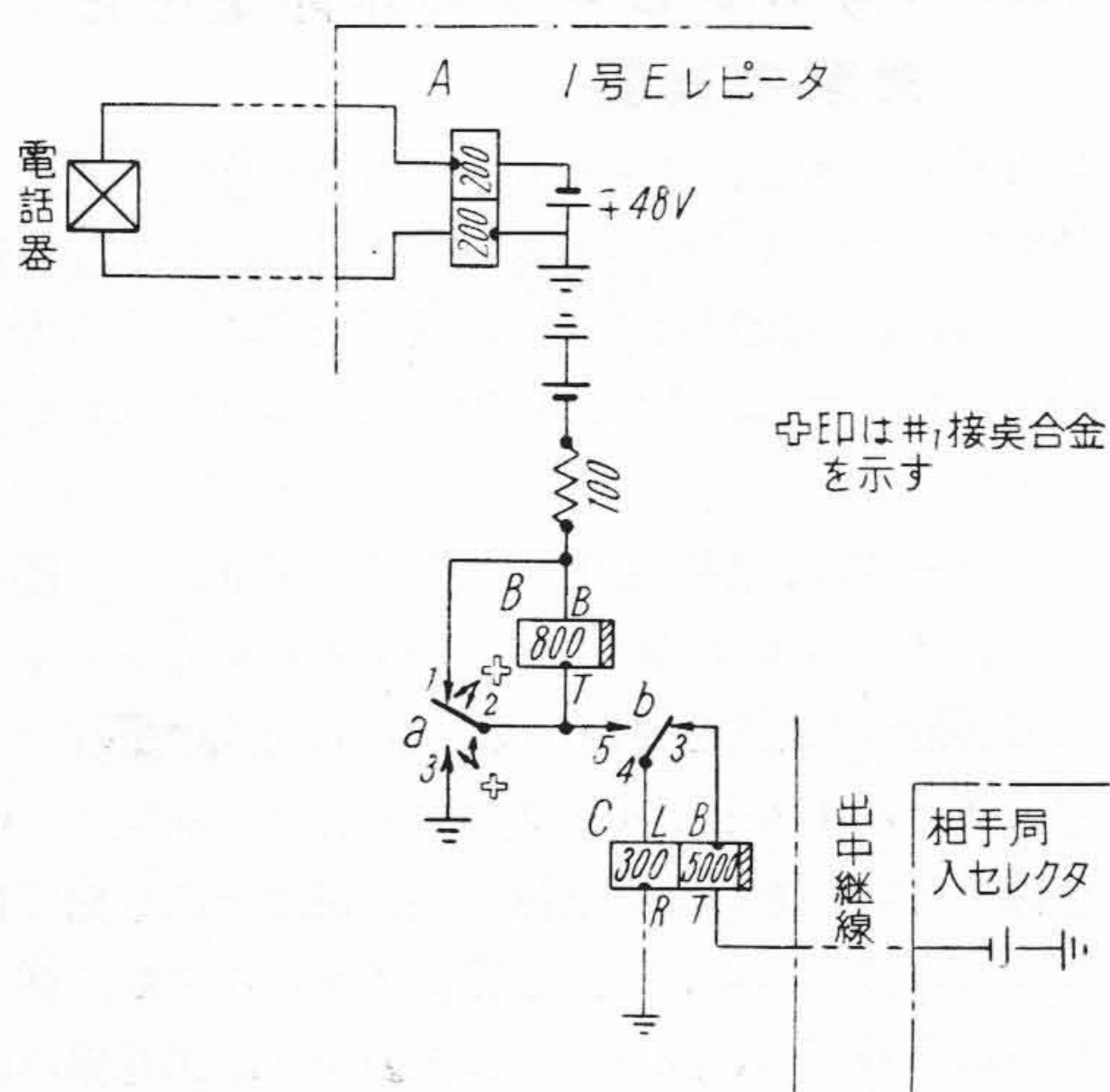
よつてこの誘起電圧を低下せしめるために、種々検討した結果、鉄心の上に短絡裸巻線を施すことにより、この目的を達し、他の回路上の諸要求も十分満足することが出来ることを確認した。以下その詳細を述べる。

〔III〕 1号Eレピータの誘起電圧回路

1号Eレピータの回路のうち、誘起電圧に関係ある回路のみ示せば第1図のようになる。

今発信加入者電話機より、ラインスイッチ、セレクトラを経て本レピータに線路が接続されると、A継電器が動作し、続いてB継電器が動作する。C継電器はレピータが空であれば、出中継線を経て相手局入セレクトラの電池側に接続され、300Ωと5,000Ωとに直列に電流を流して動作を続けているが、B継電器の動作によつて一次巻線(L-R端子)と二次巻線(B-T端子)とがbの接点で切断されると復旧する。

つぎに加入者がダイヤルすれば、A継電器はダイヤルインパルスに従つて動作復旧を繰返し、A継電器の復旧の都度B継電器の巻線は短絡され、反対にC継電器の一次巻線は励磁される。この間、回路機能上、B継電器は復旧してはならないし、C継電器は動作を続けなければ

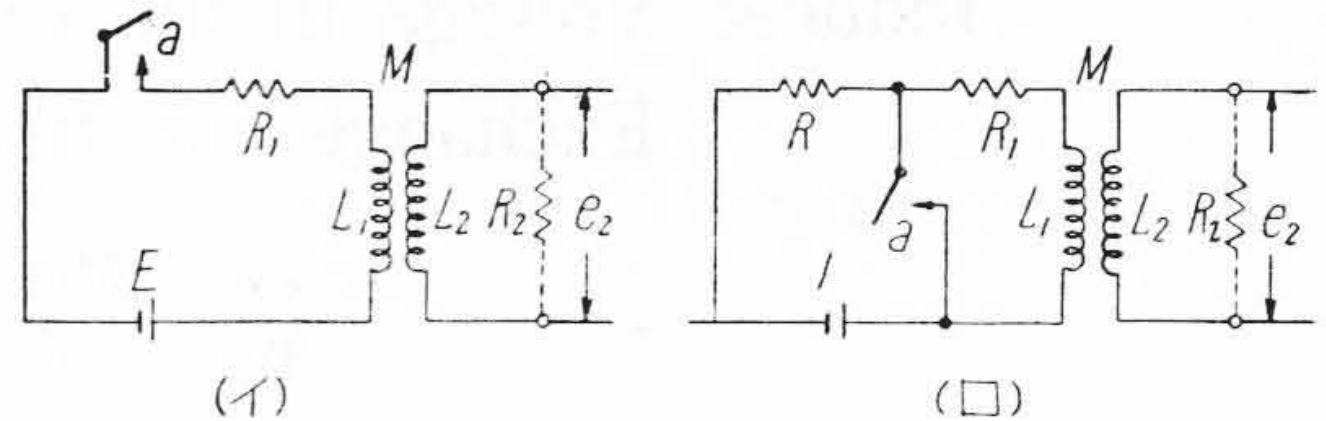


第1図 1号Eレピータの部分回路
Fig. 1. Partial Circuit Diagram of Type 1-E Repeater

第1表 C継電器の現仕様

Table 1. Detail of C Relay

継電器 符号	品名	銅環	端子	抵抗	線種	巻線	動作電圧 感動電圧 感動電圧	感動電圧 感動電圧	感動電圧 感動電圧	接点 (mil)	接点
C	Z-7001	17.5	R-L	内(一次) 300Ω	0.10 ECW	3770 T	44/38.5	48/35		1.5	BEBBBBEE
			B-T	外(二次) 5000Ω	0.08 ECW	24200 T	6/5				



