

接点保護用サージサプレッサ

A Surge Suppressor for Contact Protection

井 忠 夫* 三 谷 正 一*

Tadao Mitsui

Shoichi Mitani

内 容 梗 概

電話交換機においてはクロスバ交換方式の開発発展に伴いそれに使用される機器の寿命のきつて長いことが要求されている。特に接点は従来とも電話局における障害の大半を占めるほどであり、クロスバ交換機の機器にはいっそうの安定、長寿命の接点が要求される。そこで従来無視されがちであった接点閉成時放電について検討し、それを抑制する回路素子としてのサージサプレッサの設計法を明らかにし、それに基づいてクロスバ交換機用としてSS形サージサプレッサ、ストロージャ用としてEW形サージサプレッサを製作した。これらはいずれも主要リレーの裏面に取付けられるような構造であって、特別に取付けスペースを必要としない。本稿においてはサージサプレッサの理論と構成について述べ、最後に本サージサプレッサの使用基準を明らかにし、その効果について概述した。

結 言

電話交換機において、従来機器の障害の多くは接点に起因するものであり、機器の寿命は接点によって左右されるといえるほどであるが、近年共通制御方式の採用と交換機器の改良により、機器接点にはきわめて長い寿命が要求されるようになった。また一方接点につながる線路は非常に長くなり、そこに蓄積されたエネルギーが接点閉成時に放出され、接点の損傷さらには溶着を発生させる原因となる。このため従来無視されがちであった継続時間の比較的短い放電、特に接点閉成時における放電とその抑制対策が問題になり始めた。

接点閉成時放電については昔から多くの研究がなされており、また閉成時放電に際しても比較的大電流を制御する接点に関しては古くから研究されているが⁽¹⁾、弱電流接点の閉成時放電に関しては近年に至って特殊陰極線オシロスコープの使用による放電の観測⁽²⁾、極短時間での放電現象の追究^{(3)~(6)}などによってその現象がかなり明らかになってきた。

そこで、まずケーブルのような分布定数回路ならびにCR火花消去器適用時の集中定数回路における接点閉成時の放電現象、これの抑制方法、および抑制素子定数の算定法について述べ、さらにそれに基づいて設計されたSS形およびEW形サージサプレッサ(第1図)および適用電圧電流領域を拡張するための改良を試みたサージサプレッサについて述べる。このSS形サージサプレッサはクロスバ交換機などに使用されたワイヤスプリングリレーの裏面に容易に取付けられ(第1図(b))、新たに取付けスペースを必要とせず、また無はんだ巻付接続のできるよう製作されており、日本電信電話公社で仕様化され、長いケーブルの接続された接点、CR火花消去器を適用した有極リレー接点などの保護に実用されている。またEW形サージサプレッサは水平形リレーの裏面に取付けられるように製作されている。

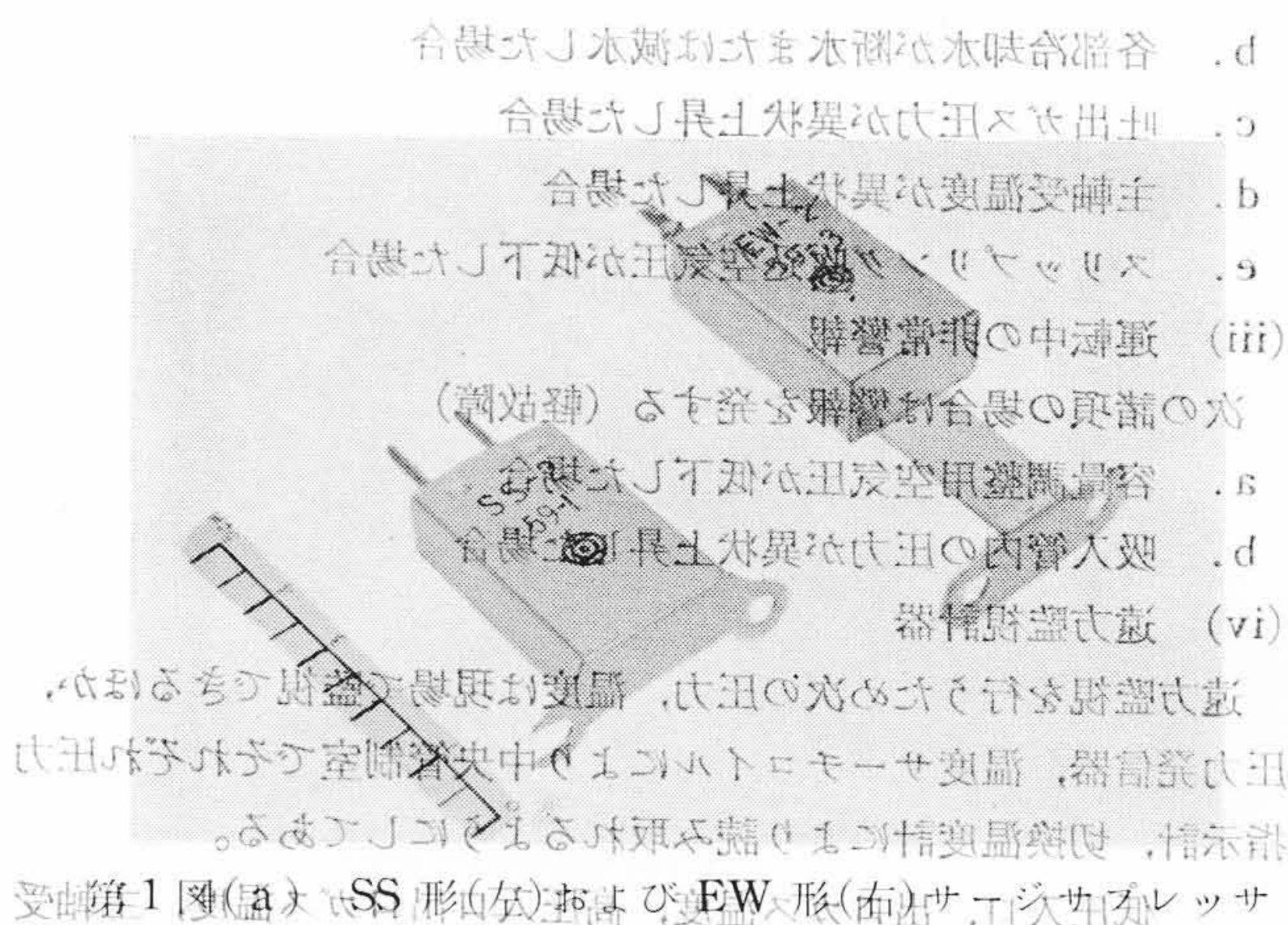
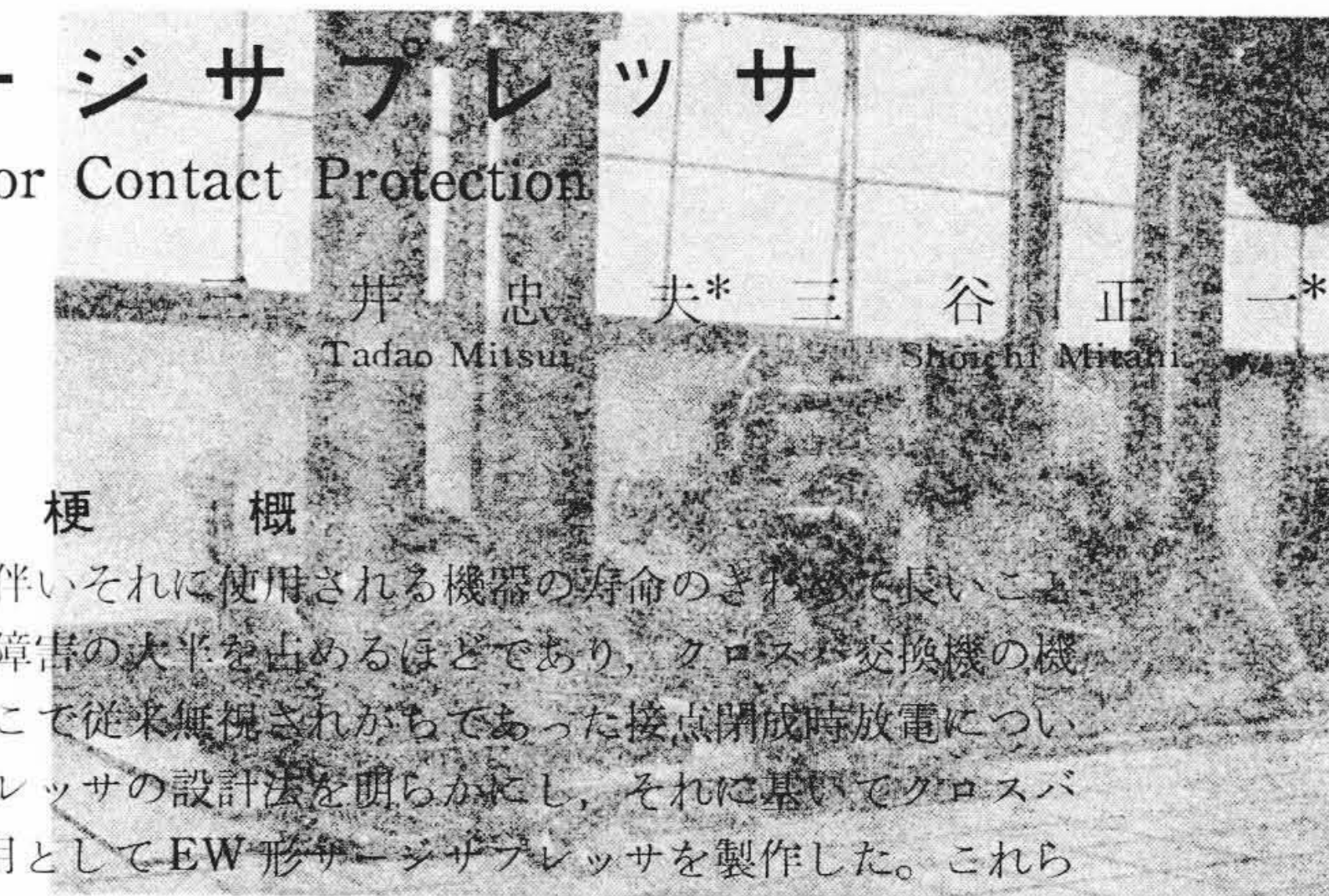
最後にサージサプレッサの使用基準および効果について概述する。

