

柱上変圧器の衝撃電圧特性

桐野 憲二* 大西 真史**

Impulse Voltage Characteristics of Distribution Transformer

By Kenji Kirino and Mafumi Ōnishi
Kameido Works, Hitachi, Ltd.,

Abstract

There are several problems to be solved in regard to the impulse voltage characteristics of the transformers. The writers tackled one of those problems by their investigation in the characteristics of small capacity distribution transformers.

They manufactured for that purpose two types of test transformers. Impressing on them the impulse voltage they measured the potential distribution in the windings and the shifting voltage was given rise when the condition of secondary circuit was changed. They also measured the change of potential distribution in the windings on which no voltage was impressed, and studied what influence it would have in fault detection of the windings. The results disclosed that in small capacity transformers high potential difference was caused between several turns in a close vicinity of the point where the voltage was impressed but the potential oscillation became relatively low deep in the windings. Also, it was found that the secondary winding, when one end of it was directly earthed, could be taken as an earthing conductor because of low impedance, but when it was earthed through resistance the potential difference between turns arising from voltage impressing was increased in relation to the magnitude of resistance, and as a result, the most proper value of sensitivity in the fault detection was varied according to the turn ratio.

〔I〕 緒 言

送配電機器の異常電圧に対する絶縁強度の検討は重要な問題であり、特に我国のごとく山岳地帯が多く、自然雷による衝撃電圧を広範囲に受けるところでは、一時もゆるがせにできない。大型の変圧器についての研究は多く発表されているが、柱上変圧器のごとき小型のものについては比較的すくない。しかるに柱上変圧器が雷の多い山間地帯に設置されたとき、落雷によつて一時に多数の焼損事故を起した等電力会社により発表され、その防止対策として絶縁協調に基く高度の性能が要求されている。

日立製作所では変圧器を製作する各工場に衝撃電圧発

* ** 日立製作所亀戸工場

生器を設置して絶縁強度の実験、研究ならびに製品試験に絶えず努力を払っている。すなわち大型変圧器に対する全数試験は勿論のこと、柱上変圧器に対しても常時抜取試験を実施して、絶縁強度のすぐれた変圧器を製造するために厳重な品質管理を行つている。

今般特に試験用の小型柱上変圧器を試作し、衝撃電圧印加時における巻線内の電位分布の詳細な測定を行い、巻線内の電位振動、層間電位差ならびに他巻線への移行電圧の状態をあきらかにした。またこれら電位分布の測定とあわせて巻線内の故障検出法として従来行われている方法のうち、二、三のものについて検討を加えて考察を行い、これを多数の製品について実施した結果、同検出法としてほぼ満足し得る方法を樹立したので以下これらについて述べ参考に供する。

〔II〕 実 験 方 法

(1) 供 試 品

供試品として次のごとき仕様の 2 種類の変圧器を製作した。

7.5 kVA 单相油入自冷式内鉄型柱上変圧器

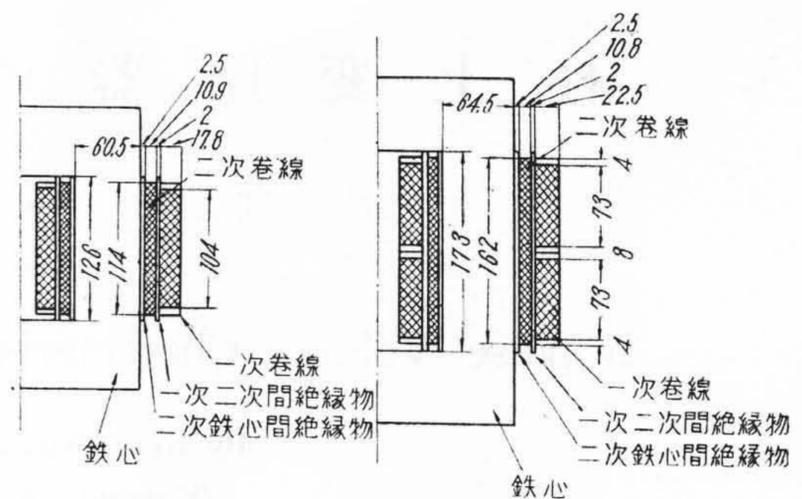
5 kVA 单相油入自冷式内鉄型柱上変圧器

各 一次電圧 3,450-3,300-3,150-3,000-2,850 V

二次電圧 210-105 V (单相三線式)

