

有極继电器磁気回路の解析

二見二郎*

Analysis of the Polarized Relay Magnetic Circuit

By Jirō Futami

Totsuka Works, Hitachi, Ltd.

Abstract

In this article, the permeance of the Bridge Type Polarized Relay is computed and the point of action for the magnet and distribution of magnetic flux are obtained by step-and-step integration. The results of calculation show an effective air gap flux of 27~15% against a total magnetic flux ϕ_{mt} of 3280 maxwells, indicating an unsatisfactory rate of utilization.

Theoretical computation is possible by means of the next equation, where ϕ_m is the point aimed at, and ni the ampere-turns of the line coil through which the current flows.

$$\phi_m = \phi_{mg1} + \phi_{ms1} = \phi_{mg2} + \phi_{ms2} = \text{constant}$$

where

ϕ_{mg1} , ϕ_{mg2} indicate the magnetic flux flowing through air gaps g_1 and g_2
 ϕ_{ms1} , ϕ_{ms2} the magnetic flux flowing through the magnetic shunt on each side of g_1 , g_2

$$f_m = \phi_m^2 \left\{ \frac{P'_{g1}(P_{g1} - P_s)}{(P_{g1} + P_s)^3} + \frac{P'_{g2}(P_{g2} - P_s)}{(P_{g2} + P_s)^3} \right\}$$

$$f_{mi} = \frac{2.51 ni \phi_m K}{(P_s P_g + 2 P_{g1} P_{g2})^2} \left[P'_{g1} \{ P_{g1}^3 P_{g2} + P_{g2}^3 (P_s + 2 P_{g1}) + P_s^3 P_g + 3 P_{g1} P_{g2}^2 P_s \} \right. \\ \left. + 4 P_{g1} P_{g2} P_s^2 - 3 P_{g1}^2 P_{g2}^2 \right] - P'_{g2} \{ P_{g1}^3 (P_s + 2 P_{g2}) + P_{g2}^3 P_{g1} + P_s^3 P_g + 3 P_{g1}^2 P_{g2} P_s \} \\ \left. + 4 P_{g1} P_{g2} P_s^2 - 3 P_{g1}^2 P_{g2}^2 \right]$$

where

P_{g1} , P_{g2} , P_s indicate the permeance of air gaps g_1 , g_2 , and the magnetic shunt

$$P_g = P_{g1} + P_{g2}$$

$$P'_{g1}, P'_{g2} \text{ being } \frac{dP_{g1}}{dx}, \frac{dP_{g2}}{dx}$$

$$K = \frac{2 P_g P_s}{P_g + 2 P_s + 2 P_g P_s R_c}$$

This polarized relay is used for 5~30 c/s and its armature resonance frequency is about 120 c/s. Measurement of this frequency characteristic is possible with the Maxwell Bridge and Super-low Frequency Selective Amplifier.

* 日立製作所戸塚工場

〔I〕 緒 言

有極継電器の解析は従来^{(1)~(6)} 定性的に論ぜられている。しかしいずれも磁気回路に非常に大きな仮定をして現象を簡略化しているために製造者の立場としては判然としない点が多い。

今回は磁気回路の状態にできるだけ仮定をしないで磁石から見た磁気回路とコイルからみた磁気回路を同時に解析したらどうなるかを橋絡型磁気回路を例にとつて吸引力を計算してみた。結果は解析的吸引力表示式としては簡単でないが、その数値計算の過程において吸引力に寄与する状態がわかり、磁気回路設計の具体的諸元をうることができた。

また動的磁気回路の解析としては5~30~の超低周波のインダクタンス測定が必要である。そのためマックスウェルブリッジおよび超低周波選択増幅器を使用して、精度よく周波数特性を測定できたので測定の一例を示す。

〔II〕 研究の方法

解析の一例としてとりあげた有極継電器を第1図に示す。

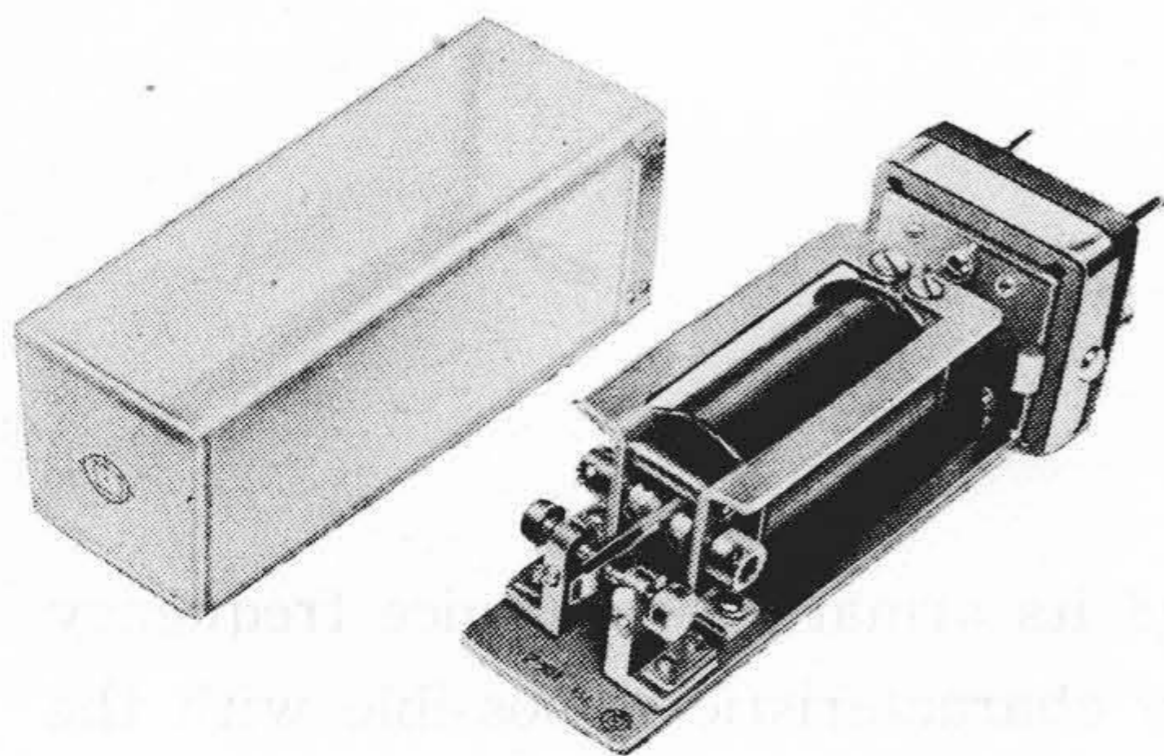
(1) 静的磁気回路の解析

磁気空隙が0.4~0.5mm, 接点間隔が0.05~0.15mm程度であるから微小変位に対する各特性を実験的に求めることは非常に困難で手数がかかる。ゆえに磁気回路の計算により吸引力特性を検討した。

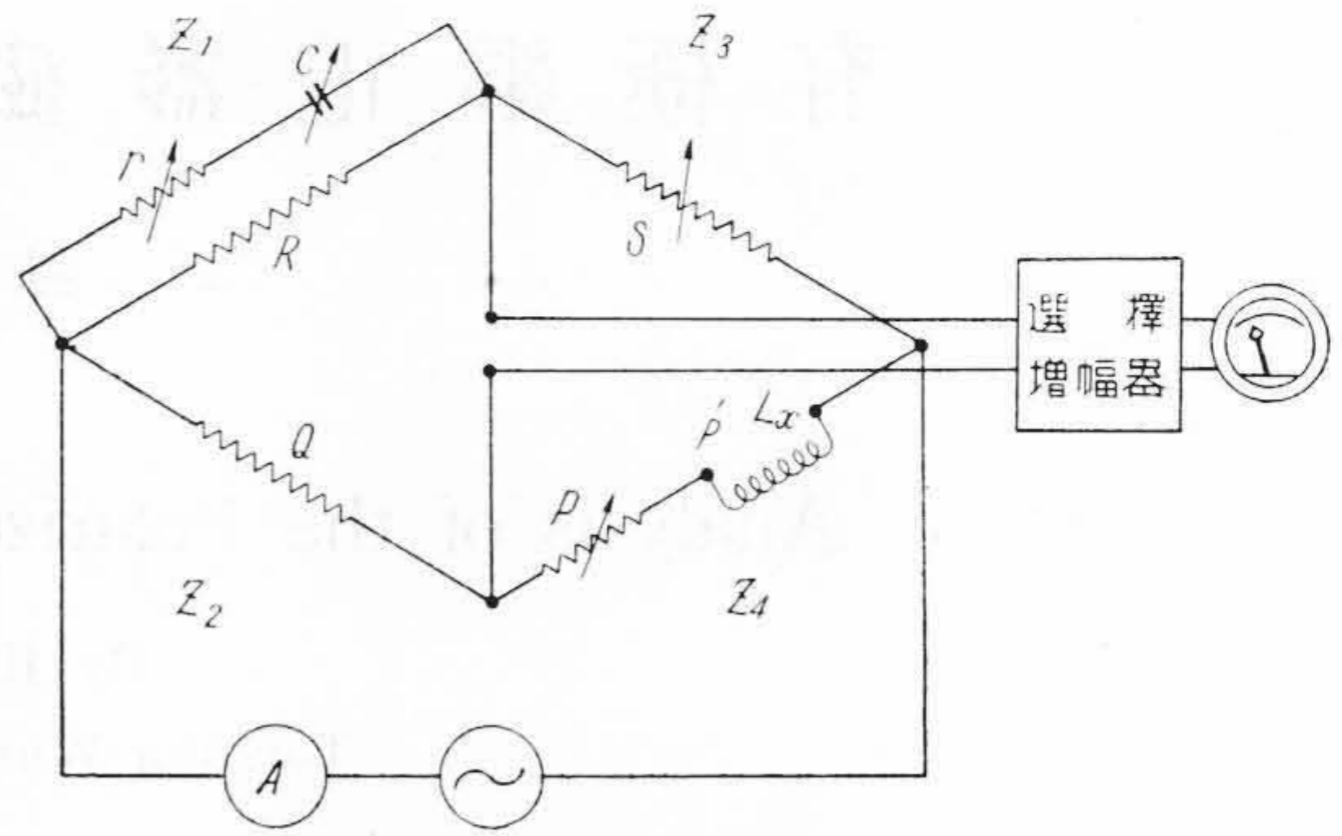
- (a) 磁路の計算各部のパーミアンスを求める。
- (b) 磁石の動作点を階段積分法により求める。
- (c) 吸引力表示式の誘導および計算