第2図 Cリレーの等価回路

Fig. 2. Equivalent Circuit of C Relay

ならない。このようにC継電器は空中継線時には、長時間動作を継続し、インパルス列中は保持しなければならないという二つの機能を附与されているため第1表に示すように二巻線を有する速動緩復旧の継電器で、インパルスを受ける一次側は低抵抗で巻回数少く、出中継線に延びる二次側は高抵抗で巻回数の多いものとなり、インパルス受信時、二次側には極めて大きい電圧が繰返し誘起される結果となつた。

今ダイヤルインパルス受信時のC継電器の回路を分解し、簡単のために鉄心、銅環等の影響を無視して集中常数回路で置換えれば第2図(イ)、(ロ)のようになるが、この回路について二次側の誘起電圧を計算により求めると次式のような結果が得られる。

(イ)の回路でa接点がメークした場合

$$e_2 = -\frac{MER_2 e^{-\alpha t}}{\zeta(L_1 L_2 - M^2)} \sinh \zeta t \dots \dots \dots (1)$$

$$\text{但し } \alpha = \frac{L_1 R_2 + L_2 R_1}{2(L_1 L_2 - M^2)},$$

$$\zeta = \frac{\sqrt{(L_1 R_2 - L_2 R_1)^2 + 4M^2 R_1 R_2}}{2(L_1 L_2 - M^2)}$$

(イ)の回路でa接点がブレークした場合

$$e_2 = \frac{MER_2 r e^{-\beta t}}{\eta R_1 (L_1 L_2 - M^2)} \sinh \eta t \dots \dots \dots (2)$$

但し r は火花抵抗、β, η はそれぞれ α, ζ で R₁ を (R₁ + r) と置いたものに等しい。

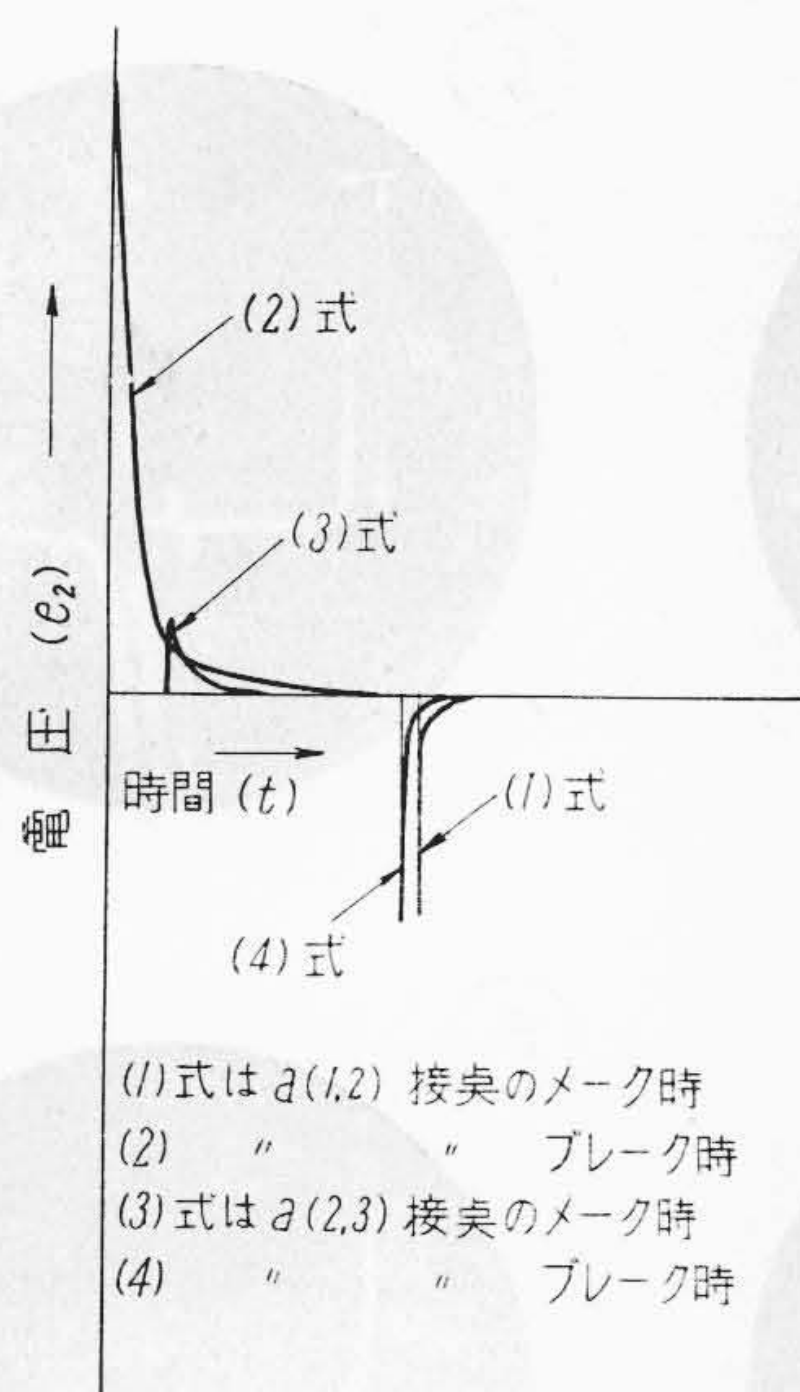
(ロ)の回路でa接点がメークした場合

$$e_2 = \frac{MER_1 R_2 e^{-\alpha t}}{\zeta (R + R_1) (L_1 L_2 - M^2)} \sinh \zeta t \dots \dots \dots (3)$$

(ロ)の回路でa接点がブレークした場合

$$e_2 = -\frac{MER_2 e^{-\gamma t}}{\theta (L_1 L_2 - M^2)} \sinh \theta t \dots \dots \dots (4)$$

但し r, θ はそれぞれ α, ζ で R₁ を (R + R₁) と置いたものに等しい。



第3図 計算による誘起電圧波形

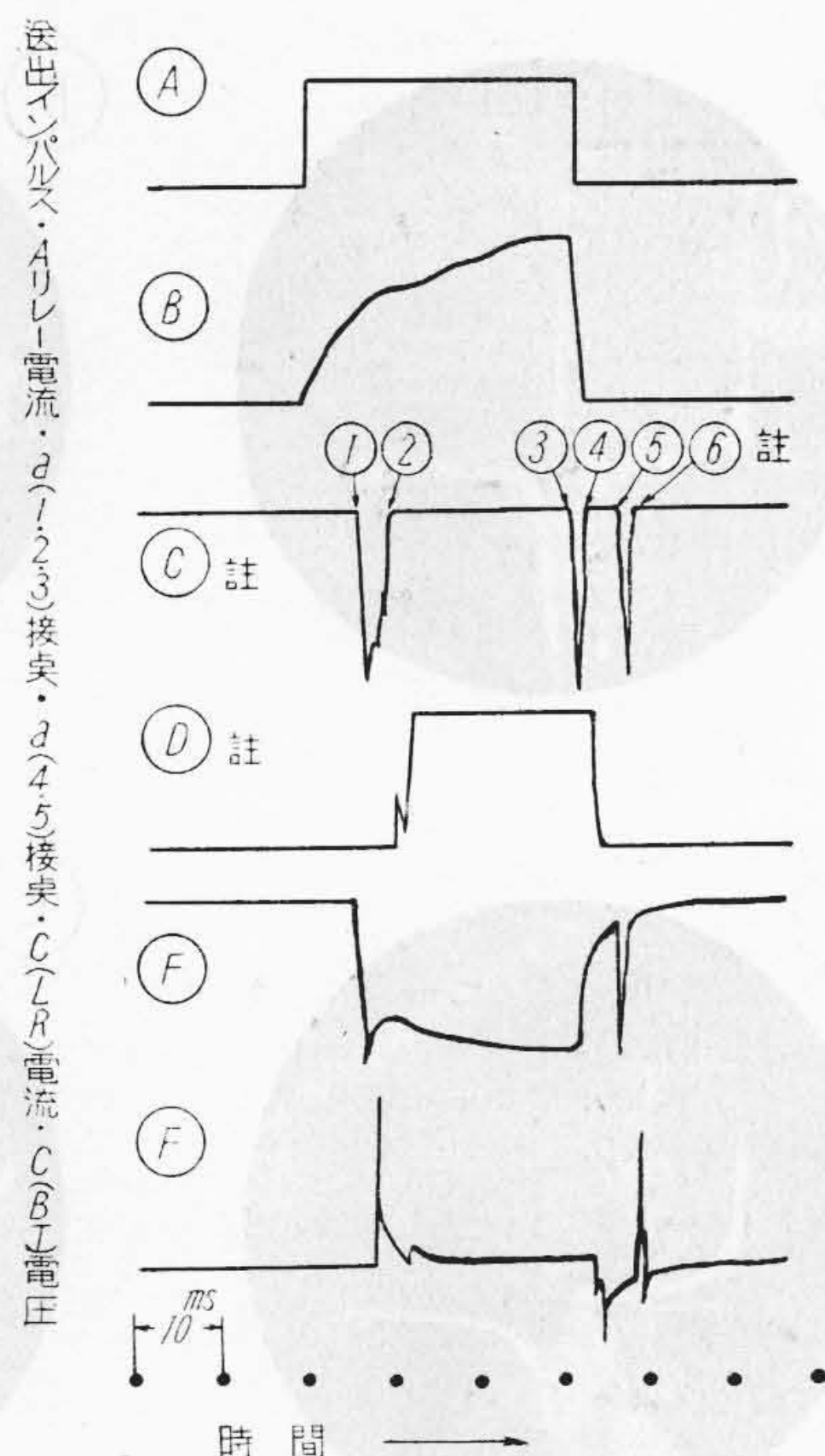
Fig. 3. Calculated Wave Form of Induced Voltage