周波数 50~

柱上変圧器は、層間電位差に対する絶縁強度の関係から機種によつては一脚の巻線が 2 組以上の多数箇の円筒状巻線に分れて巻かれているのでこの種のもの 1 組に巻かれたものとを比較するために大要第 1 図に示すごとく 2 種類の供試品を用意した。供試品の巻線はいずれも減極性で中身組立後ワニス処理を施し、鋳物ケースに収めて絶縁油を充填した。第 2 図に示すごとくその一次、二次両巻線の多くの箇所より電位分布測定用タップを取り出してある。タップは対地電位分布ならびに層間電位差等の測定に必要な箇所に設け、一次側巻線の巻始めおよび中央部においては全巻数に対し約 2% 毎に、またその他の部分では約 8% 毎に設けた。二次側巻線は一次側巻線に比べて巻数も少く、巻線構造も簡単であるので数



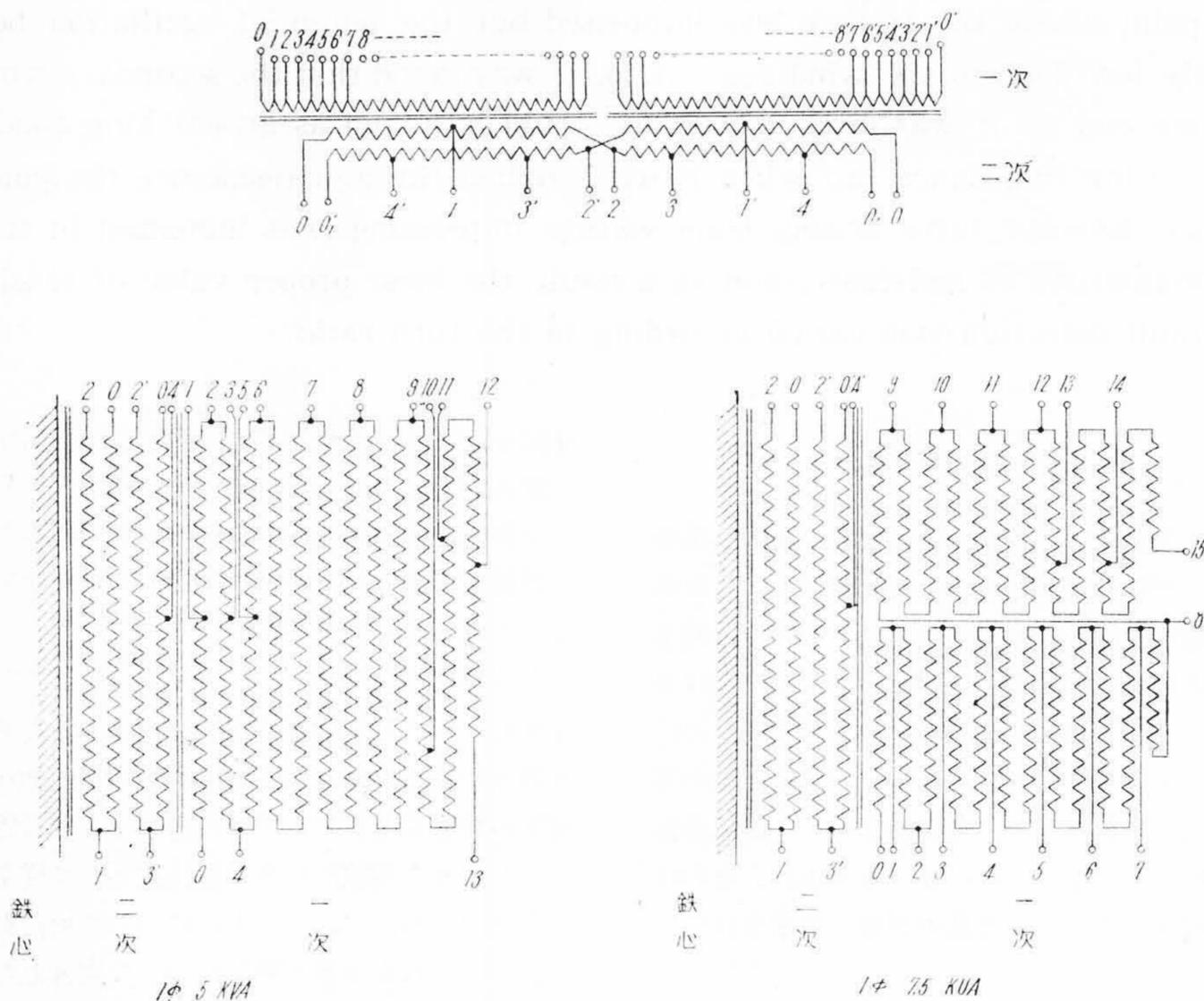
1φ 5 kVA 1φ 7.5 kVA
第 1 図 供 試 品 構 造 図

Fig. 1. Construction of Transformers Used on the Test

箇所にとどめた。これらのタップは変圧器本体上に取付けた磁器製特殊碍盤上に設けた端子に接続した。

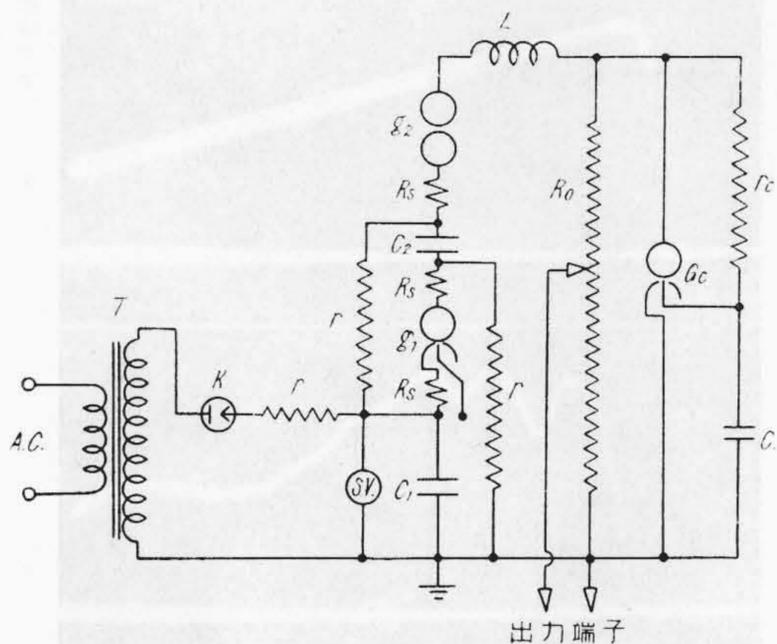
(2) 測 定 方 法

巻線に衝撃電圧が印加された際の巻線内の現象の測定にあつては、多くの場合過渡現象直視装置が利用されているが、筆者は実際の衝撃電圧試験における条件により近づけるため、第 3 図に示す衝撃電圧発生器を用いて電圧を印加し、高速度ブラウン管オシログラフを同期起動させて現象をカメラによつて記録した。本装置は截