(2) 動的磁気回路の解析

使用周波数が5~30~の場合動作状態を解析するためには超低周波での周波数特性を知る必要がある。インダクタンス測定回路を第2図に示す。

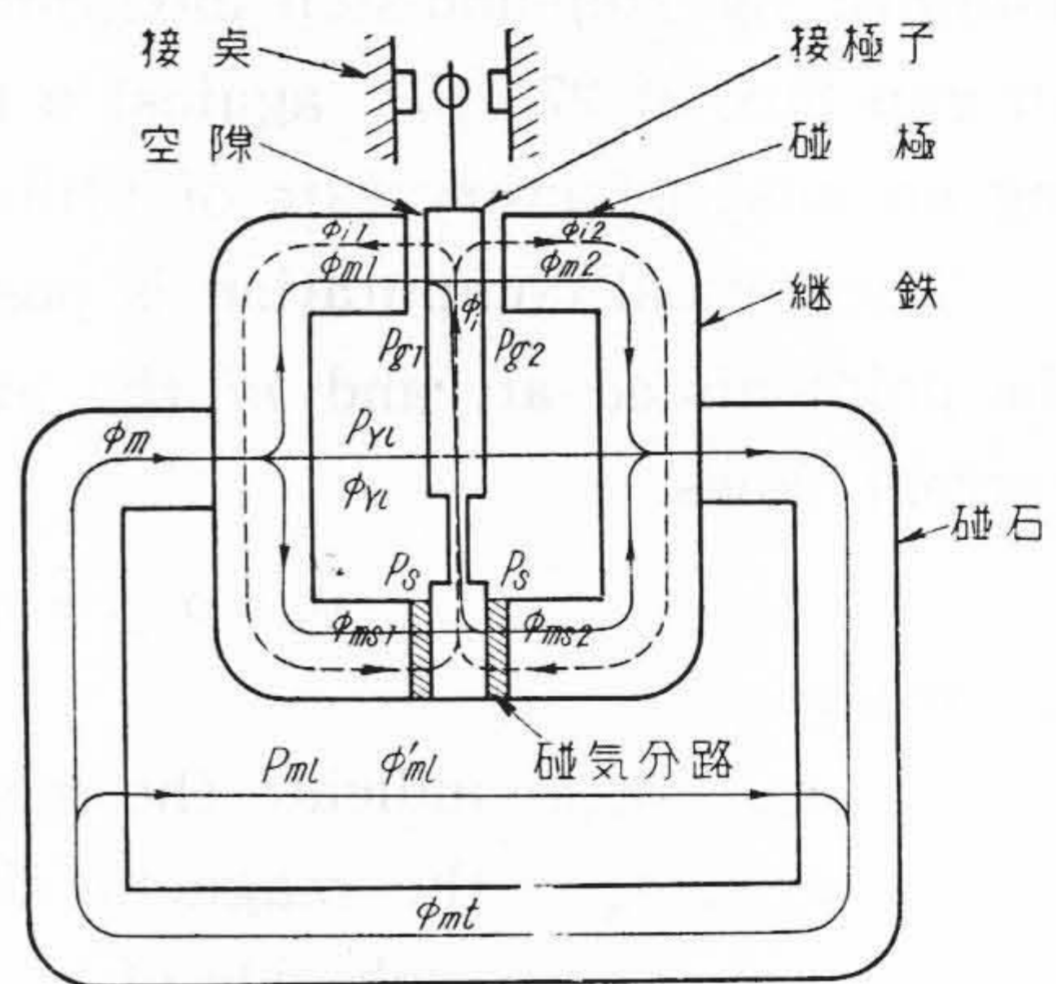


第1図 橋絡型有極継電器
Fig.1. Bridge Type Polarized Relay



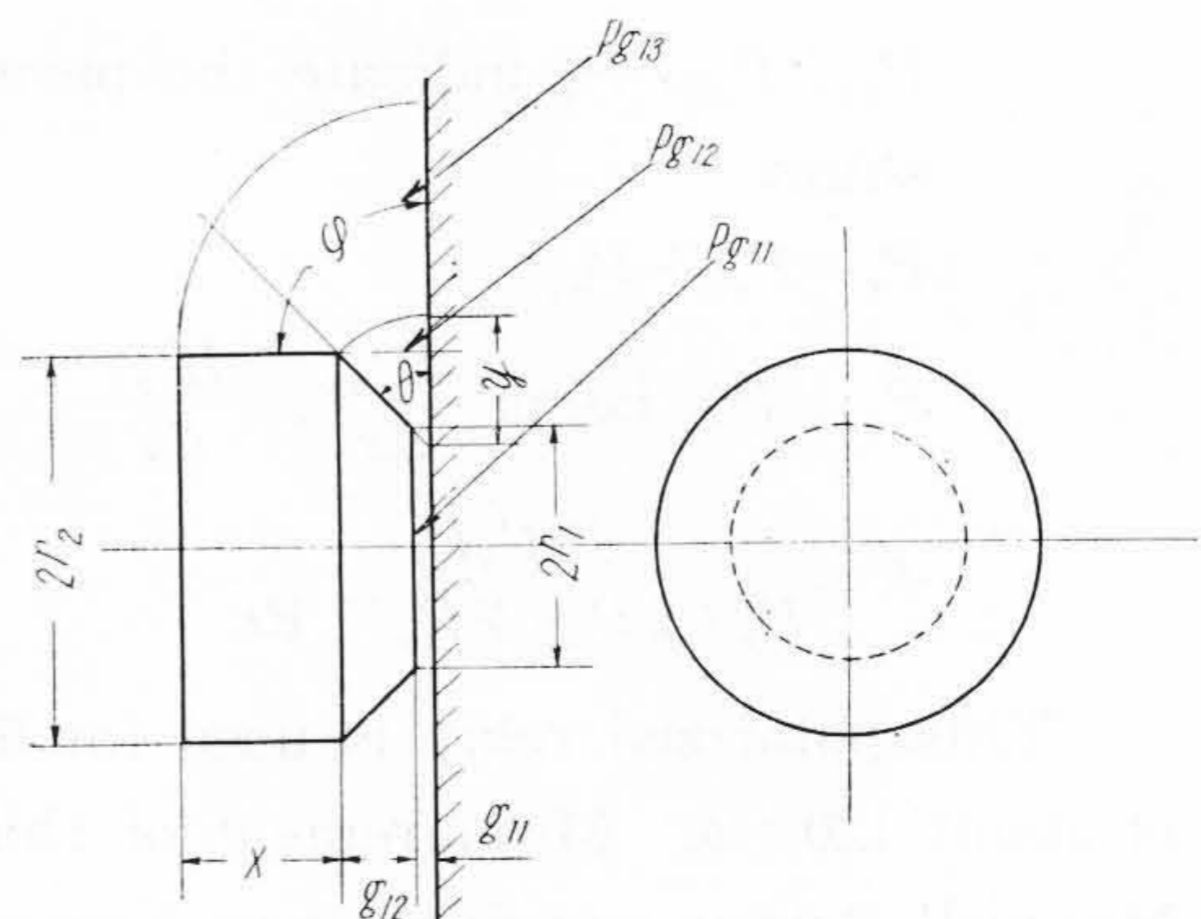
L_x : 試料 Q, R : 比例辺抵抗
 C : 標準可変蓄電器 S, P, R : 可変抵抗

第2図 マックスウェルブリッジ
Fig.2. Maxwell Bridge



ϕ_{mt} : 磁石全磁束 $\phi_{ml} = \phi'_{ml} + \phi_{yl}$: 磁石, 継鉄の漏洩磁束
 $\phi_m = \phi_{m1} + \phi_{ms1} = \phi_{m2} + \phi_{ms2}$: 空隙と磁気分路磁束
 ϕ_{ma} : 接端子磁束 $\phi_i = \phi_{i1} + \phi_{i2}$: 全コイル電流による磁束
 P_{ml} : 磁石漏洩パーミアンス P_{yl} : 継鉄漏洩パーミアンス
 P_s : 磁気分路パーミアンス P_{g1}, P_{g2} : 空隙 g_1, g_2 のパーミアンス

第3図 磁気回路
Fig.3. Magnetic Circuit



第4図 磁極空隙のパーミアンス
Fig.4. Permeance of the Pole Air Gap

平衡した場合は

$$Z_4 = \frac{QS}{R} + \frac{\omega^2 C^2 Q r S}{1 + \omega^2 C^2 r^2} + j \frac{\omega C Q S}{1 + \omega^2 C^2 r^2} \dots\dots (1)$$

となる。 $\omega^2 C^2 r^2$ を 1 に対し省略すれば実効インダクタンス

$$L = CQS \dots\dots (2)$$

である。

〔III〕 磁気回路パーミアンスの計算⁽⁷⁾⁽⁸⁾⁽⁹⁾

磁気回路は第3図のごとくであつて、図の記号により各部のパーミアンスを計算する。

(1) 磁極空隙のパーミアンス (P_{g1}) (P_{g2})

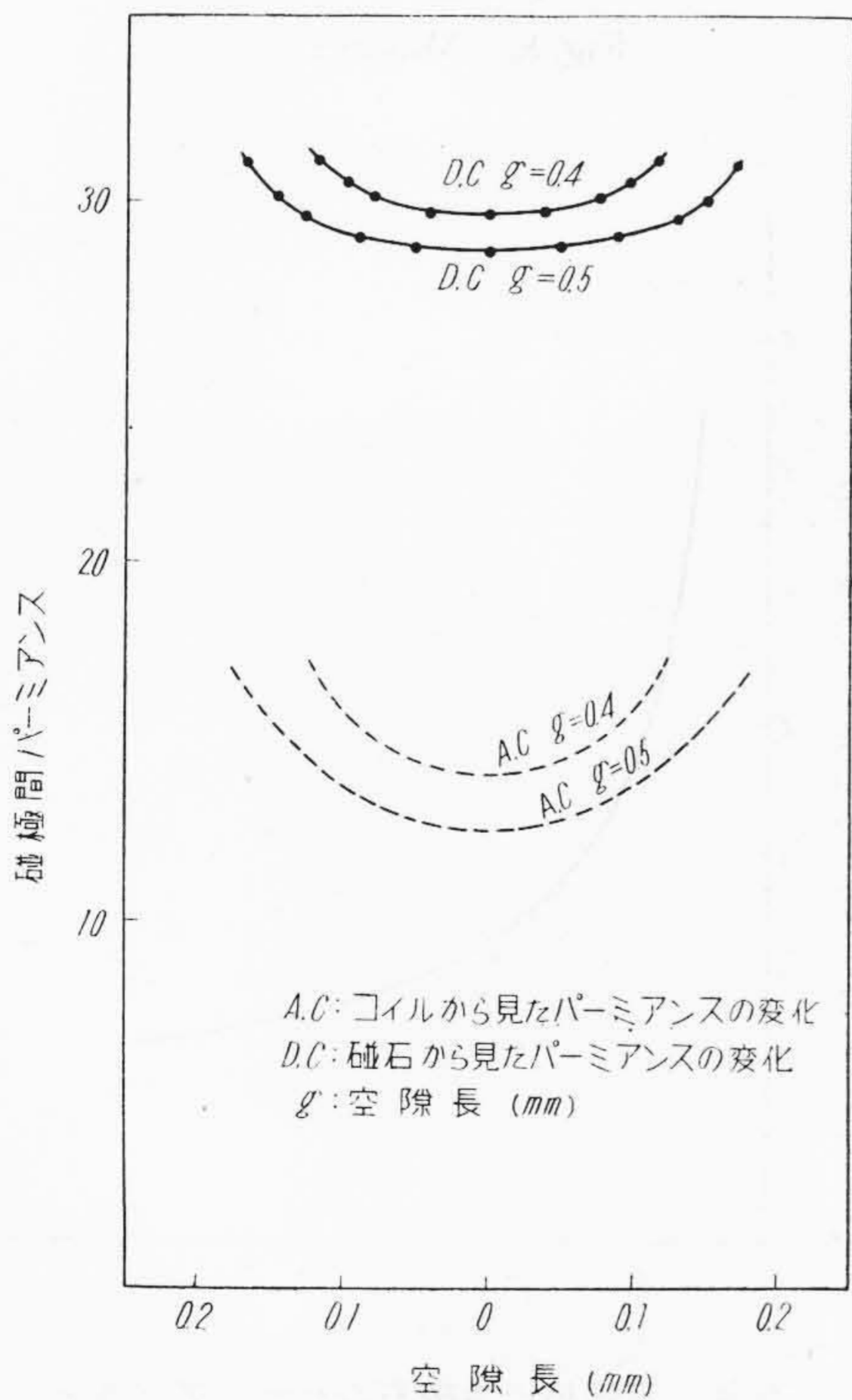
磁極空隙をさらに磁束平等な P_{g11} , 45° 傾斜の P_{g12} 側面の漏洩 P_{g13} に分け第4図の記号で計算する。

$$P_{g11} = \frac{\pi r_1^2}{g_1} \dots\dots (3)$$

$$P_{g12} = \frac{2\pi\sqrt{v^2 - 2g_2^2}}{\cos^{-1}\frac{\sqrt{2}g_2}{v}} \dots\dots (4)$$

ただし $v = (r_1 - \sqrt{2}g_1) \log \frac{g_1 + g_2}{g_1}$

$$P_{g13} = \frac{2\pi\sqrt{w^2 - x^2}}{\cos^{-1}\left(\frac{x}{w}\right)} \dots\dots (5)$$



第5図 接極子変位によるパーミアンスの変化
Fig.5. Change of the Permeance by the Armature Displacement

ただし $w = r_2 \log\left(1 + 2\frac{X + \sqrt{X^2 + 2X(g_1 + g_2)}}{g_1 + g_2}\right)$

ゆえに一方の磁極空隙は

$$P_{g1} = P_{g11} + P_{g12} + P_{g13}$$

他方磁極空隙は

$$P_{g2} = P_{g11} + P_{g22} + P_{g23} \text{ である。}$$

(1)~(2)式に $2r_1 = 0.5 \text{ cm}$, $2r_2 = 0.8 \text{ cm}$ で磁極空隙 g が 0.4 mm および 0.5 mm の場合につき接極子変位に対するパーミアンスの変化を計算すると第5図のようになる。

(2) 継鉄のパーミアンス (P_y)