2. 接点閉成時放電とその抑制

2.1 分布定数回路の接点閉成時放電

第2図に示すように誘導負荷が長い布線を経て接点Kに接続されている場合、Kが閉じるすぐ前後の現象は等価的に第3図で考えられる(L_0, C_0, R_0, G_0 は分布定数である)。すなわちこの過渡現象を

* 日立製作所戸塚工場



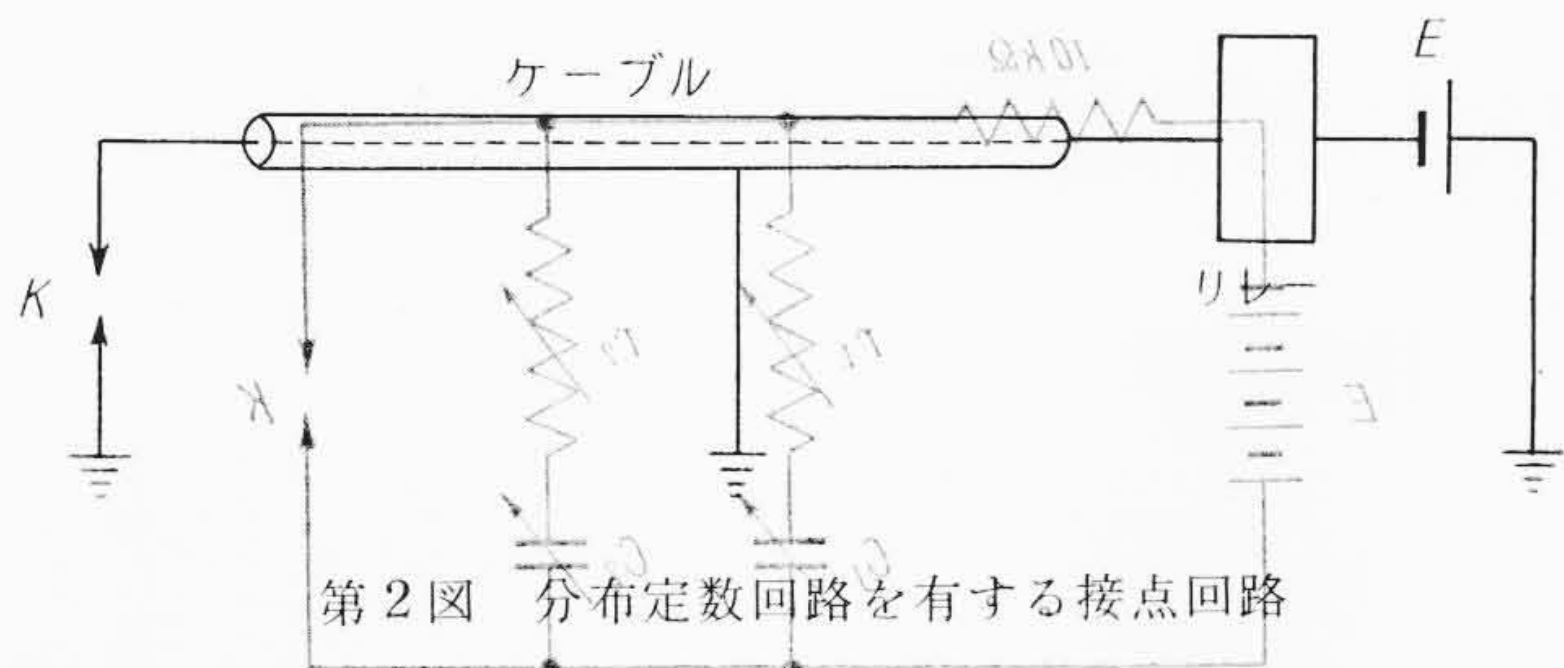
第1図(b) ワイヤスプリングリレー取付架裏面に取付けられたサージサプレッサ

つぎの前提のもとに解く。

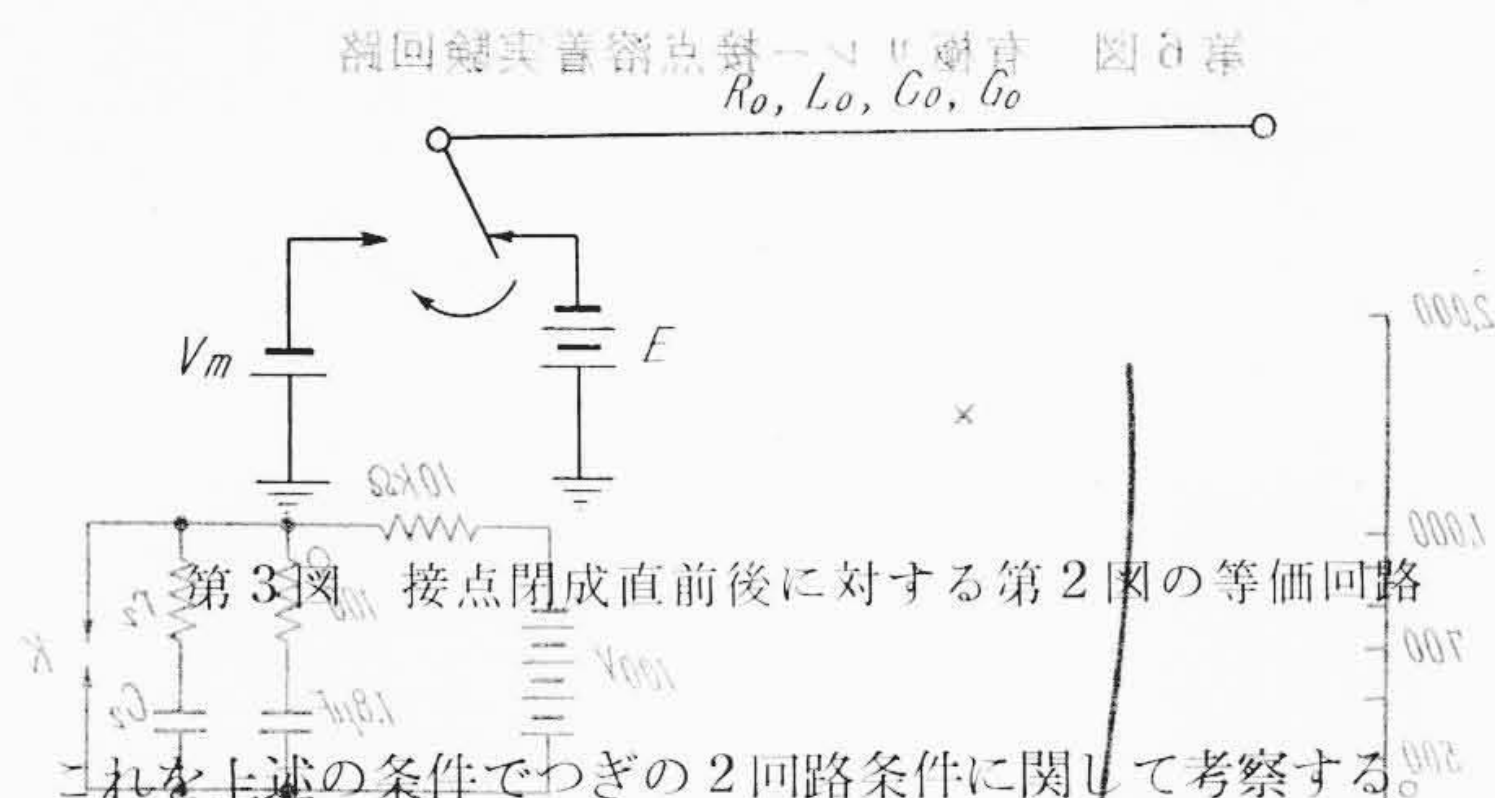
- (i) 短時間では 300V 以下でも放電を起しうる (30V 程度まで)。
- (ii) 短時間放電電圧は一定値 V_m (最小アーク電圧) である⁽²⁾。
- (iii) 回路条件から制約されたアーク消滅はあるが、アーク自体の弛緩振動はないと考える⁽⁶⁾。

そこで第3図で、 x における電圧、電流を e, i とすると周知のように次式をうる。

$$\left. \begin{aligned} -\frac{\partial e}{\partial x} &= R_0 i + L_0 \frac{\partial i}{\partial t} \\ \frac{\partial i}{\partial x} &= G_0 e + C_0 \frac{\partial e}{\partial t} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (1)$$



第2図 分布定数回路を有する接点回路



第3図 接点閉成直前後に対する第2図の等価回路

これを上述の条件でつぎの2回路条件に関して考察する。

(a) $L_0=0, G_0=0$ の場合 (b) $G_0 \neq 0$ の場合

2.1.1 理想ケーブル(R_0, C_0 回路)の場合

(1)式において $L_0=0, G_0=0$ とし、既述の条件でとくと接点電流 i_k は次式で与えられる。

$$i_k = \frac{2(E-V_m)}{R_0 l} \sum_{n=0}^{\infty} \exp \left\{ -\frac{(2n+1)^2 \pi^2}{4 R_0 C_0 l^2} t \right\} \quad (2)$$

上式は i_k が時間とともに単調減少することを示しているが、 i_k が最小アーク電流 I_m になるまでに接点が閉鎖すれば、その瞬間から接点電流は異なり、また溶着を起す可能性を生ずる。また i_k が I_m になっても接点が閉鎖しなければ放電は止み開放状態(open)⁽⁸⁾となる。開放が長く続くと電源から再充電されるが通常考慮しなくてよい。このとき接点で費される放電エネルギー W_a は次式で与えられる。

$$W_a = V_m \frac{2(E-V_m)}{R_0 l} \sum_{n=0}^{\infty} \int_0^{t_a} \left\{ \exp \left(-\frac{(2n+1)^2 \pi^2}{4 R_0 C_0 l^2} t \right) \right\} dt \quad (3)$$

ここに t_a はアーク継続時間である。

2.1.2 R_0, C_0, L_0 回路の場合

この場合は(1)式において $G_0=0$ とおき既述条件でとけばよいが、通常 $R_0 l \sqrt{C_0/\pi} \sqrt{L_0} \ll 1$ であるから接点電流 i_{k1} は次式で与えられる。

$$i_{k1} = \frac{4}{\pi} (E-V_m) \sqrt{\frac{C_0}{L_0}} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{2n+1} \sin \frac{(2n+1)\pi}{2} \quad (4)$$

(4)式は電流値 $(E-V_m) \sqrt{C_0/L_0}$ (この値は I_m より大とする)のアーク放電が $2\sqrt{L_0 C_0} t$ の間維持され、 $t=2\sqrt{L_0 C_0} t$ でやむことを意味する。ここに α は $R_0/2L_0$ である。

