

水平プランジャ形新形電磁開閉器

Horizontal Plunger Type New A.C. Electromagnetic Switch

大井田 浩* 中野新吾*
Hiroshi Oida Shingo Nakano

内 容 梗 概

JIS C 8325「交流電磁開閉器」の規格に適合し、小形化された信頼性の高い新形電磁開閉器の系列が完成した。新しい系列では、電磁石が水平方向に動く水平プランジャ方式の採用により大幅に小形化されるとともに、合理的な構造により高い信頼性を有する。本文では、その構造、理論、各種特性試験結果について述べてある。

1. 結 言

数年来、各種工業設備の合理化、自動制御化は目ざましいものがあるが、制御装置の複雑化に伴い、その主要部分である電磁開閉器に要求される性能はきわめて過酷となり、長い寿命と高い信頼度が要求されるようになった。

日立製作所では、この要求にこたえ、多年の研究成果と豊富な経験を基にして第1表、第1図のような、10形、15形、30形、60形、120形、250形の6機種の新しい高性能の電磁開閉器を開発し、量産を開始したので、本器の構造、理論および各種特性試験結果について述べる。

2. 構 造

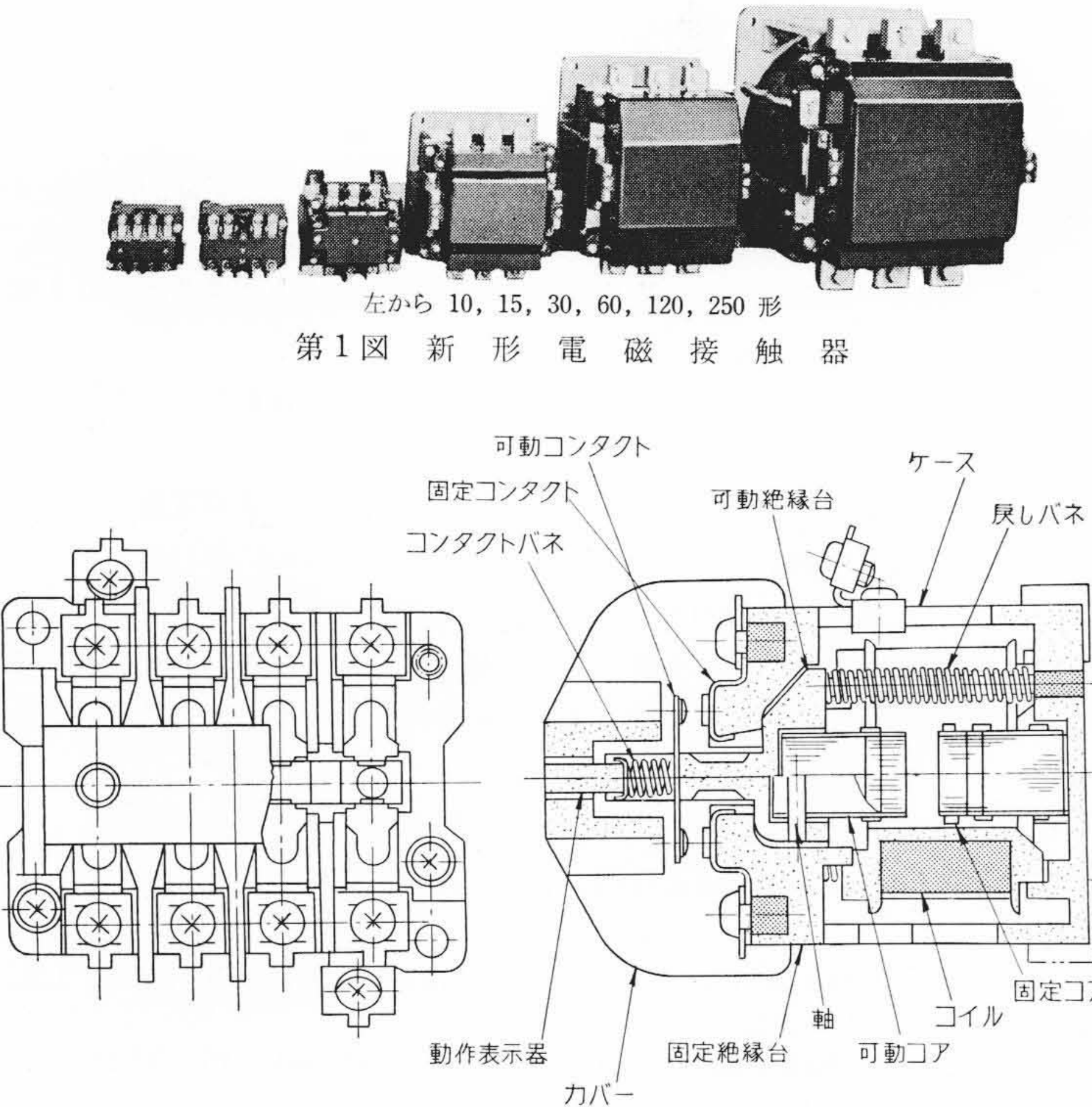
2.1 新形電磁接触器の構成

新形電磁接触器は、接点の奥行方向にコアを置き、コアが水平方向に運動する水平プランジャ形を採用し取付面積の小形化を図った。

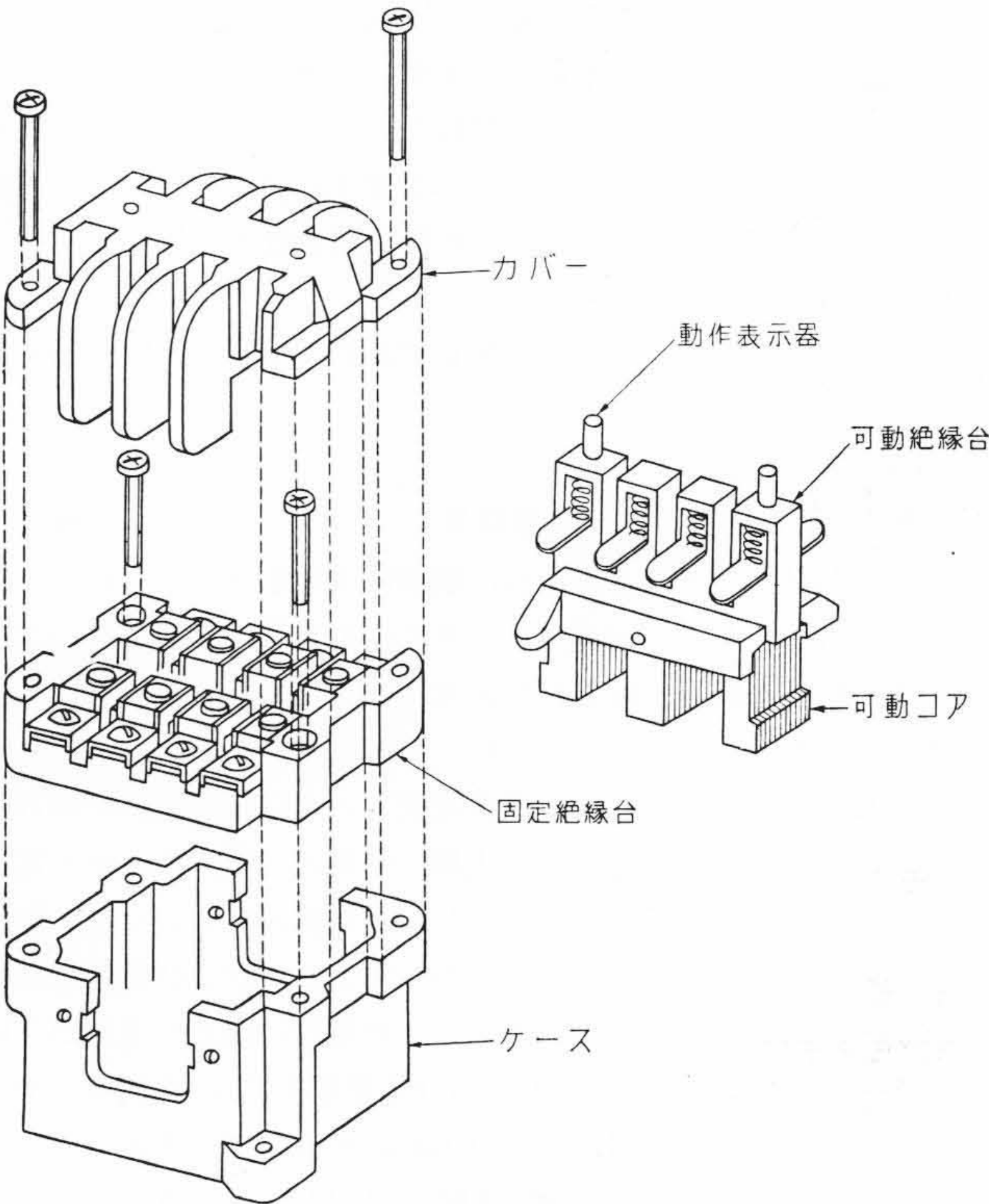
その構成は、第2、3図に示すように、フェノール樹脂成形品のケースの中に、コア、コイルなどを収納し、固定絶縁台をネジ締めし、この上にカバーを乗せて、さらにネジ締めした構造である。したがって、接点の交換はカバーをはずして行い、コイルの交換を要する場合にのみ全体を分解すればよいから保守が容易で、扱いやすい。

第1表 交流電磁開閉器 定格表

枠 番	定格電圧 (V)	定格容量 (kW)		遮断容量	開閉 繁 度	電 氣 的 寿 命	機 械 的 寿 命	JIS C8325 による級号種	補 助 接 点	
		200V 級	400 500 V級						標準取付数	最大取付数
10	600	1.5	2.2	定格の10倍以上	1,800回/時	100万回以上	1,000万回以上	A級1号1種	1a	1a
15	600	3.7	5.5	定格の10倍以上	1,800回/時	100万回以上	1,000万回以上	A級1号1種	1a	2aまたは1a, 1b
30	600	7.5	11	定格の10倍以上	1,800回/時	100万回以上	1,000万回以上	A級1号1種	2a	2a, 2b
60	600	15	22	定格の10倍以上	1,800回/時	100万回以上	1,000万回以上	A級1号1種	2a2b	2a, 2b
120	600	30	45	定格の10倍以上	1,200回/時	50万回以上	500万回以上	A級1号1種	2a2b	2a, 2b
250	600	55	75	定格の10倍以上	1,200回/時	50万回以上	500万回以上	A級1号1種	2a2b	2a, 2b

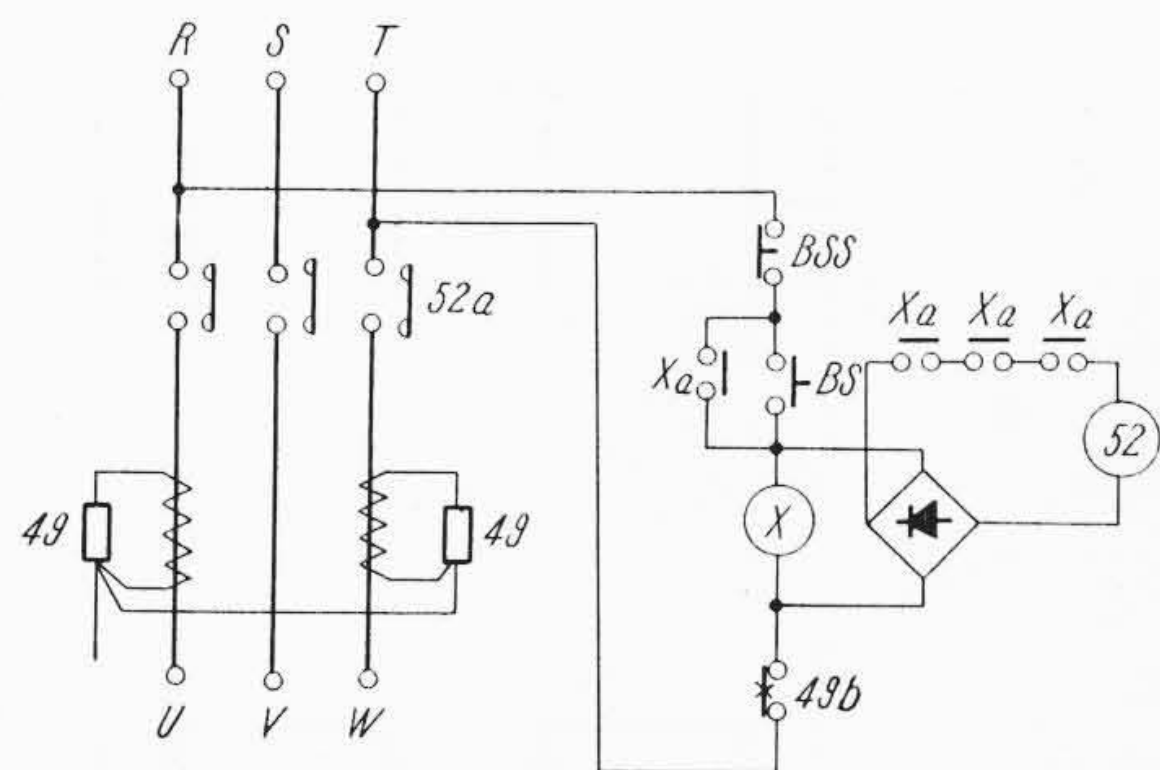


第2図 10形電磁接触器の構造図



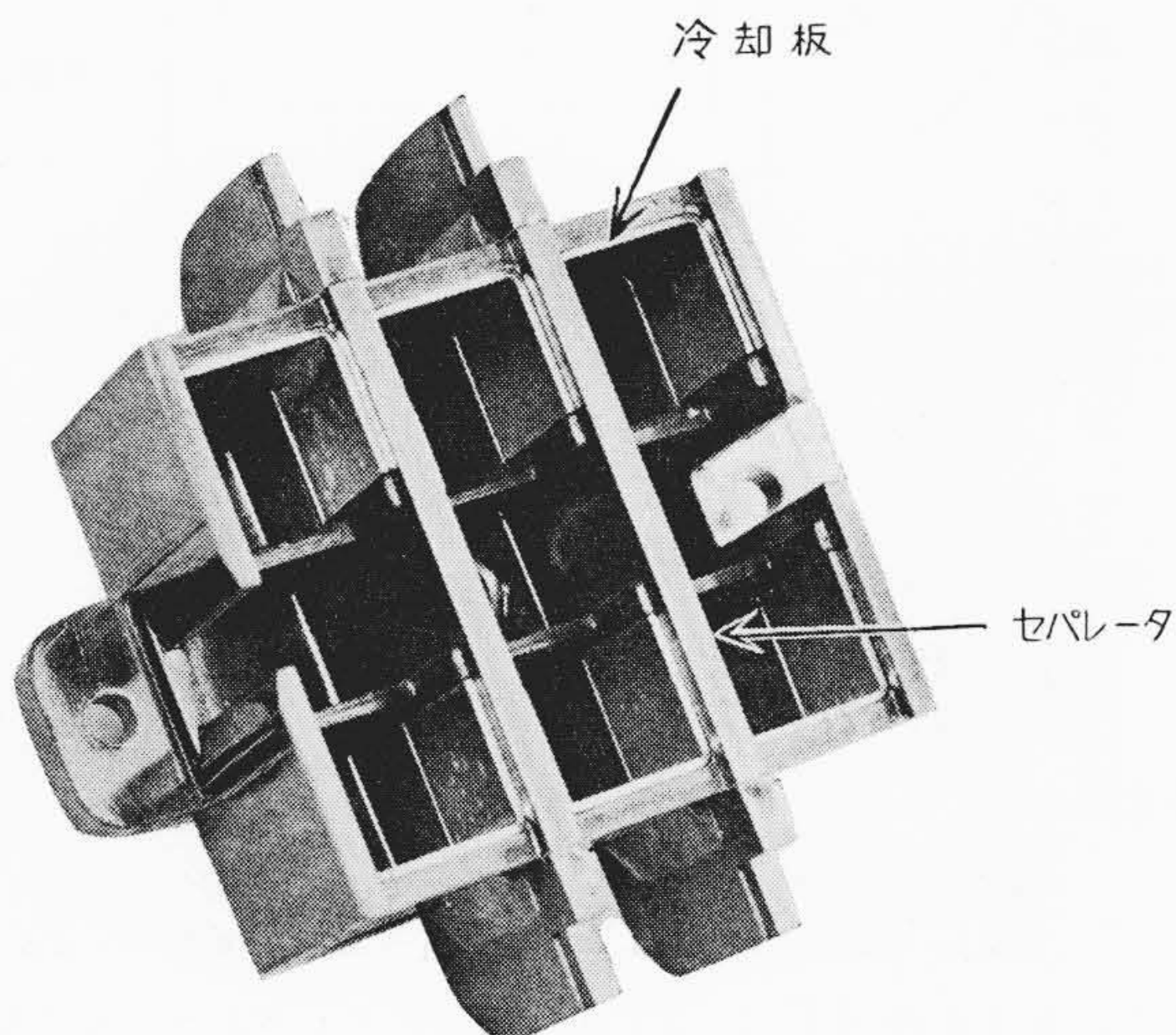
第3図 10形電磁接触器の分解構造図

* 日立製作所 亀戸工場



BS, BSS: 押ボタンスイッチ
X: 交流操作補助電磁接触器
52: 直流操作電磁石コイル
49: サーマルリレー

第4図 250形電磁開閉器の展開接続図



第5図 30形電磁接触器の消弧装置

特長をもっている。また、カバーの上面には動作表示器があり、動作状況を示しているが、それ以外は可動部分が全く露出してない。可逆開閉器として使用し、回路の異常電流により一方の接触器が熔着した場合、他方の接触器を誤って手で動作させると回路が短絡状態になり危険であるから、接触器としては、手で動作できないように、可動部が露出してないことが必要条件である。従来の電磁接触器はこの欠点をカバーするために、可逆開閉器には機械的インターロックを備えていたが、新形ではその必要は全くなくなった。

2.2 電 磁 石

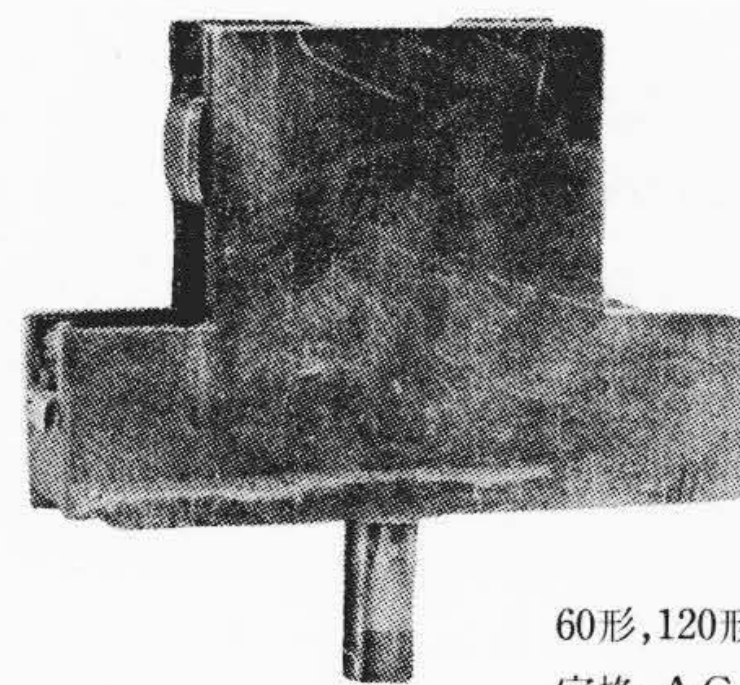
操作電磁石は、固定、可動とも、E字形交流電磁石を採用し、それを本体に特に固定することなく投込式に組み立ててある。したがって前後左右に若干動きうる、フルフローティング構造であり、接極時に磁極面が無理なく完全に密着するから、長期間の使用に対し全く安定で騒音を発生しない。

特に大形の250形だけは、閉路時の機械的衝撃を低減させるために、直流電磁石としたが、セレン整流器を内蔵しているので、交流操作と同じように使用できる。第4図に250形の展開接続図を示す。