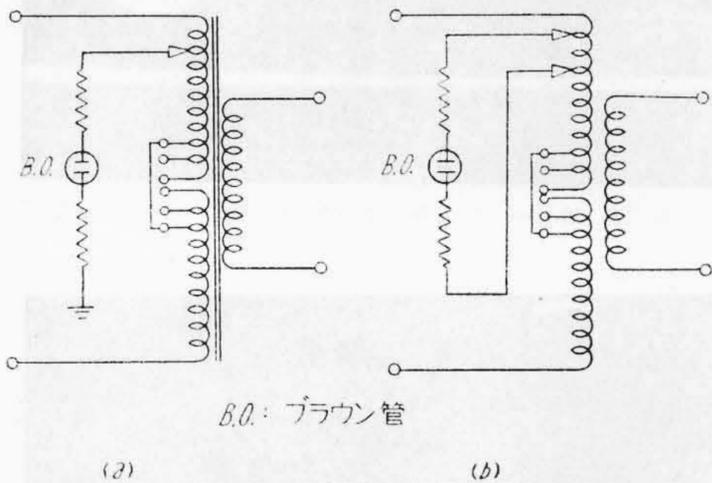
第 2 図 巻 線 タ ッ プ 位 置 図

Fig. 2. Tap Position of Transformer Winding



T: 充電用変圧器 C₁C₂: 主蓄電器 0.5μF R₀: 放電抵抗
 K: ケノトロン g₁g₂: 放電間隙 G_c: 截断波間隙
 r: 充電抵抗 R_s: 制動抵抗 r_c: 截断用抵抗
 SV: 静電圧計 L: 波頭調整インダクタンス C_c: 截断用蓄電器

第3図 衝撃電圧発生器回路
 Fig. 3. Circuit of Impulse Voltage Generator



第4図 電位分布測定回路
 Fig. 4. Measuring Circuit of Voltage Distribution

断波電圧発生の際、波尾長を所定の長さに合わせるため三点間隙を用い、波尾長の時間は充電抵抗 r_c と放電容量 C_c とによる時定数を調整することによつて、自由に変えられる。

第4図(a)は対地電位分布測定回路を、同図(b)はタップ間電位差の測定回路で、発生した衝撃電圧波形は全波電圧 $+0.8 \times 38 \mu s$ 、截断波電圧 $+0.8 \times 3.7 \mu s$ である。この場合急峻な過渡現象は測定に誤差を生じやすいので測定回路については十分吟味した。すなわちブラウン管偏向板、測定線等の容量が巻線に並列に入るのでそれによつて電位分布が影響を受けないように極力小さくし、また測定の際、その値が変化しないように注意した。オシログラムの精度はブラウン管の加速電圧を一定にし、測定の都度較正することにより常に一定に保つたのでオシログラム読取り上の誤差は約 2~3% である。

柱上変圧器の一次巻線は使用電圧の低い場合には遊びタップを生ずる。供試品ではタップ接続を最小電圧に合せる場合、5 kVA は 10-10 を、7.5 kVA は 13-13 を結ぶため前者にあつては 11 以降のタップが、また後者では 14 以降のタップが遊びタップとなる。製品の衝撃電圧試験において巻線に最も苛酷な条件を与えるために、かかる最少巻数となるタップを結ばよいため上記のごとき接続で測定を行つた。

〔III〕 実験結果

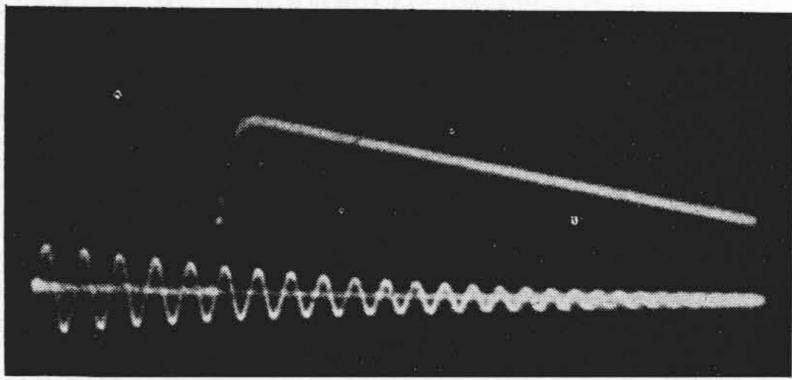
(1) 一次巻線内電位分布

第5図(次頁参照)は電圧印加時にタップに生ずる対地電圧波形のオシログラムの一例を示す。第6図(第13頁参照)は非接地および一端接地試験においてかかるオシログラムから求めた各タップの最高対地電位分布を示す。曲線は時間とは無関係に各タップに生ずる最大電圧を画いたものである。この場合供試品の二次端子は一次側一括非接地試験においては直接々地し、また一次側一端接地試験においては 500Ω の抵抗を通して接地した。

第7図(第13頁参照)は電圧が印加された場合、巻線内においてどのような電位振動を生ずるかを供試品 5kVA について示したものである。すなわち進行波の波頭が巻線の各タップに達した瞬間から時間を取り、1, 2, 5, 10, 15 μs 後の巻線上の電位分布を画いた曲線である。