一方接点間電圧は放電継続中は V_m で、放電がやむと接点は開放状態となり、そのときの接点間電圧 e_1 は次式で与えられる。

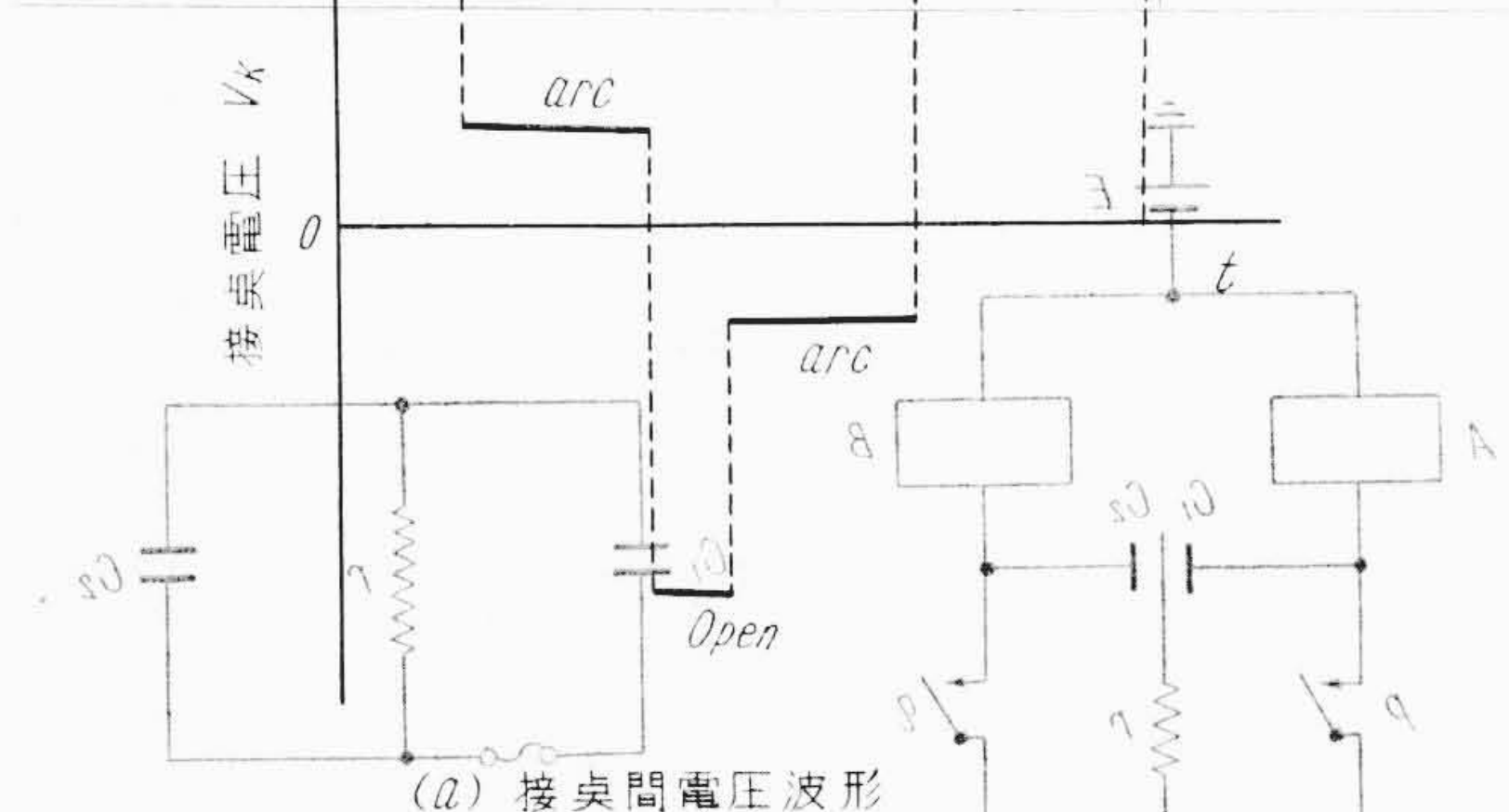
$$e_1 = V_m (E-V_m) \exp(-2\sqrt{L_0 C_0} \alpha) \quad (5)$$

さらに $2\sqrt{L_0 C_0} \alpha \ll 1$ のときは $e_1 = 2V_m - E = (E-2V_m)$ となる。

すなわち接点間電圧は放電停止とともに近似的に $E-2V_m$ で符号は逆転する。

この電圧で接点電極が近づき、放電開始電圧が $E-2V_m$ である。

(279) 表	Open (A) 表	(V) 表
01	88.0	1
25	88.0	2
41	88.0	3
17	113	4
115	138	5



(a) 接点間電圧波形

(b) 接点電流波形

電極距離になるとふたたび放電を開始する。この際線路は電源から負荷を通して充電されるが通常インダクタンスが大きいのでほとんど問題にならない。

このようにして放電が繰返されるが、 n 回目の放電電流 i_{kn} およびその終止時の開放状態での接点間電圧 e_n は近似的に次式で与えられる。

$$i_{kn} \approx (-1)^n (E - (2n-1)V_m) \sqrt{\frac{C_0}{L_0}} \quad (7)$$

$$e_n \approx (-1)^n (E - 2V_m) \quad (8)$$

ここで $e_n < 30V$ となれば放電は起らず、また $i_{kn} < I_m$ となれば定常的なアークは生じない。

上記の継続アークにより接点間に費されるエネルギー W_a は次式で与えられる。

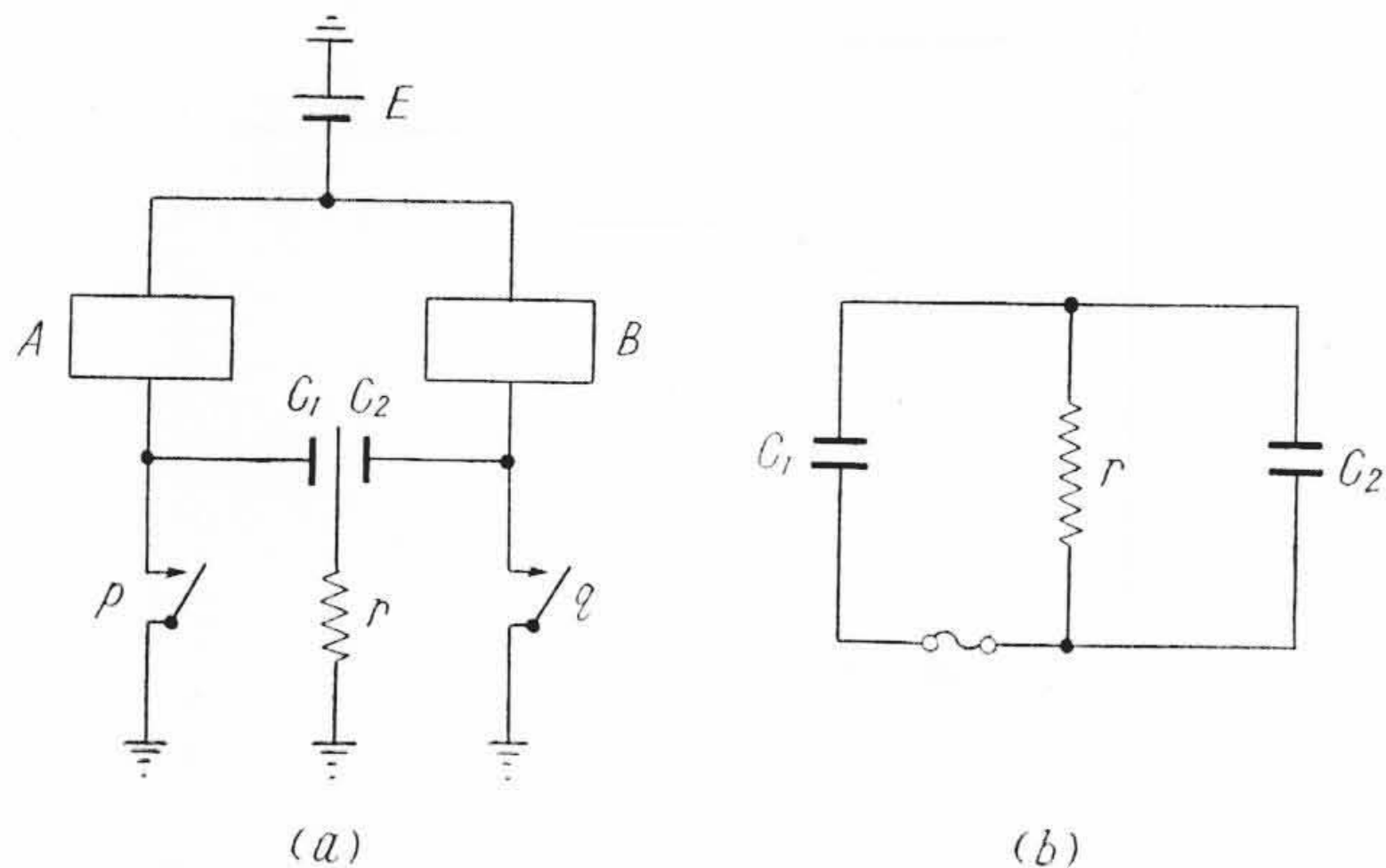
$$W_a = \frac{2V_m C_0 l}{\pi} \sum_{n=1}^{N_0} \frac{1}{2n+1} \quad (9)$$

ここに N_0 は1回の接点閉成における定常アーク放電の発生回数である。

一例として $E=60V, V_m=10V$ の場合についての接点閉成時の接点電圧電流を模式的に第4図に示す。(a)の波形は Lander 氏らによって検討されたコンデンサ放電時の接点間電圧とはほぼ同一である⁽⁸⁾。さらに市内ケーブル特性⁽⁹⁾ などから $L_0=0.57H/m$ 、

第 1 表 E に対する N_0, i_{k1}, W_a

$E(V)$	N_0	$i_{k1}(A)$	$W_a(erg)$
50	1	0.38	10
75	2	0.63	25
100	3	0.88	46
125	4	1.13	74
150	6	1.38	112



第 5 図 抵抗 r を共用する火花消去回路

$C_0=50\text{ PF/m}$, $R_0=100\text{ m}\Omega/\text{m}$ とし, $V_m=12\text{ V}$, $I_m=0.1\text{ A}$, 最小放電開始電圧を 30 V として, $E=50\sim 150\text{ V}$ に対する N_0, i_{k1} を求め, さらに $l=20\text{ m}$ のときの W_a を算定して第 1 表に示す。