2.3 消 弧 装 置

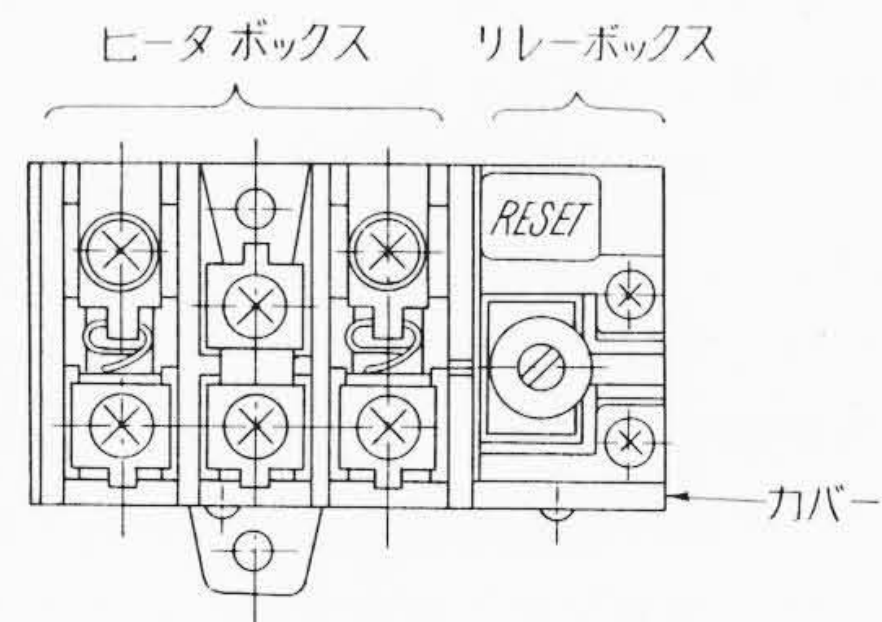
配電々圧は近年上昇の傾向にあり、将来は400V級が標準電圧となるものと思われる。この点から考えても、アークの遮断は電磁接触器の最も重要な問題である。

新形電磁接触器は、二重遮断方式によるアークの自己吹消作用に加え、30形以上の大形のものではカバーの内側に冷却板を置き、アークをこれに移して冷却させているので、消弧時間はきわめて早く、定格の10倍の電流を遮断しても、200V、400V級とも0.5〜以下である。また、各相間は、深いセパレータで完全に隔離され、相間

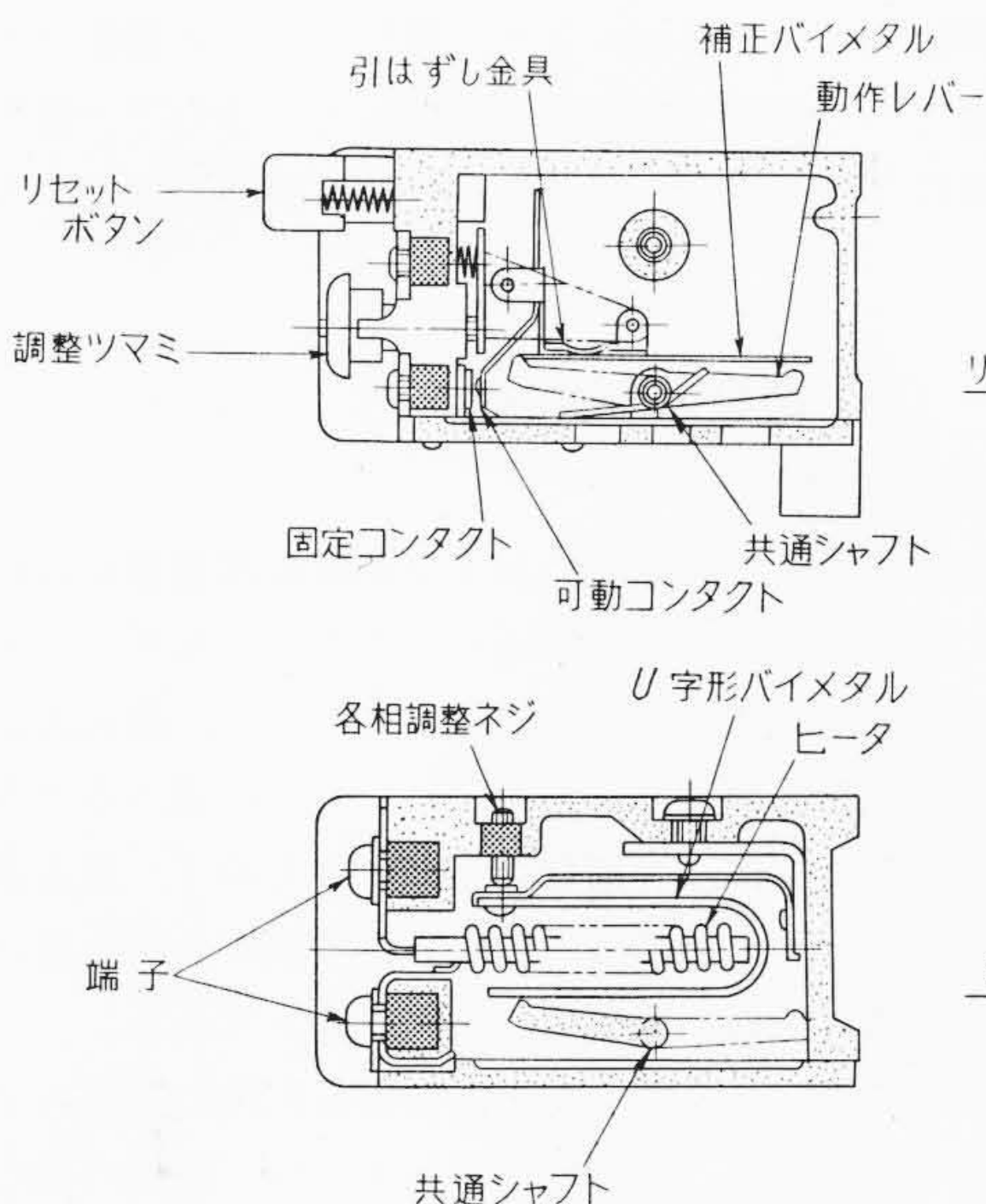


60形, 120形, 250形用 2a, 2b接点付
定格 AC 600V 3A

第6図 補助接点組立品



リレーボックス断面図



ヒータボックス断面図

第7図 10, 15形用サーマルリレー構造図

短絡などのおそれは全くない。

2.4 補 助 接 点

補助接点は、主接点と比べ使用電流が少いために、とくになおりにされがちであるが、実際に使用した場合にはその機械的寿命が問題である。

新形電磁接触器では、この点を考慮し、10形〜30形では主回路接点と同格の接点を、60形以上では2a 2b接点付の独立した補助接点組立品を使用し、十分な機械的寿命を持たせるとともに、銀接点を使用して接触不良の絶無、長寿命化を図っている。

2.5 サーマルリレー

サーマルリレーは、電動機の過負荷、拘束、ヒューズの熔断による単相運転時などに動作して電動機の焼損を防止するもので、その動作特性が、電動機の熱容量によく適合していること、動作確実で信頼性が高いことが必要である。

新形では、従来使用してきた各相単独のリレーの経験と実績を生かし、これを水平プランジャ形の電磁接触器に適合するように一体の構造に統合し、コンパクトにまとめたもので、特性がすぐれているだけでなく配線も非常に容易である。

一般に2〜3個のサーマルエレメントを一体にまとめた場合、問

題となるのは、特性の異なるそれぞれのバイメタル片を正しく調整して合わせることが困難なところにある。

新形では、特にこの点を重視して第 7 図に示すような構造とした。すなわち、サーマルリレーは、各々相電流で加熱されるヒータ、バイメタルを収納する耐熱性合成樹脂製のヒータボックスと、リレー接点、動作電流調整機構を有するリレーボックス、カバーおよびバイメタルの動きをリレーボックスに伝える共通シャフトから構成されている。電流が過大になると、ヒータボックスの内部ではヒータが加熱され、U 字形バイメタルが外側に弯曲し、共通シャフトを反時計方向に回転させる。この共通シャフトの回転は、リレーボックス内に伝えられ、動作レバーが補正バイメタルの先端を押し、引はずし金具がはずれて接点が開路する。

製造者によるリレー調整作業を考えてみると、まず、調整ツマミを指定の位置に固定し、ヒータに通電し、指定電流で動作するように各相調整ネジを回して U 字形バイメタルをセットすればよい。これは R 相 T 相の各相独立に作業ができるので、相間の特性の相違は全くなく、したがって動作特性の信頼性はきわめて高い。

補正バイメタルは、周囲温度の変化を検出して弯曲し、動作レバーとの空げきを自動的に常に一定に保ち、動作電流の変化を防ぐものである。また、調整ツマミの回転により、動作レバーと補正バイメタルの空げきを変えることができるようになっているので、使用者が、電動機の電流に合わせて動作電流を約±15%調整できるようになっている。

3. 電磁石の磁引力

3.1 交流電磁石の磁引力

接点の接触圧力は、閉路時の温度上昇および閉路電流容量から決められる。電磁石の磁引力は、この接触圧力バネおよびもどしバネに抗して閉路するに十分な磁引力が必要であるとともに、磁引力が大きすぎると閉路時の機械的衝撃が大きくなり、あとに述べるように、接点の躍動を大きくし、接点の消耗が大きくなるので、最も適当な設計を必要とする。そのためには、磁引力が正確にわからなければならないので、交流電磁石の磁引力について考えてみる。

外部回路から注入されるエネルギーを W 、電磁石回路の電磁エネルギーを E 、電磁石の衝程を X 、磁引力を F とすれば、衝程の微小変位 dX に対し

$$dW - dE = FdX$$

交流電磁石(電圧コイル)では、基本的には磁束一定であるから

$$dW = 0$$

であり、したがって

$$F = - \frac{dE}{dX}$$

となる。また、磁束を ϕ 、アンペアターンを AT とすれば

$$E = \frac{1}{2} \phi (AT)$$

$$dE = \frac{1}{2} \phi d(AT)$$

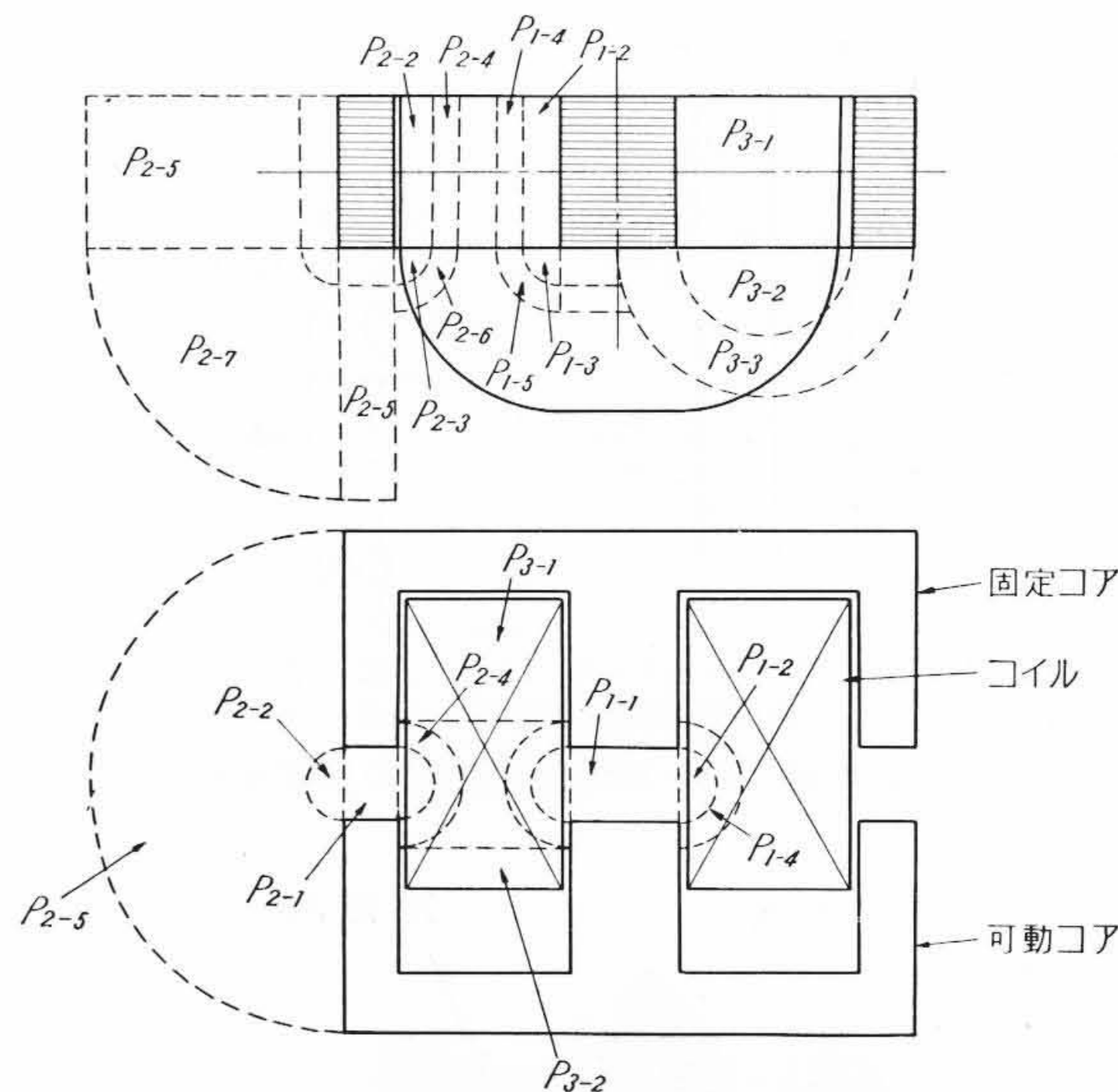
である。

交流電磁石では磁束密度はあまり高くとれないから、鉄心の電磁エネルギーを省略し、空げきのパーミアンス P のみを考えれば

$$F = - \frac{dE}{dX} = \frac{1}{2} (AT)^2 \frac{dP}{dX} \dots\dots\dots (1)$$

となり、磁引力の計算はパーミアンスの計算に帰着する。パーミアンスを正確に求めることは、なかなかやっかいであるが、磁束の広がり方を仮定して、概略計算を行うことができる。

E 字形電磁石の中央脚部分のパーミアンスを P_1 、両側脚部のパーミアンスを P_2 、コイルを通しての漏えいパーミアンスを P_3 とすれ



中央脚のパーミアンス $P_1 = P_{1-1} + P_{1-2} + P_{1-3} + P_{1-4} + P_{1-5}$
 両側脚のパーミアンス $P_2 = P_{2-1} + P_{2-2} + P_{2-3} + P_{2-4} + P_{2-5} + P_{2-6} + P_{2-7}$
 コイル漏えいパーミアンス $P_3 = P_{3-1} + P_{3-2} + P_{3-3}$

第 8 図 E 字形電磁石のパーミアンスの分割

ば、全パーミアンス P は

$$P = \frac{P_1 \times 2P_2}{P_1 + 2P_2} + 2P_3 \dots\dots\dots (2)$$

と求められる。したがって、

$$\frac{dP}{dX} = \left(\frac{2P_2}{P_1 + 2P_2} \right)^2 \frac{dP_1}{dX} + 2 \left(\frac{P_1}{P_1 + 2P_2} \right)^2 \frac{dP_2}{dX} + 2 \frac{dP_3}{dX}$$

また、コイルの AT は (2) 式のリアクタンスとコイルの抵抗から求められて

$$AT = \frac{NV}{\sqrt{R^2 + (2\pi f N^2 P)^2}}$$

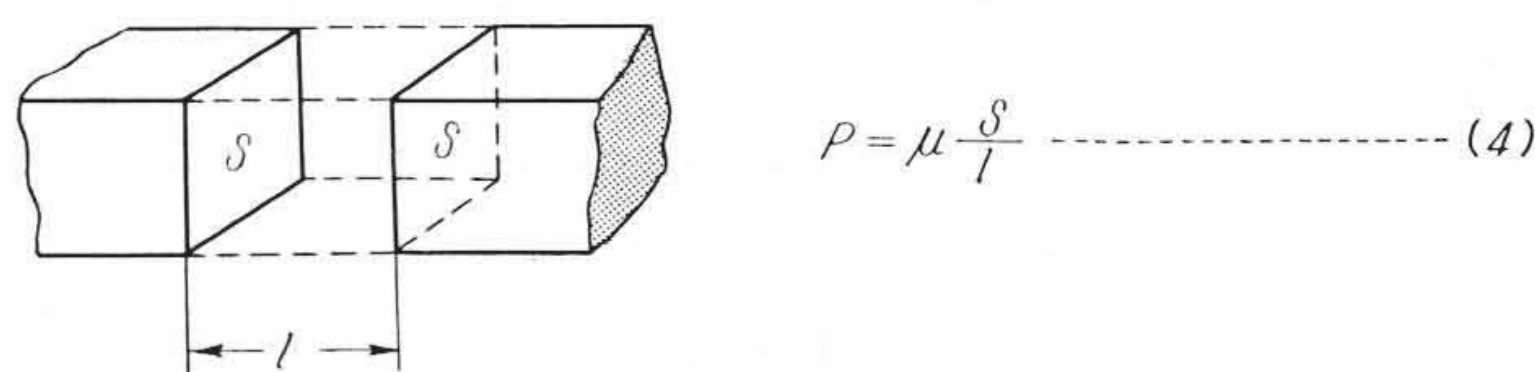
ここに V : 電源電圧
 f : 電源周波数
 R : コイルの抵抗
 N : コイルの巻数

となる。これを (1) 式に代入して磁引力は、

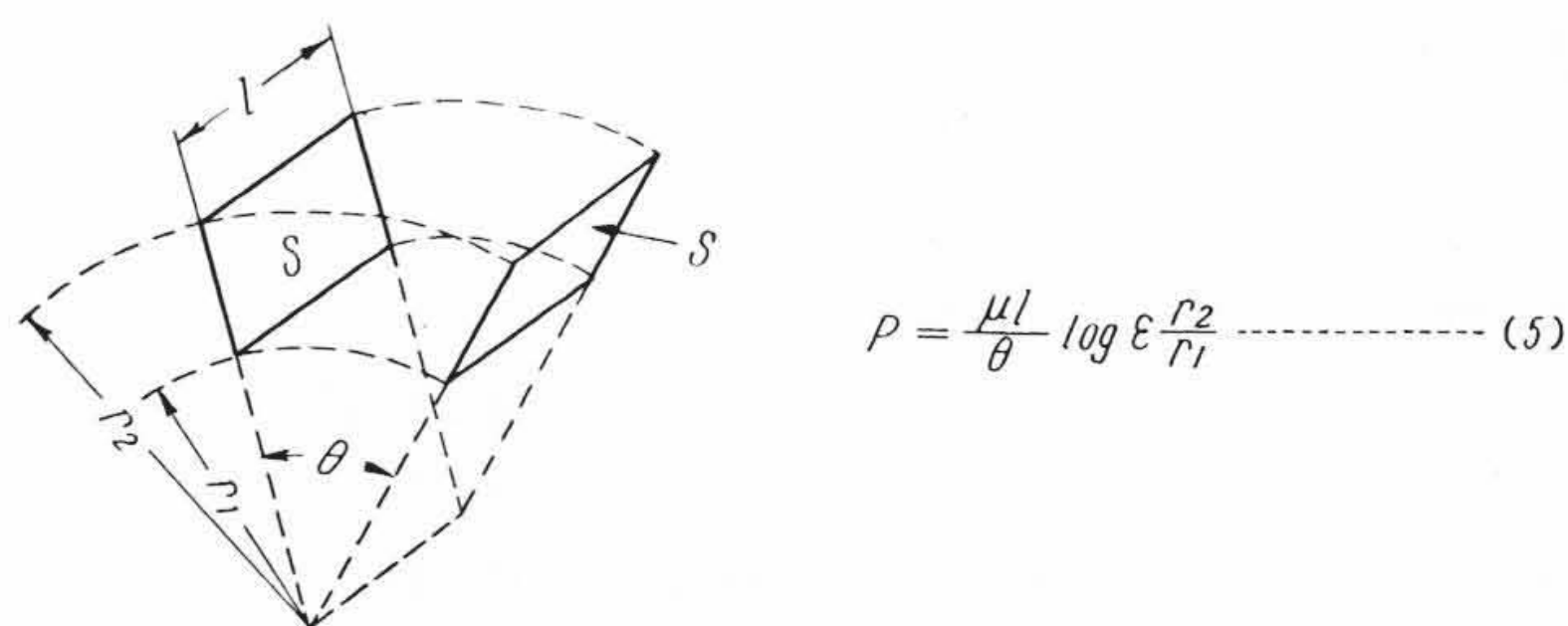
$$F = \frac{1}{2} \cdot \frac{N^2 V^2}{R^2 + (2\pi f N^2 P)^2} \left\{ \left(\frac{2P_2}{P_1 + 2P_2} \right)^2 \frac{dP_1}{dX} + 2 \left(\frac{P_1}{P_1 + 2P_2} \right)^2 \frac{dP_2}{dX} + 2 \frac{dP_3}{dX} \right\} \dots\dots\dots (3)$$