第8図(第14頁参照)は同回路において巻線全部に電圧がかかるようにタップを結び、タップ間に生ずる電位差のオシログラムの一例を示す。7.5kVA のタップ 1-8 間は上下2組に分れた巻線において下の巻線から上の巻線へ移る接続線と下の巻線の巻始め附近とに設けられたタップ間であり、電圧印加点に近い大きな電位差が現われ、その値は印加電圧の 76% に達する。層間、巻線間電位差は二次回路の変化により影響を受けるが、例えばタップ 1-8 間について見ると二次全端子を 500Ω にて接地した場合は、印加電圧に対して 76% であつたものが、接地抵抗を $5,000 \Omega$ に増せば 72.2% に減少し、二次回路を短絡または直接々地すれば 79.8% に増加する。また二次端子の一方を $5,000 \Omega$ で接地し、他端を直接々地すれば同電位差は 77% となりこの場合一端の接地抵抗値が 350Ω 以上ならば、その抵抗変化の影響をほとんど受けない。

第9図(第15頁参照)は二次側全端子を 500Ω にて接地した場合タップ間に生ずる電位差の最大値をプロットしたものである。供試品 7.5 kVA のごとく巻線が幾組かに分れて巻かれたものにあつては各組の巻線層間電位差の水準はあきらかに異つている。5 kVA のごとく1組の巻線のものでは、当初の 1~2 層間に大きな電位差を



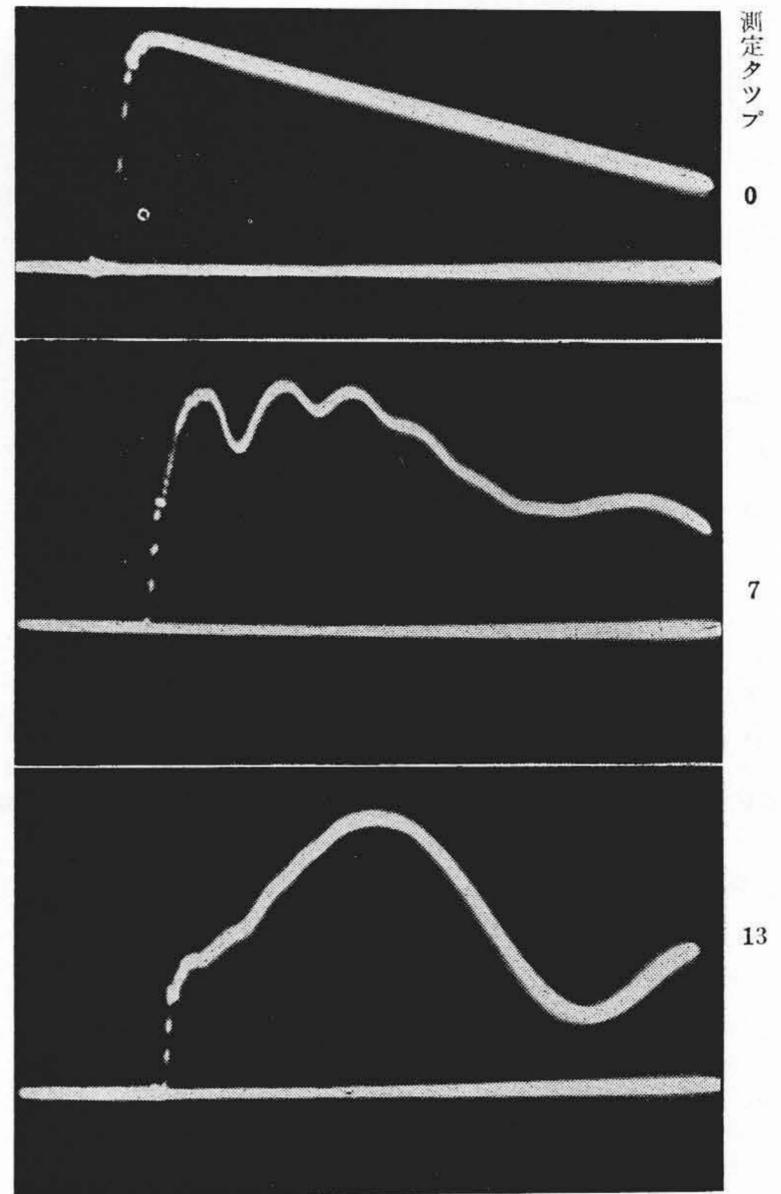
印 加 電 圧 $+0.8 \times 38 \mu s$ (タイミング 480 kc)