第6図に構造および等価磁路を示す。平行2角柱は平行2円柱に簡易化してその単位長当りのパーミアンス q_r は(6)式となる。

$$q_r = \frac{\pi}{\log_e(m + \sqrt{m^2 - 1})} \dots\dots (6)$$

ただし $m = \frac{r}{d}$

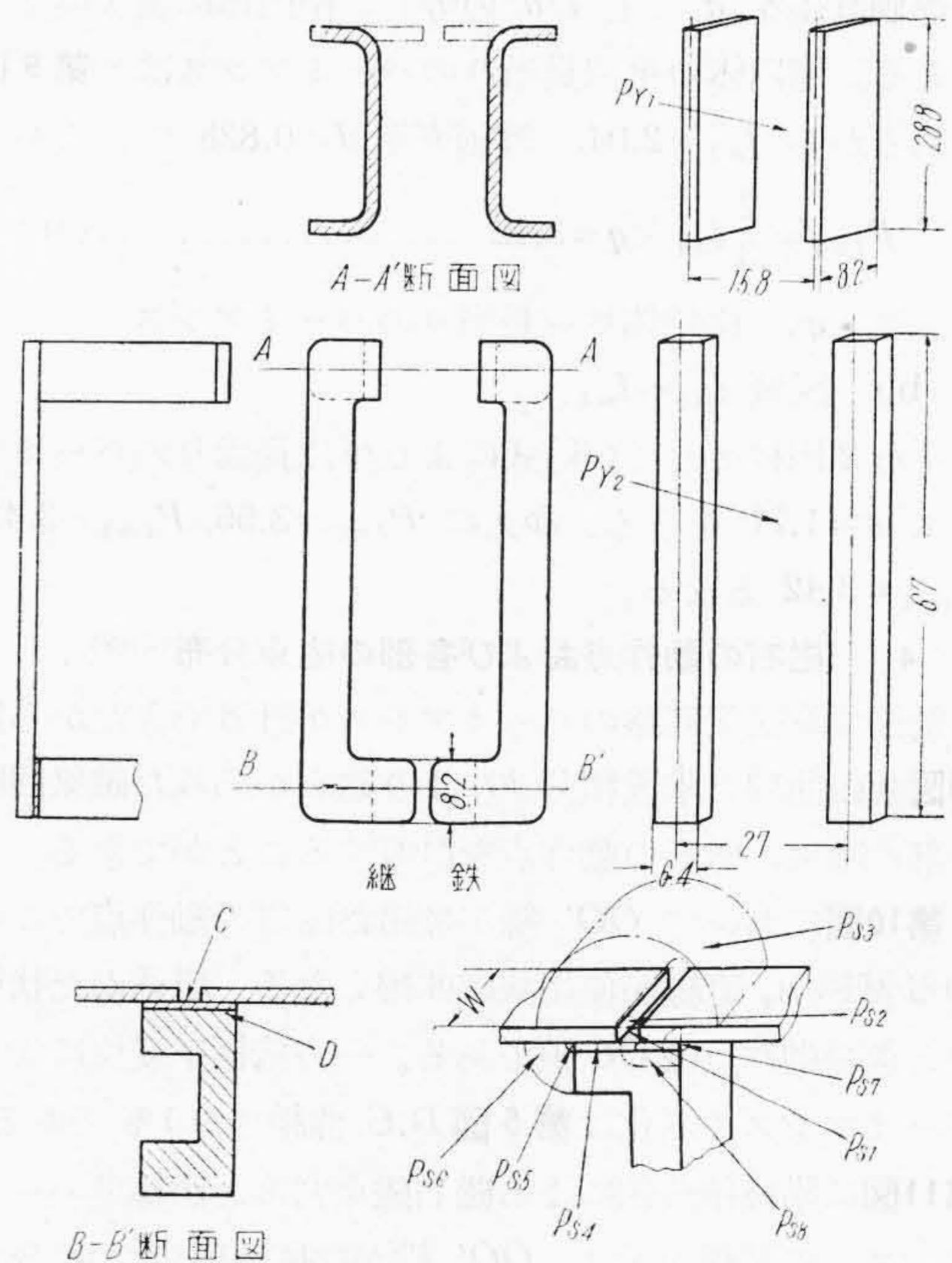
r: 角柱中心距離 (cm)

d: 角柱等価直径 (cm)

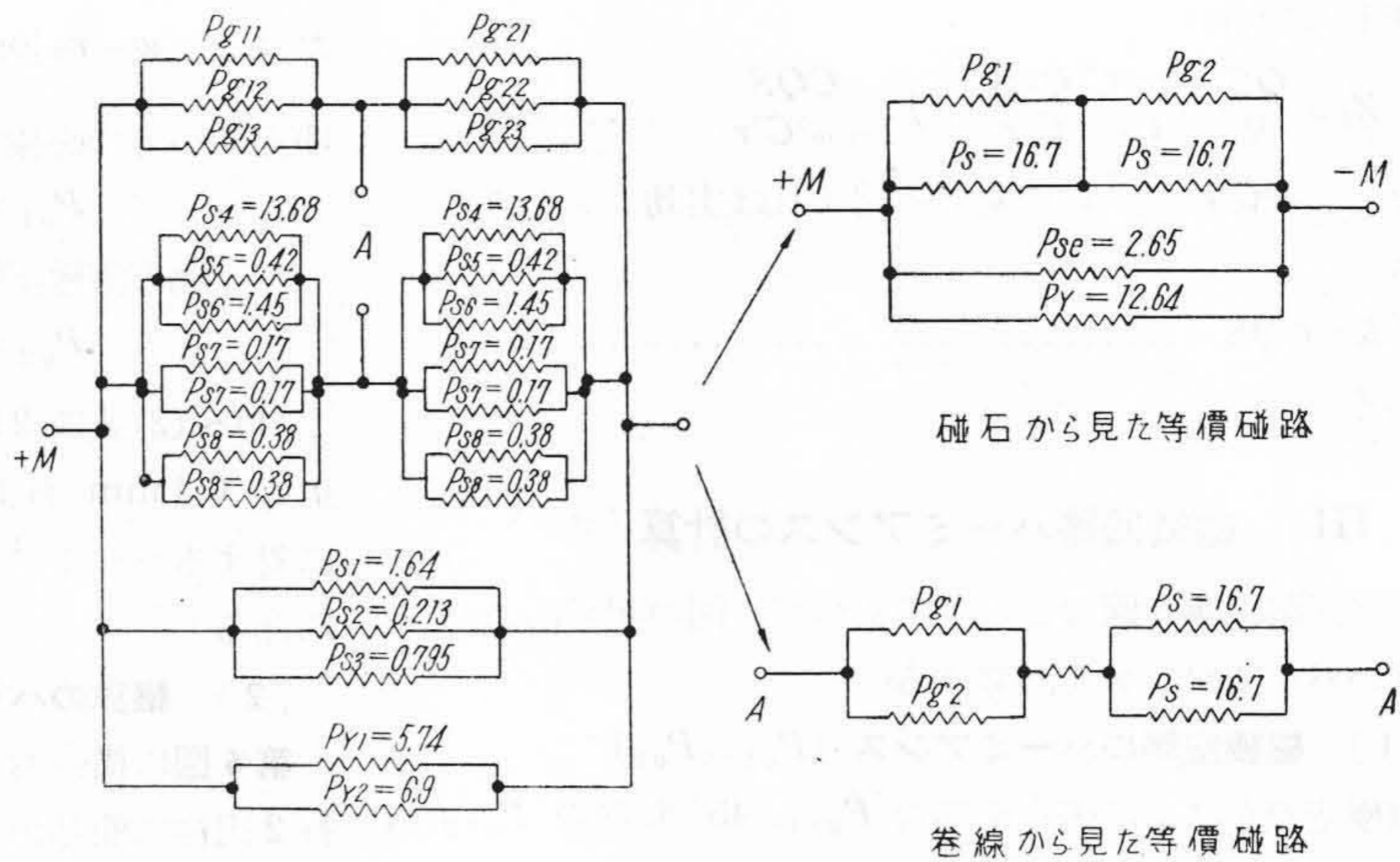
半円形磁路は(7)式である。

$$P = 0.26 l \dots\dots (7)$$

半環帯磁路は(8)式である。



第6図 継鉄と等価磁路 (mm)
Fig.6. York and Equivalent Magnetic Circuit



第7図 等価磁路
Fig. 7. Equivalent Magnetic Circuit

$$P = \frac{l}{\pi} \log_e \left(1 + \frac{2t}{g} \right) \dots \dots \dots (8)$$

ただし t は環帯の厚さ
 l は磁路の幅

以上の式を使つて継鉄各部のパーミアンスを計算すると第7図となる。

(3) 永久磁石のパーミアンスの計算 (P_m)

磁石は第8図の形状寸法で $l_{m1} \sim l_{m4}$ に4分割してパーミアンスを計算する。

(a) 区域 l_{m1}

等価直径を d とし l/d の等しい楕円体に置き換えて考える。楕円体の単位長当りのパーミアンスは⁽⁹⁾第9図であるから $l_{m1}=2.04$, 等価直径 $d=0.828$ であるから

$$P_{l_{m1}} = \frac{2}{3} l_{m1} \times q = 3.12 \dots \dots \dots (9)$$

ここに q : 楕円体単位長当りのパーミアンス

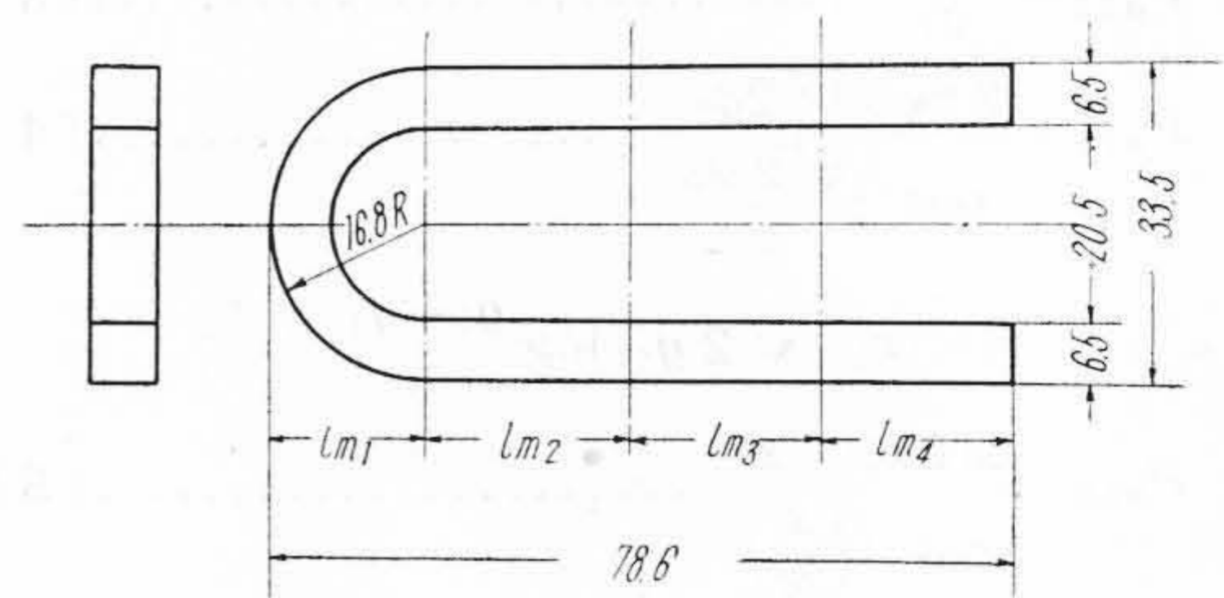
(b) 区域 $l_{m2} \sim l_{m4}$

平行2円柱として(6)式により単位長当りのパーミアンス $q=1.71$ をうる。ゆゑに $P_{l_{m2}}=3.55$, $P_{l_{m3}}=3.42$, $P_{l_{m4}}=3.42$ となる。