2.2 集中定数回路の接点閉成時の放電

集中定数回路の接点閉成時の放電についても前節の分布定数回路の場合と同様の前提をおけば容易に考察される。一例として CR 火花消去器が適用された場合について概説する。

CR 火花消去器は, 負荷あるいは接点は並列に接続使用されるが, その接点閉成時に接点に及ぼす効果は純抵抗負荷の場合とほぼ同じで, CR 火花消去器は接点閉成に際して放電を起しやすくなる。さらに特に注意すべきことは第 5 図 (a) のような場合である。すなわち C_1, C_2 が r を共用しているとき, まず q が閉じ, ついで p が閉じる場合, p における閉成瞬時の接点回路は等価的に第 5 図 (b) のように考えられる。したがって, p の閉成直前の放電によって, 次式で与えられる電荷 Q が C_1 から C_2 移される。

$$Q=EC_1C_2/(C_1+C_2)\dots\dots\dots(10)$$

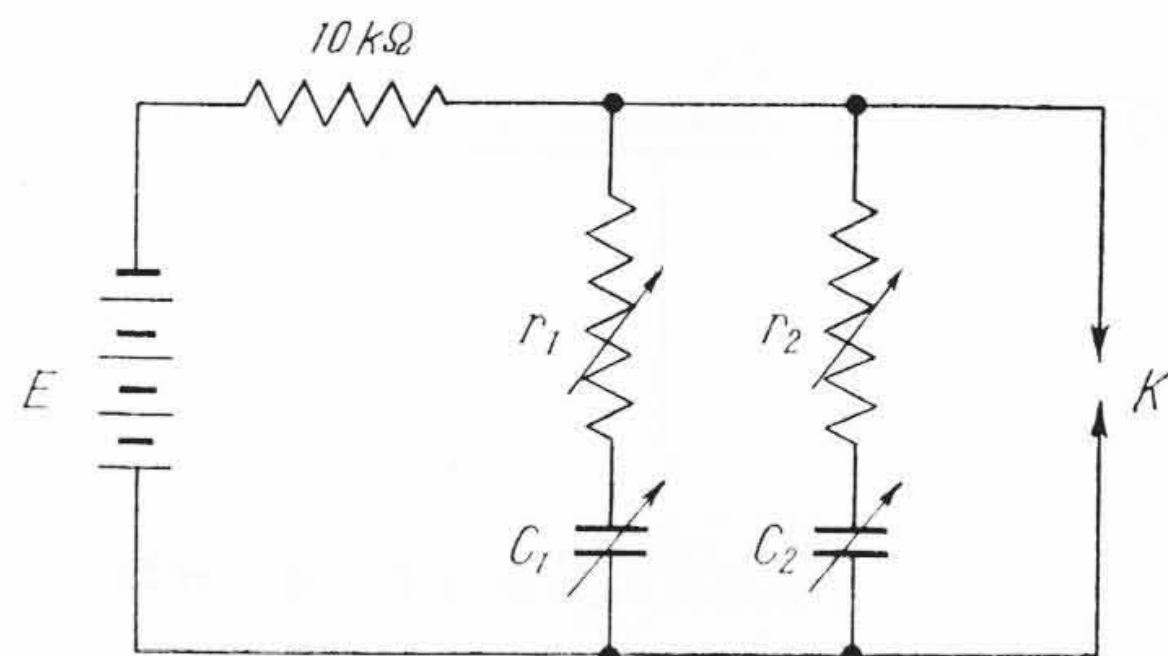
これは $C_1C_2/(C_1+C_2)$ のコンデンサを E に充電して, 接点 p で短絡するに等しい。このようにコンデンサを直接短絡すると接点の損傷が大きくなり⁽⁸⁾, はなはだしい場合には接点の溶着事故をひき起す。

CR 火花消去器の接点溶着に及ぼす影響の一例として第 6 図回路で有極リレー接点の溶着について検討した結果を示す⁽¹⁰⁾。

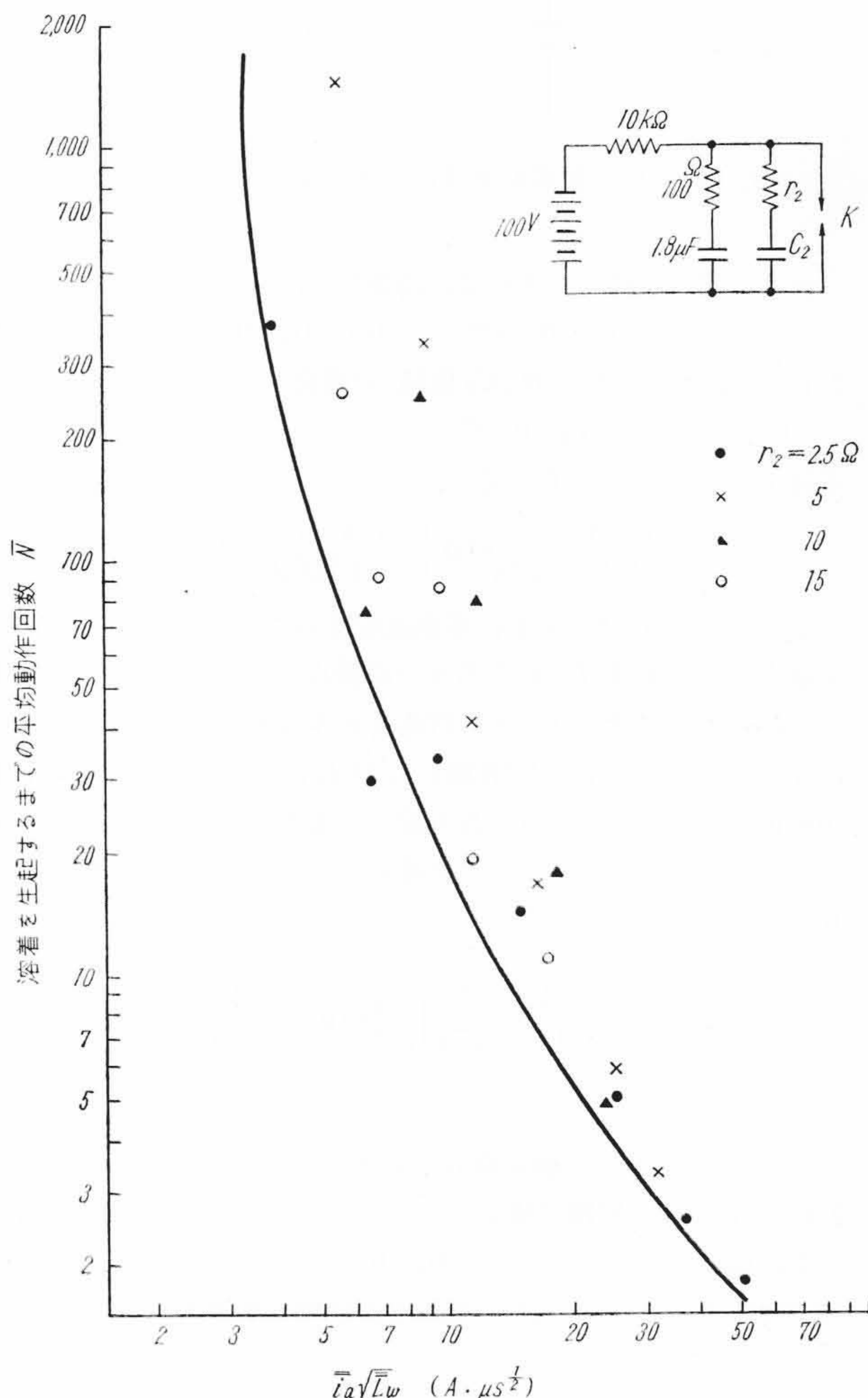
供試接点 K は EF 形有極リレー⁽¹¹⁾ P_t 接点で, 種々のバイアス電流, 駆動電流について検討したが, 第 7 図に駆動電流がバイアス電流 (バイアス電流は感動電流の約 1.5 倍とした) の 4 倍で, 電源電圧 $E=100\text{ V}$ の場合について示す。第 7 図で横軸に溶着発生時の平均的なアーク放電継続時間 τ_a の平方根とそれに対する平均的な放電電流 $\bar{i}_a$ との積をとり, 縦軸に対応する溶着を発生するまでの平均動作回数 $\bar{N}$ をとった。通常交換機に使用される電源電圧は 48 V 程度であり, 単なる接点閉成では上記のことはおこらないが, 大きいチャッタが発生すると CR 火花消去器と接点に接続されたケーブルとによって第 6 図とほぼ同様の回路が構成され, 充電電圧も高くなり, 溶着を発生する可能性を生じる。

2.3 接点閉成時放電の抑制⁽¹²⁾⁽¹³⁾

既述のように分布定数集中定数いずれであっても, 接点に容量が接続されているとその閉成時に放電を生じ, 接点の損傷, 溶着が起



第 6 図 有極リレー接点溶着実験回路



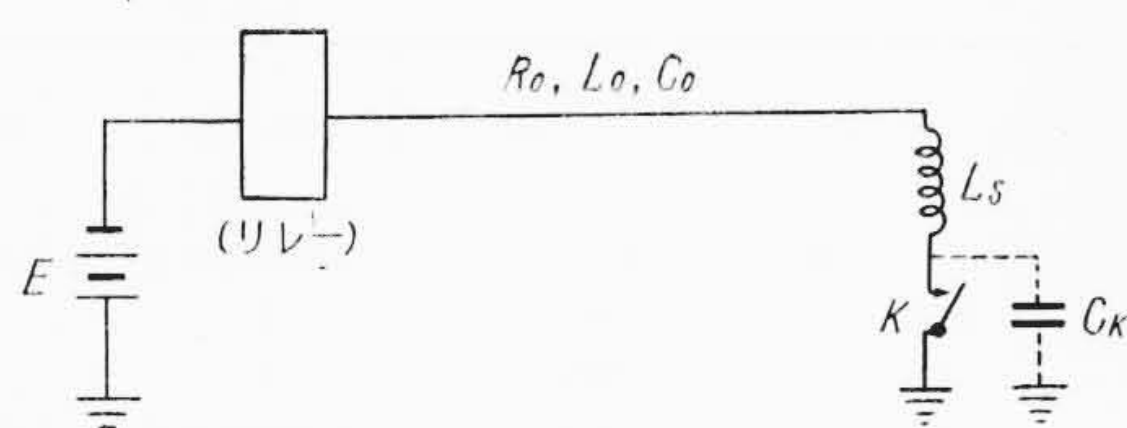
第 7 図 有極リレー接点の溶着実験結果

る。これを抑制するためには, 第 8 図に示すように, 接点に近接してインダクタンス L_s あるいは抵抗 R_s を直列に接続すればよい。通常地の条件から大きな抵抗を直列に接続することができず, L_s によって放電抑制を行い, その直流抵抗 r_s をできるだけ小さくすることが望まれる。以下 L_s をそう入した場合の放電について検討し, 放電抑制のための L_s の所要値の算定法について述べる。