と求められる。

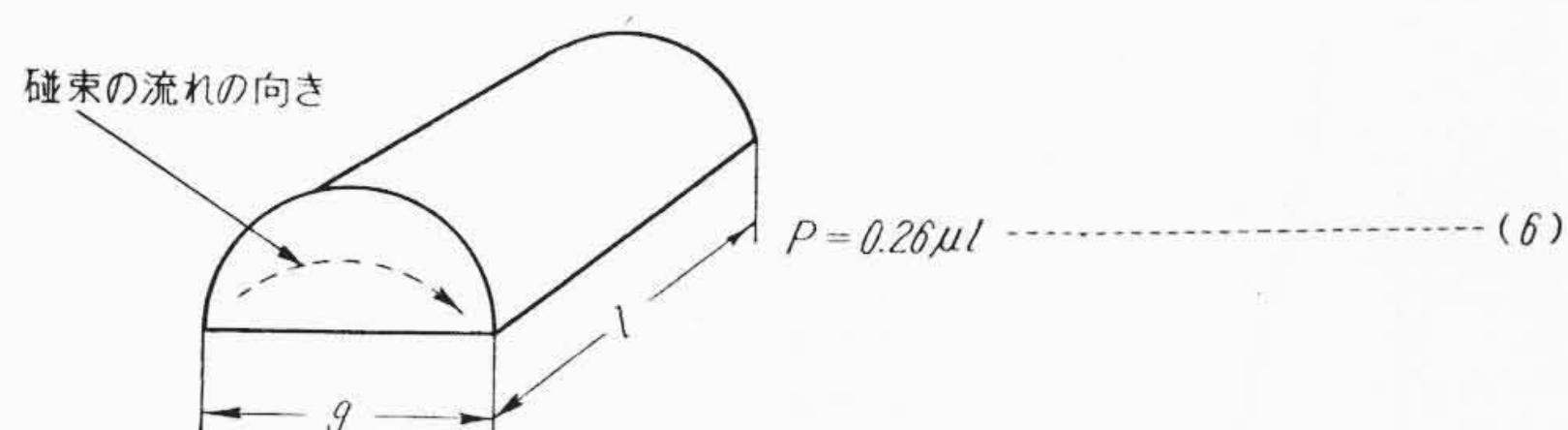
P_1, P_2, P_3 はそれぞれ第 9~15 図に示す基本的パーミアンスの式⁽¹⁾から計算することができる。