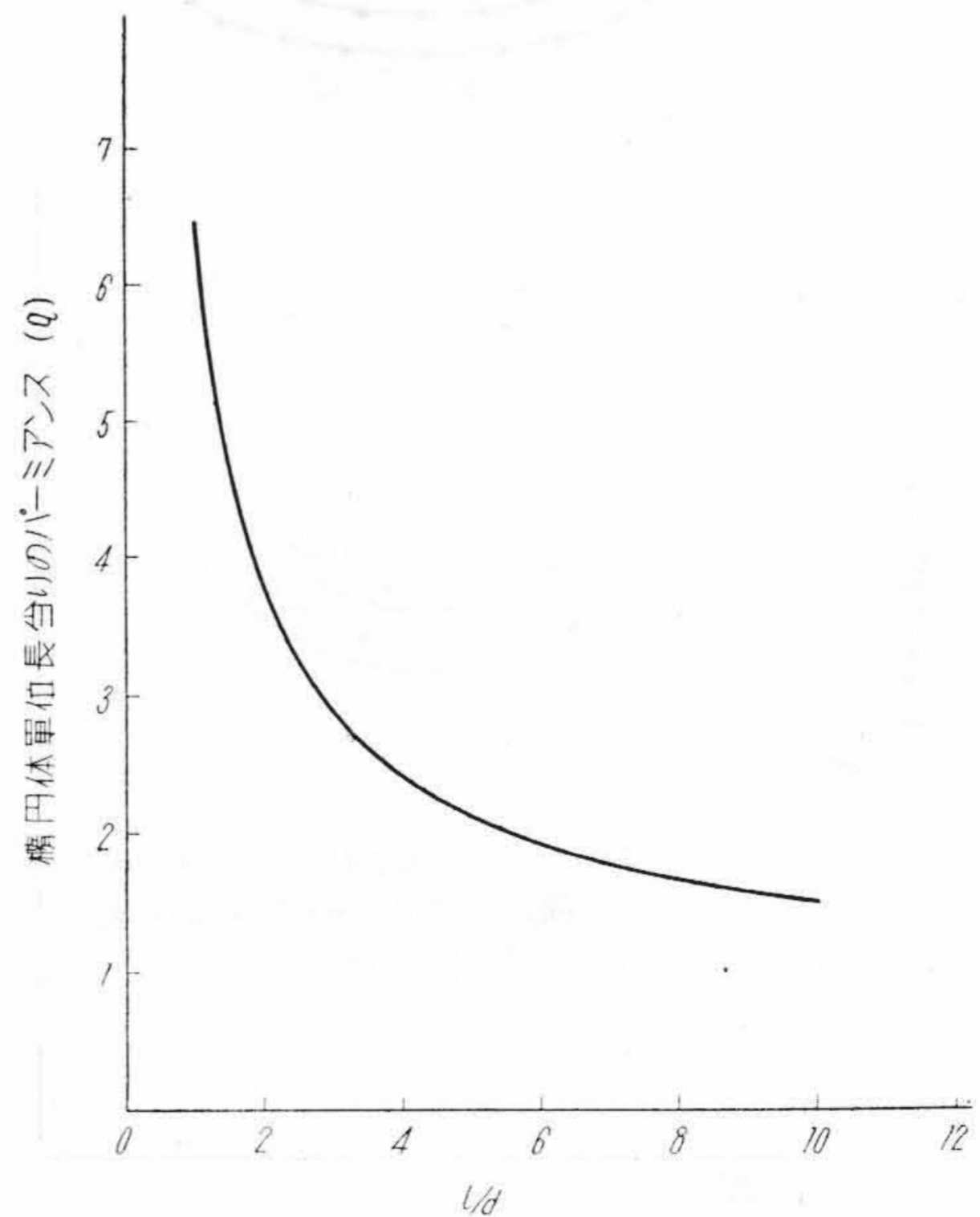
(4) 磁石の動作点および各部の磁束分布⁽⁷⁾⁽⁹⁾

前節で全磁気回路のパーミアンスが計算できたから第10図減磁曲線と階段積分法により磁石からみた磁気回路各部の磁束, 磁石の動作点を計算することができる。

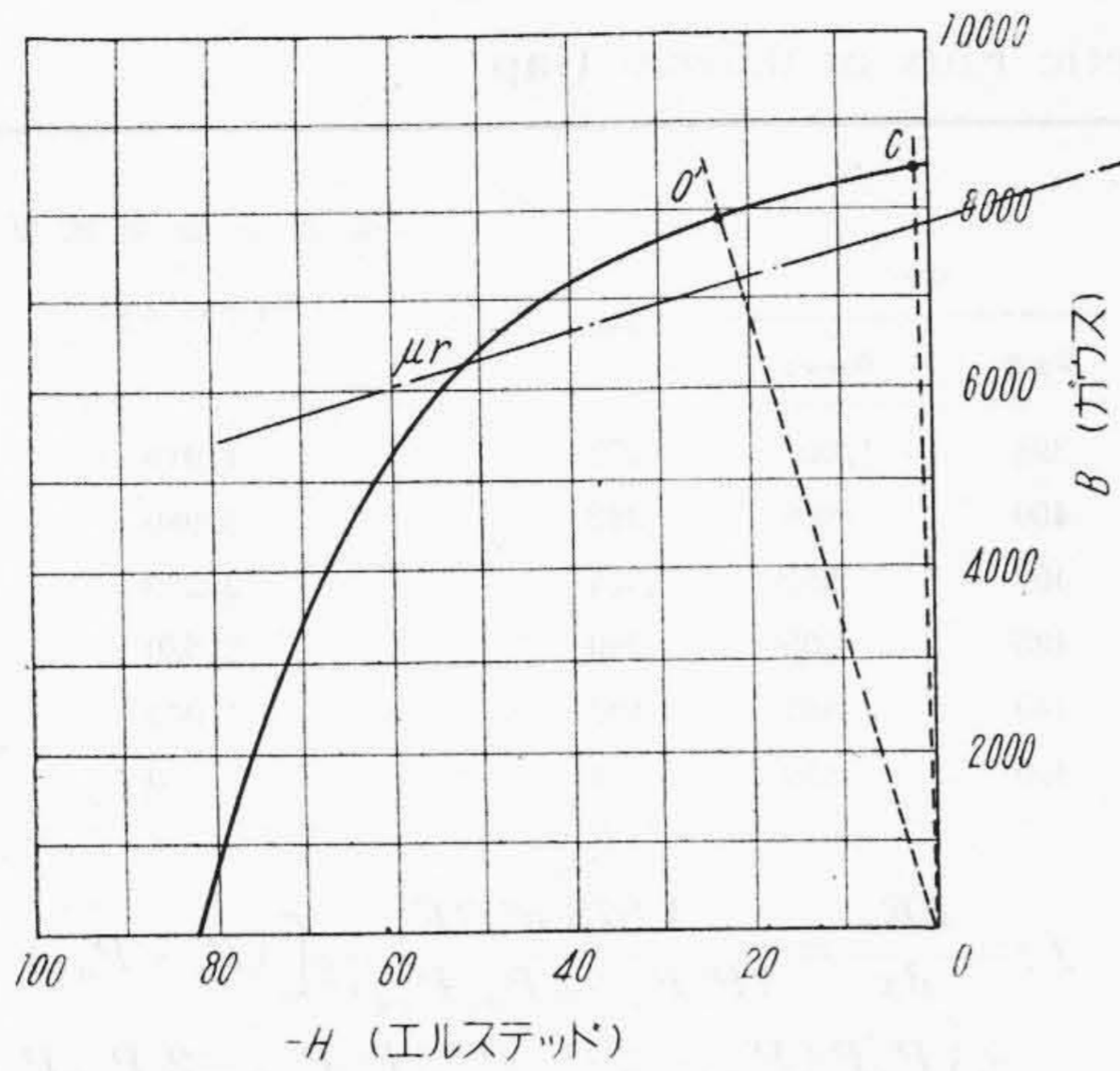
第10図において OO' 線が開磁路磁束の動作点でこの10%減磁 μ_r 直線が使用減磁曲線となる。組込んだ状態のときの動作点は OC 線である。一方接極子変位によるパーミアンスの変化は第5図 $D.C.$ 曲線で9.1%である。第11図に階段積分法による磁石磁束密度と磁極間パーミアンスとの関係を示す。 OO' 線が開磁路磁束の場合で $P_{l_{m4}}=3.42$ であるから開磁路磁束は7,950 ガウスとなる。この値は磁石開磁路実測磁束値の平均7,910 ガウスにほとんど一致している。 CC_2 曲線は組込んだ場合で接



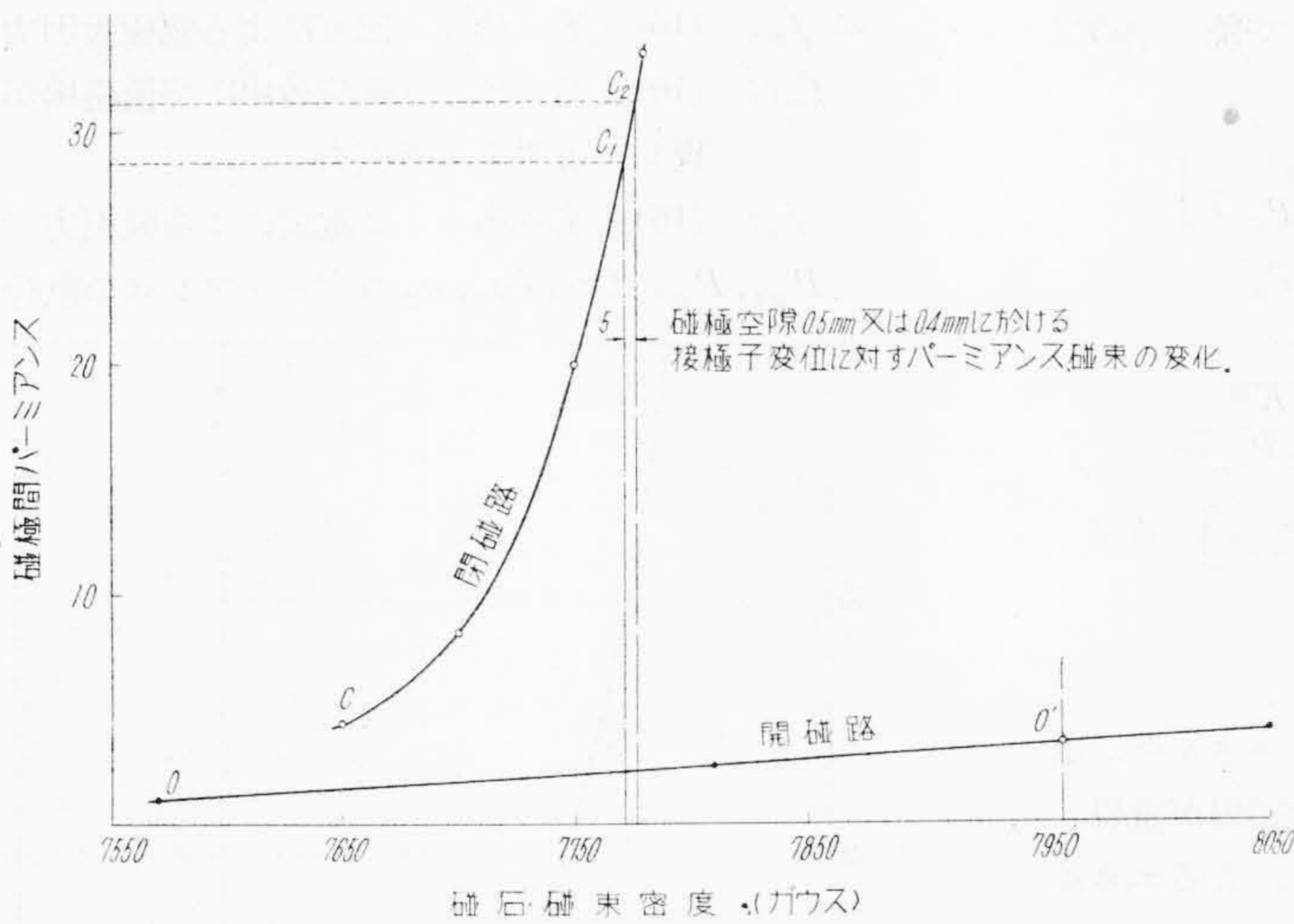
第8図 磁石
Fig. 8. Magnet



第9図 等価楕円体磁石のパーミアンスと l/d の関係
Fig. 9. Relation of Equivalent Ellipsoid Magnet and l/d



第10図 磁石の減磁曲線
Fig.10. Demagnetization Curve for Magnet



第11図 階段積分法による動作磁束密度の決定
Fig.11. Determination of Feed Magnetic Flux Density by Step-by-Step Integration

極子が空隙長 0.5 mm をストップピンの厚さ 0.08 mm まで最大に変化し、パーミアンスは 9.1% 変化しても動作点の磁束密度は 7,771 ガウスが 7,777 ガウスとなり、僅か 0.064% しか変化しない。ゆえに磁石から出る全磁束 ϕ_{mt} は一定としてさしつかえない。

全磁束の分布を計算すると第1表および第2表(次頁参照)がえられる。

コイルからみたパーミアンスの変化は第5図 A.C. 曲線のようになり、接極子中心点から偏位する場合、空隙 0.4 mm で 21.7%, 空隙 0.5 mm で 34.1% 変化する。

[IV] 吸引力の計算

(1) 吸引力表示式の誘導

前節の計算結果より磁石から出る磁束は一定、磁極空隙と磁気分路に通る磁束 ϕ_m は空隙 0.4 mm で最大 5.1% 変化で一定とみなしてもよい。第3図において直流磁気回路として接極子のリラクタンスを無視できるから

$$\phi_m = \phi_{m1} + \phi_{s1} = \phi_{m2} + \phi_{s2} = \text{一定}$$

$$\phi_{m1} = \phi_m \frac{P_{g1}}{P_{g1} + P_s} \quad \phi_{m2} = \phi_m \frac{P_{g2}}{P_{g2} + P_s} \dots\dots\dots (10)$$

$$\phi_i = \frac{0.4 \pi n i}{\frac{1}{P_g} + \frac{1}{2 P_s} + R_c} \dots\dots\dots (11)$$