2.3.1 L_s 接続時の放電

第 8 図において, 前述の理論と同じく接点電極が E に対して放電開始距離まで近づくと放電を開始し, C_k は放電して V_m に達し, 放電はやむ。ついで C_k は L_s を通じて分布容量から充電される。このようにして C_k の放電, L_s を通じての C_k の充電が繰返され, 接点閉成まで L_s を通じての電流が漸増する。この電流はつぎの前提をおくと比較的容易に算定される。

(i) C_k は常に電源電圧まで充電されて放電する。



第8図 接点閉成時放電抑制原理を示す回路

第2表 L_s の所要算定値

表面状態		Inactive		Active	
接点閉成速度 v (cm/s)		10	50	10	50
L_s (mH)	電流条件 ($I_m=0.1$ A)	0.025	0.005	0.2	0.04
	エネルギー条件	0.1	0.004	6.1	0.25
	$W_m=50$ (erg)				
	$W_m=5$ (erg)	1	0.04	61	2.5

注: 1. $E=50$ V, $V_m=10$ V とした
 2. Inactive surface, Active surface のそれぞれの絶縁破壊電界は 5×10^6 V/cm, 0.6×10^6 V/cm とした⁽¹⁶⁾

(ii) C_k の放電時間はきわめて短いので、その間には L_s を通る電流は変化しない。

(iii) R_0 を無視し、 $L_s/C_k \gg L_0/C_0$ が成立するものとする。

以上の前提により $(n+1)$ 回目の放電が行われるときの L_s を通る電流 i_n は、1 回目の放電から $(n+1)$ 回目の放電までの時間を t_n とすると、近似的に次式で与えられる⁽¹³⁾。

$$i_n \cong 2(E - V_m)t_n / \pi L_s \quad (11)$$

さらにこの n 回の放電により接点で費されるエネルギー W_a は、近似的に次式で与えられる。

$$W_a \cong 2t_n^2(E^2 - V_m^2) / \pi^2 L_s \quad (12)$$

以上の考察においても、接点近傍のインピーダンスの C_k 放電に及ぼす影響を考慮する必要があるが、上記によって一応大要がつかめる。

2.3.2 L_s の算定法

接点近傍に L_s を接続することによって接点における突流を効果的に抑制できる。そこでこれにより接点の損傷を抑制するのに必要なインダクタンス値を求めることが問題になる。筆者はつぎの2条件をもって L_s 値の算定基準とした。

(i) 電流条件: 接点閉成前に L_s を通る電流が最小アーク電流 I_m に達しないこと。(アーク抑制条件)

(ii) エネルギー条件: 接点およびその近傍の容量を充放電することにより、接点で費されるエネルギーが一定値 W_m を越さないこと。

上記2条件は前項の結果を用いて次式で表わされる。

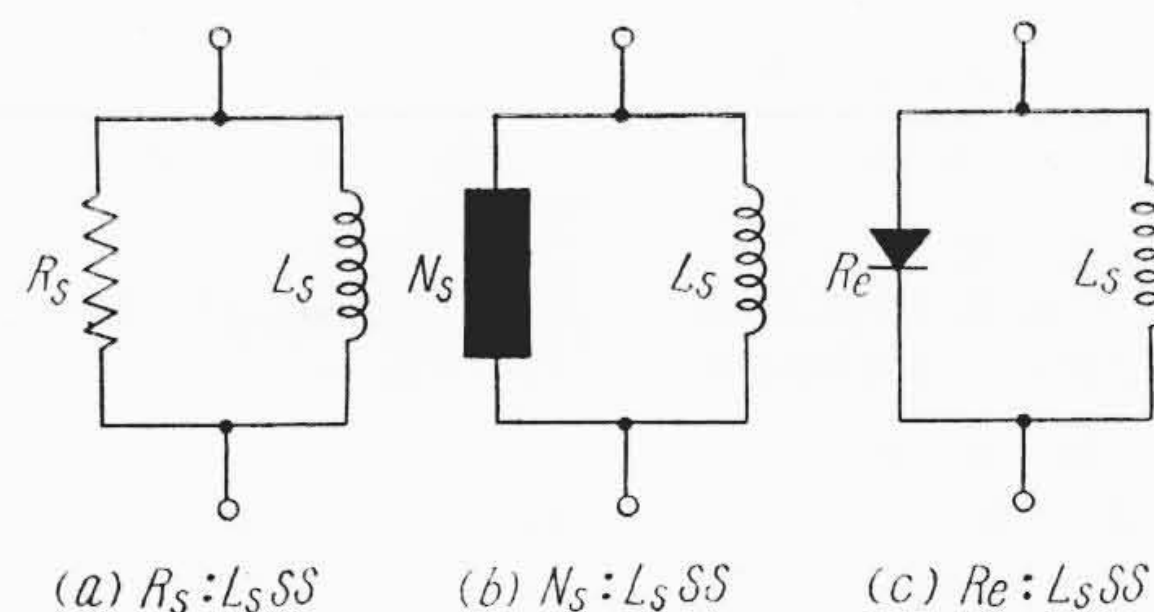
$$L_s > 2t_s(E - V_m) / \pi I_m \quad (13)$$

および

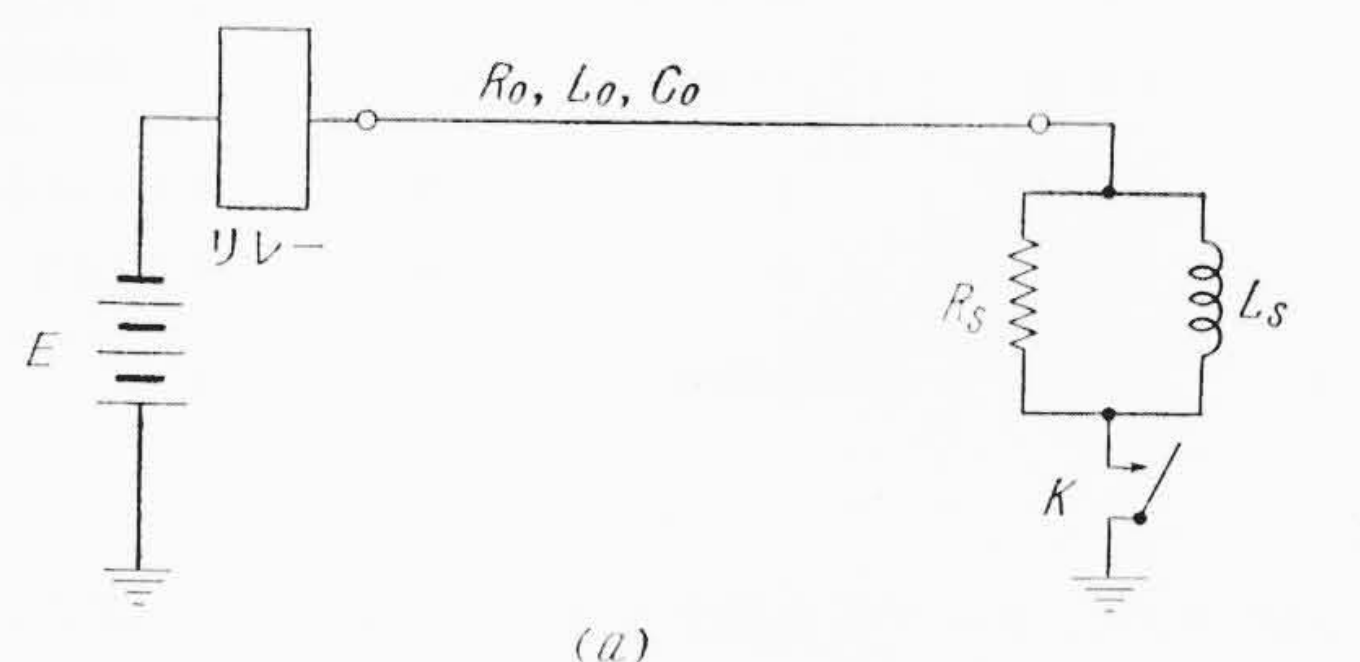
$$L_s > 2t_s^2(E^2 - V_m^2) / \pi^2 W_m \quad (14)$$

ここに t_s は接点電極が E で放電を開始する距離 S_0 に達してから接点閉成完了までの時間である。

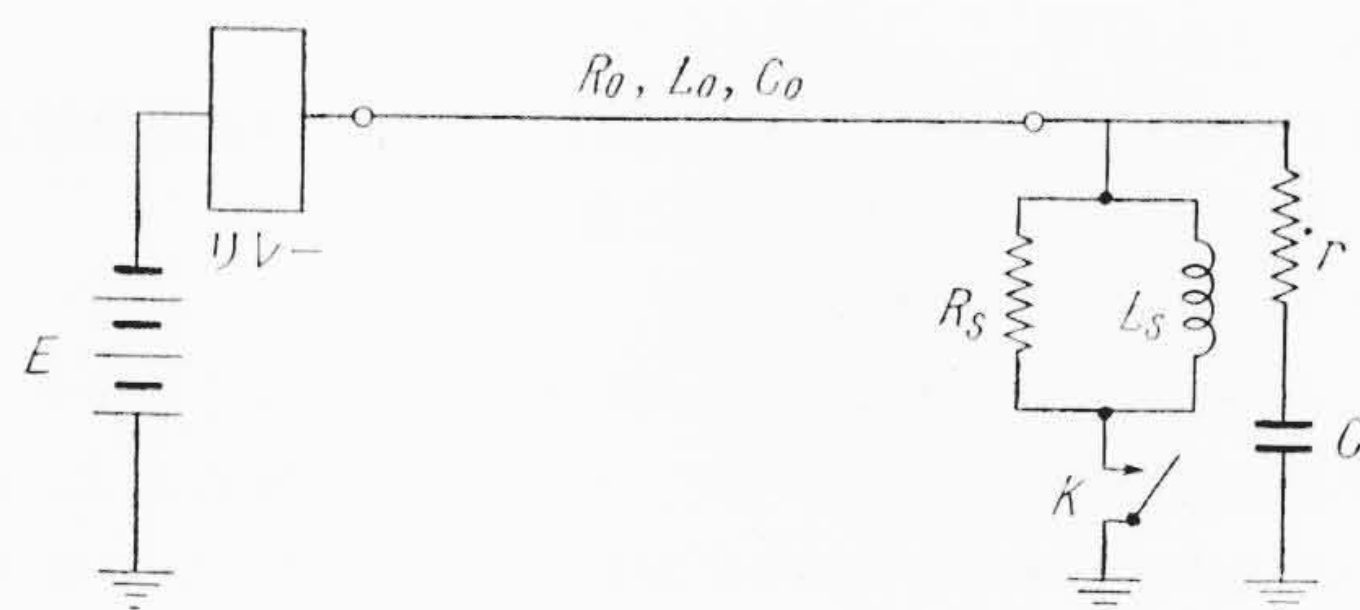
上記2条件において I_m , W_m をどのくらいにとるかが問題になるが、 I_m についてはすでに多くの研究結果があり、場合に依りて選定すればよい。 W_m に対しては、電話交換機接点用として、次の諸事項を考慮して選定した。すなわち、CR 火花消去器を使用した接点の閉成時の間欠放電エネルギーは、 $E=50$ V, $V_m=15$ V, $t_s=1 \mu s$ のとき、火花消去器抵抗が 470Ω ならば、概算約 7 erg であり、また CR 火花消去器を付けても接点開離時なおごく微小のアークが発生することがあるが、そのとき接点で消費されるエネルギーは、容易に 5 erg 程度になりうる。これら