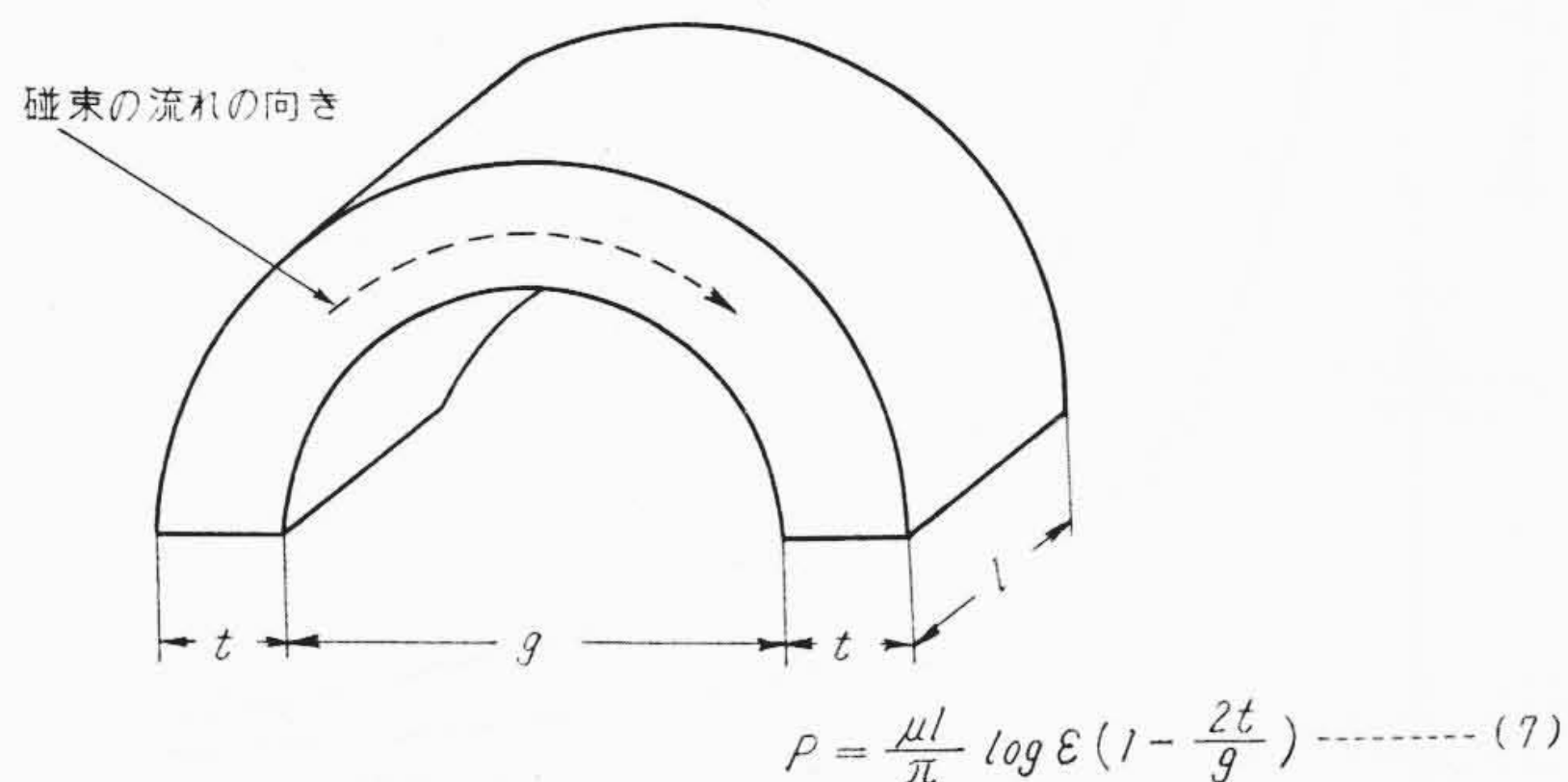
第 9 図 平行平面間のパーミアンス



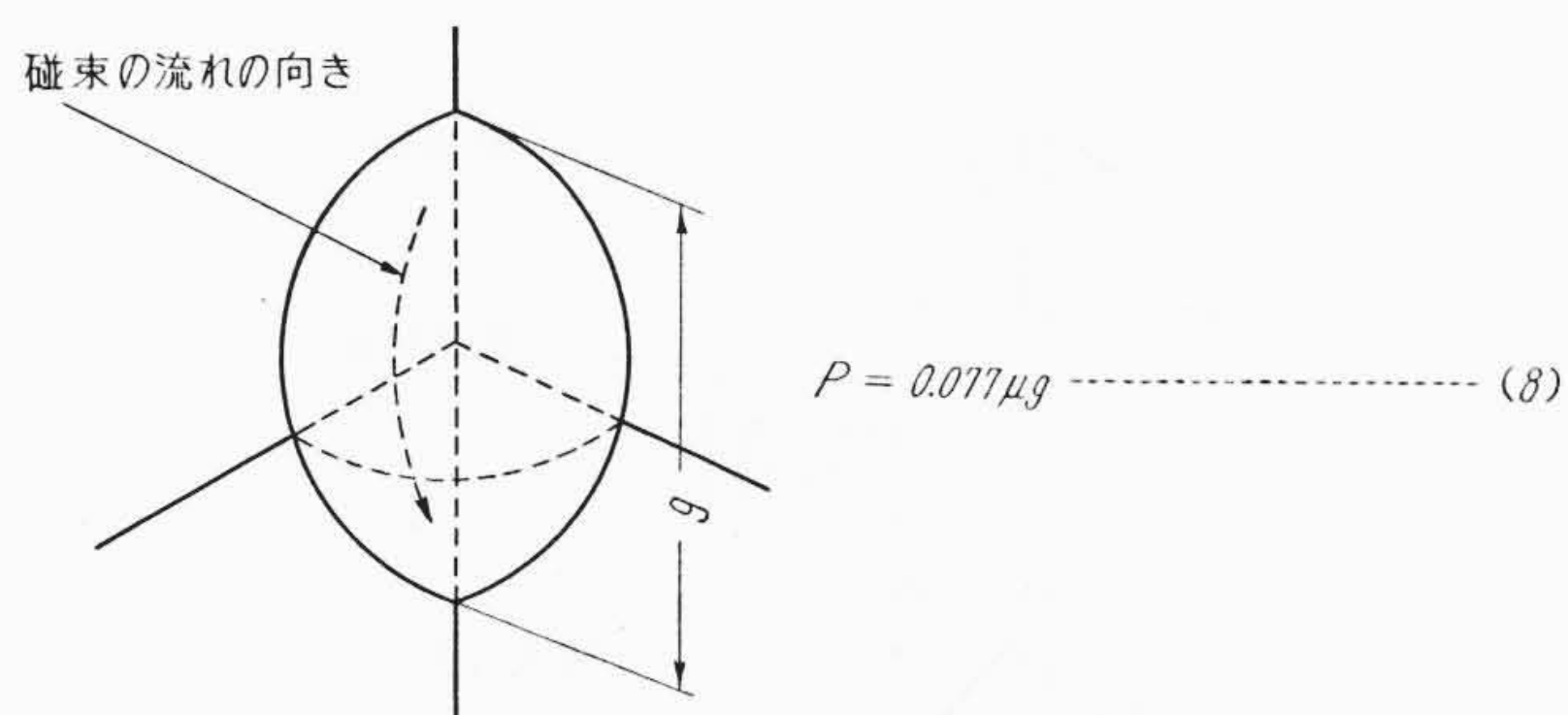
第 10 図 傾斜平面間のパーミアンス



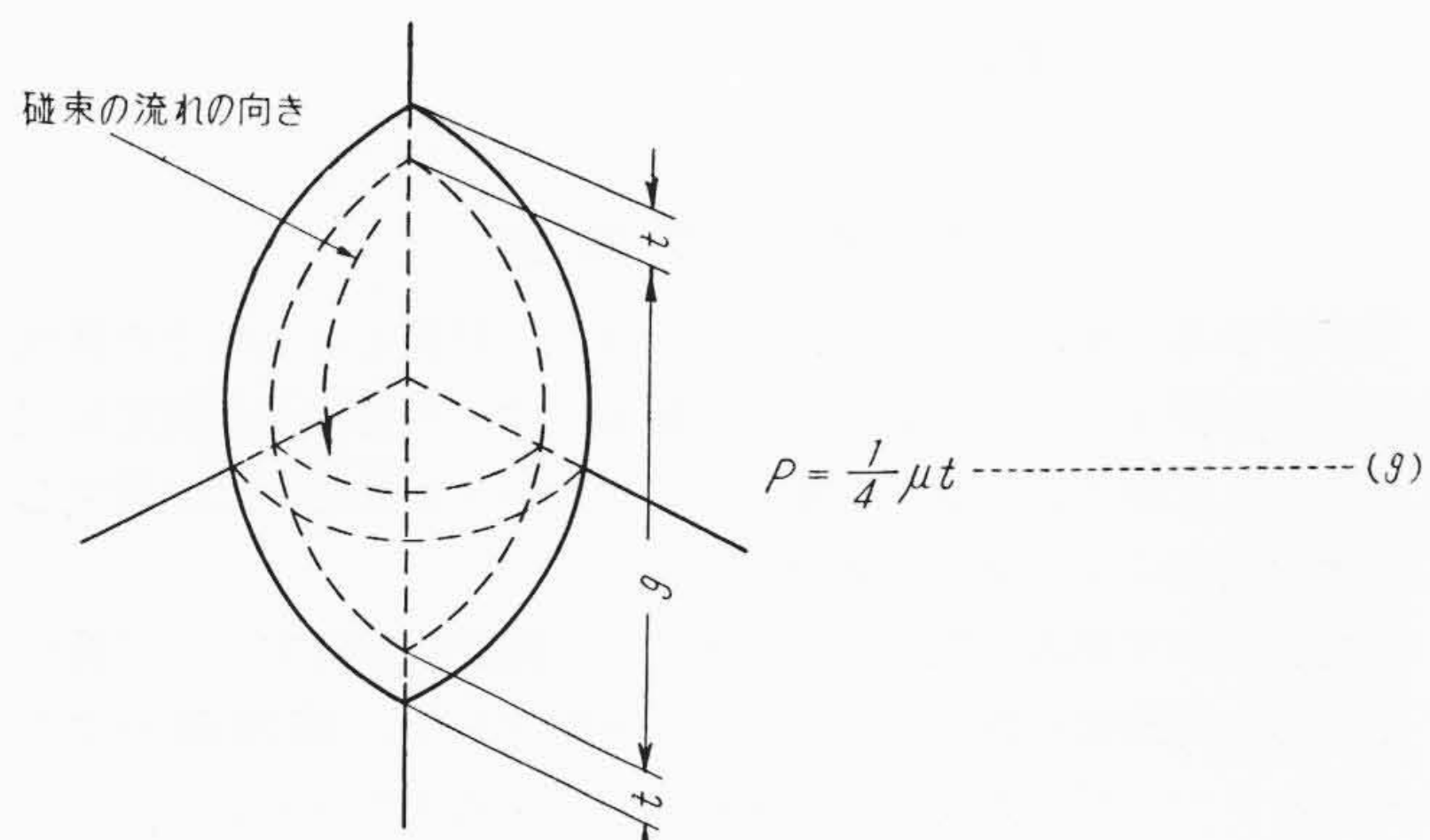
第11図 半円形パーミアンス



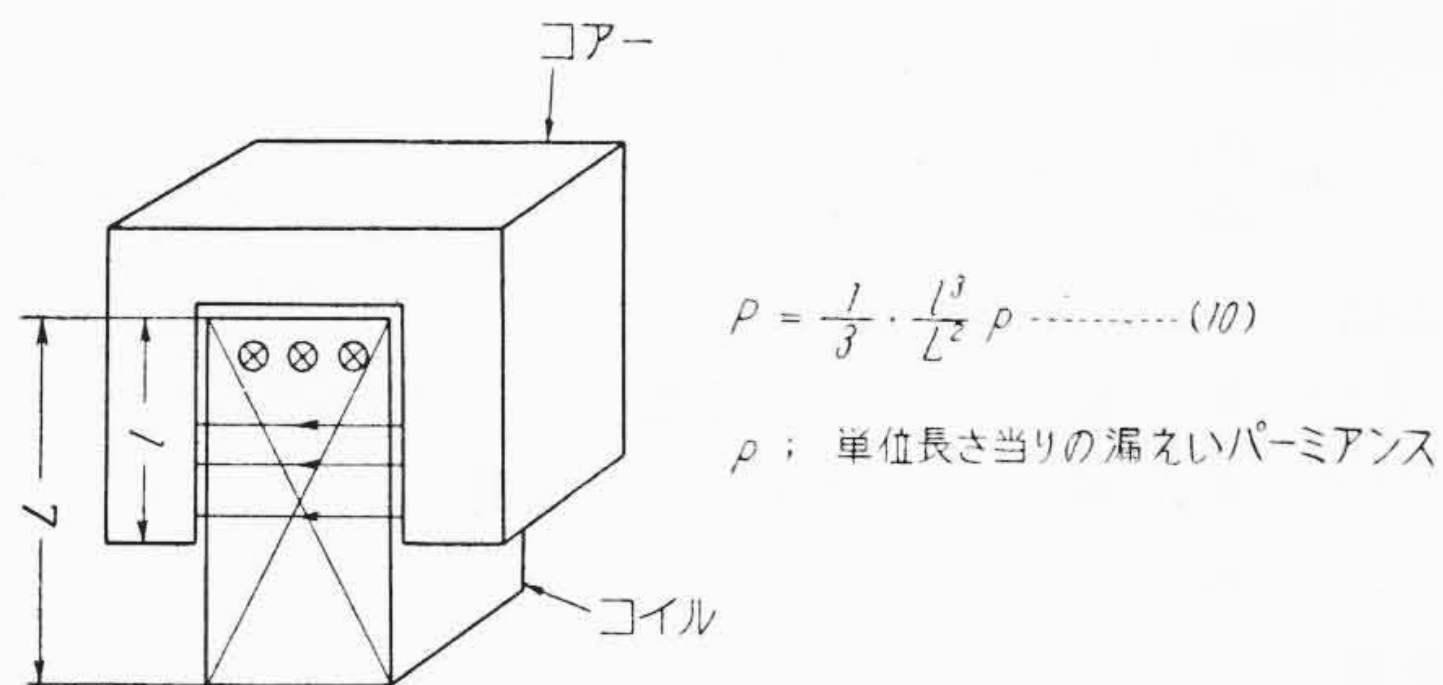
第12図 半円同心形パーミアンス



第13図 4半球のパーミアンス



第14図 4半球殻のパーミアンス

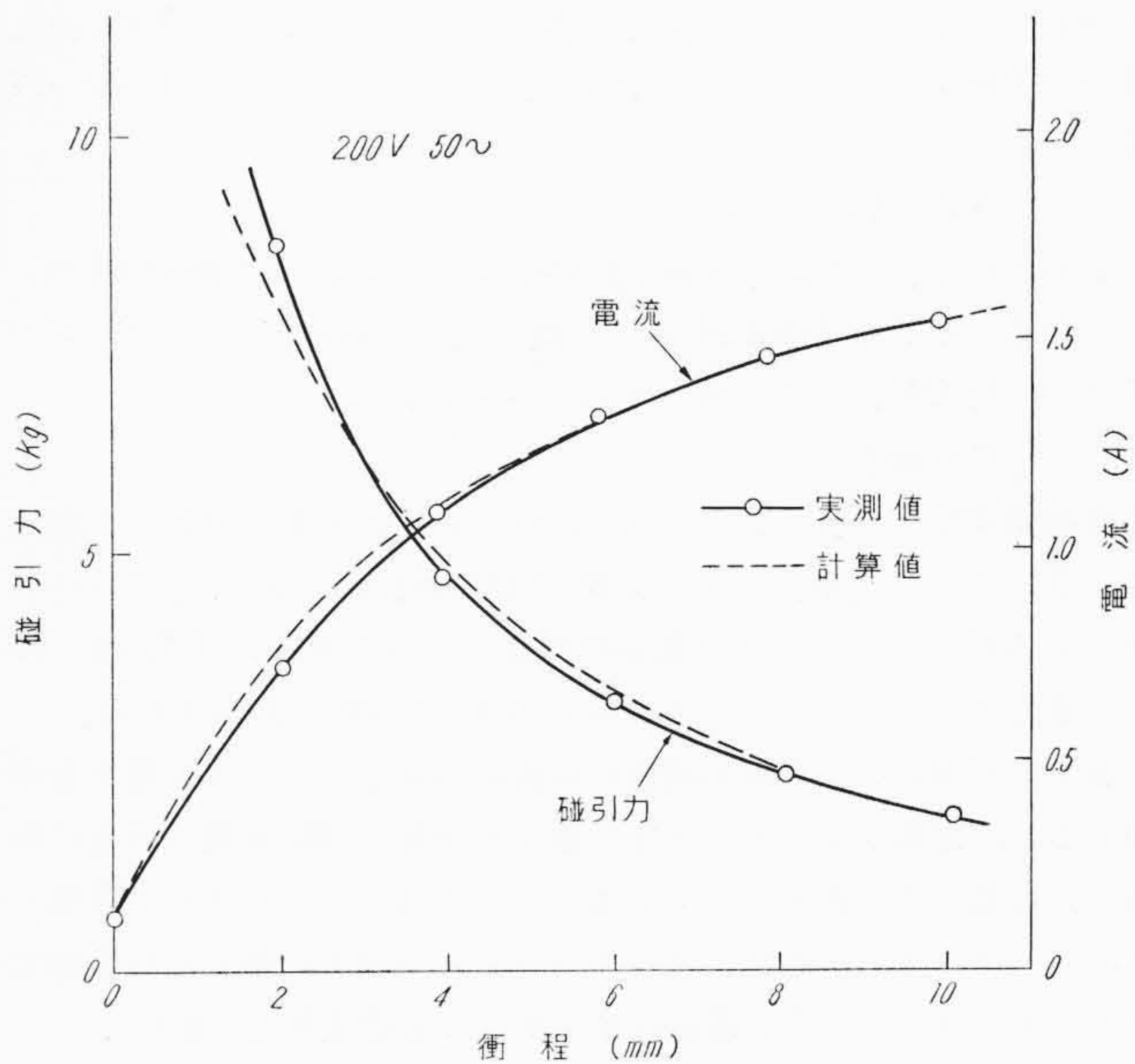


第15図 分布コイルによる漏えいパーミアンス

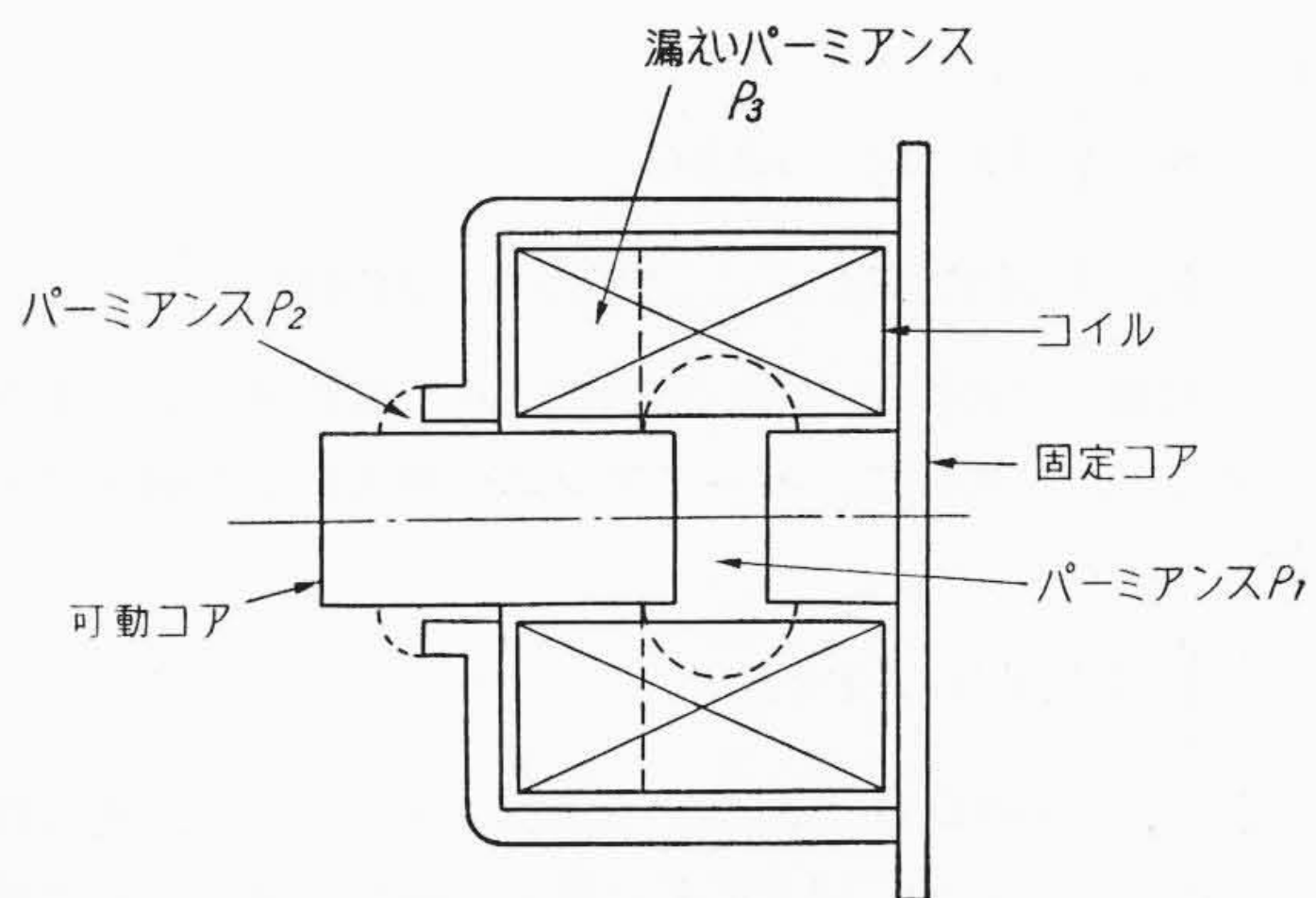
第16図は30形電磁接触器についての計算値と、抵抗線ひずみ計式荷重計による実測値との比較を示すもので、よく一致している。

3.2 直流電磁石の磁引力

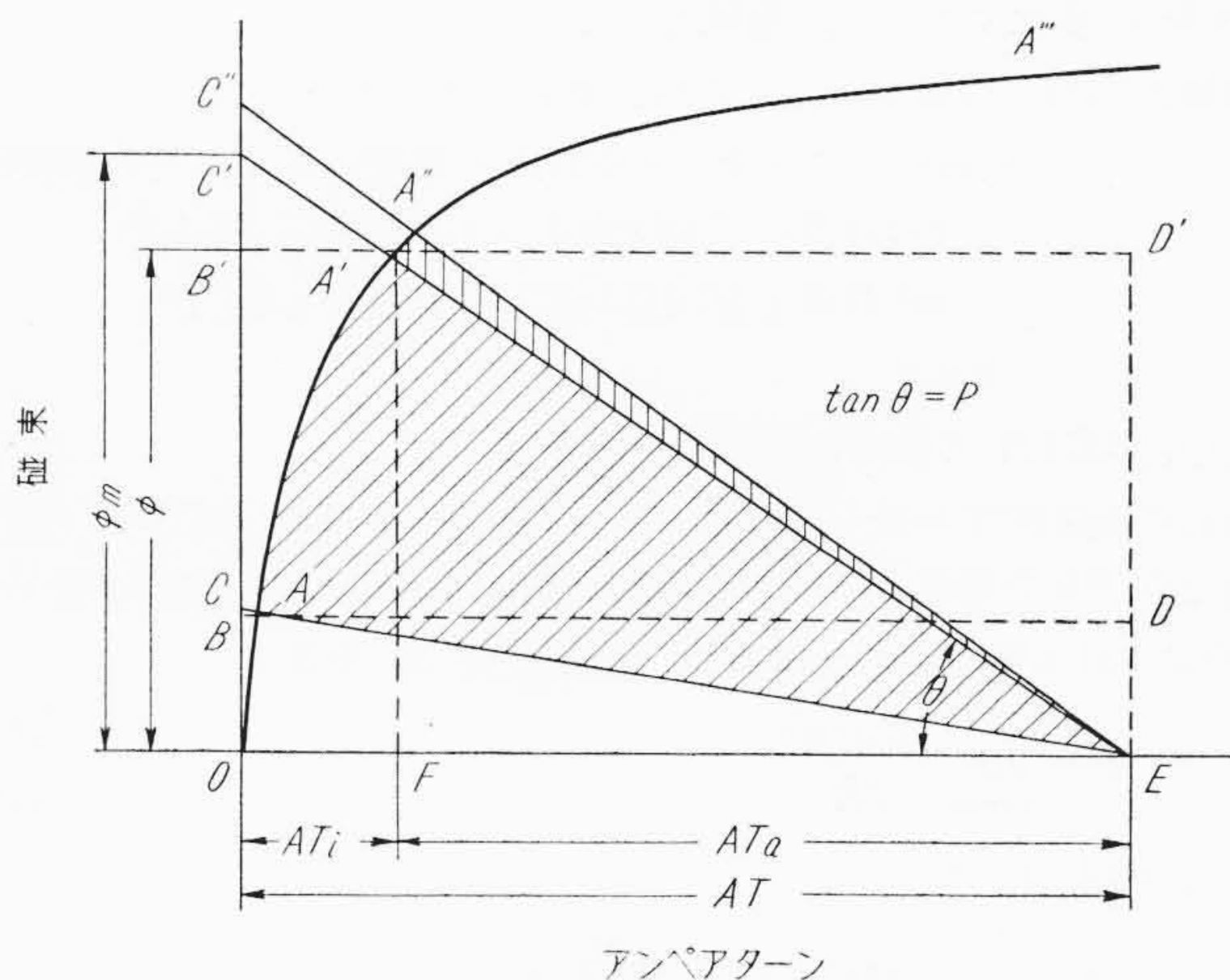
直流電磁石は交流電磁石と異なり、接点が閉路し電磁石として負



第16図 30形交流電磁石の磁引力および電流



第17図



第18図 電磁石回路のAT~φ線図

荷が急増するような行程の小さいところにくると、磁束が増大し、磁気回路の鉄心が飽和してくるから、交流電磁石のように鉄心の電磁エネルギーを省略して磁引力を計算するわけにはいかない。

そこで第17図に示すようなプランジャ形直流電磁石について一般的に考えてみる。可動コア先端部のパーミアンスを P_1 、可動コアスライド部のパーミアンスを P_2 、コイルを通しての漏えいパーミアンスを P_3 とすれば、全パーミアンスは

$$P = \frac{P_1 P_2}{P_1 + P_2} + P_3$$

と表わされる。また、空げき部分の所要アンペアターンを AT_a 、鉄心部分の所要アンペアターンを AT_i とすれば、全アンペアターン AT は

$$AT = AT_a + AT_i$$

と表わされる。したがって磁気回路の $AT \sim \phi$ 線図は第 18 図のようになる。ここで $OAA'A''A'''$ は鉄心部分の磁化特性で、全アンペアターンを OE にとり、空げきのパーミアンス

$$P = \tan \theta$$

の直線 $EA'C'$ を引けば、交点 A' がパーミアンス P に対応した磁束のバランス点で、発生磁束は OB' で表わされる。また、全アンペアターン OE のうち、空げき部分の所要アンペアターン AT_a は EF で、鉄心部分の所要アンペアターン AT_i は OF で表わされる。

まず、可動コアを最初の衝程の位置に拘束し、コイルに電圧を印加すると、電流がふえるとともに磁束も増加し、第 18 図の A 点に落着く。可動コアが拘束されているので、外部から注入される電気エネルギーは、鉄心の磁化エネルギー E_i と空げきに蓄えられる磁気エネルギー E_a になる。電磁エネルギーの蓄積量 E は一般に、

$$E = \int (AT) d\phi$$

で表わされるので、

$$E_i = \int (AT_i) d\phi = \Delta ABO$$

$$E_a = \int (AT_a) d\phi = \frac{1}{2} AT_a \times \phi = \Delta EAD$$

ここで可動コアの拘束を解いて可動コアを図の A 点から A' 点まで吸引させると、この間に、パーミアンスの増加により磁束は BB' だけ増加するから

$$\int (AT) d\phi = AT \times BB'$$

すなわち、 $\square BB'D'D$ に相当する電気エネルギーが、更に外部から注入される。この内 $\square ABB'A'$ は鉄心の磁化エネルギーの増加となり、また、空げきに蓄えられる磁気エネルギーは、 ΔEAD から $\Delta EA'D'$ に変化するから、機械的出力は、

機械的出力 = 外部から注入された電気エネルギー

$$\begin{aligned} & - (\text{磁化エネルギー} + \text{空げきの電磁エネルギーの増加}) \\ & = \square BB'D'D - \{ \square ABB'A' + (\Delta EA'D' - \Delta EAD) \} \\ & = \square BB'D'D + \Delta EAD - (\square ABB'A' + \Delta EA'D') \\ & = \Delta EAA' \end{aligned}$$

となり、 $\Delta EAA'$ の微分値が磁引力となる。

鉄心の磁束密度が低く、 AT_i が無視できるときには、 $\Delta EAA'$ の微分値は空げきの電磁エネルギーの微分値と等しくなる。第 18 図の A' 点における磁引力の大きさは、微小変位 A'' を考えて

$$F = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{\Delta EAA''}{\Delta X}$$

ここで $\Delta EAA''$ は

$$\Delta EAA'' = \Delta EC'C'' \times \left(\frac{AT_a}{AT} \right)^2$$

$$\Delta EC'C'' = \frac{1}{2} (AT)^2 \Delta P$$

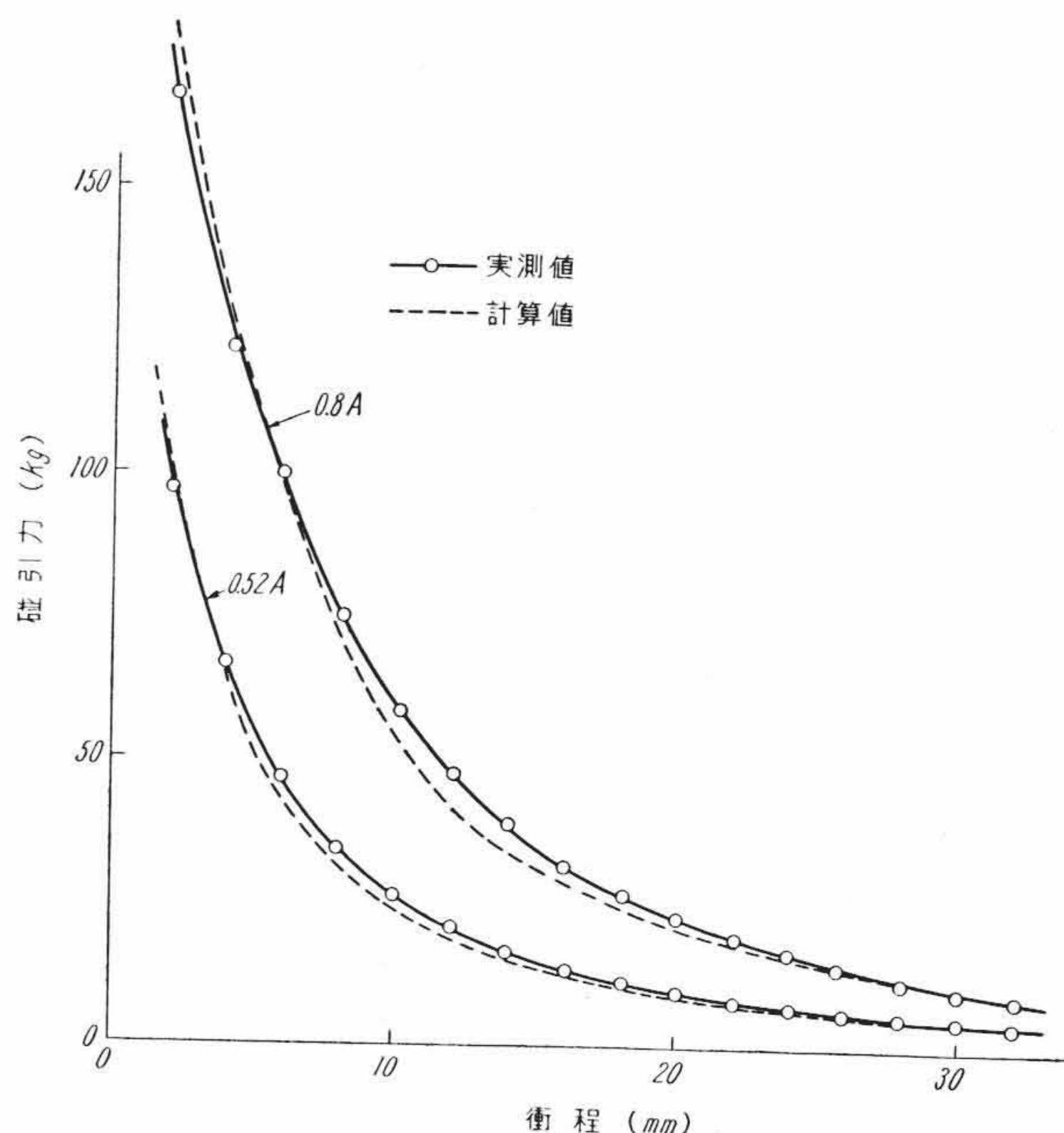
で求められるから、磁引力は

$$F = \frac{1}{2} (AT_a)^2 \frac{dP}{dX} \dots\dots\dots (4)$$

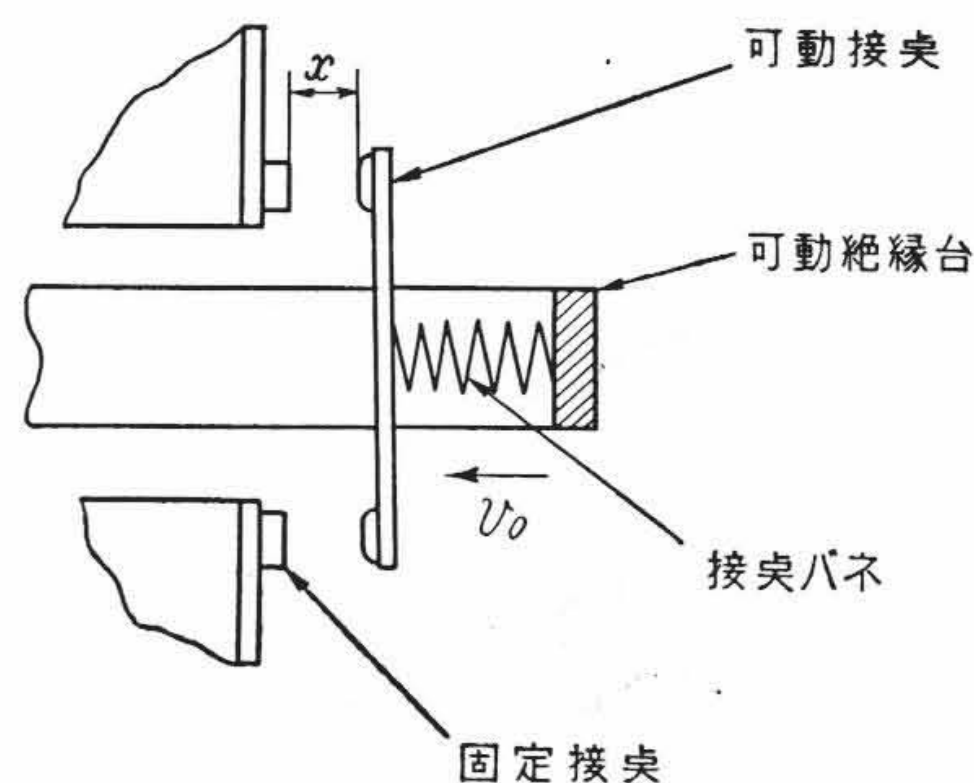
となる。

これは、交流電磁石に対する (1) 式の AT を AT_a で置きかえたもので、以後同様にして計算できる。

250 形電磁接触器の直流操作電磁石磁引力についての計算値と実測値との比較を第 19 図に示す。結果はよく一致している。



第 19 図 250 形直流電磁石の磁引力



第 20 図

4. 接点の躍動

電磁接触器の接点の熔着、消耗は、接点の材質とともにその機械的躍動が影響するところが多い。躍動には、可動接点が固定接点と衝突して反躍される第 1 次躍動と、可動コアが固定コアに衝突したときの衝撃による第 2 次躍動とがある。

躍動に及ぼす要因の数は非常に多いが、躍動時間は主として接点バネの力と可動接点質量のバランスに支配される。第 20 図のようなモデルについて、まず第 1 次躍動について考えてみる。

電磁石の衝程の最後の部分、すなわち、可動接点の接触以後の可動絶縁台の速度を一定速度 v_0 と考え、反発距離を x とすれば、可動絶縁台の運動方程式は次式で表わされる。

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} + k(x + \delta + v_0 t) = 0 \dots\dots\dots (5)$$