ここに R_c : 接極子のリラクタンス

$$\phi_{i1} = \phi_i \frac{(P_s + P_{g2}) P_{g1}}{P_s P_g + 2 P_{g1} P_{g2}}$$

$$\phi_{i2} = \phi_i \frac{(P_s + P_{g1}) P_{g2}}{P_s P_g + 2 P_{g1} P_{g2}} \dots\dots\dots (12)$$

ここに $P_g = P_{g1} + P_{g2} = \text{一定}$

まず空隙 g_1 の磁界のエネルギー E_{g1} を考える。電磁単位で

$$E_{g1} = \frac{V(H_{mg1} + H_{ig1})^2}{8\pi} \dots\dots\dots (13)$$

ここに V は g_1 空隙の体積
 H_{mg1}, H_{ig1} はそれぞれ磁石、コイルによる磁界の強さ

第1表 空隙 0.4 mm における直流磁束分布 (マックスウェル)
Table 1. Distribution of D.C. Magnetic Flux at 0.4 mm Gap

全磁束 区分 空隙	$\phi_{mt} = 2,800$						接極子磁束密度 (Gauss)	
	ϕ_{mt}	ϕ_m	g_1		g_2			ϕ_{ma}
			ϕ_{m1}	ϕ_{ms1}	ϕ_{m2}	ϕ_{ms2}		
g_1 0.08 ~ g_2 0.32 mm	1,370	1,430	888	542	475	955	405	4,220
g_1 0.1 ~ g_2 0.3 mm	1,400	1,400	800	600	480	920	320	3,330
g_1 0.12 ~ g_2 0.28 mm	1,420	1,380	732	648	490	890	240	2,500
g_1 0.16 ~ g_2 0.24 mm	1,437	1,363	638	725	523	840	120	1,250
g_1 0.2 ~ g_2 0.2 mm	1,443	1,357	571	789	571	789	0	0

第2表 空隙0.5mmにおける直流磁束分布 (マックスウェル)

Table 2. Distribution of D.C. Magnetic Flux at 0.5 mm Gap

全磁束 区分 空隙	$\phi_{mt}=2,800$							接極子磁束密度 (Gauss)
	ϕ_{ml}	ϕ_m	g_1		g_2		ϕ_{ma}	
			ϕ_{m1}	ϕ_{ms1}	ϕ_{m2}	ϕ_{ms2}		
g_1 0.08~ g_2 0.42 mm	1,400	1,400	869	531	398	1,002	471	4,910
g_1 0.1 ~ g_2 0.4 mm	1,430	1,370	782	588	400	969	382	3,980
g_1 0.12~ g_2 0.38 mm	1,465	1,360	723	637	407	952	314	3,270
g_1 0.16~ g_2 0.34 mm	1,470	1,330	625	705	425	905	200	2,080
g_1 0.2 ~ g_2 0.3 mm	1,490	1,310	550	760	449	861	100	1,040
g_1 0.25~ g_2 0.25 mm	1,500	1,300	490	810	490	810	0	0

この(13)式はならん仮定を含まない一般式で、これを
変形して(14)式をうる。

$$E_{g1} = \frac{1}{8\pi} (\phi_{m1}^2 + 2\phi_{m1}\phi_{i1} + \phi_{i1}^2) \frac{1}{P_{m1}} \dots\dots (14)$$

同様に

$$E_{g2} = \frac{1}{8\pi} (\phi_{m2}^2 - 2\phi_{m2}\phi_{i2} + \phi_{i2}^2) \frac{1}{P_{m2}} \dots\dots (15)$$

(14)式, (15)式に(10)~(12)式を入れて空隙の全磁気
エネルギーEを求めると(16)式となる。

$$E = \frac{1}{8\pi} \left[\phi_m^2 \left\{ \frac{P_{g1}}{(P_{g1} + P_s)^2} + \frac{P_{g2}}{(P_{g2} + P_s)^2} \right\} + \frac{2.51 ni\phi_m K}{(P_s P_g + 2 P_{g1} P_{g2})} \left\{ \frac{(P_{g2} + P_s) P_{g1}}{(P_{g1} + P_s)} - \frac{(P_{g1} + P_s) P_{g2}}{(P_{g2} + P_s)} \right\} + \frac{1.578 n^2 i^2 K^2}{(P_s P_g + 2 P_{g1} P_{g2})^2} \times \left\{ (P_s + P_{g2}) P_{g1}^2 + (P_s + P_{g1})^2 P_{g2} \right\} \right] \dots (16)$$

ここに $K = \frac{2 P_g P_s}{P_g + 2 P_s + 2 P_g P_s R_c}$

(16)式において第一項は磁石のみによるエネルギー, 第二項は磁石の磁場にコイル電流による交流磁場が重畳したエネルギー, 第三項はコイルの起磁力のみによるエネルギーである。通常第三項は省略される。

ゆえに吸引力は(16)式のエネルギーを変位xに対し微分すればえられる。

$$f_m = \frac{dE_m}{dx} = \phi_m^2 \left\{ \frac{P'_{g1}(P_{g1} - P_s)}{(P_{g1} + P_s)^3} + \frac{P'_{g2}(P_{g2} - P_s)}{(P_{g2} + P_s)^3} \right\} \dots\dots (17)$$

$$f_{mi} = \frac{dE_{mi}}{dx} = \frac{2.51 ni\phi_m K}{(P_s P_g + 2 P_{g1} P_{g2})^2} \times \left[P'_{g1} \left\{ P_{g1}^3 P_{g2} + P_{g2}^3 (P_s + 2 P_{g1}) + P_s^3 P_g + 3 P_{g1} P_{g2}^2 P_s + 4 P_{g1} P_{g2} P_s^2 - 3 P_{g1}^2 P_{g2}^2 \right\} - P'_{g2} \left\{ P_{g1}^3 (P_s + 2 P_{g2}) + P_{g2}^3 P_{g1} + P_s^3 P_g + 3 P_{g1}^2 P_{g2} P_s + 4 P_{g1} P_{g2} P_s^2 - 3 P_{g1}^2 P_{g2}^2 \right\} \right] \dots\dots (18)$$

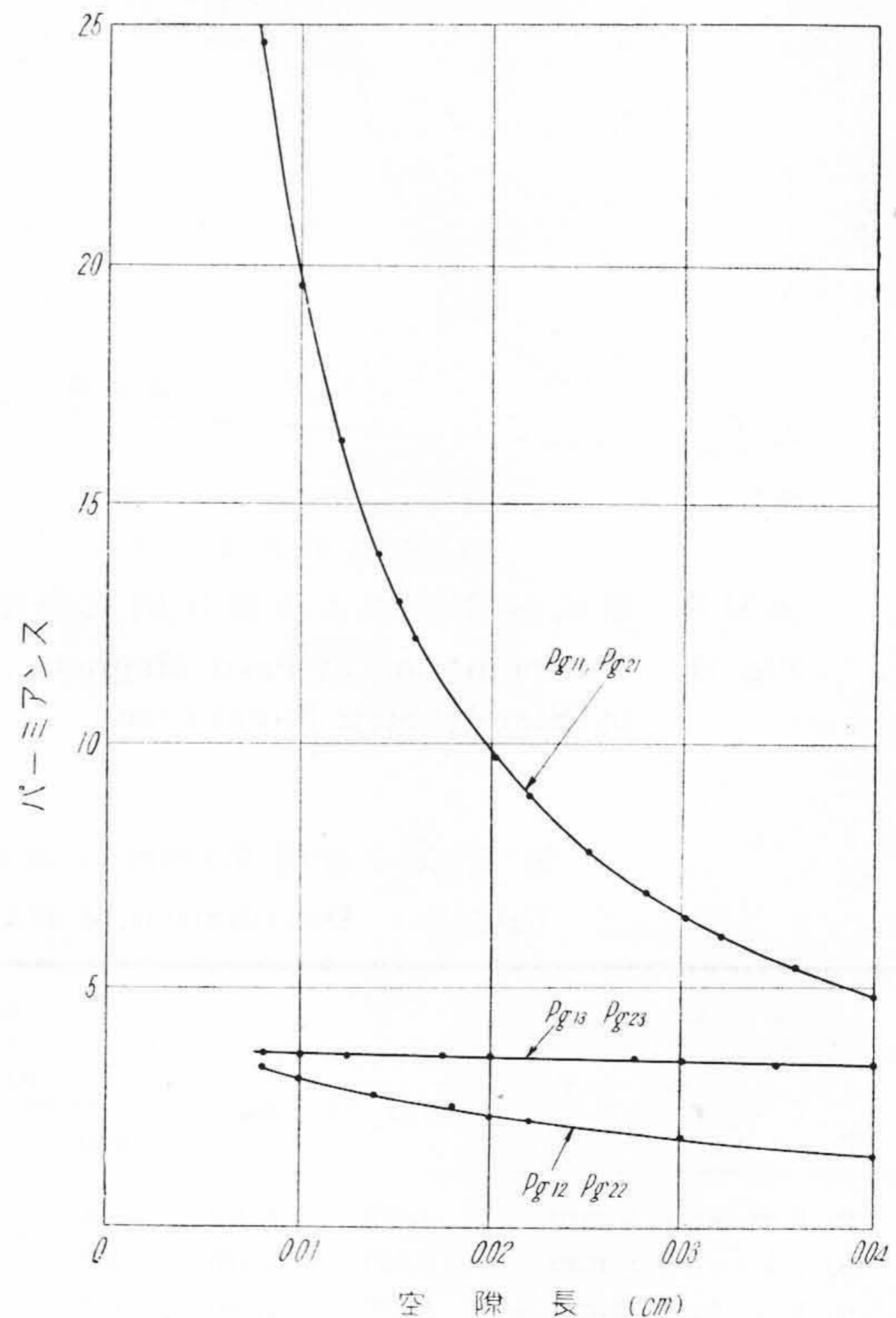
$$f_i = \frac{dE_i}{dx} = \frac{1.578 n^2 i^2 K}{(P_s P_g + 2 P_{g1} P_{g2})^3} \left[(P_s + P_{g1}) \times \left\{ P_g P_s^2 P'_{g2} + 2 P_{g1} P_{g2} (P_s P'_{g1} - 2 P_{g1} P'_{g2}) + P_{g1} P_s P'_{g2} (P_{g1} - P_{g2}) \right\} + (P_s + P_{g2}) \times \left\{ P_g P_s^2 P'_{g1} + 2 P_{g1} P_{g2} (P_s P'_{g2} - P_{g2} P'_{g1}) + P_{g2} P_s P'_{g1} \right\} \right] \dots\dots (19)$$

ここに f_m : (16)式第一項より磁石による偏極吸引力

f_{mi} : (16)式第二項より直流磁場に交流磁場が重畳して応動する吸引力

f_i : (16)式第三項コイル電流による吸引力

P'_{g1}, P'_{g2} は空隙 g_1, g_2 のパーミアンスの微分値



第12図 空隙パーミアンスの計算値

Fig.12. Computation of Air Gap Permeance

(2) 吸引力の計算

(A) 各パーミアンスの接極子変位に対する微分

(17)(18)(19)式を計算するためには第12図 $P_{g11}P_{g12}$ $P_{g21}P_{g22}$ の微分を(3)(4)式で計算する。計算結果を第3表に示す。

(B) f_m : 磁石による偏極吸引力の計算

(17)式に第12図、第3表の値を代入すれば f_m が計算できる。(17)式において P_{g1}^1 は 2,000 程度に対し P_{g1} $P_s P_{g2}$ は 40 以下であるから f_m に対しては磁場の傾斜が一番影響することがわかる。計算結果を第13図に示す。図において OX は接極子ステイフネス、 AY は接極子の舌片が接点についてからのステイフネスとする。すなわち O 点は接極子の中性点にあるときで、微小偏位では偏極吸引力よりステイフネスにより O 点にもどる力がきわめて僅か大きい。だんだん偏位を増すと吸引力の方が大となり、いわゆる磁気バイアスが生ずる。 A 点は舌片接点間隙を磁極空隙に換算したもので接点間隔 0.1 mm 相当のところである。この点よりステイフネスは AY 直線となり、磁極空隙 B 点で接極子は平衡を保ち接点には AB 相当の接点圧力を持つ。無定位型でもしコイル電流により接極子が磁極側に吸引されたとしてもストップピンが図のように BC 間にあれば接極子平衡点は B 点にもどる。安定であるためには AC 間で平衡を保ち、所要の f_m を持っていることである。