依つて a 接点の動作復旧の一周期に C 継電器の二次側に誘起される電圧は、前記 (1), (2), (3), (4) 式の合成されたものとなり、適当な定数を仮定した場合の計算結果を図示すれば、大略第3図のようになる。

事実、電磁オシログラフにより、 C 継電器回路の動作推移と二次巻線の電圧との関係を示せば第4図が得られる。これにより $a(1,2)$ 接点がブレイクした時の電圧は継続時間は短い、その波高値は最も大きく、従つて図のように $a(1,2)$ 接点がチャタリングすれば、それだけ高電圧を生ずる機会が多くなることが分る。

次に第5図(次頁参照)はブラウン管オシログラフによる二次誘起電圧の撮影結果であつて、(B) は $a(1)$ 接点回路を切断して (3), (4) 式に対応させ、(C) は $a(3)$ 接点回路を切断して (1), (2) 式に対応させたものである。この場合、(A) はこれ等の合成されたものに当る。なお右側の (D), (E), (F) は後述する改良された。継電器(試料番号 #22) についての同様な結果でそれぞれ (A), (B), (C) に対応するものである。

第5図(次頁参照)で上側に生じた最大波高値を V_u 、下側に生じた最大波高値を V_a とし、既知電圧との比較によつて、その値を求めれば第2表の結果が得られる。この表によれば、現仕様試料中の $V_{u \max}$ は 1,450 V, $V_{a \max}$ は 1,100 V であるが、実際にはこの試料のように誘起電圧が高い時には、同一試料についてさえ、種々の外部条件の変化が著しく電圧の波高値に影響し、多くの試料中で他の異つた条件の場合には、 V_u 約 2,000 V,



- 註1. ① $a(1,2)$ 接点が開れる
 ② $a(2,3)$ 接点がつく
 ③ $a(2,3)$ 接点が開れる
 ④ $a(1,2)$ 接点がつく
 ⑤ $a(1,2)$ 接点が一瞬開れる } Chattering 現象
 ⑥ $a(1,2)$ 接点がつく
2. A 継電器は Change over 接点 1 組 Make 接点 2 組であつて (C) は $a(1,3)$ 接点を共に地気に $a(2)$ 接点を無誘導抵抗をへて電池に接続した場合の電流を示し (D) は $a(4)$ 接点に地気 $a(5)$ 接点に無誘導抵抗をへて電池に接続した場合の電流を示す
3. 本図は (A)~(D) と (D)~(F) の別々に撮影した結果を合成したものである