- ここに m : 可動接点質量
 k : 接点バネのバネ定数
 δ : 接点バネの最初のたわみ量
 v_0 : 可動絶縁台の速度

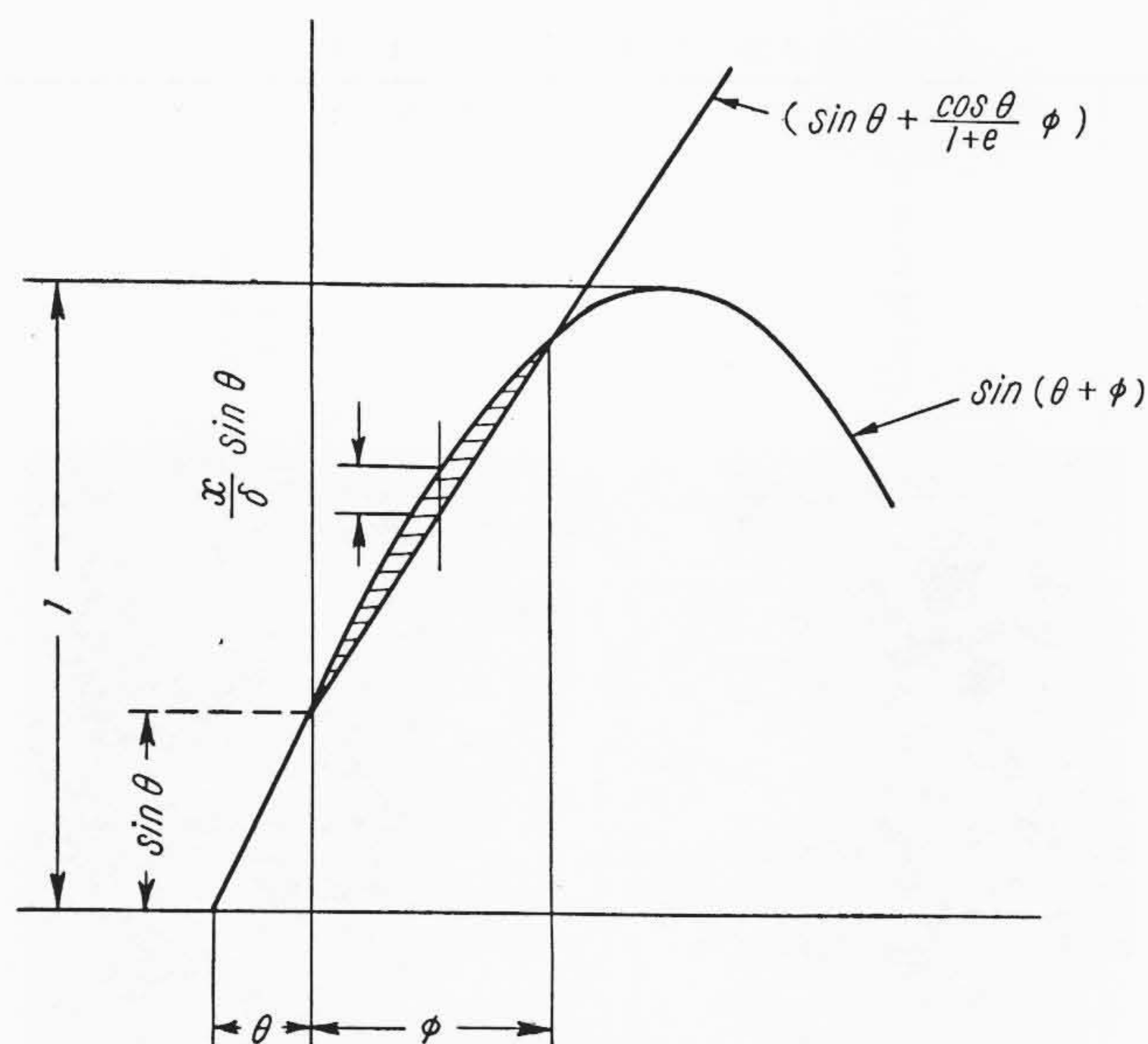
これを解くと

$$x = A \sin \left(\sqrt{\frac{k}{m}} t + \theta \right) - (\delta + v_0 t)$$

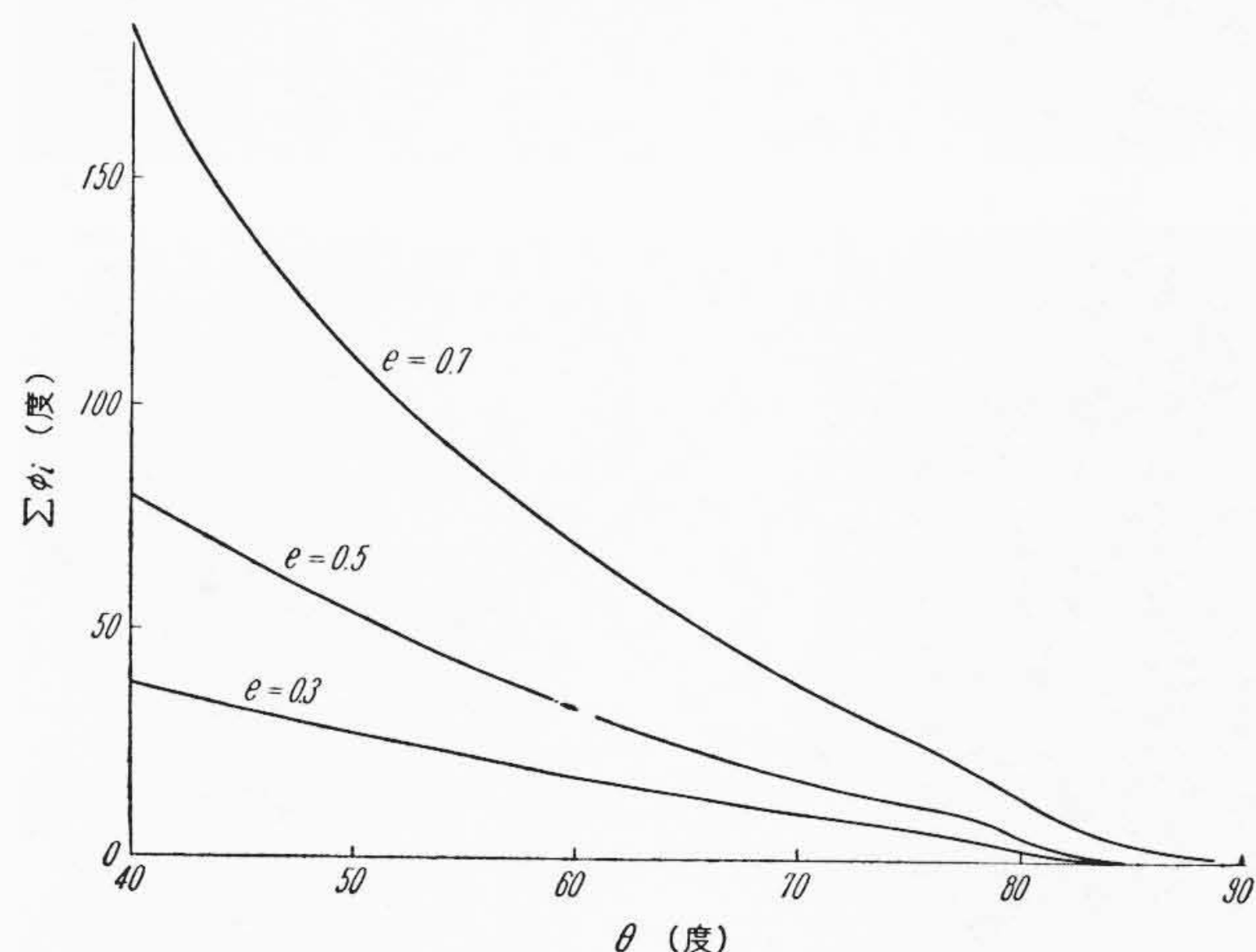
$$v = \sqrt{\frac{k}{m}} A \cos \left(\sqrt{\frac{k}{m}} t + \theta \right) - v_0$$

接点材の反発係数を e とし、初期条件

$$t=0 \text{ で } x=0, \frac{dx}{dt} = e v_0$$



第 21 図 接点の躍動時間の原理図


 第 22 図 θ と $\Sigma\phi_i$ の 関 係

を入れ、非次元化した一般形に書き直すと

$$\frac{x}{\delta} \sin \theta = \sin(\theta + \phi) - \left(\sin \theta + \frac{\cos \theta}{1+e} \phi \right) \quad \dots\dots\dots (6)$$

$$\frac{v}{v_0} = (1+e) \frac{\cos(\theta + \phi)}{\cos \theta} - 1 \quad \dots\dots\dots (7)$$

ここに

$$\left. \begin{aligned} \phi &= 2\pi f t = \sqrt{\frac{k}{m}} t \\ \tan \theta &= \frac{\delta \sqrt{\frac{k}{m}}}{v_0 (1+e)} \end{aligned} \right\} \quad \dots\dots\dots (8)$$

となる。

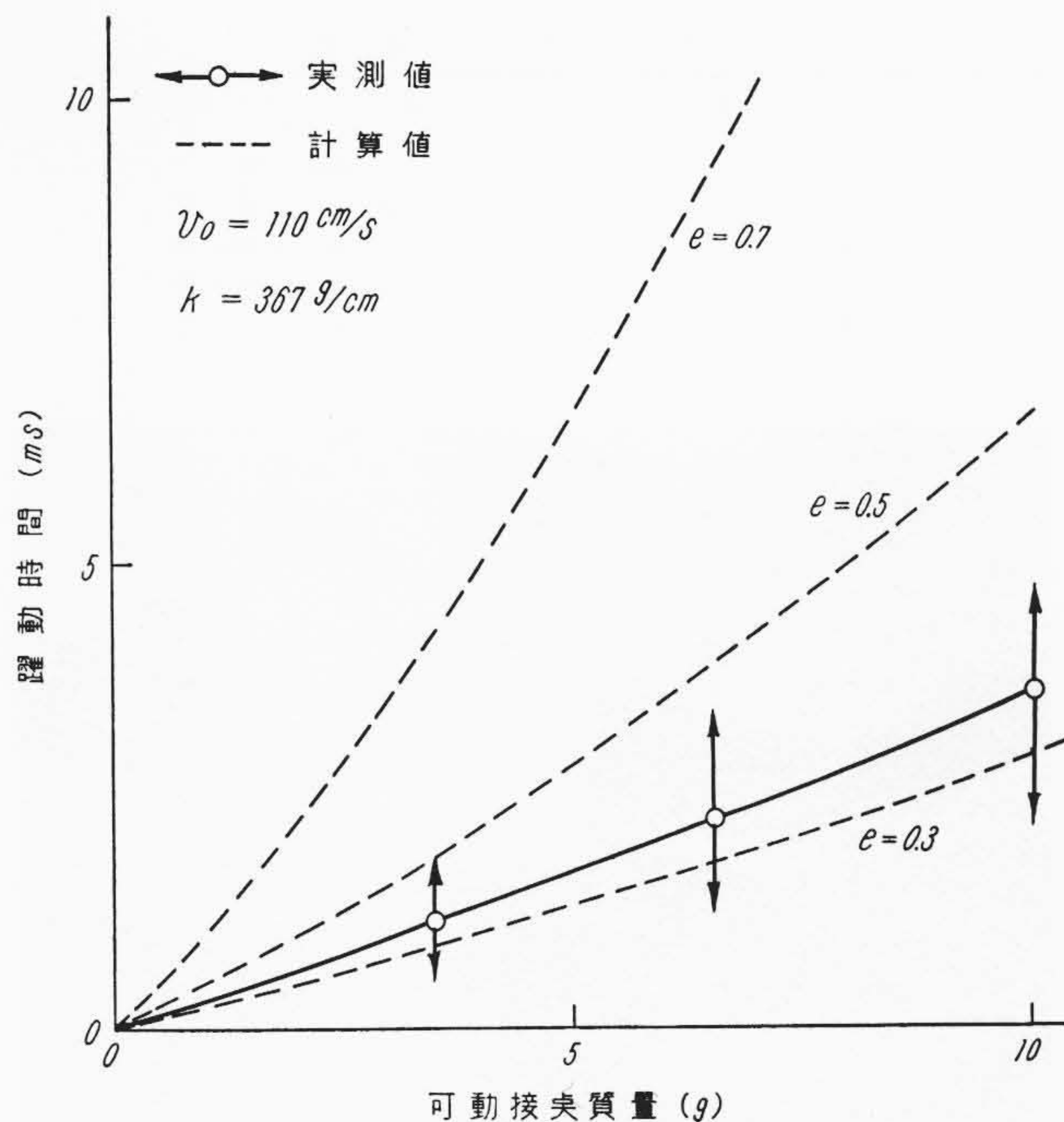
これを図示すれば、第 21 図のようになり、反発した接点を可動絶縁台の運動がキャンセルし、可動接点を押しつけるようにする。

計算の順序としては、まず(8)式に数値を入れて θ を求め、(6)(7)式より反発終了時の ϕ 、 v を計算する。減衰するまでこれを繰り返して、各々の反発角度 ϕ_i を求め、加算すれば全躍動角度が求められる。これから、全躍動時間 T が次式で与えられる。

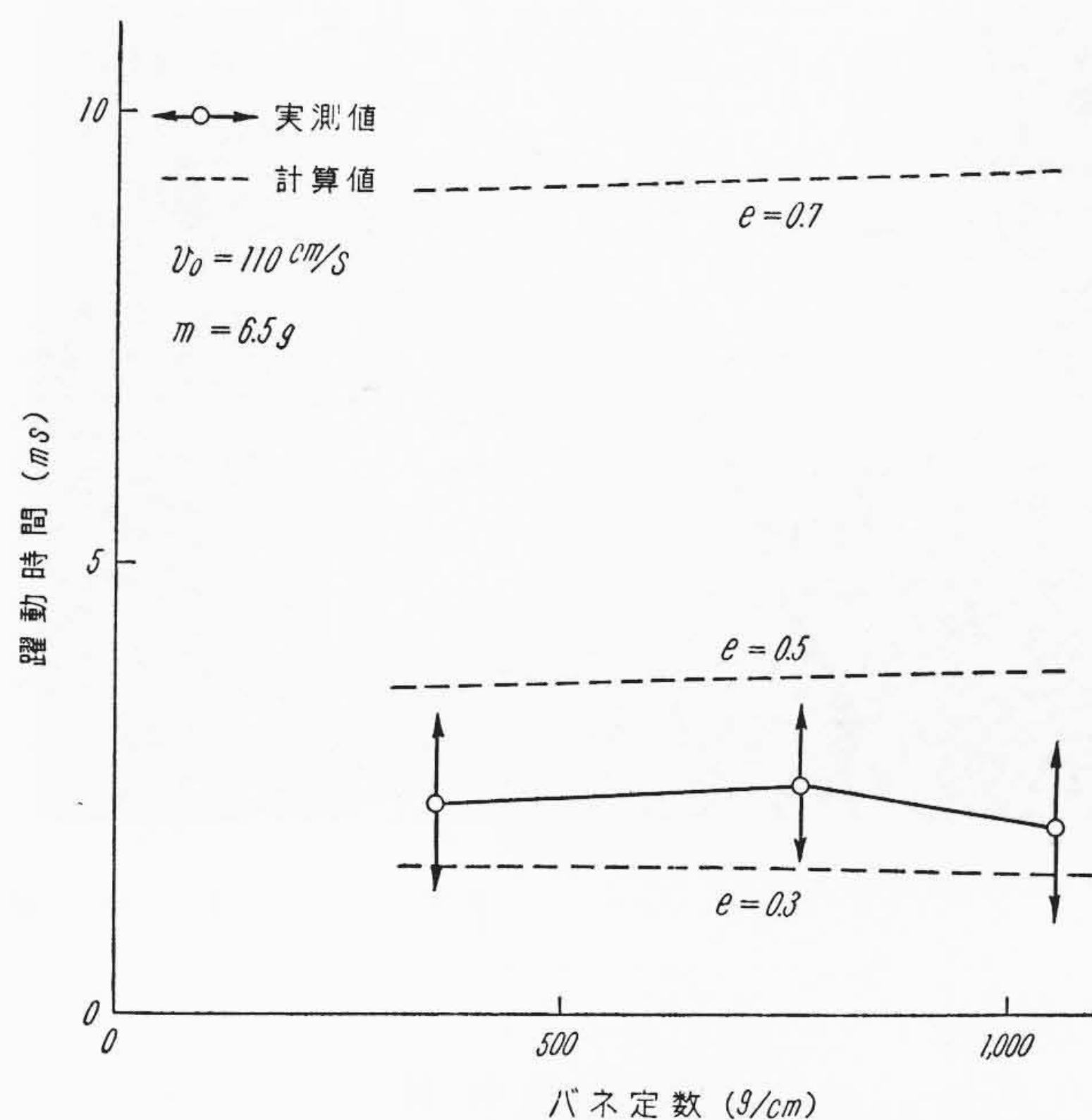
$$T = \frac{\Sigma \phi_i}{\sqrt{\frac{k}{m}}} \quad \dots\dots\dots (9)$$

ここに $\Sigma \phi_i$: 全躍動角度(ラジアン)

(6)(7)(8)式より、反発係数が 0.3, 0.5, 0.7 の場合について、計算した θ と $\Sigma \phi_i$ の関係を第 22 図に示す。



第 23 図 可動接点質量による躍動時間の変化



第 24 図 接点バネ定数による躍動時間の変化

第 2 次躍動についても、同様な式をたてて計算を行えば次式のように求められる。

$$T = \frac{2mv_0}{(1-e)P} \quad \dots\dots\dots (10)$$

ここに P : 接点バネ最終力

30形電磁接触器について、可動接点の質量 m 、バネ定数 k を変えて試験した結果と計算値との比較を第 23, 24 図に示す。実測値は傾向として計算値とよく一致し、反発係数 0.35 程度に相当している。これはのちに述べる銀酸化カドミウム接点のショアー硬度から逆算した反発係数 0.36 とよく一致している。また、相当のバラツキがあるのは、主として、励磁回路の閉路位相によって、閉路速度 v_0 が異なるためである。

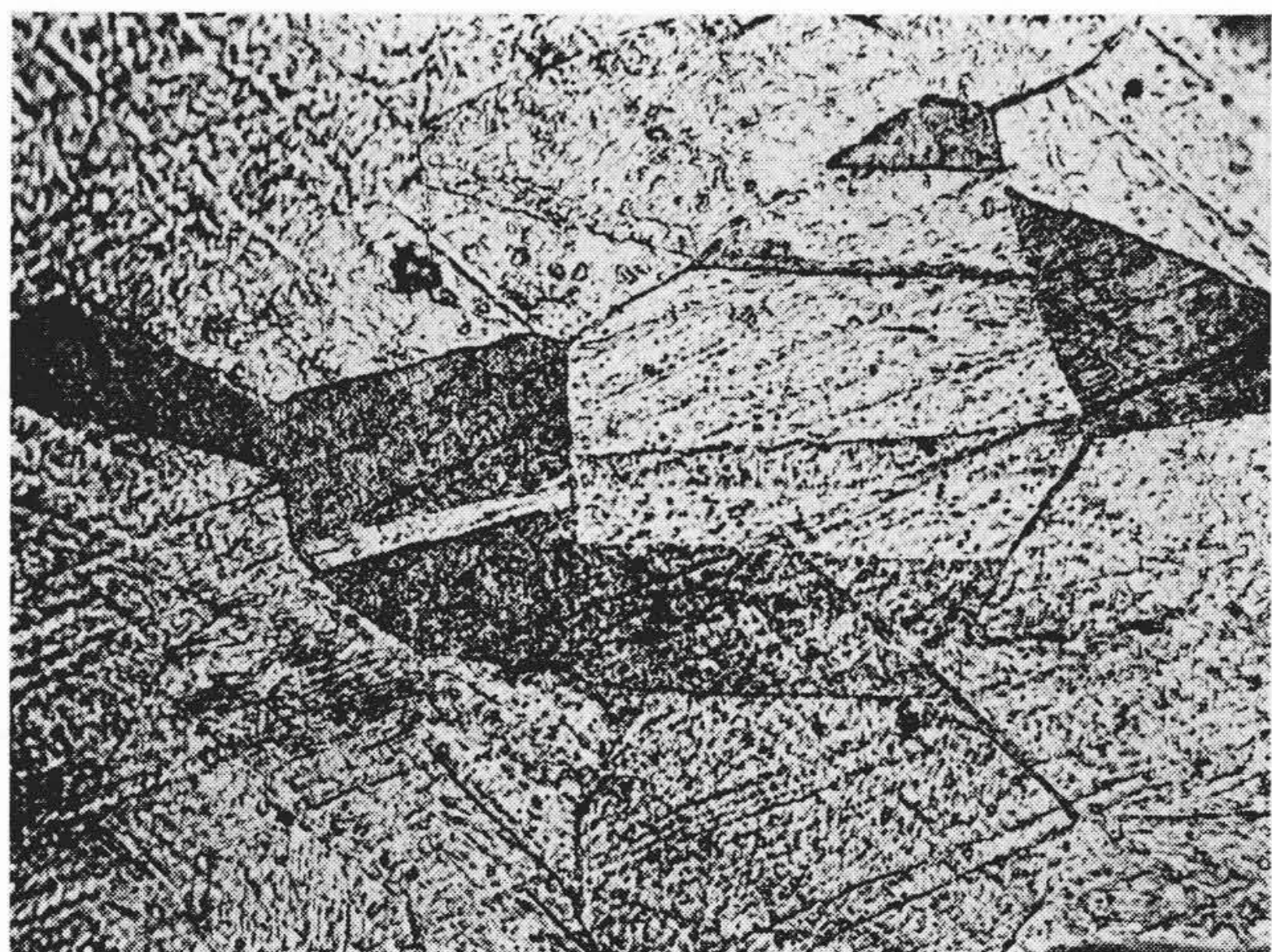
この結果から明らかなように、接点の躍動を減らすのには、可動接点の重量を減らすことが最も重要であり、新形電磁接触器では極力これに努力し、好結果を得た。