(C) コイル電流に応動する吸引力の計算

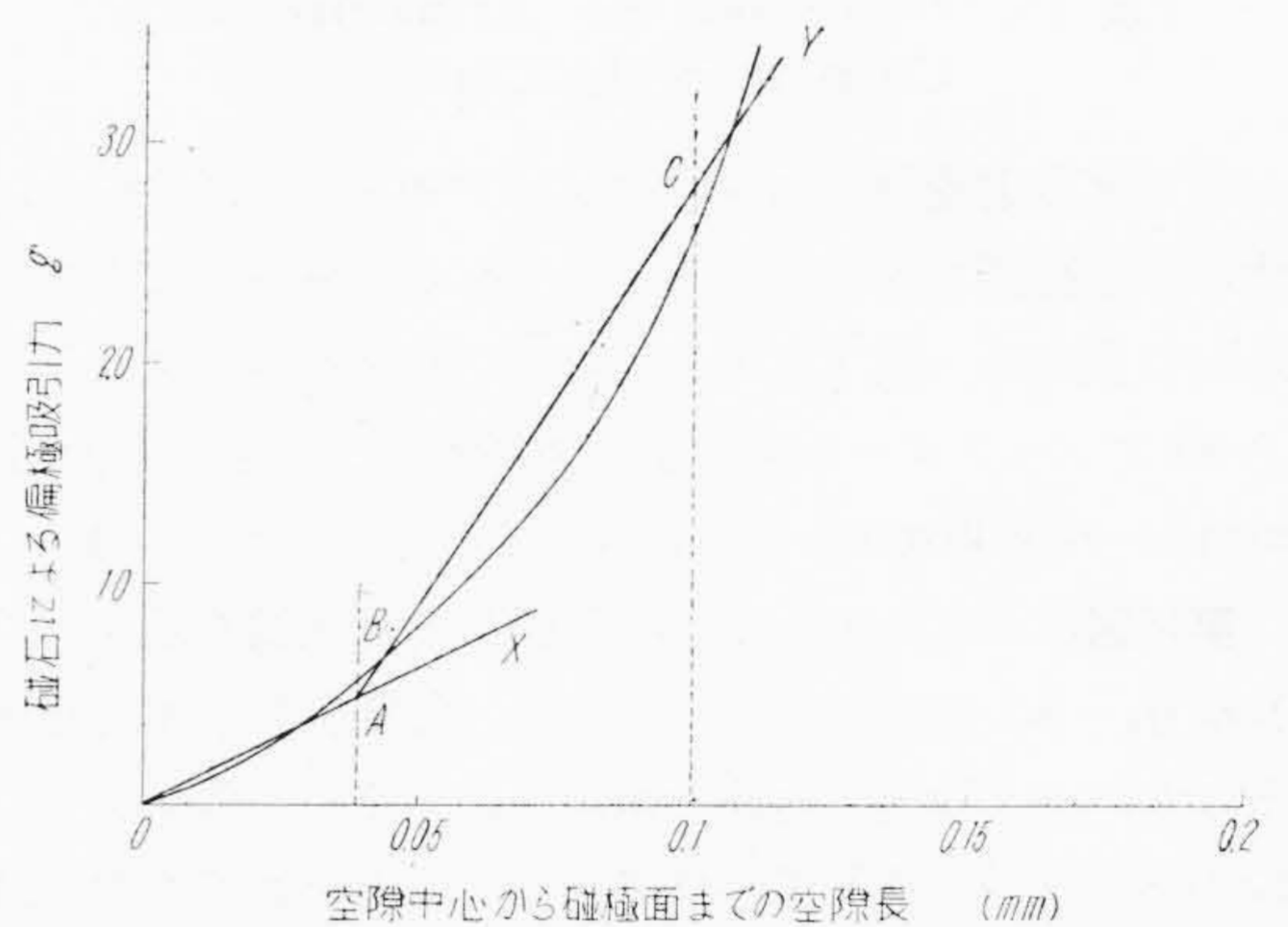
この吸引力は(18)式であたえられる。式において K は継鉄、磁極の導磁率によるリラクタンスは無視して接極子の飽和によるリラクタンスのみを考慮に入れたものである。今一例として空隙 $g_1=0.1$ mm の場合につき ϕ_j を計算してみる。全空隙 0.4 mm で $g_1=0.1$ mm では第1表により磁石による接極子偏極磁束密度は 3,000 ガウスである。コイル電流による磁束がこれに相加わる場合を $+\mu_i$ 、打消す方向になる場合を $-\mu_i$ なる符号で導磁率をあらわせば第14図 μ_i 曲線となる。この μ_i を用いて ϕ_i を計算すると同図の $+\phi_i - \phi_i$ 計算値となる。 $+\phi_i$ により吸着する力となり $-\phi_i$ で反撥応動する力となる。実測値の測定条件を計算値の条件と同一にすることは困難で、この実測値と比較してただちに精度何%とは結論できないが、一番問題

第3表 空隙パーミアンスの微分値

Table 3. Differential Calculus of Air Gap Permeance

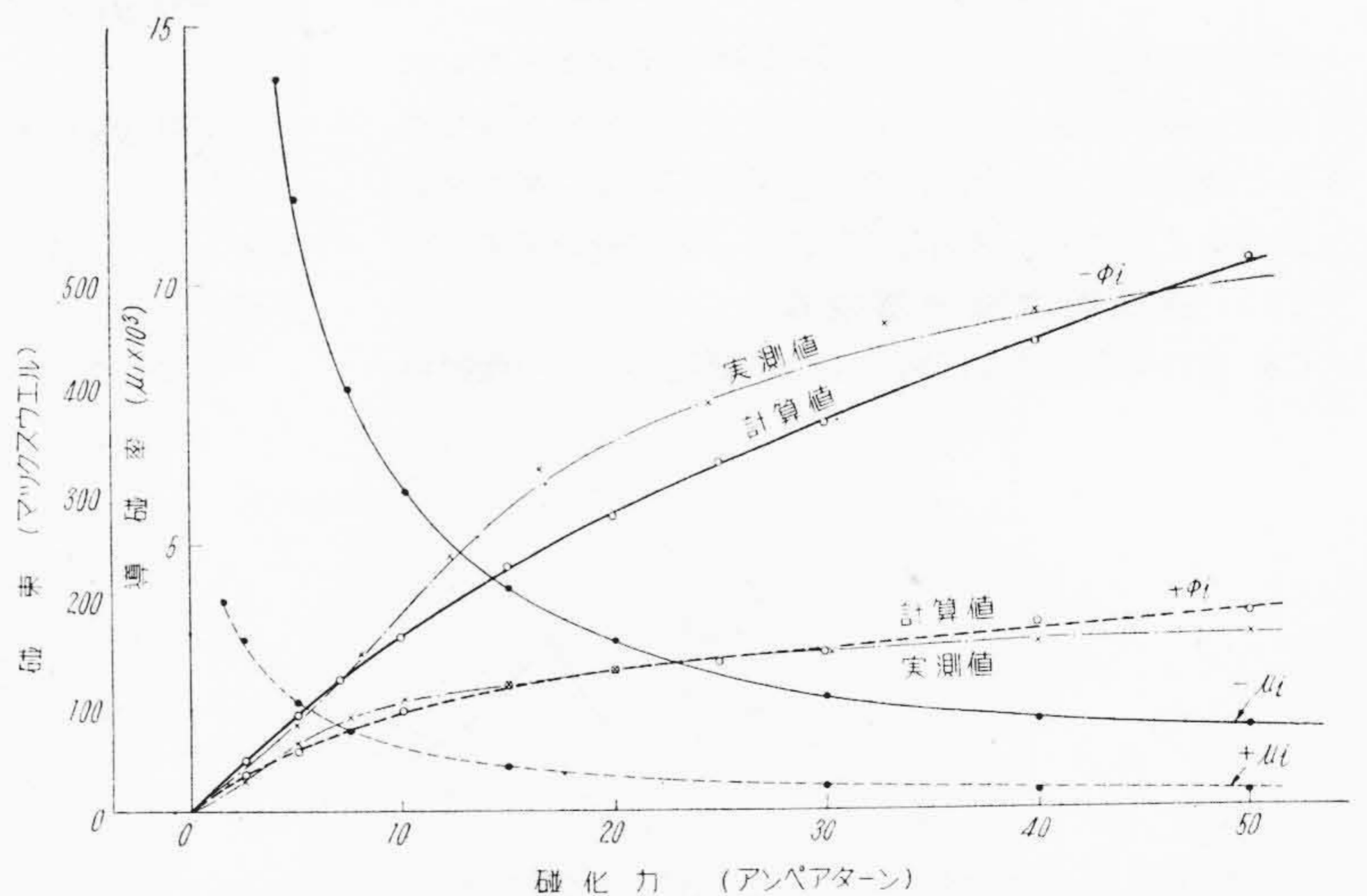
g_1 (mm)	$\frac{dP_{g11}}{dx}$	$\frac{dP_{g12}}{dx}$	$\frac{dP_{g21}}{dx}$	g_2 (mm)	$\frac{dP_{g21}}{dx}$	$\frac{dP_{g22}}{dx}$	$\frac{dP_{g22}}{dx}$
0.08	3,067	164	3,231	0.32	191	60	251
0.1	1,963	137	2,100	0.3	218	63	281
0.12	1,363	120	1,483	0.28	250	66	316
0.16	768	95	863	0.24	340	73	413
0.2	419	80	571	0.2	491	80	571

但し $g_1+g_2=0.4$ mm の場合



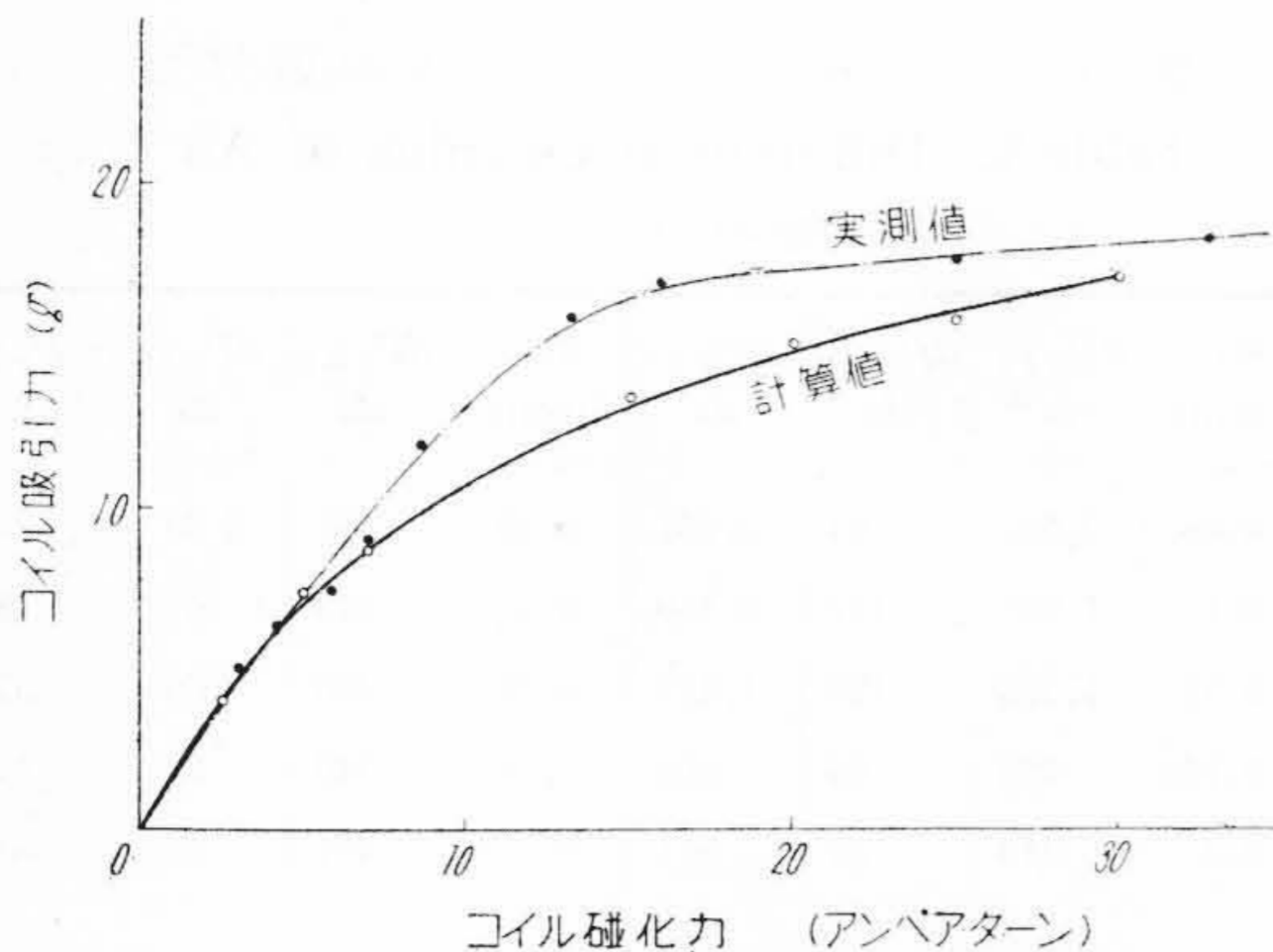
第13図 偏極吸引力と接極子ステイフネスの関係

Fig. 13. Relation between Magnetic Bias force and Armature Stiffness



第14図 偏極磁束密度 3,000 ガウスにおけるコイル電流による接極子の磁化特性および導磁率

Fig. 14. Magnetization Curve and Permeability of Armature. When Current Flows in the Coil at Bias Flux Density 3,000 gauss