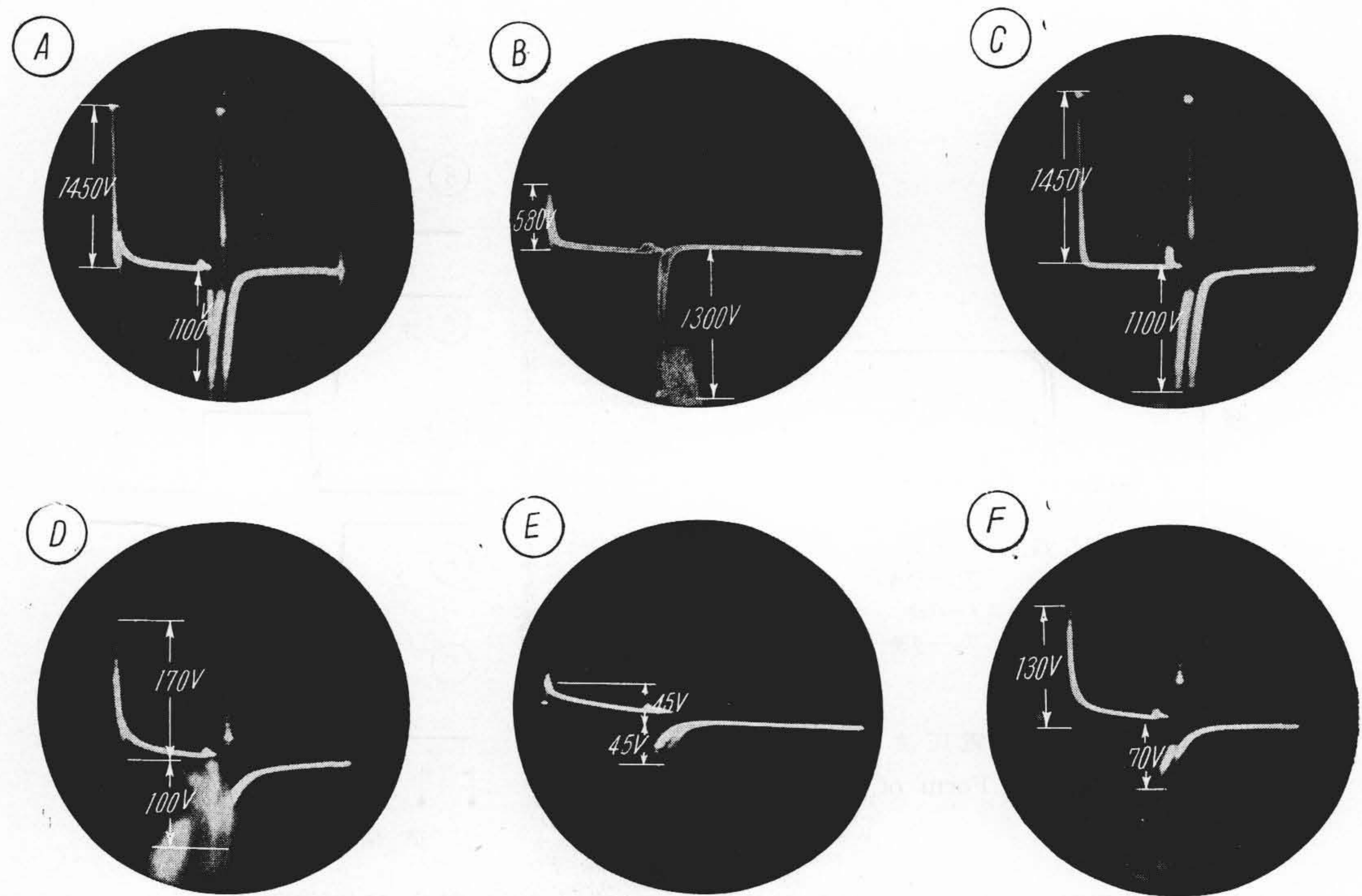
第4図 電磁オシログラフによる誘起電圧特性

Fig. 4. Induced Voltage Phenomena by Electro-Magnetic Oscillograph

V_a 約 1,500 V に達するものもあり、このような安定性は同表中の他の仕様の場合に比較して特に著しい傾向があつた。

〔IV〕 誘起電圧に対する対策

一般に自動電話交換機回路に現われる誘起電圧を制御するためには、コンデンサシャント法か、無誘導抵抗シャント法を用いるのが普通である。今それぞれの方法による誘起電圧制御特性の一例を示すと第3表及び第6図(第39頁参照)の結果が得られる。コンデンサシャント法は第3表に示すとおり、誘起電圧制御に対しては極めて有効であるが、この場合 r_p の端部を図のように



第5図 ブラウン管オシログラフによる二次誘起電圧特性

Fig.5. Secondary Induced Voltage Phenomena by Braun Tube Oscillograph

第 2 表 各種 C 継電器の誘起電圧

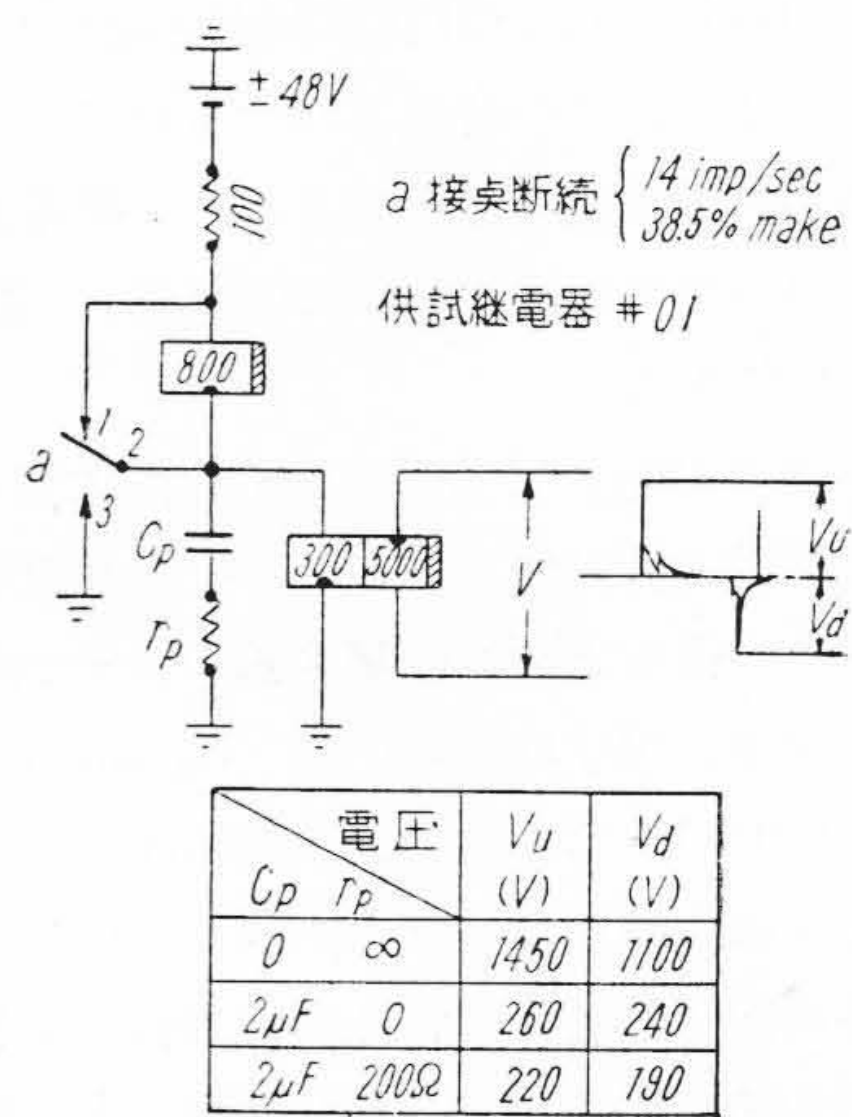
Table 2. Induced Voltage of Various Types of C Relay

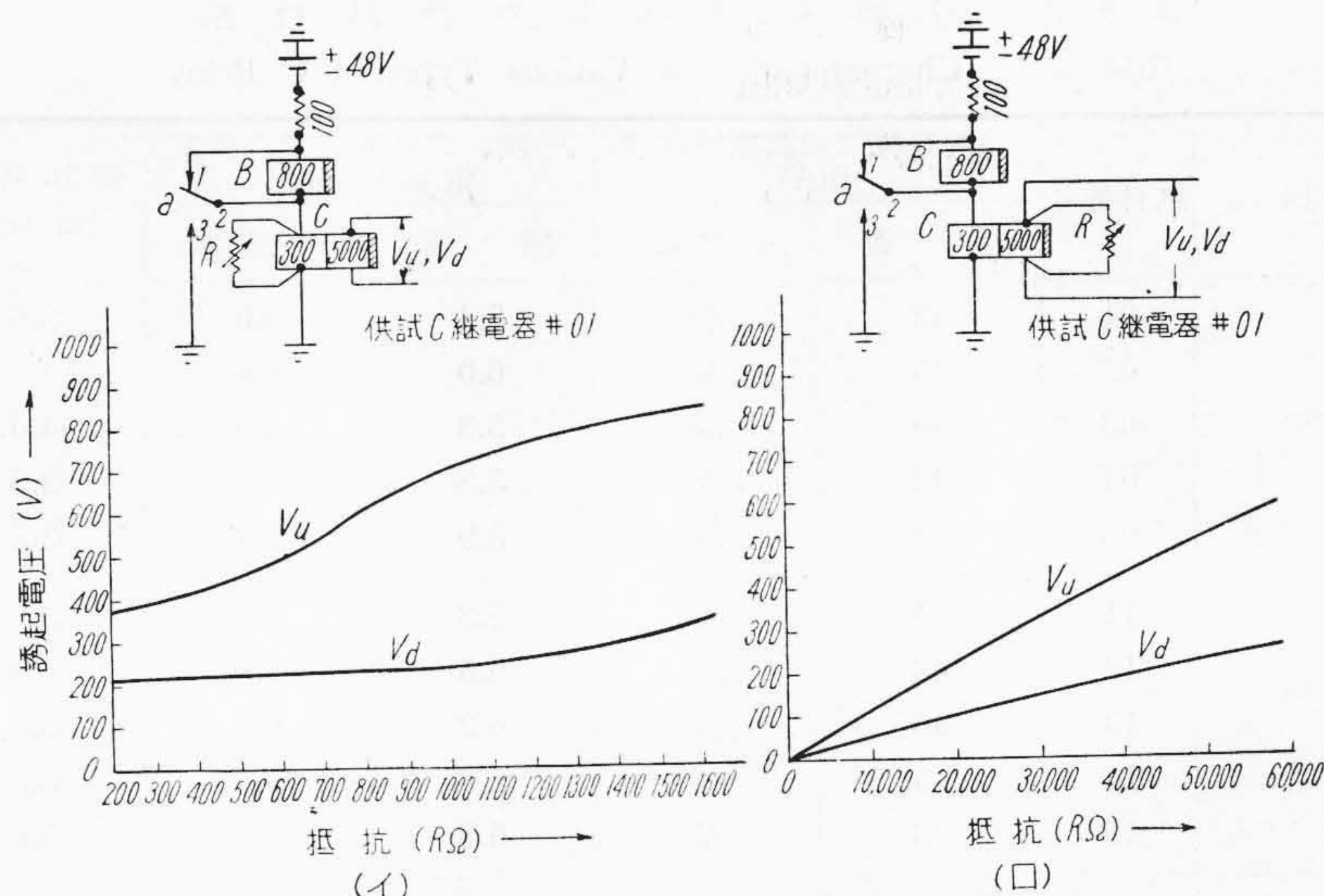
巻線仕様	試料番号	誘起電圧 (V)	
		V_u	V_d
現仕様	01	1,450	1,100
	02	1,300	630
	03	1,200	530
	04	1,100	600
	05	1,400	900
短絡巻線 一層巻	11	240	140
	12	250	140
	13	240	130
	14	230	130
	15	220	120
短絡巻線 二層巻	21	160	80
	22	170	100
	23	200	80
	24	200	70
	25	190	70
スリーブ附 巻線	31	130	40
	32	150	30
	33	150	50
	34	150	50
	35	140	50