第2表 試 料 の 種 類

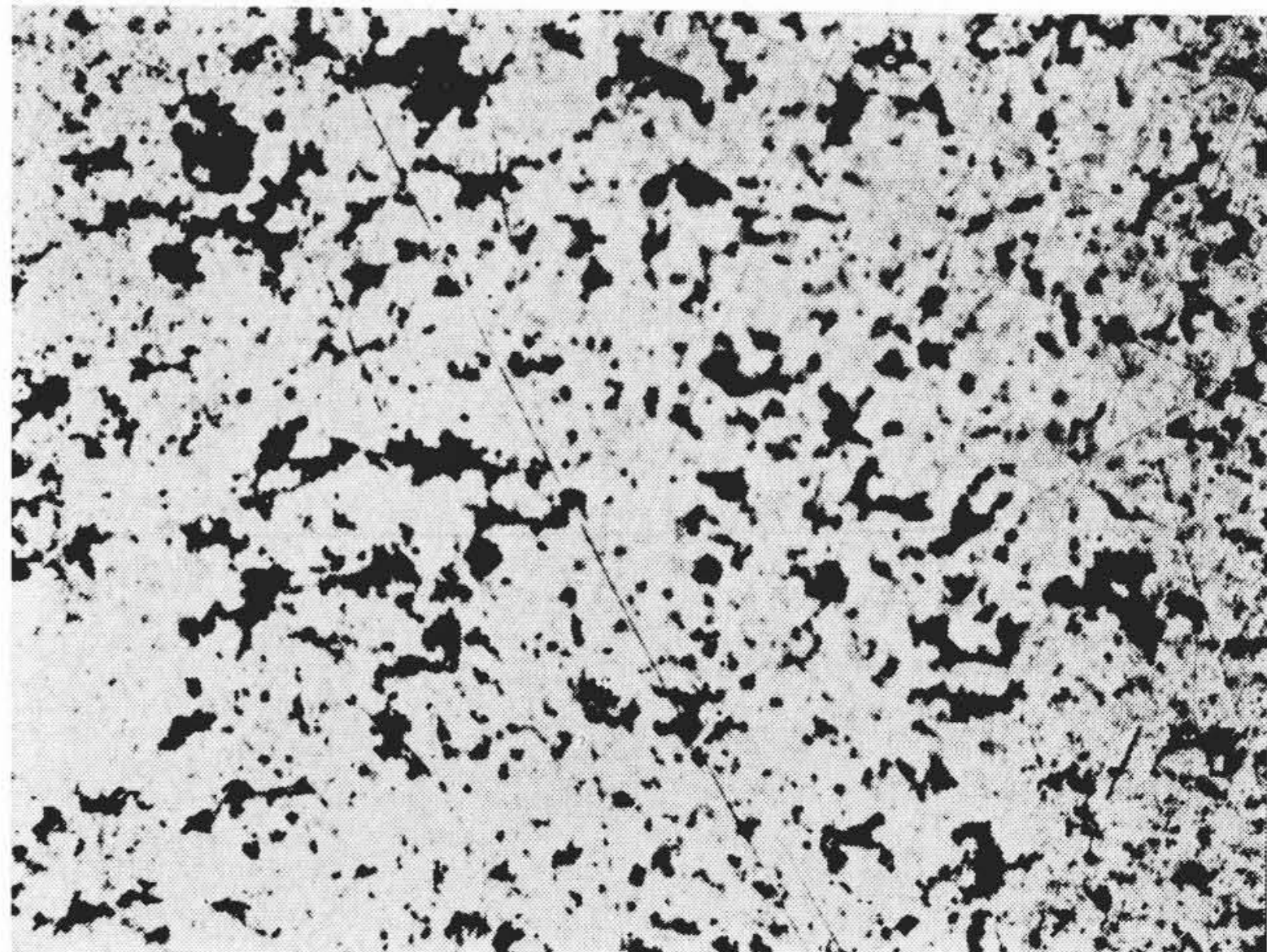
試 料	成 分 (%)
A	Ag 100
B	Ag 85 Cd 15
C	Ag 88 CdO 12
D	Ag 88 CdO 12
E	Ag 88 CdO 12

第3表 接 触 抵 抗 の 比 較

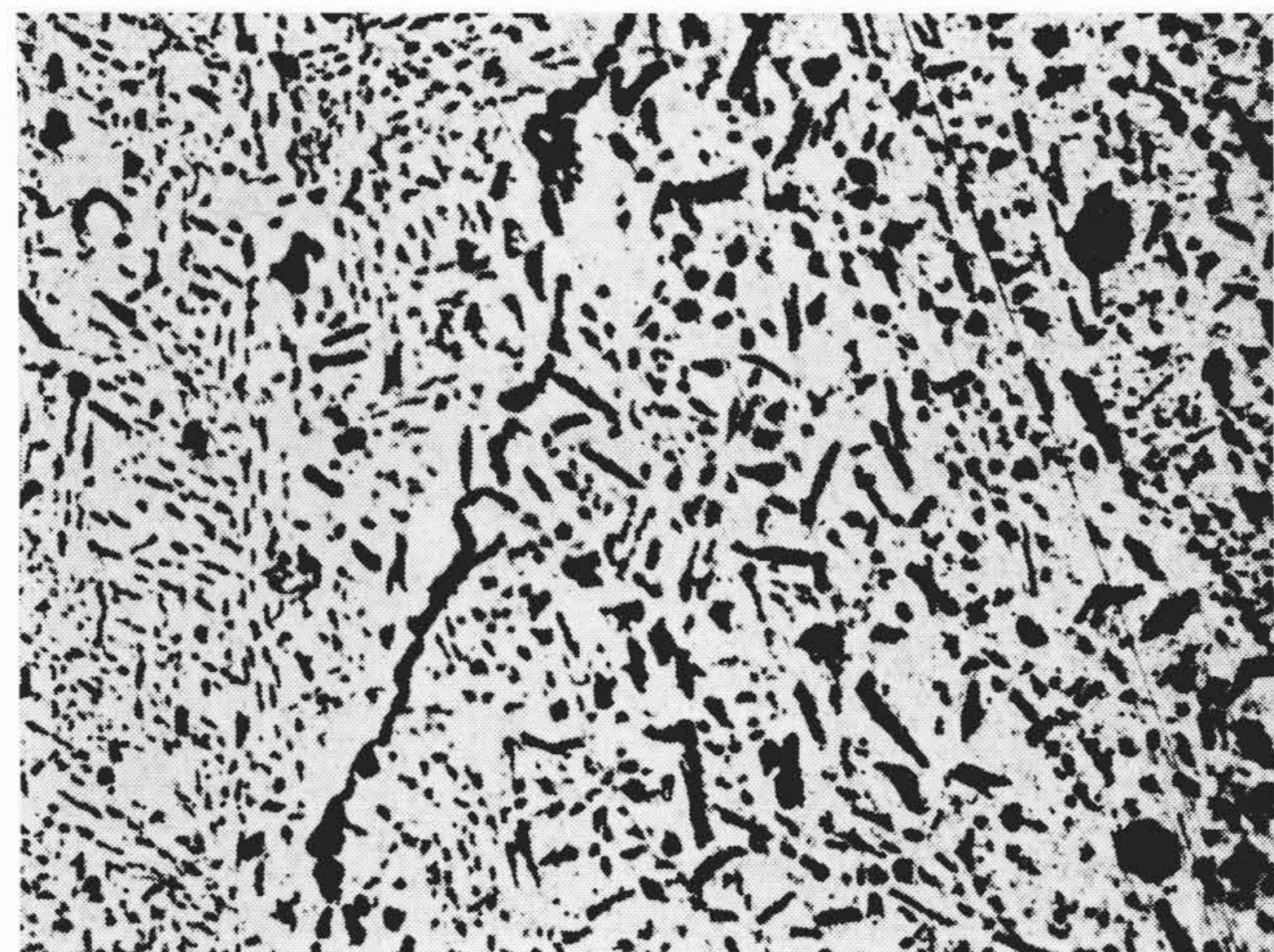
試 料	接 触 抵 抗 (mΩ)
A	0.08 ~ 0.15
B	0.35 ~ 0.70
C	0.18 ~ 0.25
D	0.13 ~ 0.18
E	0.15 ~ 0.17



(B)



(D)



(C)



(E)

第 25 図 試 料 の 顕 微 鏡 組 織 (×400)

5. 接 点 の 材 質

電磁開閉器について接点の材質が生命であることは改めていうまでもない。電磁開閉器用接点材料として必要な条件は、

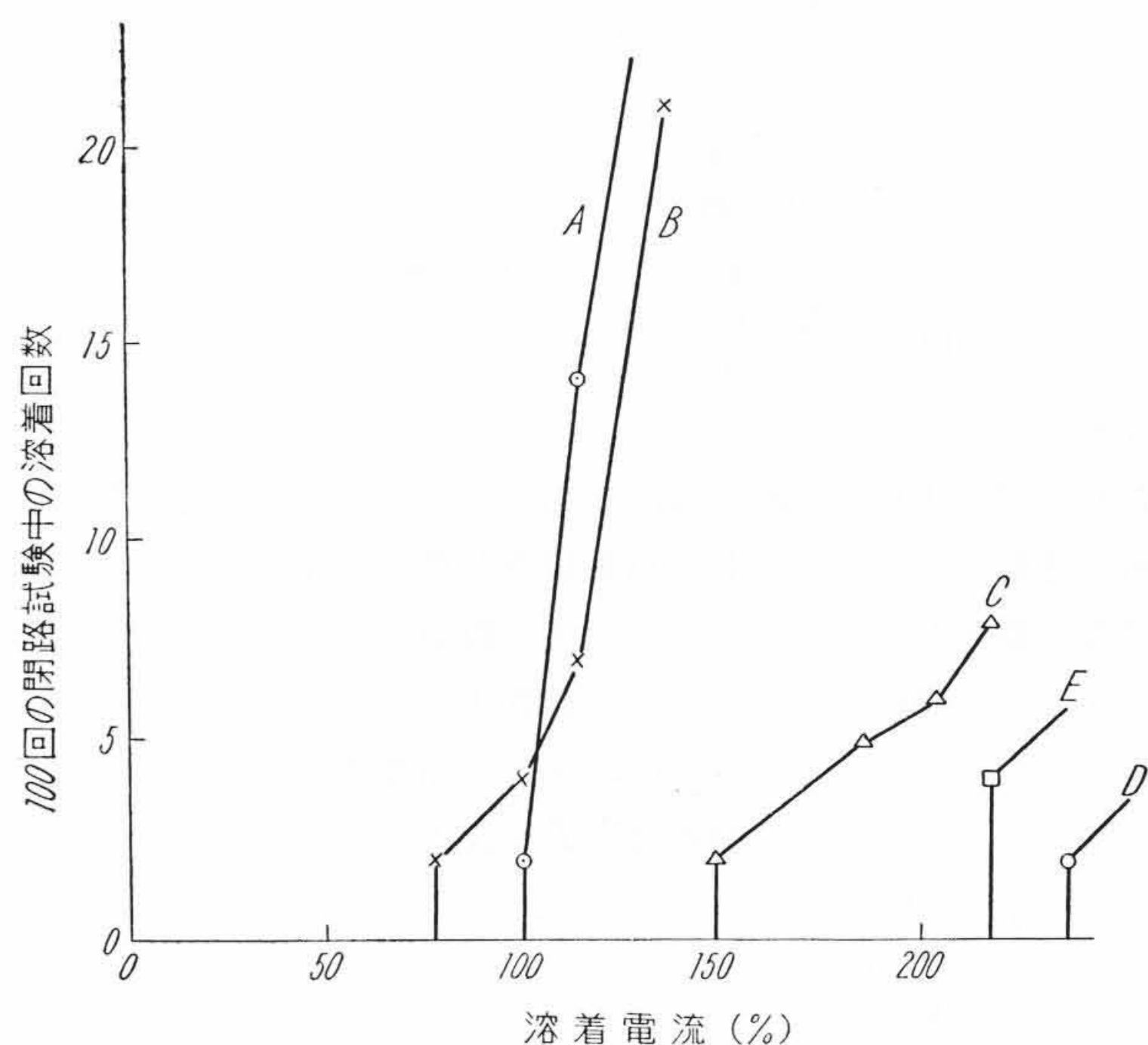
- (1) 接触抵抗が低く、安定なこと
- (2) 熔着電流が高いこと
- (3) 消耗量が少ないこと

の三つであり、従来、銀または銀カドミウム系合金が多く使用されてきたが、近年に至り、銀酸化カドミウム合金が比較的生産性の良い各種の方法で量産できるようになってきたので、上記特性について、これら各試料の比較を行った。試験は、新形 60 形電磁接触器に取付け実施した。試料の種類および顕微鏡組織を第2表、第25図に示す。ここで試料 C, D, E は同一組成の銀酸化カドミウム合金で製造法が異なるものである。

まず、接触抵抗の比較を第3表に示す。接触抵抗は銀が最も低く、銀酸化カドミウムは約 2 倍である。

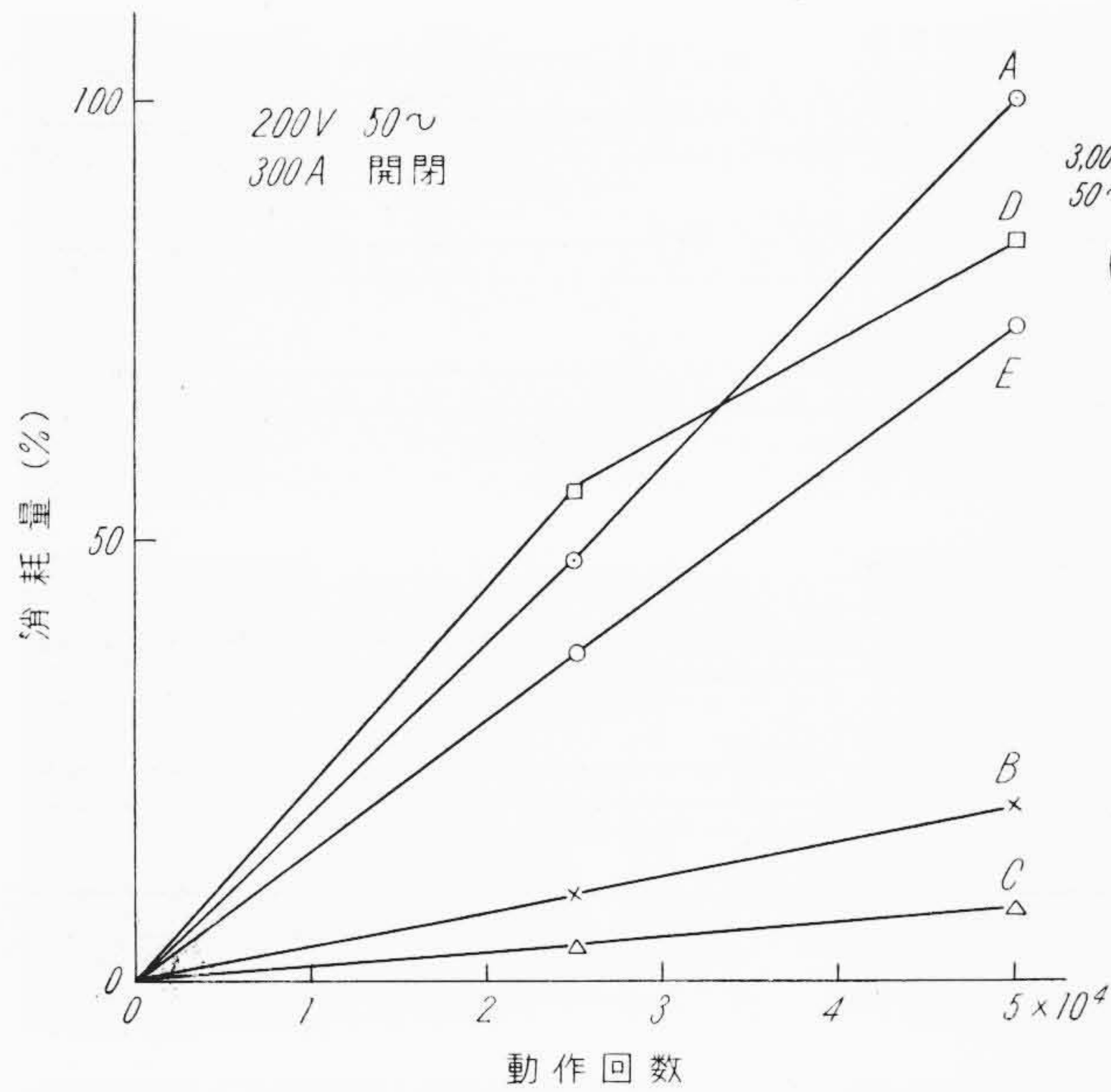
長期間の開閉による接触抵抗の変化は、銀、銀酸化カドミウムとも、きわめて安定であった。