第15図 コイル電流による吸引力特性
Fig.15. Force on the Armature with Current in the Coil

となる感動電流附近 4~8 アンペアターンでは 10% 以内の誤差範囲で論議できるようである。+ ϕ_i は全域にわたり傾向が一致するが、- ϕ_i は 10 アンペアターンから 40 アンペアターン実測値の方が大きい。 μ_i は内径 33 mm ϕ 、外径 45 mm ϕ の環状試料で測定したものである。

第15図にコイル吸引力の計算結果と実測値を示す。これは $g_1=0.1$ mm の場合であるが、各変位につき計算することにより吸引力特性の傾向がわかる。このリレーの最小感動電流は 4.1 アンペアターン以下を論ずるので計算値で十分検討できる。10アンペアターン以上の差についてはパーミアンスの計算、 μ_i の測定、吸引力特性の実験方法の検討によりさらに精度を向上したい。

[V] 周波数特性の測定

動的磁気回路の解析のため 5~150 \sim インピーダンスを測定し複素平面上に共振周波数附近で円形の軌跡を画かせて検討できる。今回はこの超低周波のインダクタンス測定法として選択増幅器の特性と一測定例を示す。

(1) 超低周波選択増幅器

CR 並列回路を饋還回路にもつ増幅器で、その選択特

性を第16図に示す。選択周波数は 5, 6, 7, 8, 9, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 45 \sim およびその 10 倍, 100 倍で同調尖鋭度は第二高調波第三高調波とも基本波より約 10db 減衰としてある。第17図の写真波形は A が選択増幅にしない場合で高調波のため非常に波形が乱れ、これではマックスウェルブリッジの平衡点が見出せない。選択増幅させると B のように基本波のみとなり、所要周波数のインダクタンスが精度よく測定できる。

第18図は第2図マックスウェルブリッジにより測定した有極継電器のインダクタンスの周波数特性である。曲線 (1) は共振点におけるインダクタンスの変化に重点をおき、磁極は磁極さゝえまで後退させ空隙が最大となっている。127 \sim 附近で共振するためインダクタンスが著るしく変化している。曲線 (2) は所要の無定位型に調整した場合のインダクタンスで、このような周波数特性で実際には動作していることを示す。

[VI] 結 言

(1) 磁気回路

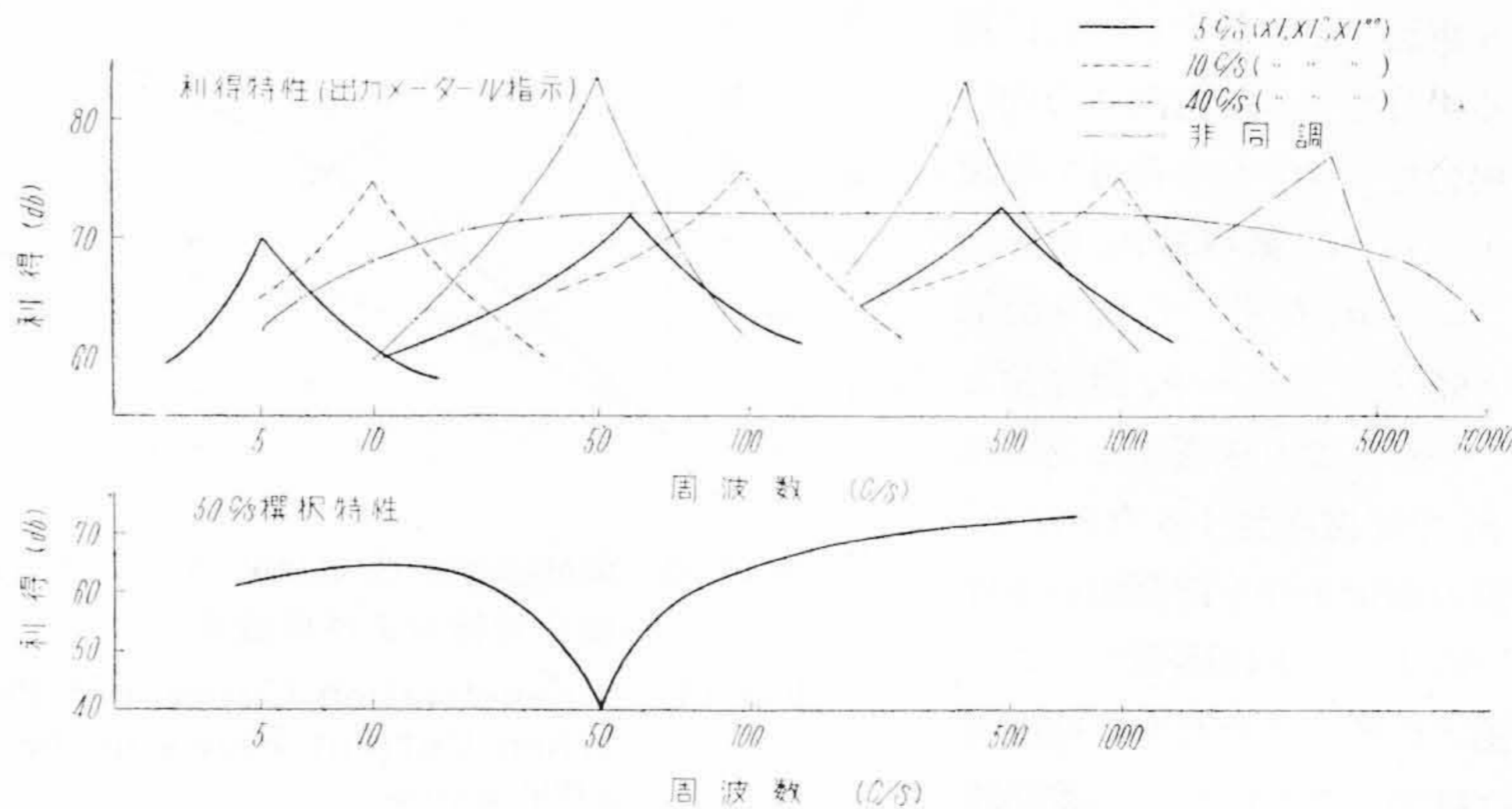
各部のパーミアンスすなわち磁石の漏洩、磁極空隙、継鉄漏洩、磁気分路などを計算し交流減磁した磁石に組込んだ場合につき階段積分法により動作点を決定した。各部の磁束分布を計算した結果はつぎのようになる。

$H_c=80$ エルステッド, $B_r=8,500$ ガウスの鍛造磁石を用いた場合磁石中央部の磁束すなわち全磁束に対し

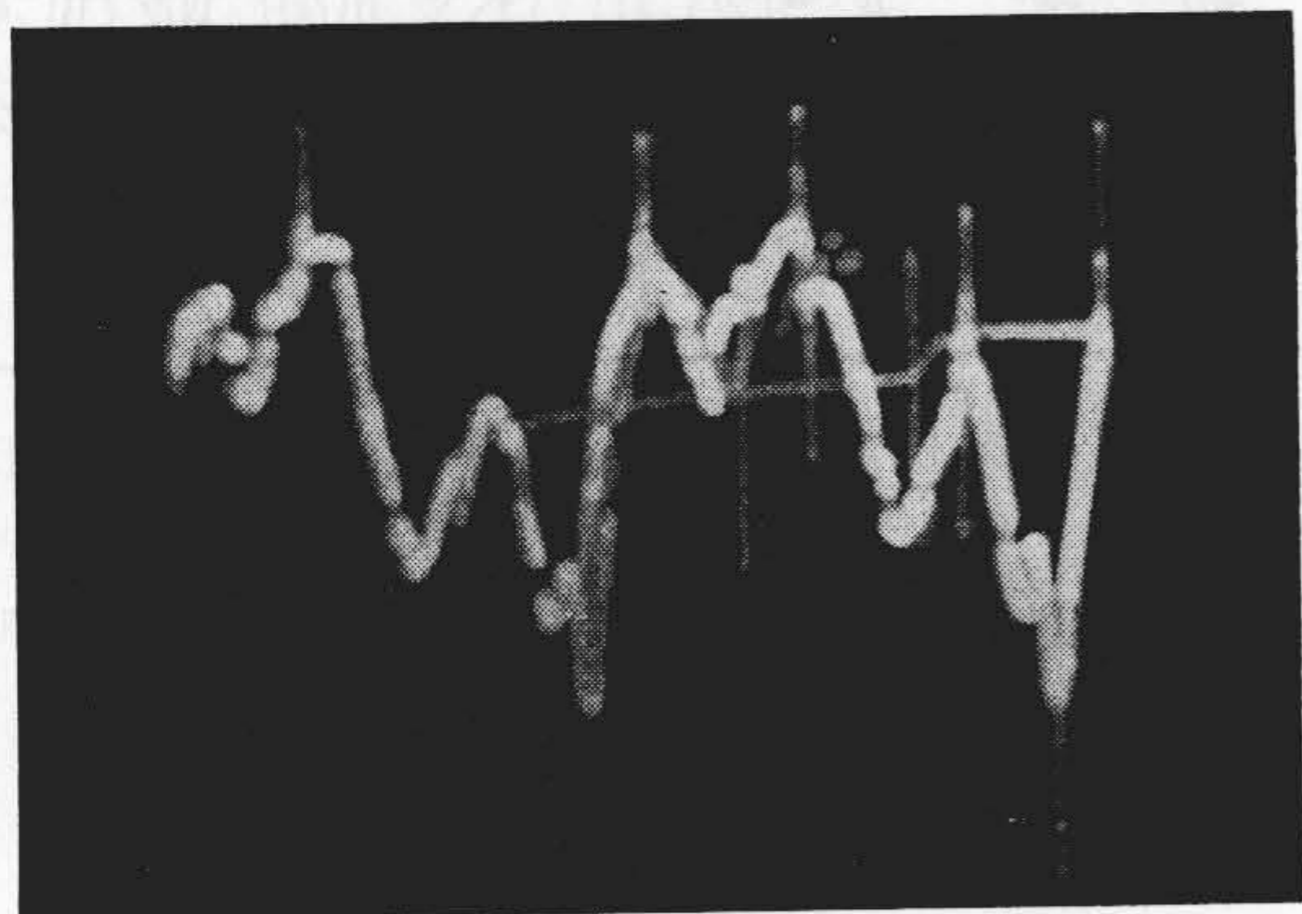
磁石間の漏洩磁束.....	14.7%
継鉄、磁気分路の漏洩.....	41.8%
空隙 g_1 に対し空隙有効磁束....	27%
磁気分路磁束....	16.5%
空隙 g_2 に対し空隙有効磁束....	14.7%
磁気分路磁束....	28.8%