第9図 サージサプレッサユニット回路



(a)



(b)

第10図 サージサプレッサ接続法

から W_m は 5 erg 程度にとるのが妥当と考える。もちろん L_s 接続時の閉成時放電は間欠放電となり、したがって持続アークの場合より、接点損傷が少ないと推測されるので、計算値が 50 erg 程度まで場合により、許容できよう。

これらの値を使用し、接点の表面状態を考慮して、所要の L_s 値を算定すると第2表のようになる。この表から、電話交換機接点に使用されるサージサプレッサの L_s は 5~10 mH 程度でよいことがわかる。

以上の算定は多くの仮定を含むが、いずれも所要の L_s 値が大きくなるよう見込んであり、目安を与えうる。

3. サージサプレッサの機能および構造

3.1 サージサプレッサの定数決定法

接点閉成時突流抑制には、第8図に示したように L_s を接続すればよいが、これだけでは、その接点が電流切断をも行う場合には、接点閉鎖定常時に L_s にたくわえられたエネルギーにより大きな開離時放電をひき起す。そこで L_s と並列に抵抗を接続してこのエネルギーを吸収させる必要がある。この必要のために L_s と抵抗とを並列接続してユニットを構成し、これをサージサプレッサと呼ぶ。

サージサプレッサに使用される抵抗として第9図に示すように直線抵抗 R_s , 対称バリスタ N_s , 非対称バリスタ R_e の使用が考えられる。以下主として実用されている R_s を使用した場合の設計法についてのべ、他の場合について概説する。なお L_s の決定は前章の方法に従い、ここでは抵抗の決定法について述べる。

3.1.1 $R_s: L_s$ SS

サージサプレッサは第10図に示すように接続使用され、CR 火花消去器と併用するときは、その C の放電をも抑制するよう接続

第 3 表 R_s の 決 定 式

放 電 抑 制 条 件	R_s 決 定 式
(a) 接 点 開 離 時	
(i) アーク放電抑制条件	$R_s \geq V_m / (I_0 - I_m)$
(ii) 火花およびグロー放電抑制条件	$R_s \geq (V_{sm} / I_0) - r$
(b) 接 点 閉 成 時	
(i) 電 流 条 件	$R_s > (E - V_m) / I_m$
(ii) エネルギー条件	$R_s \geq (E^2 - V_m^2) / 6W_m$

図 9 第 4 表 SS 形および EW 形サージサプレッサの種類

品 名		構 成 素 子 定 数		適用される接点 の負荷電流
SS 形	EW 形	L_s (mH)	R_s (Ω)	
SS-1	EW-1	5	390	0.2A~0.5A
SS-2	EW-2	5	1,000	0.2A以下

注: インダクタンス L_s の直流抵抗は 5Ω 以下になっている。

される。

第 10 図 (b) で、ケーブルの効果を C_s と置き換えると、接点に対して複式火花消去となっており、したがって複式火花消去回路理論が適用される⁽¹⁴⁾。

いま C_s , r は適切に設計されているものとして、各放電抑制条件に対する R_s の決定式を求めて第 3 表に示す⁽¹³⁾。

3.1.2 その他のサージサプレッサ

R_s : L_s SS は接点開離条件から R_s をあまり大きくできず、このため閉成時条件が満足しがたい。そこで回路電流 I_0 が I_m より小さい場合には、 R_s の代わりに対称バリスタ N_s を使用すれば⁽¹⁵⁾、接点開離時の火花およびグロー放電をよく抑制し、しかも接点閉成時の抵抗を通じての電流をきわめて小さくおさえることができる。これが N_s : L_s SS である。

また、 R_s : L_s SS, N_s : L_s SS はともに $I_0 > I_m$ では使用しがたい。それは接点開離時の放電抑制条件と、閉成時のそれぞれの抵抗に対する相反する要求のためである。

これに対し、接点開離時には零に近く、接点閉成時には無限大になるよう働く抵抗素子、非対称バリスタの使用が考えられる。これが R_s : L_s SS である。

3.2 SS 形および EW 形サージサプレッサの定数と構造

3.2.1 構成素子定数

現在クロスバ交換機用としてワイヤスプリングリレーの裏面に取付けられている SS 形サージサプレッサが、および私設交換機用として水平形リレーの裏面に取付けられている EW 形サージサプレッサは前述の R_s : L_s SS であり、その構成素子定数はつぎのようにして決定された。

いま一例として、回路条件を電源電圧 (直流) $E = 50V$ 、負荷抵抗 $R = 400\Omega$ 、接点条件として最小アーク電圧 $V_m = 15V$ 、最小アーク電流 $I_m = 0.2A$ 、active surface 最小スパーク電圧 $V_{sm} = 250V$ 、許容エネルギー $W_m = 6\text{erg}$ 、接点近傍漂遊容量 $C_k = 20\text{PF}$ 、接点閉成速度 $v = 50\text{cm/s}$ の場合について、第 3 表に示した R_s の決定式、および前章に示した L_s の決定式により、 R_s , L_s を求めると $R_s = 1,000\Omega$, $L_s \geq 2.5\text{mH}$ となる。閉路時放電エネルギーは L_s と R_s の両路を通して供給されるので、 L_s に安全をとって 5mH , $1,000\Omega$ とすれば十分である。SS 形サージサプレッサ SS-2, EW 形サージサプレッサ EW-2 がこれである。

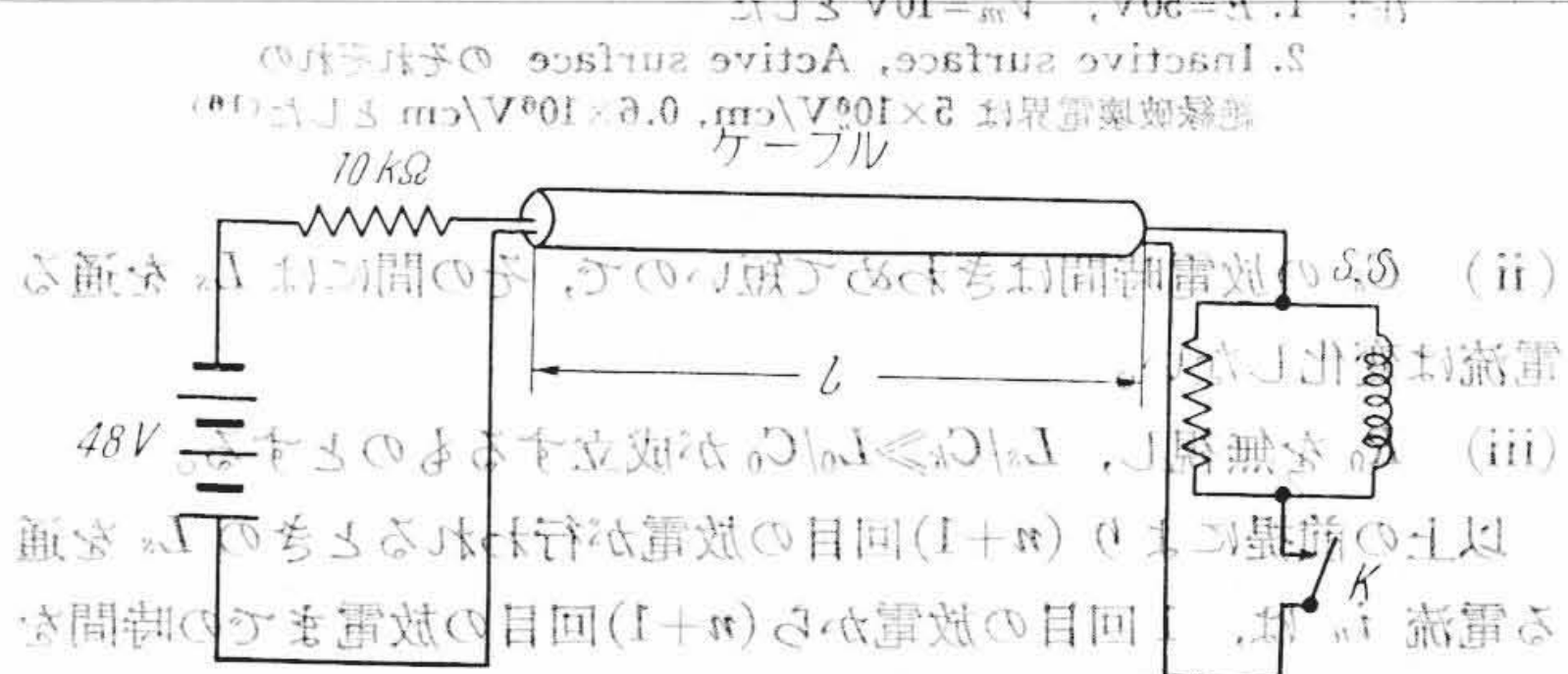
第 5 表 サージサプレッサの使用基準

ケーブル長 (m)	6 ~ 20	20 ~ 50	50 ~ 100	100 以上
被保護 接点リレー				
WA 系リレー	不要	1 億以上	5,000 万以上	2,000 万以上
有極リレー	1,000 万以上	300 万以上	0	0
リードリレー	不要	1,000 万以上	0	0
水平形リレー	不要	(5,000 万以上)	2,000 万以上	1,000 万以上
平形リレー	不要	(5,000 万以上)	2,000 万以上	1,000 万以上