次に熔着電流の比較を第26図に示す。これは、各電流で各々 100

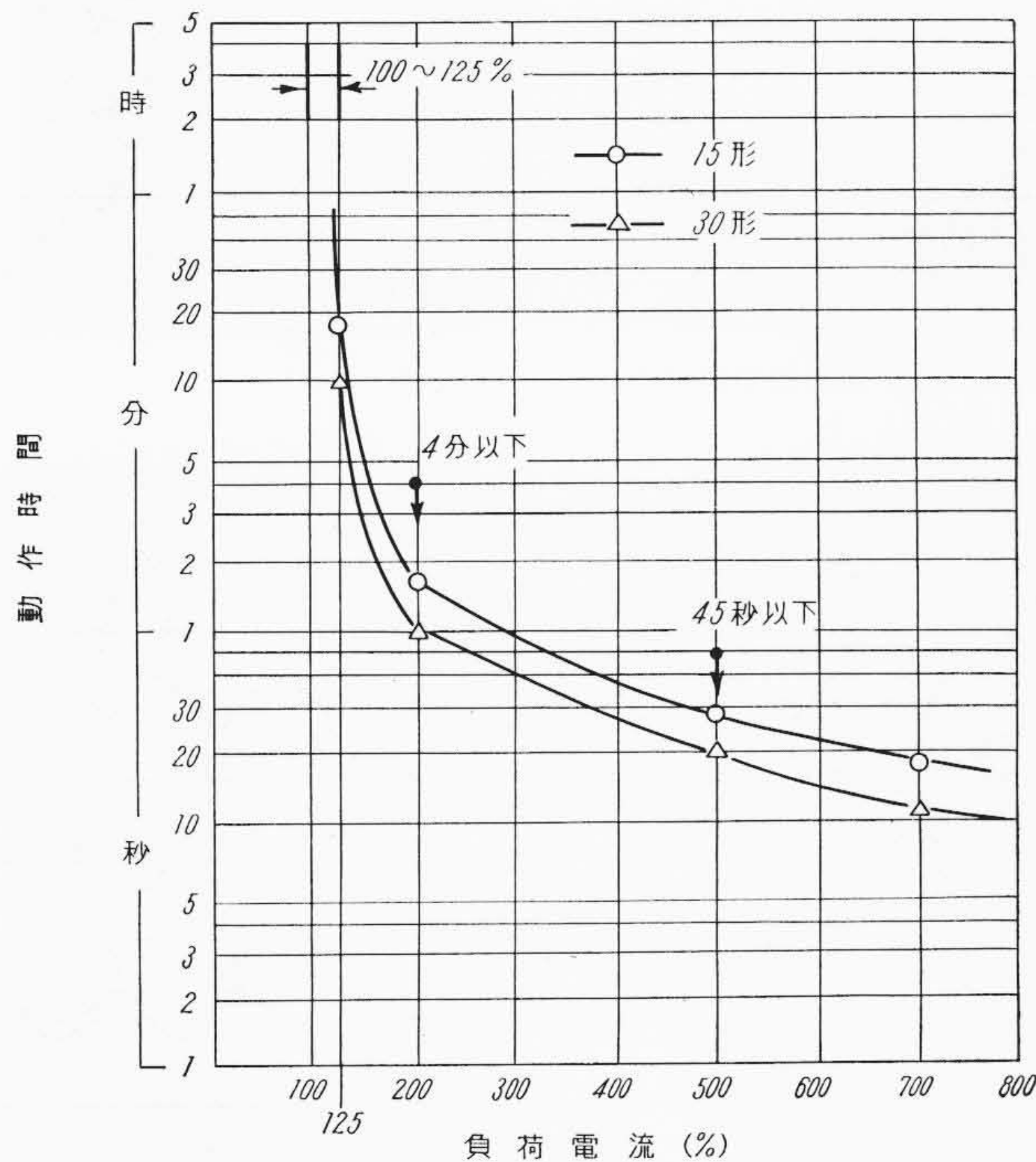


第 26 図 熔 着 電 流 の 比 較

回ずつの閉路電流容量試験を行い、その熔着回数を、銀が 100 回中 2 回熔着する電流を 100 として比較したもので、銀酸化カドミウム



第27図 消耗量の比較



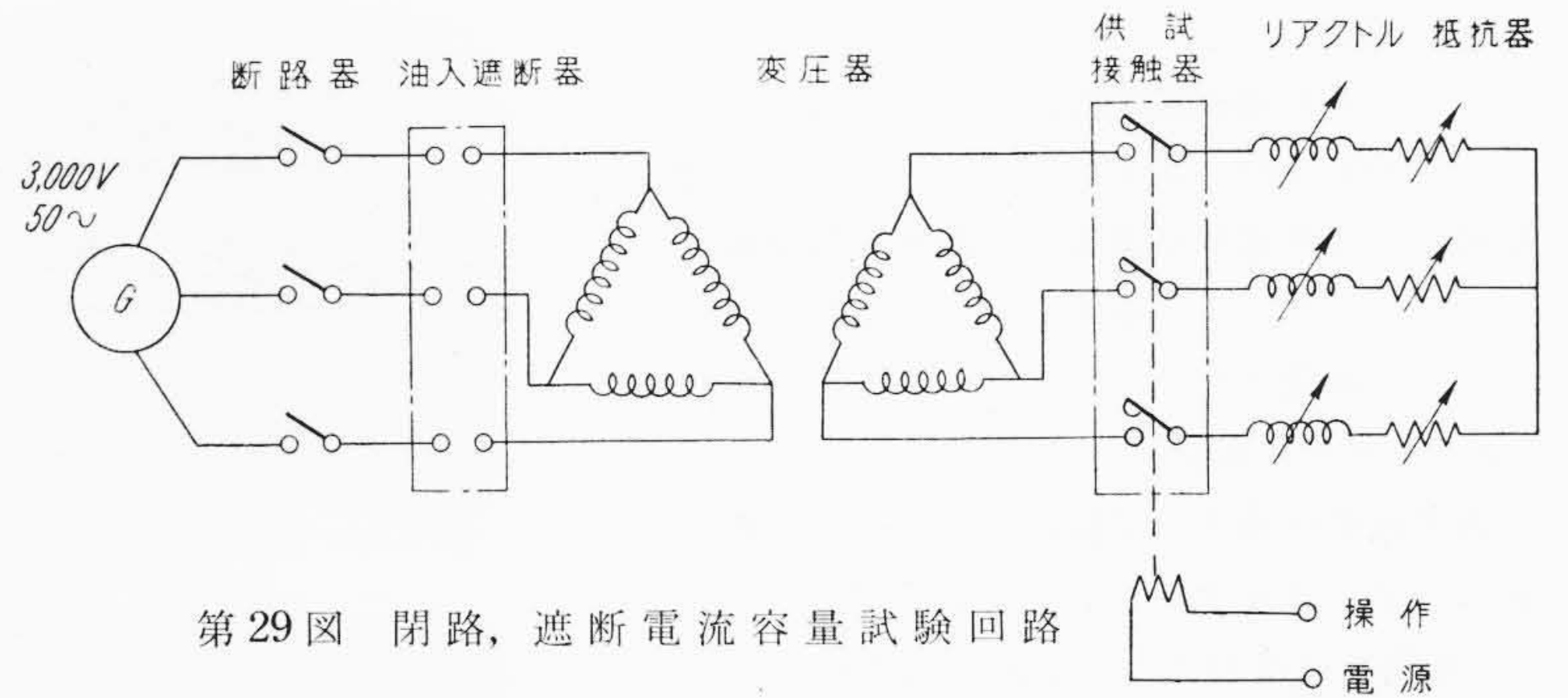
第28図 過電流動作特性の一例

が非常にすぐれていることがわかる。中でも試料Dが最も良い。

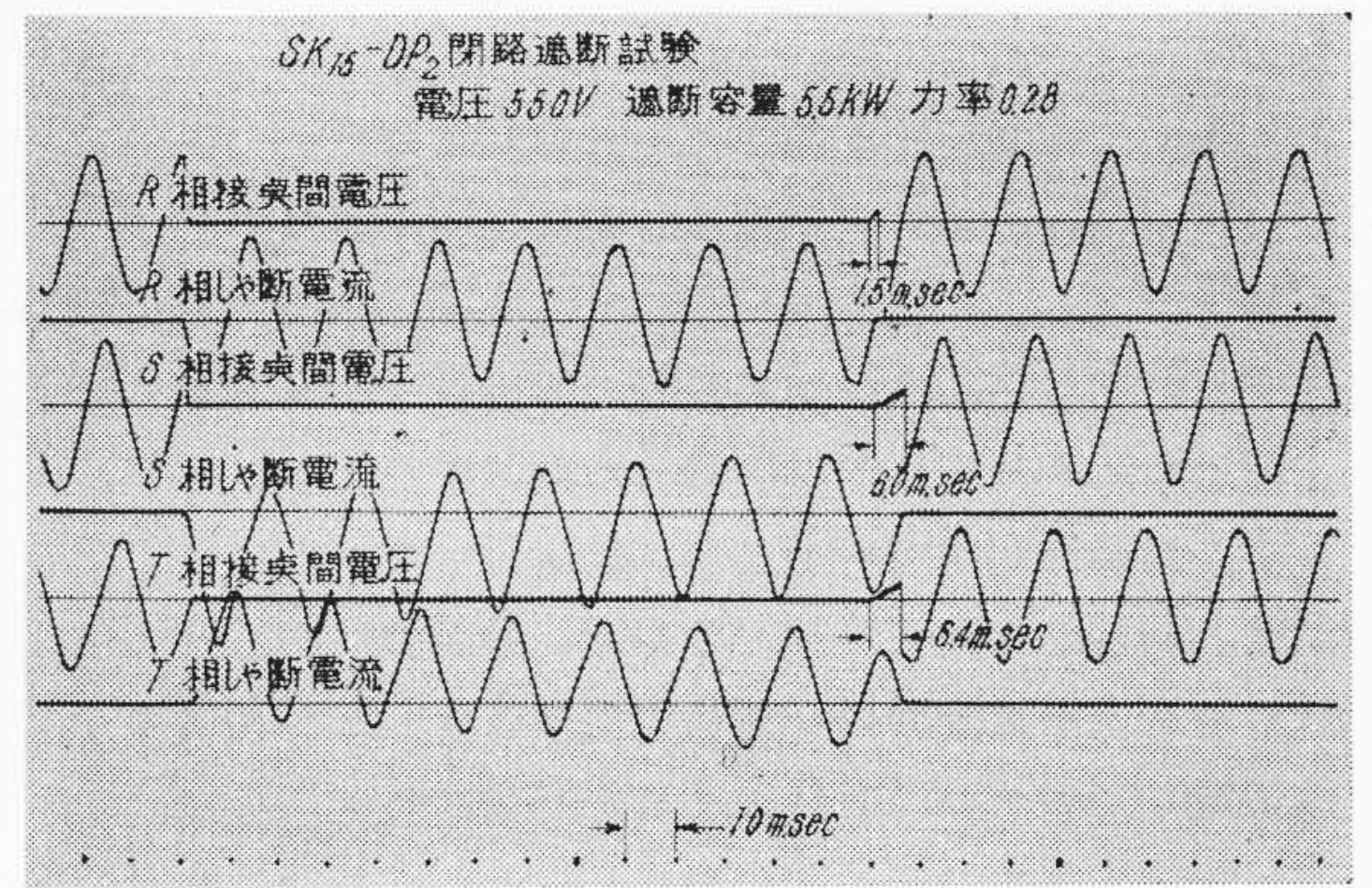
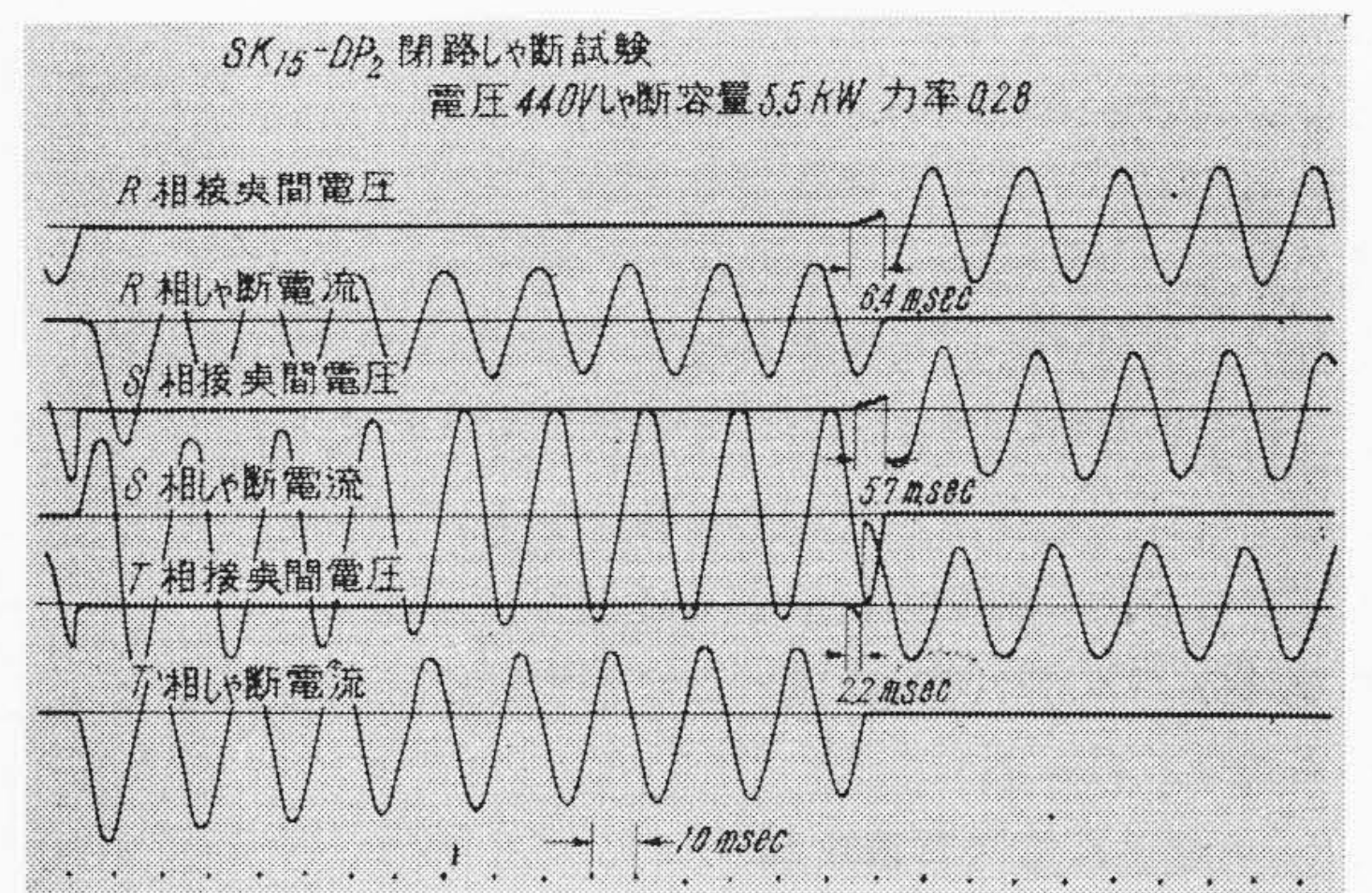
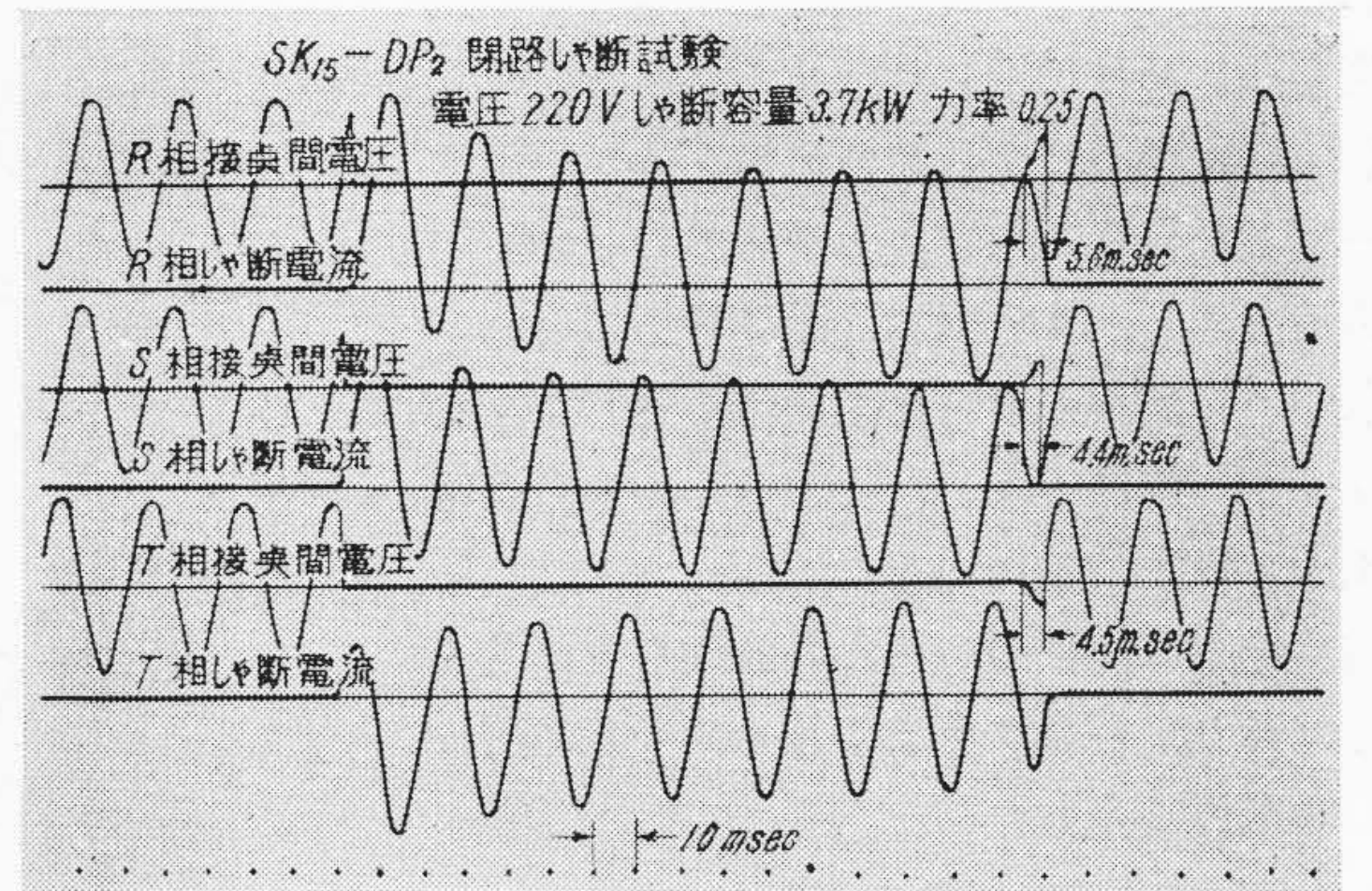
次に消耗量については、定格電流 60A の 500% の電流を開閉するインチャング試験で比較した。ひん度は1,200回/時、通電時間0.1秒で、各接点のうち最も消耗の多い銀を基準にとり、その動作回数 5 万回後の消耗量を 100 として比較した結果を第 27 図に示す。すなわち、試料Cの銀酸化カドミウムが最も少なく、銀カドミウムがそれについている。また、試料 D, E の銀酸化カドミウムは、銀とほぼ同程度であった。

以上述べたように、それぞれ特色があるが、試料Cの銀酸化カドミウムが、熔着電流も大きく、接触抵抗も安定、消耗量も最も少ないので、新形ではこれを使用している。銀は、接触抵抗が最も低いので、電流が少なく、接触圧力の低い補助接点用として使用している。

また、消耗が多くとも熔着電流ができるだけ高いもののほうが望ましい場合には、試料Dの銀酸化カドミウムがよい。



第29図 閉路、遮断電流容量試験回路



第30図 15形電磁接触器遮断試験オシログラム

6. 特性試験結果

6.1 動作試験

接触器の動作電圧は、JIS 規格では、定格電圧の 85% 以下と規定している。新形では、10~60形は、200V 50, 60~, 220V 60~ 共用を標準としているが、その最も過酷な条件である 200V 60~ に対しても、動作電圧は約 75~83% に相当している。120 形、250 形もそれぞれの定格電圧に対して同程度である。釈放電圧は、定格の 50% 程度である。

6.2 温度上昇

ケース入の電磁開閉器について、操作コイルに 200V 50 $\sim$ を印加し、主回路に定格電動機の全負荷電流を通电して温度上昇試験を行った。いずれも、規格値を十分下回っていることが確認された。

6.3 サーマルリレー

過電流動作特性の試験結果の一例を第 28 図に示す。サーマルリレーの特性については JIS 規格では次のように定められている。

- (1) 電動機の全負荷電流値の 500% の電流を通じ 45 秒以内に動作すること
- (2) 電動機の全負荷電流値を通じ、温度一定となったのち全負荷電流値の 200% の電流を通じ、4 分以内に動作すること
- (3) 電動機の全負荷電流値を通じても動作せず、温度一定となったのち、全負荷電流の 125% で動作すること

試験結果は、このいずれの特性をも十分満足しており、バラツキも少なく、きわめて安定した動作を示した。

6.4 閉路、遮断電流容量試験

接点の閉路容量、遮断能力を検証する試験である。第 29 図の回路で、220, 440, 550V の試験電圧で、それぞれ定格電動機の全負荷電流の 10 倍の試験電流で、閉路 100 回、遮断 30 回を行い、異常のないことを確認している。

接点は新しい状態および接点の許容消耗厚さの $\frac{3}{4}$ を削った状態で行い、正規取付状態の試験とともに、船用にも使用するため、30° 傾斜状態でも確認を行った。

第 30 図に 15 形の、第 31 図に 250 形電磁接触器の遮断オシログラムの一例を示す。

6.5 可逆遮断電流容量試験

可逆電磁接触器として使用する場合、最も過酷な条件はブラッキングである。アーク時間が長いと、ブラッキングのときに、相間短絡を起すおそれがあるので、JIS 規格には規定はないが、可逆運転状態での遮断試験が必要である。

操作回路の切替えには、切替時間の早いマイクロスイッチを使用し、それぞれの接触器の補助 b 接点でインターロックした操作回路で可逆遮断試験を行った。前項の遮断試験と同様の回路で、220V, 440V の試験電圧につき、それぞれ定格電動機の全負荷電流の 6 倍および 10 倍の試験電流で、各々 30 回行い、切替えの余裕時間、すなわち、正転側接触器のアークが消滅してから逆転側接触器の接点が閉路するまでの時間を調べた。