地気に落すか、電池に落すかによつてC継電器又はB継電器の動作に緩動性を附与する結果、動作特性が問題となるし、又コンデンサーと抵抗を別途取付けることはスイッチベースのスペースが問題となり、且つそれだけ製品原価を高くする結果となる。

第 3 表 コンデンサーシャント法の場合の誘起電圧

Table 3. Induced Voltage by Condenser Shunt Method





第6図 無誘導抵抗シャント法の場合の誘起電圧特性

Fig. 6. Induced Voltage Characteristics by Non-Inductive Winding Method

これに比較して、第6図の無誘導抵抗シャント法はこの抵抗を继电器巻線に巻込める点で簡便ではあるが、一方希望値迄誘起電圧を低下させるためには、相当继电器の動作特性を犠牲にしなければならない。

しかし上記の二方法によらなくても、第三の巻線を作成して短絡し、しかもその抵抗値を出来るだけ小さくすることによつて、一、二次巻線の機能を比較的損わずに誘起電圧を下げる事が可能ではないかと思われる。

この继电器は尾部に銅環を有するが、一、二次巻線との結合が磁束の瞬時変化に対しては有効でないので鉄心の上に、銅のスリーブ又は短絡裸巻線を巻いて本方法を検討した。こゝで裸短絡巻線は0.4mmの錫メッキ軟銅線を用いて、銅環はそのまゝ使用したが、銅のスリーブには厚さ0.75mmのを用いて、この場合は銅環を取り去つた。それ等の結果は第2表に示すとおりで、二次の誘起電圧に対する制御作用は極めて顕著なことが判明した。

この場合に於ける回路機能に及ぼす影響については次項に述べるとおりである。

〔V〕 回路機能上の条件よりの吟味

C继电器の回路条件を考えると、次の3点を上げることが出来る。即ち

- (1) インパルス中のループ形式
- (2) 前位セレクタに対する閉塞
- (3) チェーン回路の形成

このうち(2)(3)の条件は(1)の条件が満足されれば、それに伴つて決定されるものであるから、主として(1)の条件について考えればよい。

(1)の条件はインパルス中継の際、C继电器がダイヤルインパルスの第1ブレークで急速動作を起し、一連のインパルス中、保持することを要求するものであつて、このため继电器自体としては、速動性と緩復旧性を持たなければならないこととなる。

今この特性を吟味するために、C继电器の単独での動作復旧時間及び連続インパルスに対する動作限界を実測すると第4表、第7、8図(次頁参照)の結果が得られる。

第4表によれば短絡巻線を施すことによつて、動作復旧時間は共に緩性を帯びるが、特に動作時間に及ぼす影響は僅かであつて、今の場合問題とするに当らないことが分る(これは一般的には一次巻線の仕様によつてその程度が決まるので、何れの場合にも一層又は二層の短絡巻線が動作時間に及ぼす影響が少いとはいえない)。

第7図は電話機用のダイヤル接点と600Ω抵抗とをA继电器回路に直列に入れて、1又は0をダイヤリングした後に於けるC继电器の復旧時間を測定したものであつてこの結果からも短絡巻線を施した方がかえつて特性の安定度が増大するということが出来よう。

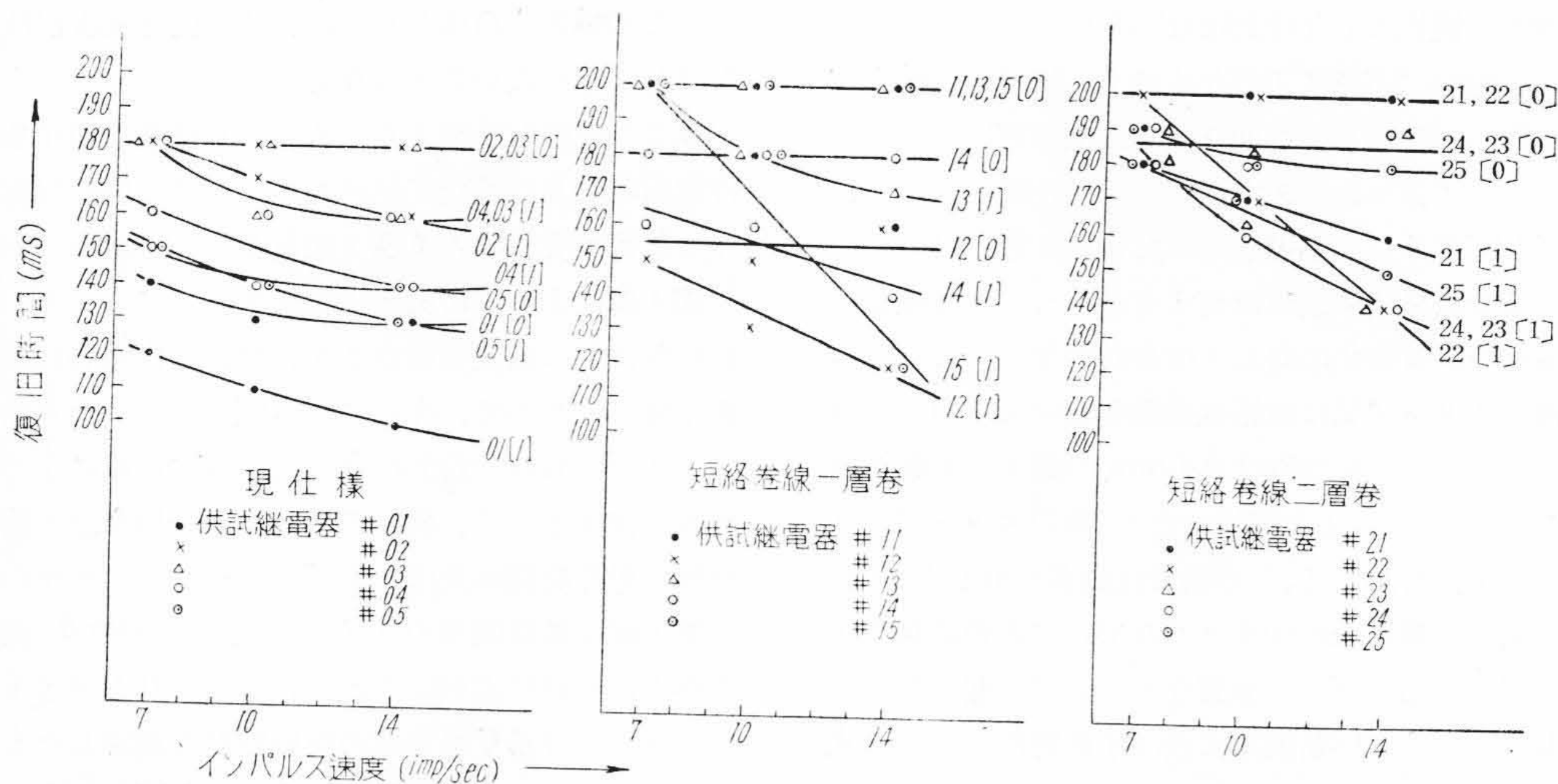
第8図はa(2.3)接点のメーク比を縦軸とした場合のC继电器の動作限界曲線を示すものであつてこれ等の曲線の下側区域が動作範囲である。この動作範囲も短絡巻線を施した方が幾分広く、特性として良好であるといえる。