注: 本表は電源電圧 E が $48V$ の場合であり、 E が $48V$ 以外のときは上表の動作回数を $(\frac{48}{E})^2$ 倍とする必要がある。

第 6 表 寿命試験の要因と水準

要因	水準
水 (20mm) の変質	2 年
温度 (40°C) の変動	3 年
湿度 (80%) の変動	3 年
振動 (10mm/s)	3 年
電圧 (100V) の変動	3 年
電流 (10A) の変動	3 年
電圧 (100V) の変動	3 年
電流 (10A) の変動	3 年



第 11 図 サージサプレッサの効果確認のための寿命試験回路

このようにして与えられた条件により適切な R_s , L_s を算定することができるが、電話交換機接点を対象として定められた SS 形および EW 形サージサプレッサの構成素子定数を第 4 表に示す。本表には同時にのおおの適用接点限界電流を示したが、

最大 $0.5A$ となっているのは電話交換機接点では長寿命を確保しうる接点電流は $0.5A$ 以下であり、したがって通常制御電流は $0.5A$ 以下になるよう設計されているためである。

なお本サージサプレッサの使用基準は次章に述べるが、この R_s の決定式は単式 CR 火花消去器の r の決定式とほぼ同じであり、したがってこのサージサプレッサの適用範囲も CR 火花消去器のそれとほぼ同じである。

3.2.2 構造

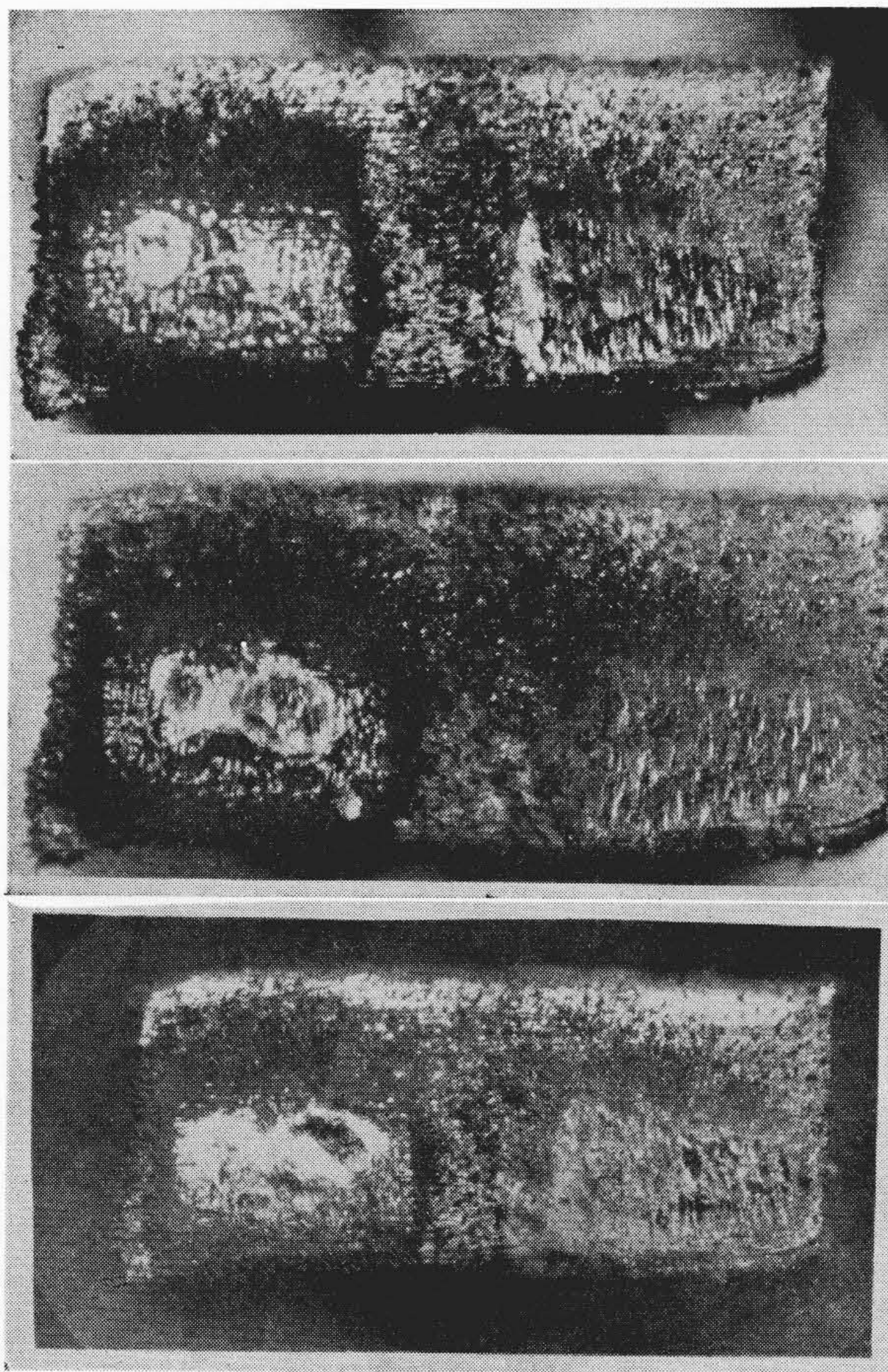
SS 形サージサプレッサと EW 形サージサプレッサは使用対象機器が異なるため、取付構造が異なるのみで、その構成素子は第 4 表に示すように同一である。

L_s は 0.2mm のパーマロイ板を U 字形に抜いたもの 16 枚重ね、これに約 300 ターンの巻線を施し、これを 2 個づき合わせて磁気回路を密に構成し、巻線を直列接続したものである。 R_s としてはリッド抵抗 ($1/4W$) を使用し、これと前記 L_s とをケース内部で並列接続し、各終端は 2 個のモールドされた端子に接続されている。内部素子とケースとの絶縁はワニス処理で保たれている。端子は SS 形では無はんだ巻付接続ができるようになっており、EW 形では、はんだ付接続形式となっている。

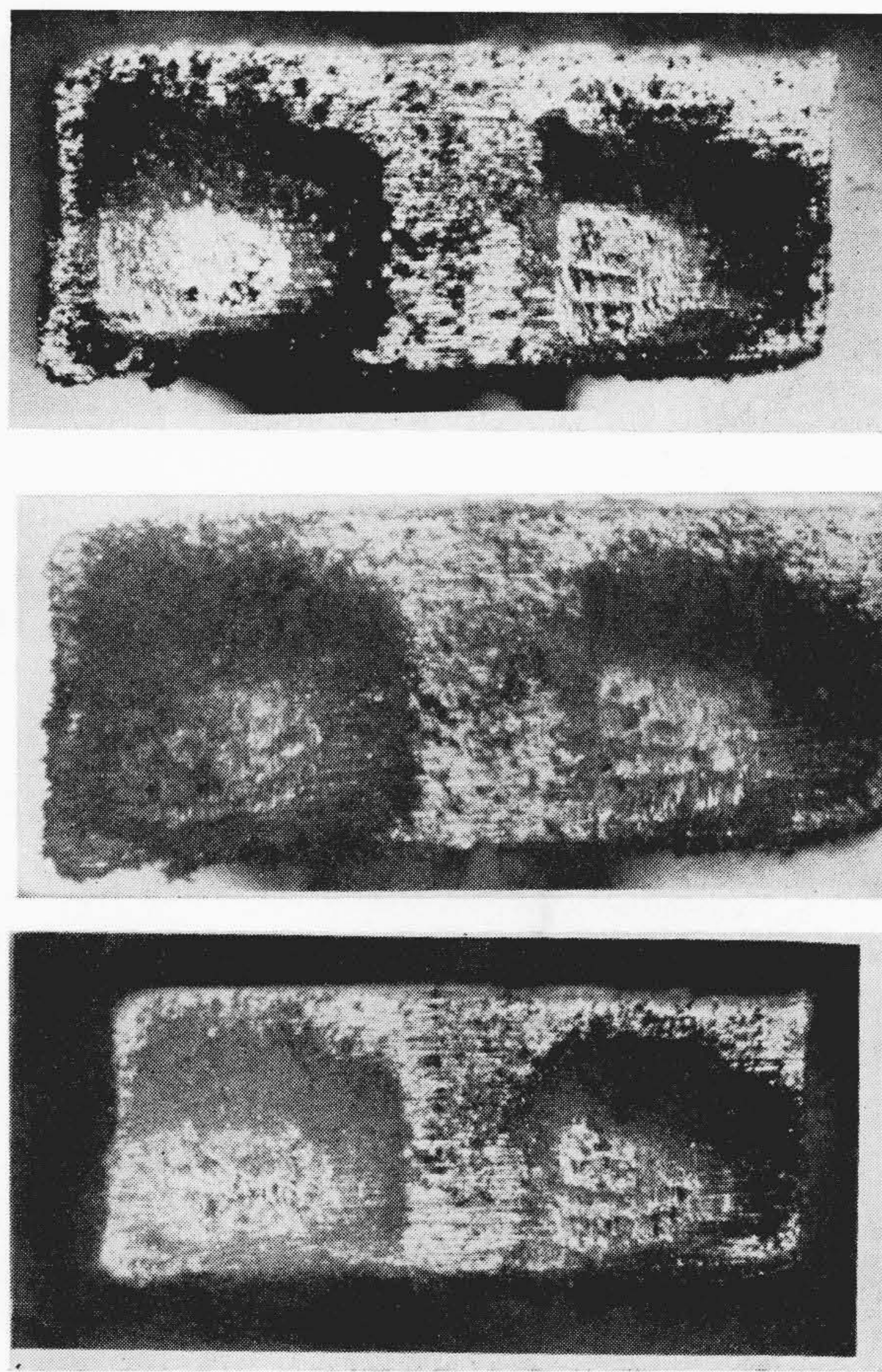
SS 形も EW 形もともにリレーの取付架裏面にリレーの取付けネジを利用して取付けられるので、取付け板の空間をこのために必要とすることがない。

4. サージサプレッサの使用基準

サージサプレッサは第 10 図に示すように接続使用されるが、これをどう入するか否かは主としてつぎの諸事項によって左右される。



(a)



(b)