第 5 図

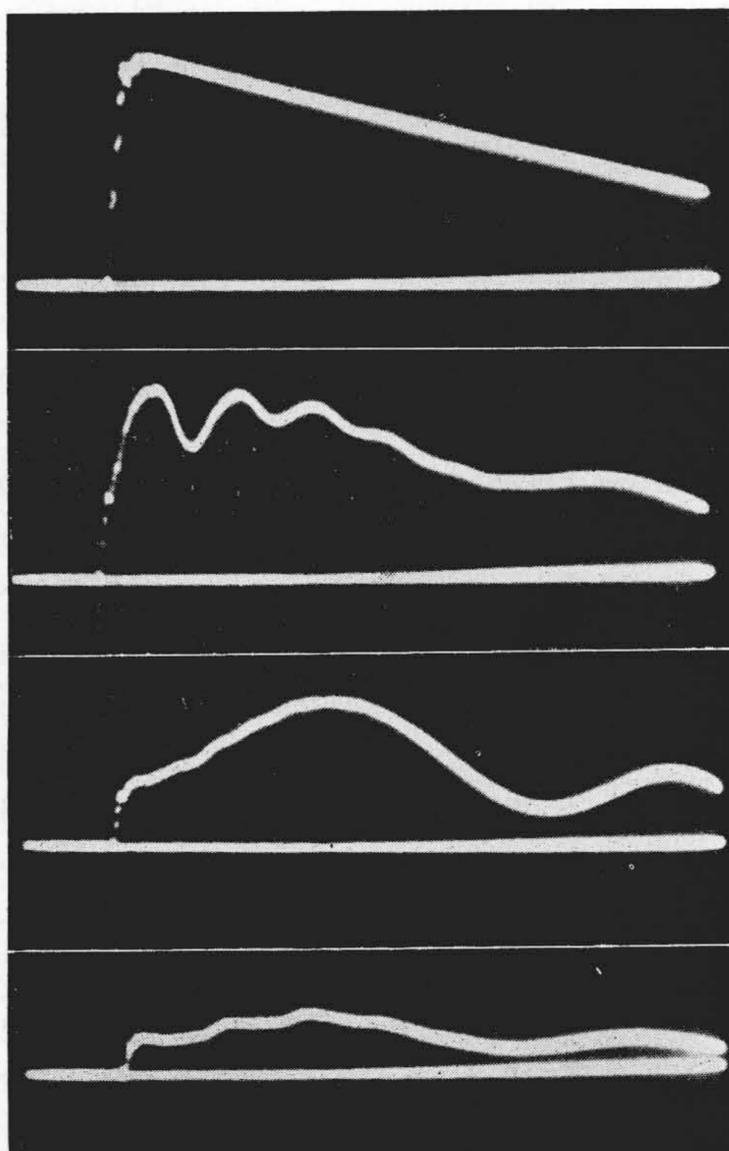
対 地 電 圧 波 形 オ ッ シ ロ グ ラ ム

Fig. 5.