なお、上記の試料に於ては、いずれも继电器の電流値は変更していないが、巻線の抵抗値が変更出来ないため短絡巻線をほどこすことにより、平均巻線長が増大の結果巻数が減少し、感動アンペアターンはそれだけ小さくなる。そこで继电器の負荷に対する安全率を同じにする

第 4 表 各種 C 継電器の作動特性

Table 4. Characteristics of Various Types of C Relay

巻線仕様	試料番号	一次巻線での調度電流値 (mA)		一次、二次直列での調度電流値 (mA)		動作時間 (m sec)	復旧時間 (m sec)
		感 動	不 感 動	感 動	不 感 動		
現 仕 様	01	42	39	5.4	5.0	3.5	105
	02	43	42	6.0	5.8	4.5	145
	03	40	38	5.3	5.0	4.0	160
	04	42	38	5.3	5.0	3.5	125
	05	43	39	5.9	5.3	3.5	125
短 絡 巻 線 一 層 巻	11	44	43	5.8	5.2	3.5	175
	12	43	39	5.5	4.8	5.0	125
	13	46	46	6.2	6.2	5.0	140
	14	43	40	5.8	5.5	5.5	145
	15	43	41	5.5	5.3	5.0	175
短 絡 巻 線 二 層 巻	21	45	41	5.7	5.1	6.5	155
	22	44	41	5.6	5.1	5.0	155
	23	43	40	5.5	5.0	5.0	160
	24	41	39	5.1	3.8	5.5	160
	25	42	38	5.4	3.9	5.5	165



第 7 図 “1” “0” ダイヤルインパルスによる C 継電器の復旧時間

Fig. 7. Releasing Time Lag of C Relay after Dialing “1” or “0”

ため、感動電流値を上げてアンペーターを現仕様と同一にした場合についても検討した。

その結果は第 5 表、第 9, 10 図に示すとおり、回路上は前記の結果と大差なく継電器自体の安定度を現仕様と同一に保持することが出来た。

以上の結果により、巻線のスペース及び巻線作業、誘起電圧値、回路の機能等を比較した結果、0.23 mm の

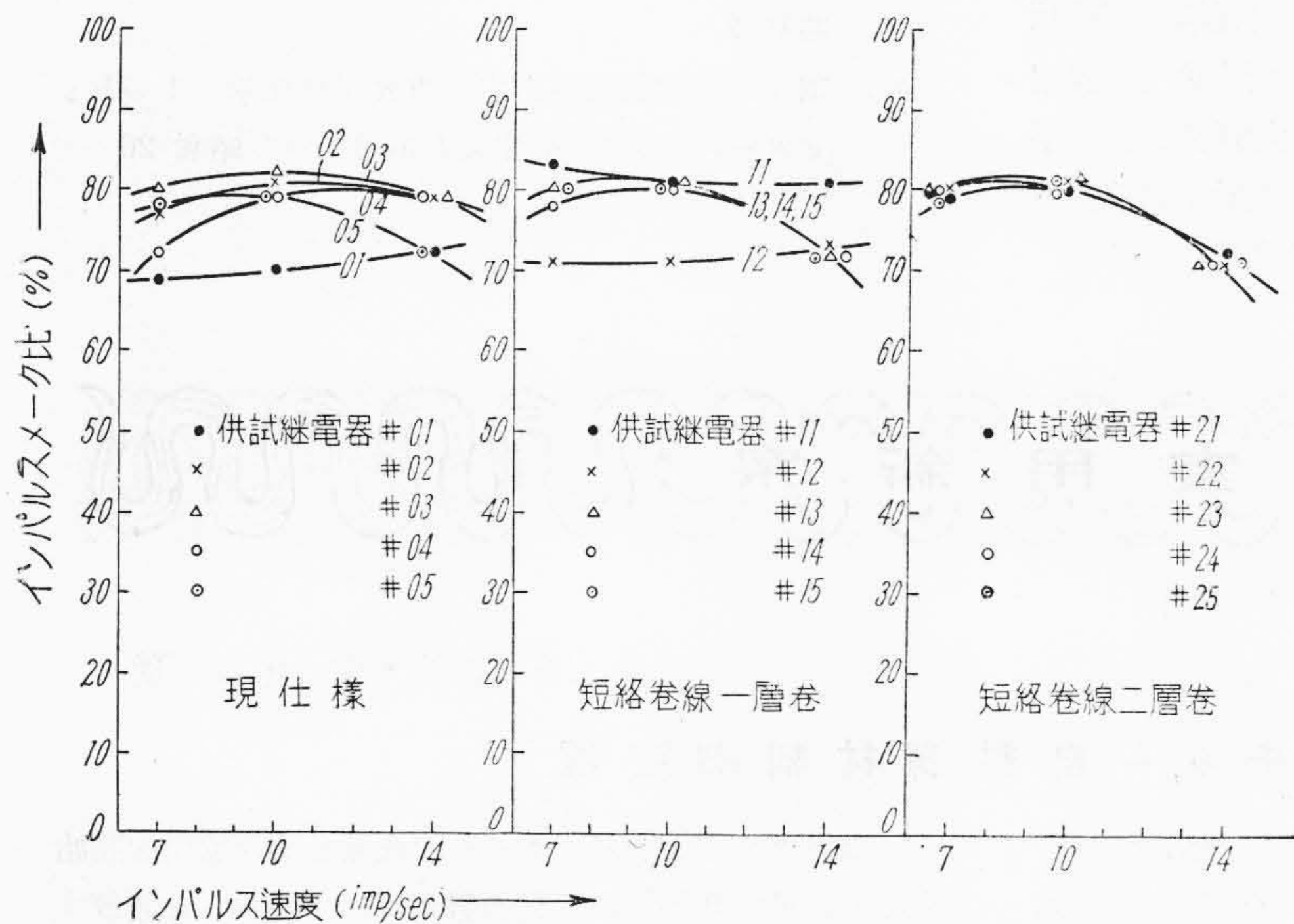
錫メッキ軟銅線を鉄心上に 2 層巻いて短絡し、一次、二次巻線の減少により感動電流値を上げて、感動アンペーターを現仕様と同一にした第 6 表 (第 42 頁参照) のものを最適と認めた。