程度となる。ゆえに磁気回路としては能率悪く改良すべき点が多い。

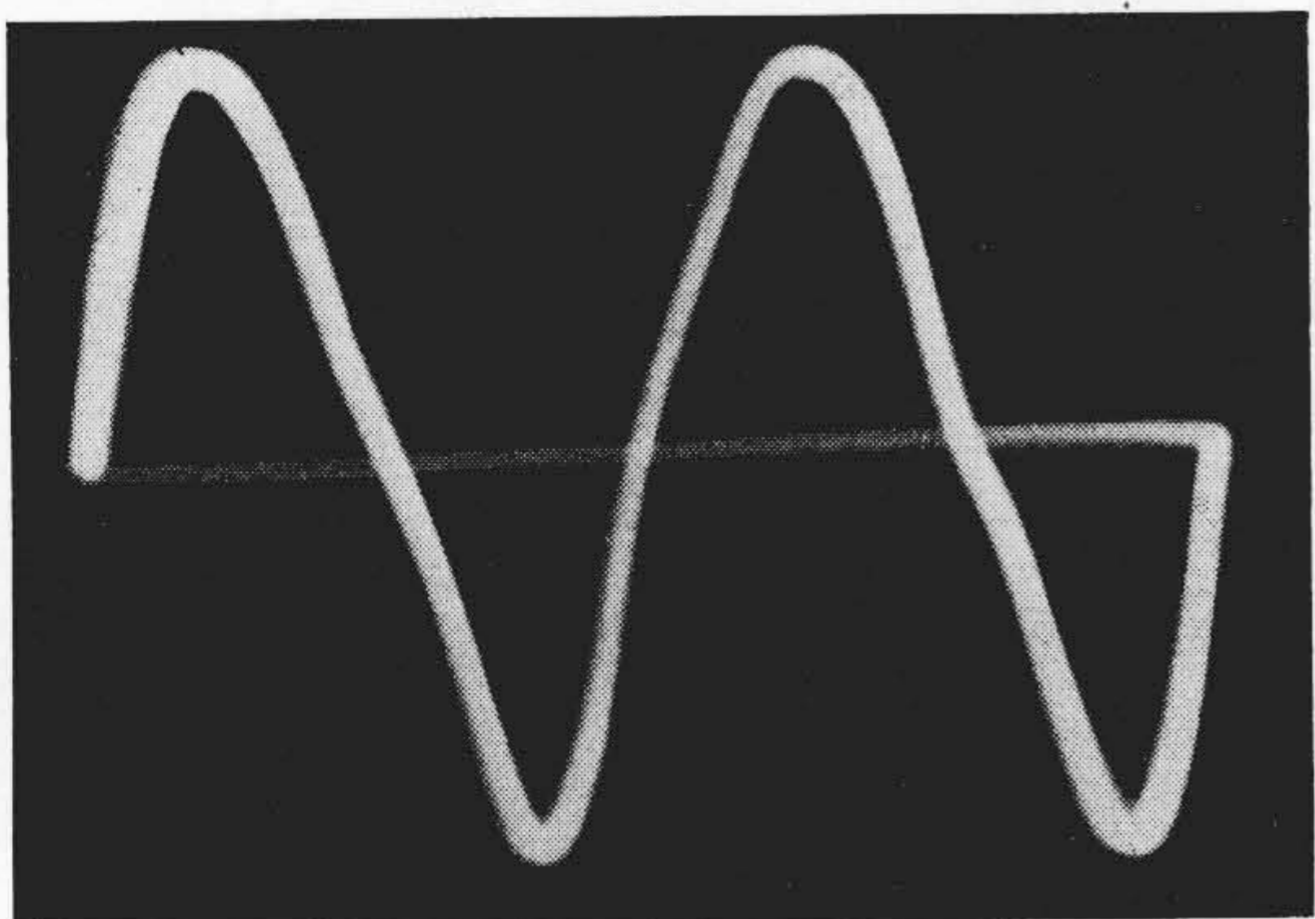
また $\phi_m = \phi_{mg1} + \phi_{ms1} = \phi_{mg2} + \phi_{ms2} = \text{一定}$



第16図 選択増幅器の特性
Fig.16. Character of Selective Amplifier

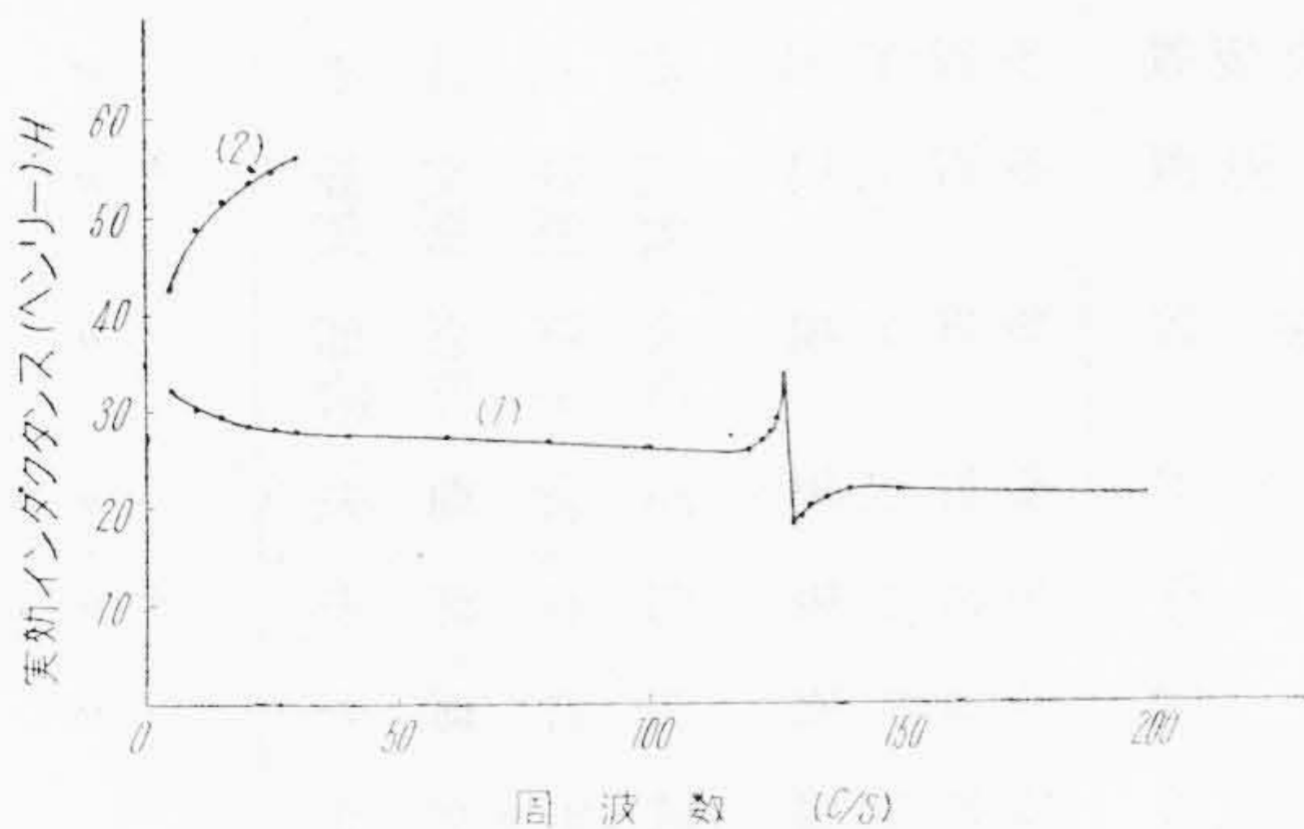


(A)



(B)

第17図 インダクタンス測定波形
Fig.17. Wave Form of Inductance Measurement



第18図 有極継電器の周波数特性
Fig.18. Frequency Characteristic of Polarized Relay

ここに ϕ_{mg1} , ϕ_{mg2} はそれぞれ空隙 g_1 , g_2 を通る磁束
 ϕ_{ms1} , ϕ_{ms2} はそれぞれ g_1 , g_2 に対応した磁気
分路の磁束

接極子の変位に対し磁束の変化は 0.06% で完全に一定とみなせる。ゆえに吸引力の式誘導にさいし ϕ_m 一定としてよい。

(2) 吸引力表示式

ϕ_m 一定, コイル電流によるアンペアターン ni に着目して誘導すれば磁石のみによる吸引力の式 f_m はつぎのようになる。

$$f_m = 1.02 \phi_m^2 \left\{ \frac{dP_{g1}}{dx} \frac{(P_{g1} - P_s)}{(P_{g1} + P_s)^3} + \frac{dP_{g2}}{dx} \frac{(P_{g2} - P_s)}{(P_{g2} + P_s)^3} \right\} \times 10^{-3} (g)$$

コイル電流による磁場が磁石の磁場に重畳してえられる吸引力 f_{mi} は本文中(18)式のように複雑なるが接極子の位置を固定してたとえば $g_1 = 0.1 \text{ mm}$ とすれば

$$f_{mi} = 2.62 \frac{ni\phi_m}{0.0625 + Rc} \times 10^{-3} (g)$$

ここに Rc : 接極子のリラクタンス。接極子の各変位に対し f_{mi} を求めればよい。吸引力の式としてはなんら仮定していないからこの式でよく、精度をあげるためには困難なことであるが、パーミアンスの計算を厳密なものとし鉄心各部の導磁率を磁気特性から求める精度をあげればよい。

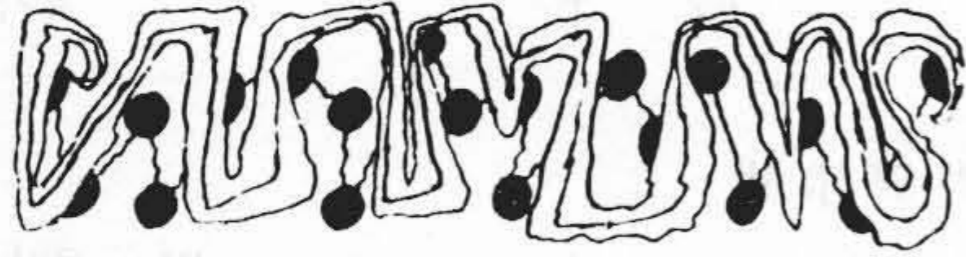
(3) 周波数特性の測定

マックスウェルブリッジおよび超低周波選択増幅器により精度よく測定できる。空隙を最大にあげておいてインダクタンスを測定すれば、モーショナルインピーダンスがわかる。この試料では 127 \sim に共振点があり 34 ヘンリーから 18 ヘンリーと急激に変化している。規定の調整をした状態では 5 \sim 42.5 ヘンリーから 30 \sim 56 ヘンリーとなる。この方法により動的磁気回路の解析と周波数特性改良の検討ができる。

終りに御指導御鞭撻を賜った日立製作所戸塚工場三木研究課長, 多賀工場故辻田博士および実験に当つた佐藤実君に厚く御礼申し上げます。なお超低周波インダクタンス測定に御協力いただいた安藤電気西村課長, 木下氏, 早稲田大学実習生野上巖君に深謝申し上げます。

参考文献

- (1) K.L. Jensen: The Design of A Polarized Telegraph Relay (1938)
- (2) 電気通信学会: 電信用継電器
- (3) 大橋: 学術研究会議研究報告 (昭 23-11)
- (4) 額田: 通信用継電器 (昭 23-11)
- (5) 篠原, 斎藤: 27 連大 10. 18 (昭 27)
- (6) 細川: 27 連大 10. 17 (昭 27)
- (7) 二見: 日立評論 34 1303 (昭 27-11)
- (8) H.C. Rotor: Electromagnetic Devices
- (9) S. Evershed: JIEE 58 820 (1920)



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3)

(第42頁から続く)

区 別	登録番号	名 称	工場別	氏 名	登録年月日
実用新案	420255	ポンプの水槌作用防止装置	亀有工場	寺橋 田 進 本 哲 夫	29. 11. 20
"	420259	制 動 装 置	亀有工場	山 崎 勇	"
"	420268	位置制御液圧サーボモータ	亀有工場	渡 部 富 治	"
"	420287	集 電 子	亀有工場	南 郷 忠 勇	"
"	420308	工作機械取付用倣い削り装置	川崎工場	宇 佐 美 武 司	"
"	420309	工作機械取付用倣い削り装置	川崎工場	花 岡 浩	"
"	420232	ポットモータ支持装置	多賀工場	吉 田 金 太 郎	"
"	420233	ポットモータ支持装置	多賀工場	吉 田 金 太 郎	"
"	420234	紡糸電動機の取付装置	多賀工場	大 岡 宏	"
"	420237	二連横型気化器	多賀工場	佐 藤 清	"
"	420239	紡糸用ポット	多賀工場	大 岡 宏	"
"	420243	機関起動装置	多賀工場	飯 島 登	"
"	420244	機関起動装置	多賀工場	飯 島 登 田 中 貞 之 助	"
"	420250	機関起動装置	多賀工場	飯 島 登	"
"	420276	遠心分離機潤滑装置	多賀工場	川 崎 光 彦	"
"	240284	タンク型真空掃除機の前蓋着脱装置	多賀工場	安 川 昌 平	"
"	420295	摺動式電子レンズ交換装置	多賀工場	只 野 文 哉 郎 大 沼 嘉 郎	"
"	420296	電子レンズ交換装置	多賀工場	大 沼 嘉 郎 市 毛 啓 治	"
"	420297	扇風機用スタンド	多賀工場	四 倉 輝 夫	"
"	420302	扇風機保護枠	多賀工場	四 倉 輝 夫	"
"	420305	扇 風 機	多賀工場	四 倉 輝 夫	"
"	420306	電子顕微鏡装置	多賀工場	只 野 文 哉 郎 片 桐 信 二	"
"	420307	洗濯機の攪拌翼揺動装置	多賀工場	益 子 三 郎	"
"	420264	過電流継電器	亀戸工場	鬼 頭 国 忠	"
"	420265	電機器の過負荷防止装置	亀戸工場	鬼 頭 国 忠	"
"	420270	蛍光灯直流点灯装置	亀戸工場	西 岡 博	"
"	420271	刷子保持器	亀戸工場	益 田 貞 三 上 原 弘	"
"	420280	蛍光放電管長寿命点灯装置	亀戸工場	中 村 純 之 助	"
実用新案	420281	蛍光放電管直流点灯装置	亀戸工場	中 村 純 之 助 岡 垣 博 西 岡 博	29. 11. 20