(a) ケーブル長 50 m, SSユニットなし

(b) ケーブル長 50 m, SS-2 使用

(c) 無 負 荷

(a)(b)(c)とも上段1億回後,中段1.5億回後,下段2億回後の結果を下す。

第12図 サージサプレッサ寿命試験結果—静止接点表面の顕微鏡写真

(a) 接点に関する事項

- (i) 接点の重要度を考慮した要求寿命
- (ii) 接点の材質, 形状, 構造
- (iii) 接点駆動機構および速度
- (iv) 周囲条件: ふんい気, 温湿度, ちりなど

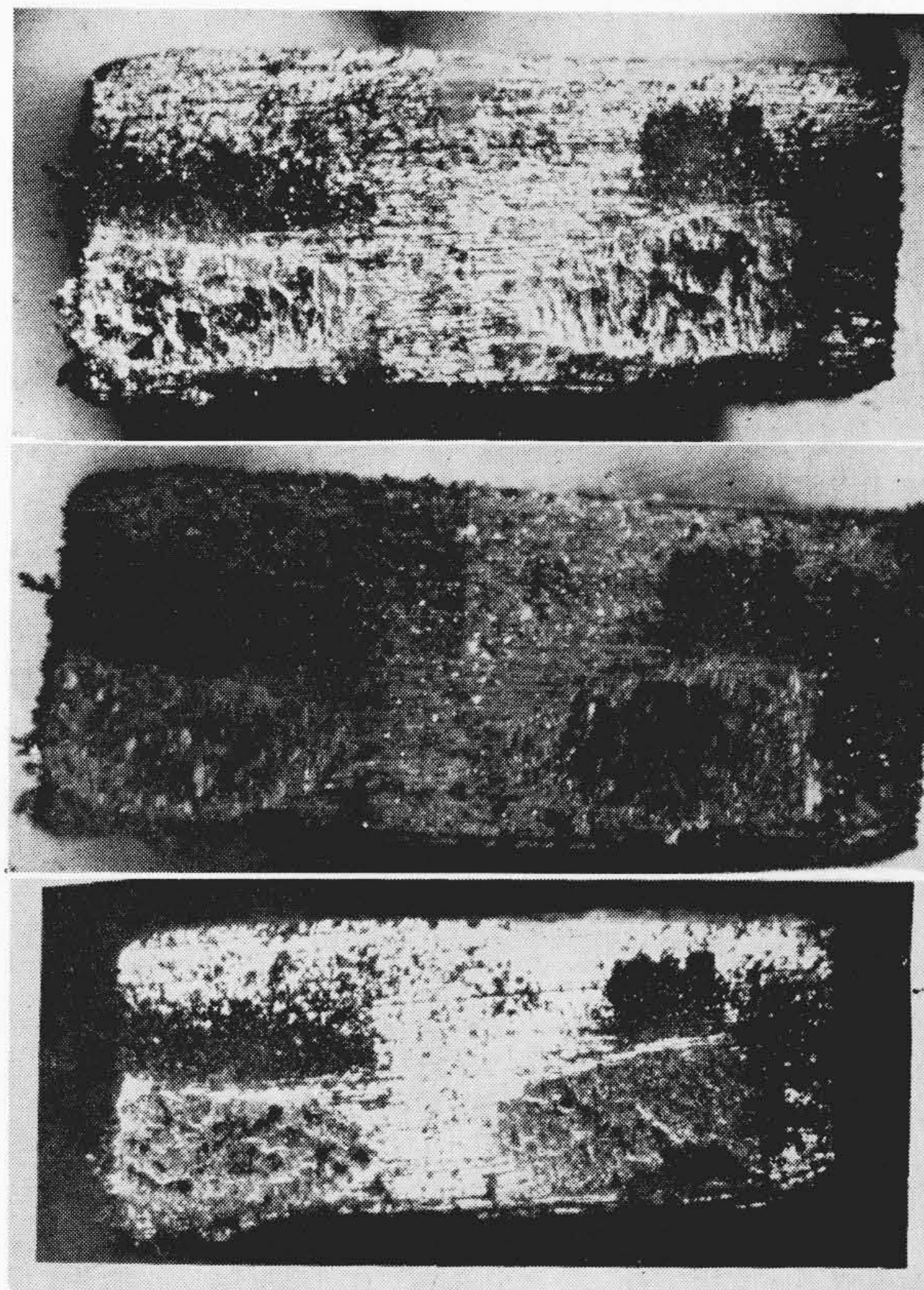
(b) 負荷回路に関する事項

- (i) 負荷の種類
- (ii) 接点に接続された漂遊容量
- (iii) 火花消去の有無, および種類

そこでサージサプレッサの使用条件は, 接点の損傷および溶着についてこれらを考慮し, 寿命試験を行って, その結果によって最終的に決定されなければならない。しかしこれら諸条件を加味しての寿命試験は非常に困難であり, しかも実験室的な寿命試験結果と実用状態での寿命との間の相関性を量的に確定することが現在のところ困難である。そこでここでは, 諸氏の実験結果に基き, 接点の閉成1回当りの放電エネルギーとそれによる接点損傷を算定して, 接点に接続されたケーブル長と接点寿命の関係を求め, また溶着を起しやすいリレーに対してはそれを考慮して, 電話交換機に一般的に使用されているリレーにつきサージサプレッサの使用基準を定めた⁽¹³⁾, これを第5表に示す。

5. 接点保護効果に関する実験結果

前章にサージサプレッサの使用基準を示したが, ワイヤスプリン



(c)

グリレー接点につき行った接点保護効果確認のための寿命試験結果を概述する。

第11図回路において第6表に示す要因の二元配置として寿命試験を行った。接点材質は Pa , ケーブルは22芯局内ケーブルを使用した。

2億回の駆動試験を行ったが接点高さはあまり変化しなかった。接点損傷を比較するため、静止接点表面を2,500万、5,000万、7,500万、1億、1.5億、2億の各動作終了後顕微鏡写真をとったが、その一例を第12図に示す。

これらの写真から、サージサプレッサを使用しない場合はコンデンサの放電による接点の損傷とよく似た局所に集中した損傷を生じるが、サージサプレッサを使用すると損傷が集中することなく、無負荷接点とほとんど同じであるといえる。すなわちサージサプレッサの使用により接点閉成時放電による溶着あるいはロッキングの原因になりやすい局所移転が避けられ、無負荷に近くすることができる。

また有極リレー接点の溶着実験については第2章に述べたが、第7図回路で $E=100\text{ V}$ で非常に溶着しやすいCr条件でもサージサプレッサの使用により完全に溶着を避けうる事が確認された。

6. 結 言

以上本文では接点閉成時の放電を考察し、それを抑制するためのサージサプレッサ構成素子の算定法を検討し、SS形およびEW形サージサプレッサの設計、その使用基準およびその効果について述べたが要約するとつぎのようになる。

(1) ケーブルのような分布定数回路が接点に接続されている場合、接点閉成時に発生するアークを抑制するためには、インダクタンスあるいは抵抗を接点に直列に接続すればよく、それらの値は接点閉成時直前に接点で消費されるエネルギーに対する条件、および電流条件によって制約決定される。

回路要求上、通常インダクタンスがそう入されるが、この場合接点開離時のインダクタンスによる放電発生を抑制するため、抵抗をこれと並列に接続する必要がある。これがサージサプレッサ

である。

(2) 各サージサプレッサの中で、 $R_s: L_s$ SSがもっとも一般的で、この適用範囲はCR単式火花消去回路の適用範囲とほぼ同じであり、SS-1, SS-2, EW-1, EW-2として電話交換機に現用されている。

(3) SS形およびEW形サージサプレッサの接点保護効果について実験したが、接点損傷および溶着防止に非常に効果があることが確められた。

終りに種々ご指導いただいた日本電信電話公社の方々、放電現象および過渡現象解析につきご指導いただいた東京大学鳳教授、森脇教授ならびにご協力をいただいた日本電気株式会社細川氏に深甚の謝意を表する。

参 考 文 献

- (1) R. Holm: Electrical Contact (1946)
- (2) L. H. Germer and J. L. Smith: J. appl. Phys. 23, 553 (1952)
- (3) G. L. Pearson: Phys. Rev. 56, 471 (1939)
- (4) M. M. Atalla: Bell Syst. tech. J. 32, 1493 (1953)
- (5) M. M. Atalla: Bell Syst. tech. J. 33, 535 (1954)
- (6) W. S. Boyle and L. H. Germer: J. appl. Phys. 26, 571 (1955)
- (7) W. S. Boyle and P. Hisliuk: Phys. Rev. 97, 255 (1955)
- (8) L. H. Germer and F. H. Haworth: J. appl. Phys. 20, 1085 (1949)
- (9) 電気学会: 電気工学ハンドブック p. 1849 (昭 26)
- (10) 三谷: 昭34電気学会東京支部大会 15
- (11) 三井, 森山: 日立評論 42, 45 (昭 35)
- (12) 田島, 三谷: 昭34電気四学会連合大会 1177
- (13) 三谷: 電学誌 79, 881 (昭 34)
- (14) 鳳, 大山, 三谷: 電学誌 76, 1176 (昭 31)
- (15) 細川, 本間: 昭32通信学会全国大会 309
- (16) L. H. Germer: J. appl. Phys. 29, 1067 (1958)



実用新案登録 第 502822 号

新 案 の 紹 介



安河内 春 雄 ・ 中 村 明

パ ワ シ ョ ベ ル 系 掘 削 機 の 走 行 装 置

この考案の走行装置は、下部わくにとりつけた左右の無限軌道帯を別個に駆動しうるようにしたもので、つぎのような構造からできている。

(1) 原動機1から歯車群4, 5, 6, 7, 8を経て互いに反対方向に連動される1組の歯車9・10, 11・12をそれぞれ別個の軸26, 25に遊嵌するとともに、前記歯車9・10, 11・12の任意のものをそれぞれ軸26, 25に連結するための摩擦クラッチC・D, A・Bをそなえた駆動機構を上部旋回わく29に装備する。

(2) 軸25, 26から歯車群13'・14'・15'・16', 13・14・15・16を経て連動される中空軸28とその中空軸を貫通させた軸27とを、たがいにかみ合わせた一対のかさ歯車17'・18', 17・18を介してそれぞれ左右の走行用横軸19', 19に連結した走行機構を下部わく30に装備する。

この考案によれば、摩擦クラッチA, B, C, Dを任意に組合わせて操作することにより、前進・後進、右側前進左側後進（すなわちスピントーン）あるいは右側のみ前進（すなわち緩旋回）などを自由に行うことができ、しかもクラッチは摩擦クラッチなので従来のジョークラッチを用いたものにくらべてその操作が容易であり、またクラッチ、ブレーキなどが上部旋回わくに設けられているのでその保守、点検なども容易である。（富田）