その実用結果も以上の基礎実験によつて、予期されたとおり、所期の目的を、十分に果すことが出来たのである。

第5表 アンペアターンを現仕様と合わせた場合の短絡一層巻継電器の特性

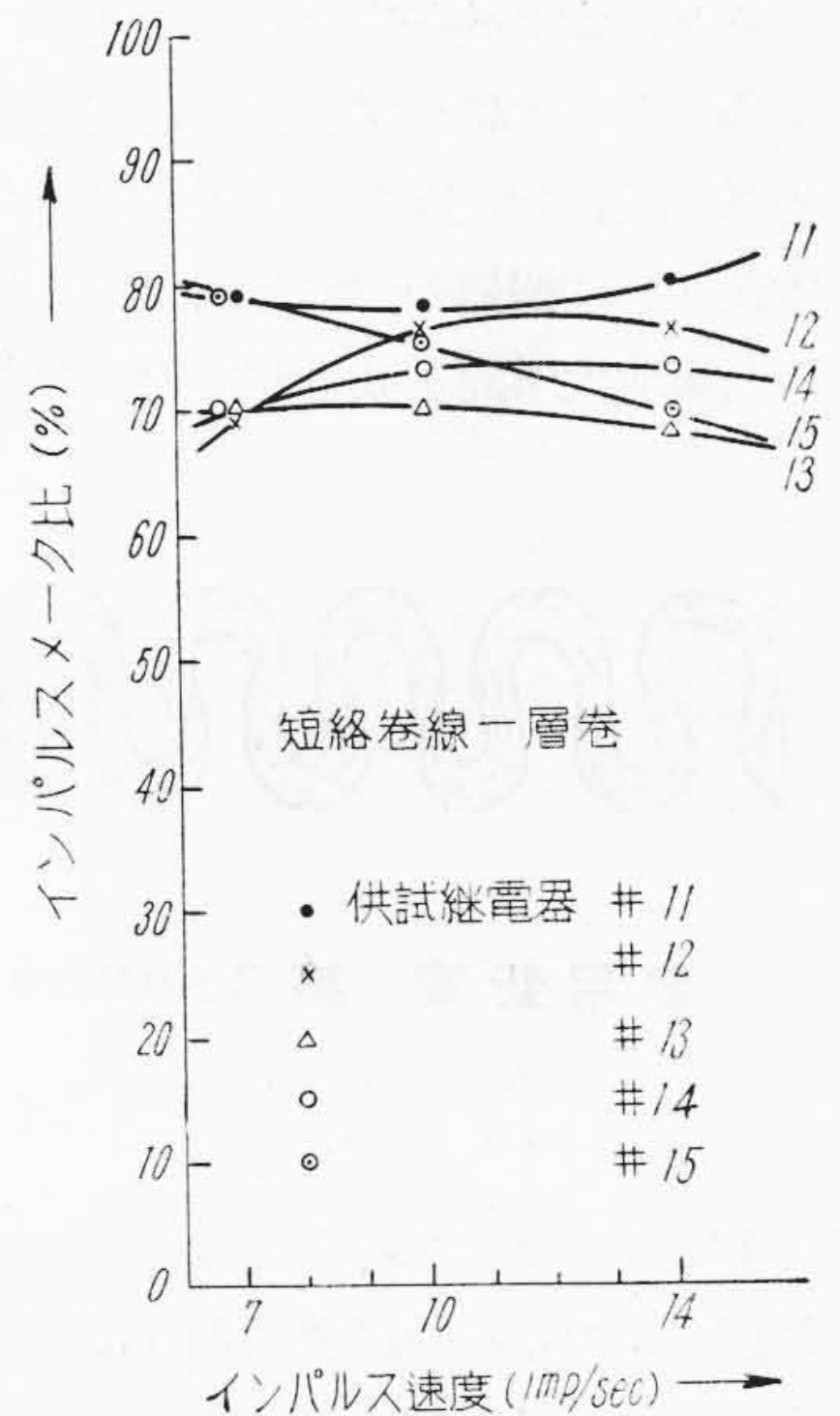
Table 5. Characteristics of C Relay (In case ampere-turns accord with present specification and iron core is covered one layer with winding of bare wire)

巻線仕様	試料番号	一次巻線での調度電流値 (mA)		一次、二次直列での調度電流値 (mA)		動作時間 (m sec)	復旧時間 (m sec)
		感 動	不 感 動	感 動	不 感 動		
短絡巻線 一層巻	11	50	46	6.4	6.0	6.5	106
	12	48	44	6.1	5.5	5.0	120
	13	48	45	6.3	6.0	5.0	140
	14	48	45	6.6	6.1	5.3	140
	15	48	46	6.2	5.8	5.5	160



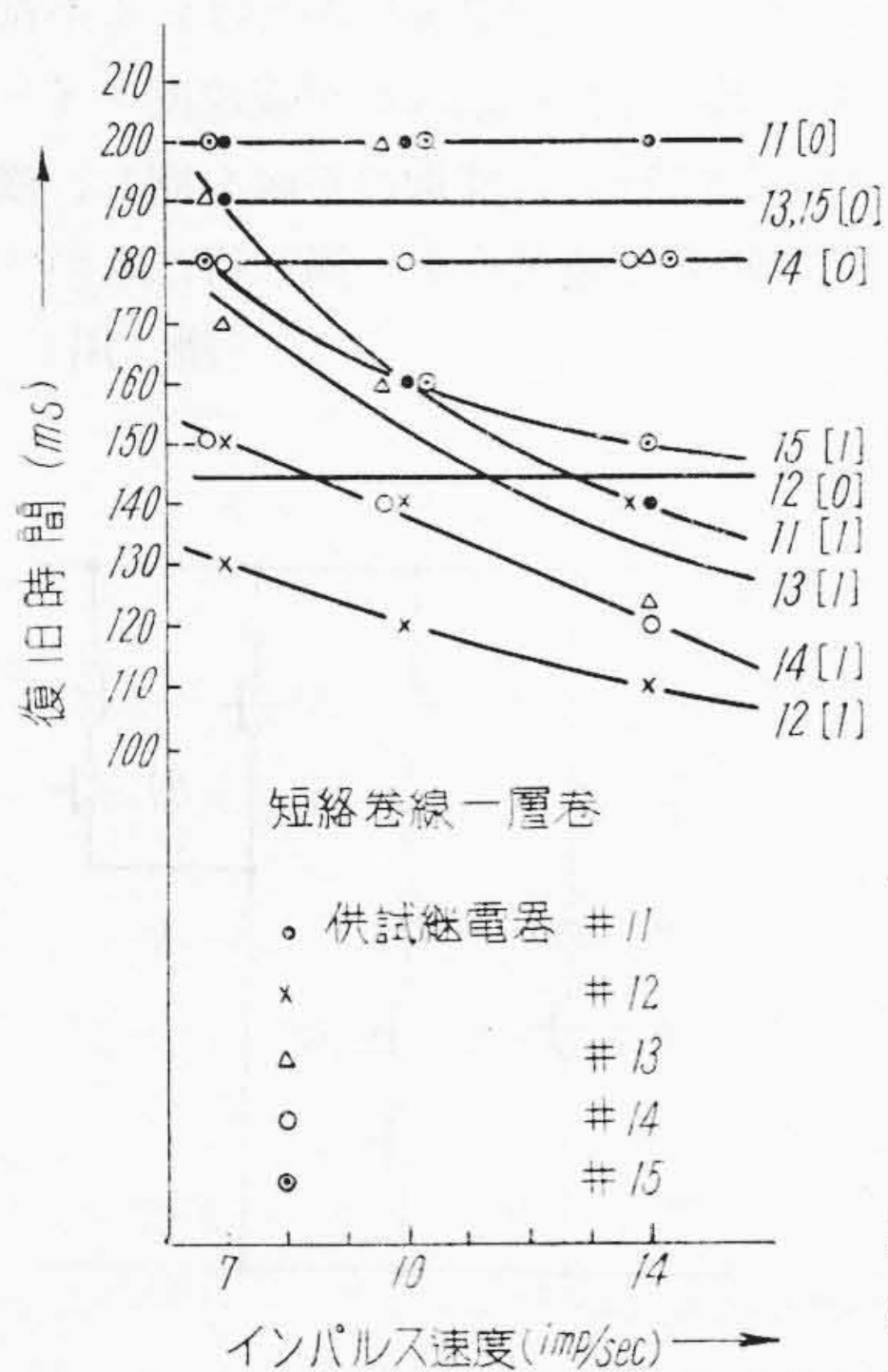
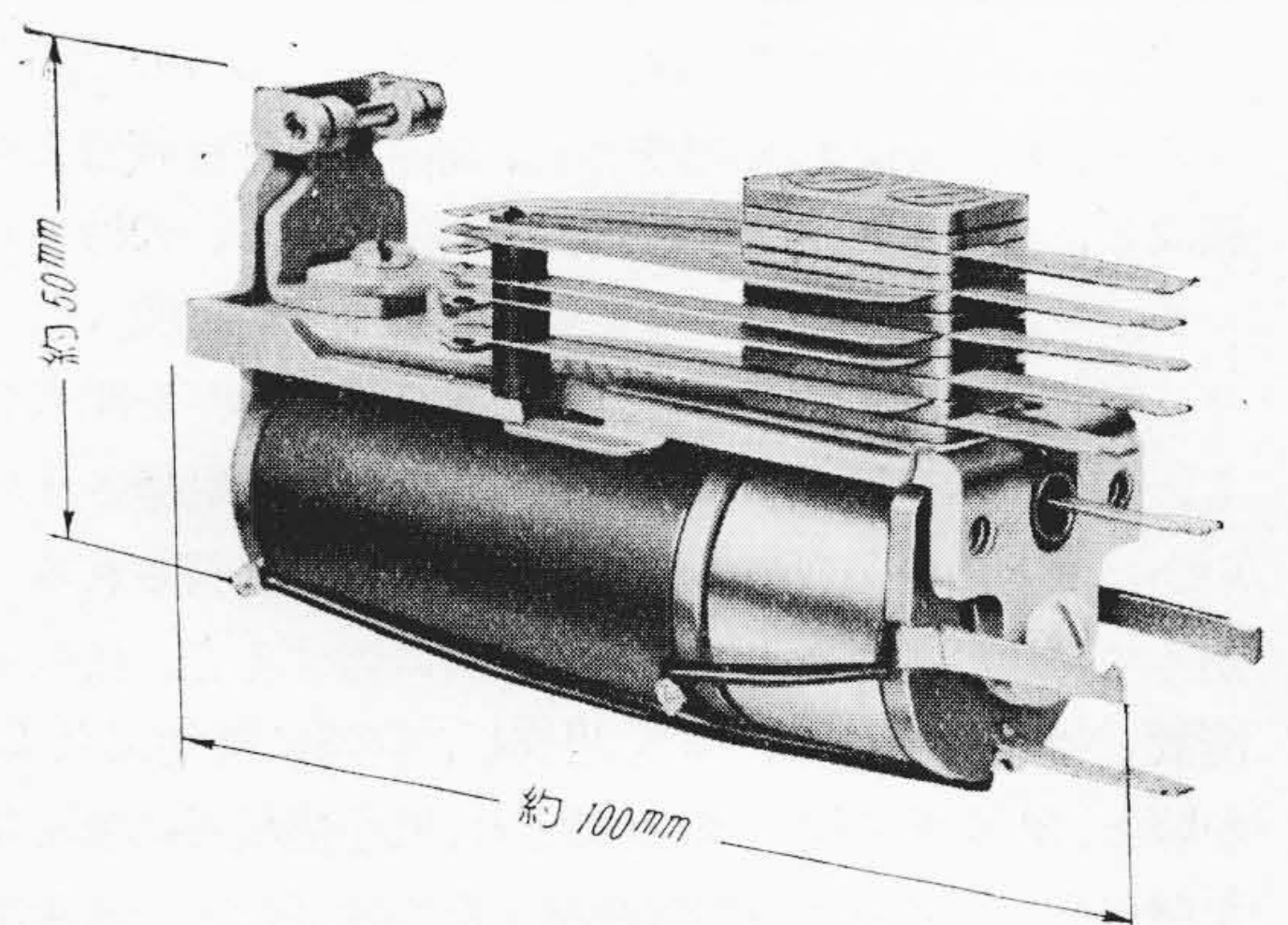
第8図 連続インパルスによるC継電機の動作限界