切替余裕時間の最も短い 15 形でも 8 ms 以上、大形のものは更に長く、十分安全であった。

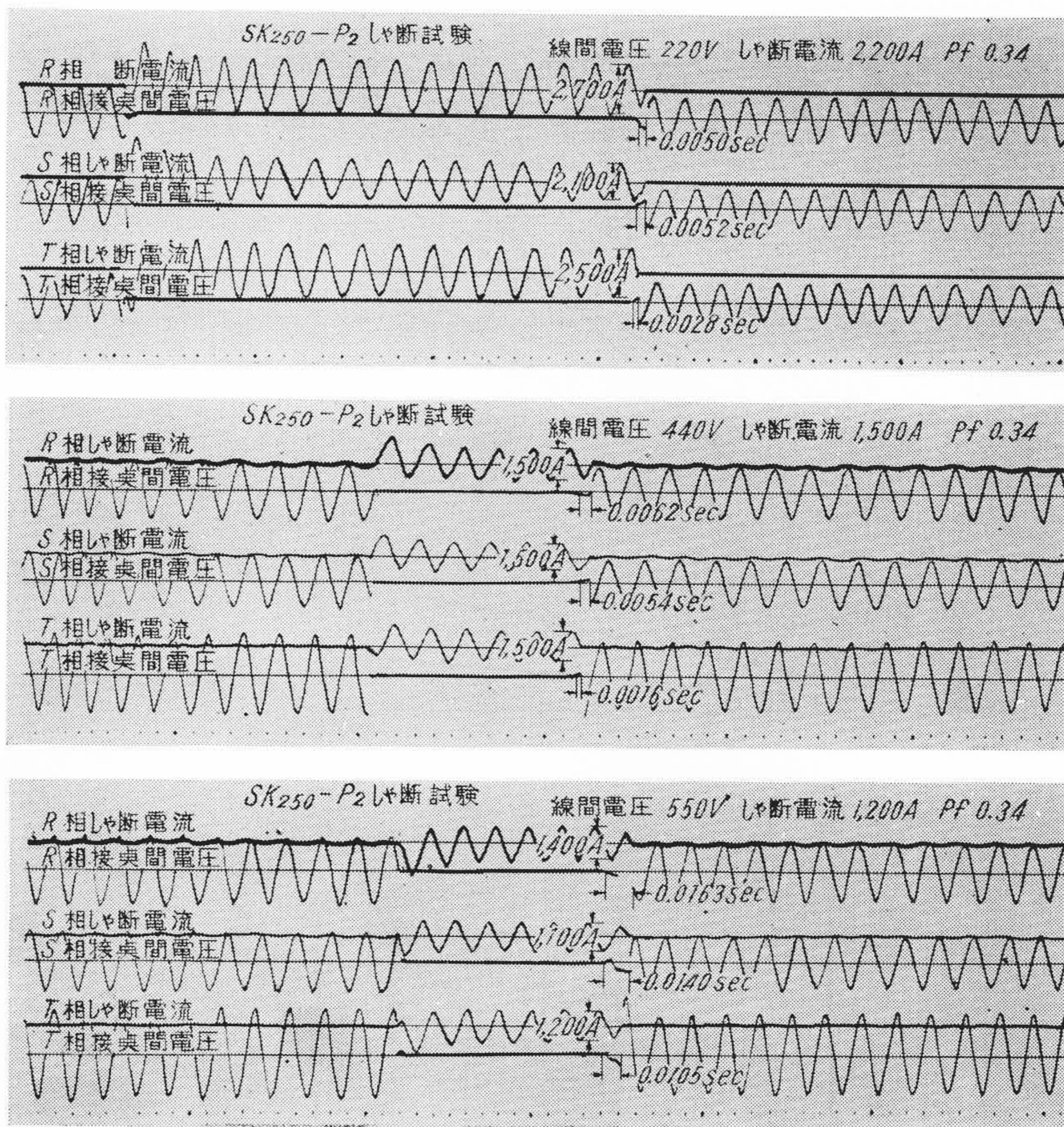
オシログラムの一例を第 32 図に示す。

なお、各フレームの可逆接触器について、実際の電動機で長期間のブラッキング運転を続け、異常のないことを確認している。

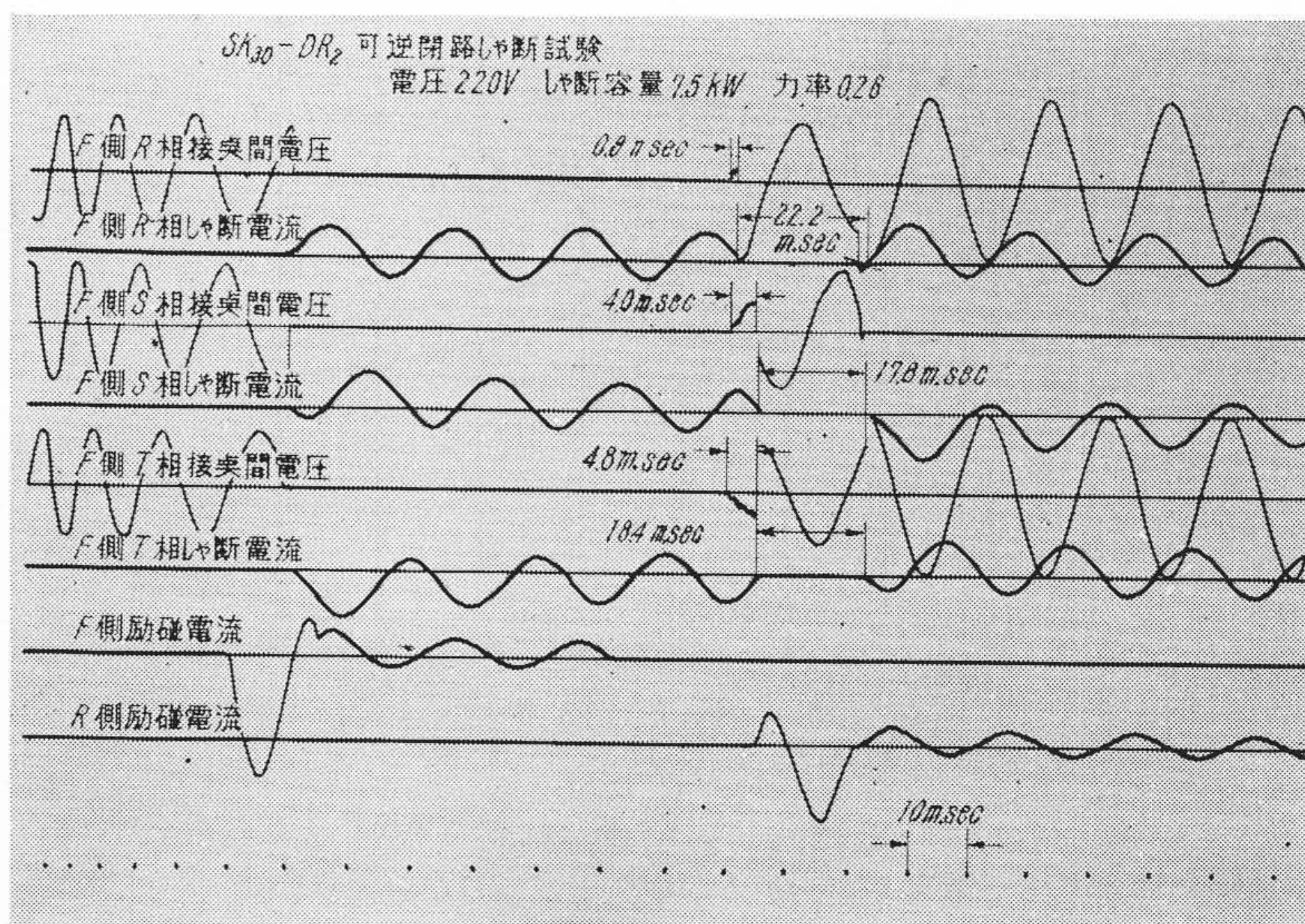
6.6 機械的寿命試験

機械的耐久性を確かめる試験で、時間短縮のために 3,600 $\sim$ 7,200 回/時の高ひん度で実施した。

10 形 $\sim$ 60 形は 1,000 万回、120 形、250 形は 500 万回を超過し、なお十分余裕のあることが確認された。



第 31 図 250 形電磁接触器遮断試験オシログラム



第 32 図(a) 30 形可逆電磁接触器可逆遮断試験オシログラム

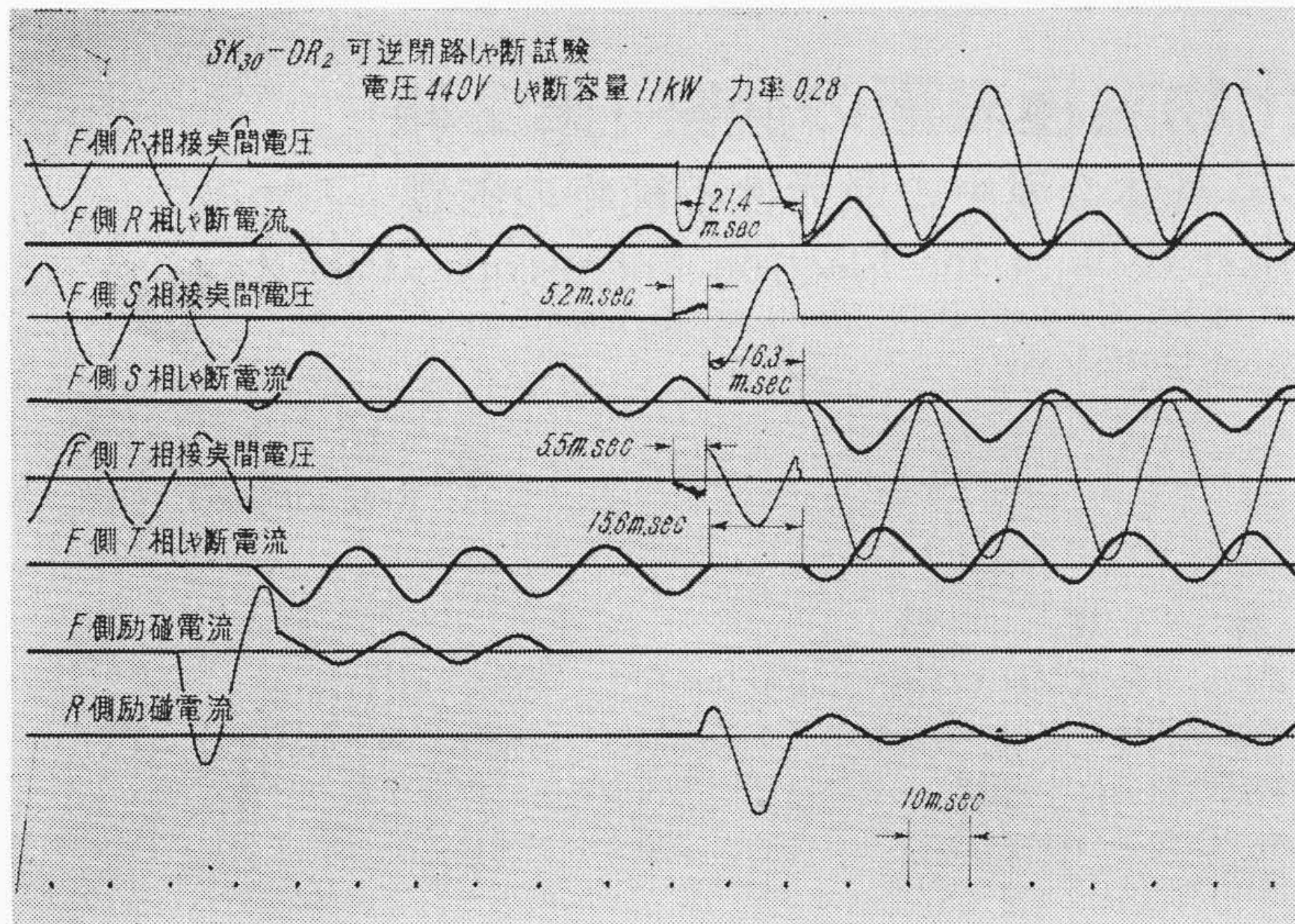
6.7 電氣的寿命試験

接点の寿命を確かめる試験で、定格電動機の全負荷電流の 500% を閉路し、100% を遮断し、ひん度 1,800 回/時で実施した。

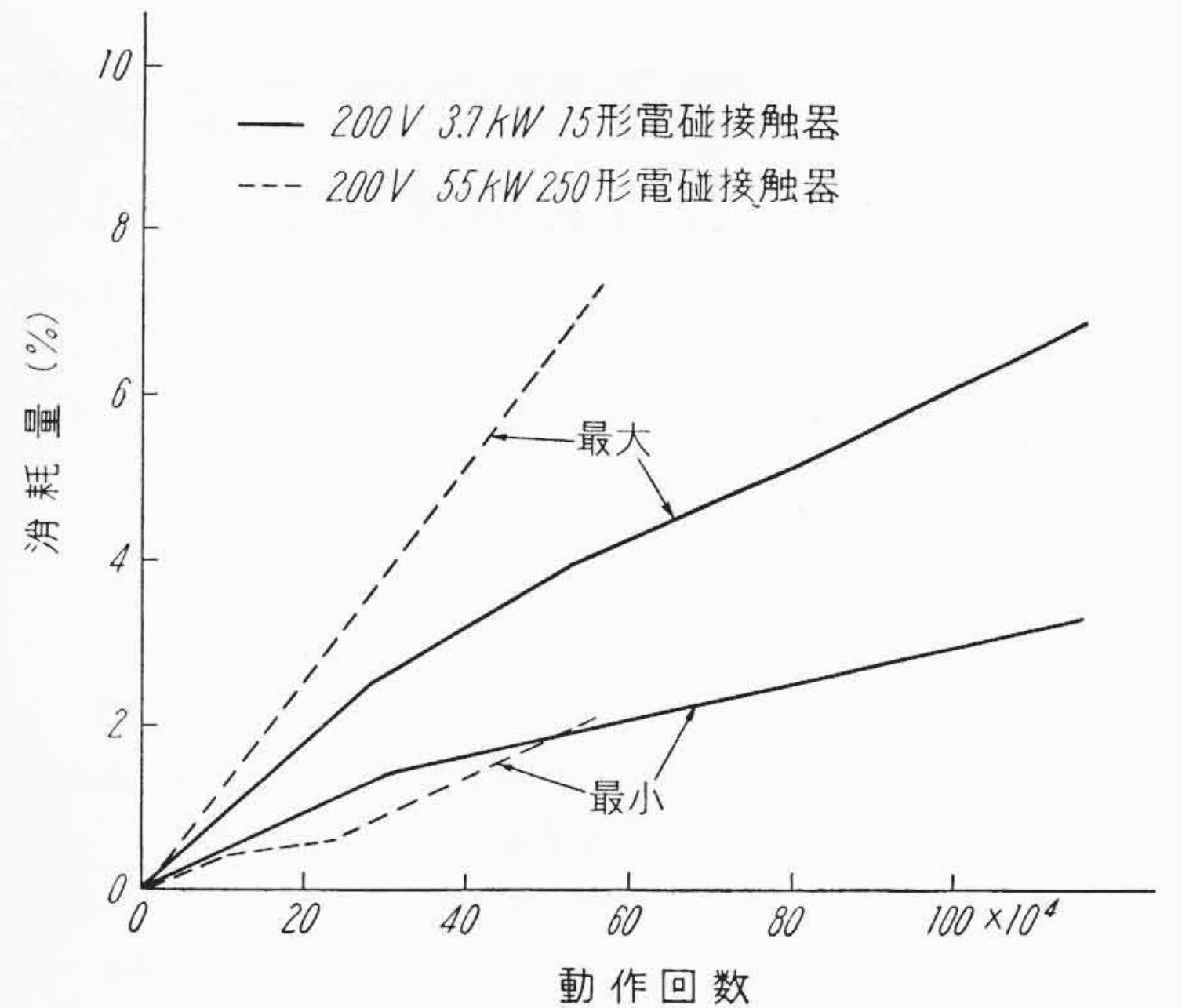
10 形 $\sim$ 60 形は 100 万回以上、120 形、250 形は 50 万回を超過し、なお十分余裕のあることが確認された。第 33 図に 15 形、250 形の接点消耗量を示す。

7. 結 言

水平プランジャ形新形電磁開閉器は、従来の長い経験と、新しい材料、新しいアイデアにより開発されたもので、高い信頼性と JIS A 級 1 号 1 種を大幅に上回るすぐれた性能をもつことが確認され、量産態勢にはいっている。



第 32 図 (b) 30 形可逆電磁接触器可逆遮断試験オシログラム

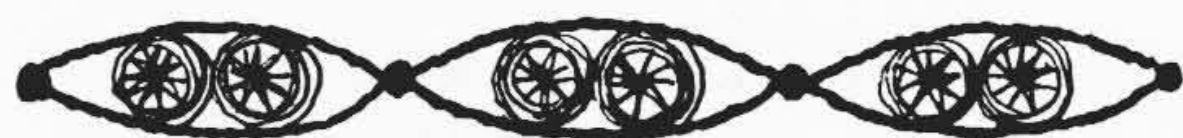


第 33 図 電磁接触器の接点消耗量

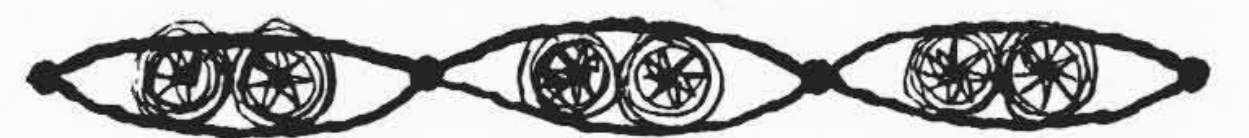
長い試作研究期間にわたり、終始懇切な指導を賜った森泉工場長、松井部長、益田課長、鈴木課長、試験を担当された各位に対し謹んで感謝の意を表す。

参 考 文 献

- (1) H. C. Roters: Electromagnetic Device, 140 (1955)



特 許 の 紹 介



特許 第 264482 号

若 森 俊 郎

タ ン デ ム 駆 動 の ベ ル ト コ ン ベ ヤ

構 造

2 個のドライブプーリをそれぞれの原動機で回転させて運転する普通のタンデム駆動のベルトコンベヤでは、どちらかのドライブプーリがベルトの表面に接するので、そのドライブプーリに運搬物が付着したり水分がついたりして予定の摩擦係数が低下し、そのためベルトが滑って円滑な運転が行われない欠点がある。

この発明は、前記の欠点を除くとともに緊張側のベルトの張力とゆるみ側のベルトの張力の比を常に一定に保つようにして、円滑な運転を行うことができるようにしたものである。

このベルトコンベヤは、つぎに述べる構造からできている。

ドライブプーリ $d_1 \cdot d_2$ とそれに対するアイドルプーリ $i_1 \cdot i_2$ とをそれぞれ並設し、両ドライブプーリにベルトの裏側が接するよう各プーリに順次ベルト b をかけわたす。アイドルプーリ $i_1 \cdot i_2$ には緊張側のベルトの張力 T_1 の変化に応じた張力をゆるみ側 T_3 のベルトに与える機能を有する緊張装置 t を連結する。

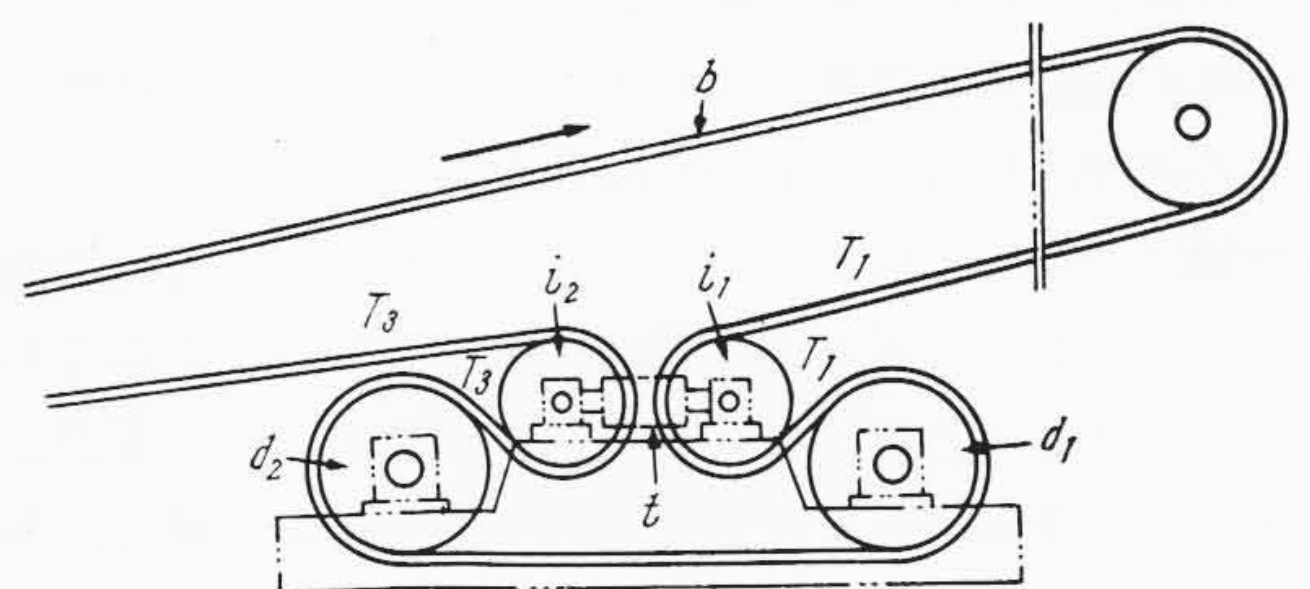
原動機 $m_1 \cdot m_2$ を駆動し、減速機 $g_1 \cdot g_2$ を経てドライブプーリ $d_1 \cdot d_2$ を回転すれば、ベルト b が運転される。

効 果

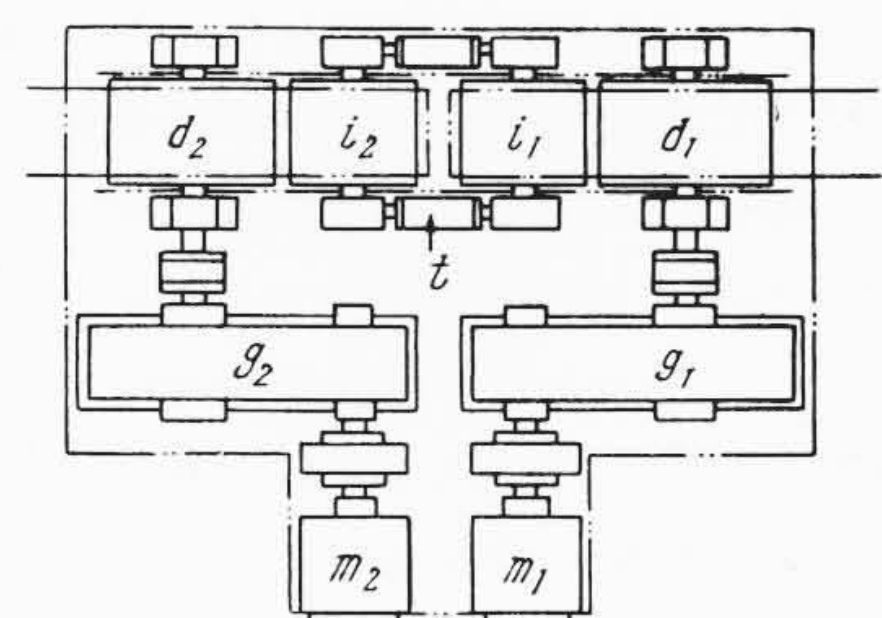
1. 両ドライブプーリ $d_1 \cdot d_2$ とともにベルトの裏面に接しているので、摩擦係数は常に一定となる。したがって、予定の駆動力を確保することができる。また各ドライブプーリの出力を任意に配分することができる。
2. 緊張装置 t のバネ 4 の力を適当に定めることにより、緊張側のベルトの張力 T_1 の変化に応じた張力をゆるみ側のベルトに与えることができるので、両張力の比 T_1/T_3 を常に一定に保つことができる。そのため駆動トルクが安定し確実な運転が行われる。
3. 緊張装置の作動が敏感で、起動時はもちろん負荷の変動に対して急速に、ゆるみ側ベルトの張力を出せるので、ベルトがすべらない。

(富 田)

側 面 図



平 面 図



緊 張 装 置