Fig. 8. Operational Limit of C Relay



第9図 連続インパルスによるC継電器の動作限界

Fig. 9. Operational Limit of C Relay

第10図
“1” “0” ダイヤルイ
ンパルスによる継電器
の復旧時間Fig. 10.
Releasing Time Lag
of C Relay after Dial-
ing “1” or “0”第11図 C 継電器の概観
Fig. 11. Appearance of C Relay

第 6 表 改良された C 継電器の仕様

Table 6. Detail of Improved C Relay

継電器 符号	品 名	銅 環	端 子	抵 抗	線 種	巻 数	動作電圧 感動/不感動	動作電流 感動/不感動	リリツアル (mil)	接 点
C	Z-7001		R-L	内(一次) 300Ω	0.10 ECW	3500	47/41.5	5/38	1.5	
			B-T	外(二次) 5000Ω	0.08 ECW	23400	6.3	6.8		

〔VI〕 結 言

以上、全般的な自動電話交換機回路に現われる瞬時電圧の報告の第一報として、その調査の契機となつた 1 号 E レピータの C 継電器の場合について説明をした。

終りに本実験研究を行うに当り、終始御指導と御援助を賜つた日本電信電話公社電気通信研究所交換方式課細川孝行氏、日立製作所戸塚工場交換機設計課長田島喜平太氏並びに関係各位に感謝すると共に、実験に御協力頂いた東北大学鈴木弘也君に謝意を表する次第である。

参 考 文 献

- (1) 鳳誠三郎：電気接点と開閉接触子 克誠堂版 昭和 25, 10 p. 153
- (2) 堀江貞二郎、且憲一郎：電試報告 197 昭和 2
- (3) 堀江貞二郎、且憲一郎、戸谷二郎：電試報告 36 昭和 2
- (4) 電々公社電気通信研究所方式実用化部 1 号 E レピータについて 研報交方第 13 号 昭和 26



実用新案 第 389989 号

泉 千吉郎・檜 垣 登

バッチャー自動満材制御装置

本案はコンクリート用骨材混合装置に於ける、骨材秤量用バッチャーの自動満材制御装置に関するものである。従来のバッチャー自動満材装置のフィーダー用電動機は、単一速度で運転したので、骨材塊度の差異によつて送入の不同を生じ、秤量の正確を期し得ないばかりでなく種々の欠点を伴つた。本案は特にフィーダー用電動機を可変速度電動機とし、満材の末期例えば 95% まで高速運転し、以後低速に切換えて残量 5% を送入するよう考慮したものである。図に於て制御開閉器 10 を閉合すると、動作線輪 #2 が附勢され、高速運転用接触器 2 を閉成し、フィーダー用電動機 1 を高速運転し、骨材をバッチャーに送入する。このとき補助接点 2a の閉合により、補助接触器 8 附勢され、その接点 8a, 8a' を閉づるも、同時に補助接点 2b 開放し、線輪 #3 は附勢されない。なお 8a' の閉合により 8 の回路は自己保持される。かくて骨材の高速送入が 95% 満材に達すると、接点 4 開放し #2 を消勢し、2 を開放し、同時に補助接点 2a を開き、2b を閉じ線輪 #3 附勢され、低速運転用接触器 3 を閉合し、フィーダー用電動機 1 を高速運転より低速運転に切換える。やがて満材残 5% を送入し終れば接点 5 開放し、#3 を消勢し、3 を開放して電動機 1 を停止す

る。満材了し秤量後バッチャーの底蓋を開き放出を開始すると、接点 9 開き、8 を消勢し接点 8a, 8a' を開放する。バッチャー底蓋が開いている間は、接点 6 が開放されているから、フィーダー用電動機 1 を運転することができない。従つて骨材放出中に満材操作が行はれる不都合は防止される。本装置は骨材の送入を可変速度フィーダー用電動機により適切に行い、秤量の正確を期し、満材操作に附随して起り勝ちな諸欠点を一掃し得たものである。(滑 川)