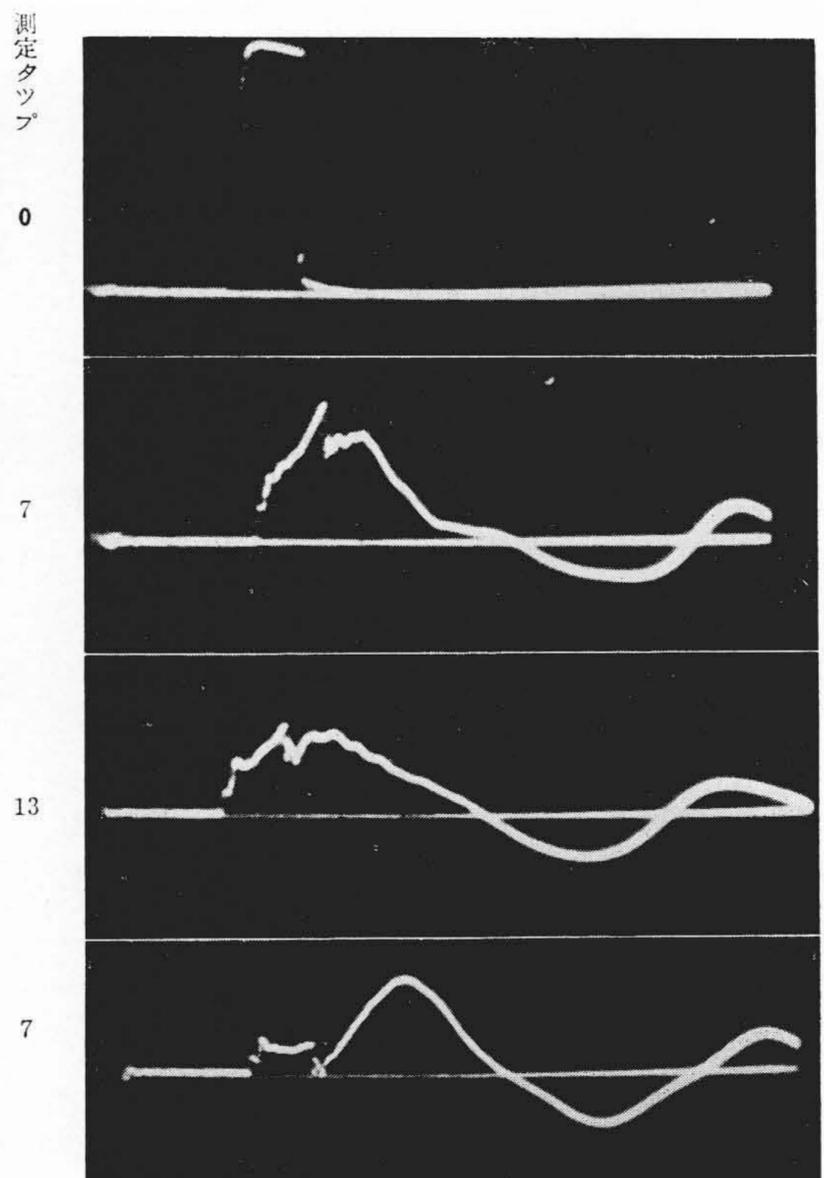
Oscillogram of Voltage Wave From to Earth



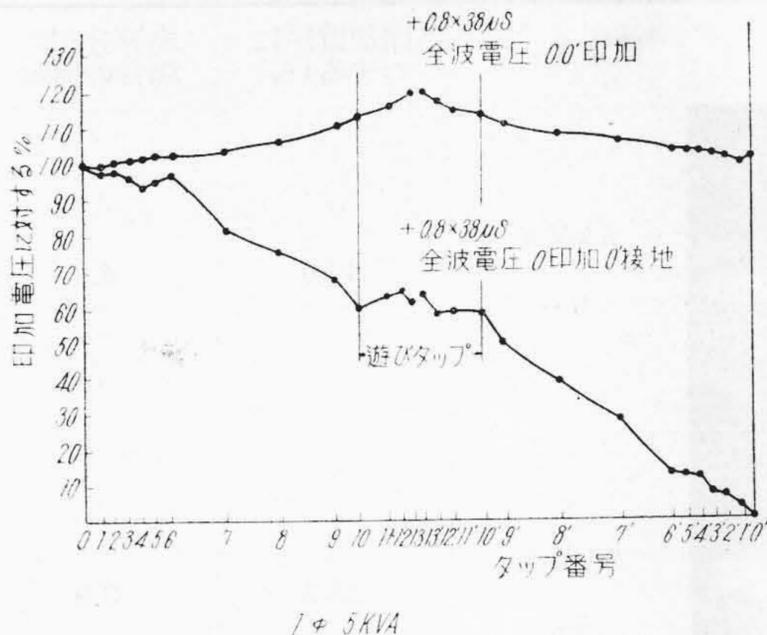
非 接 地 一 括 全 波 電 圧 印 加 (5kVA)



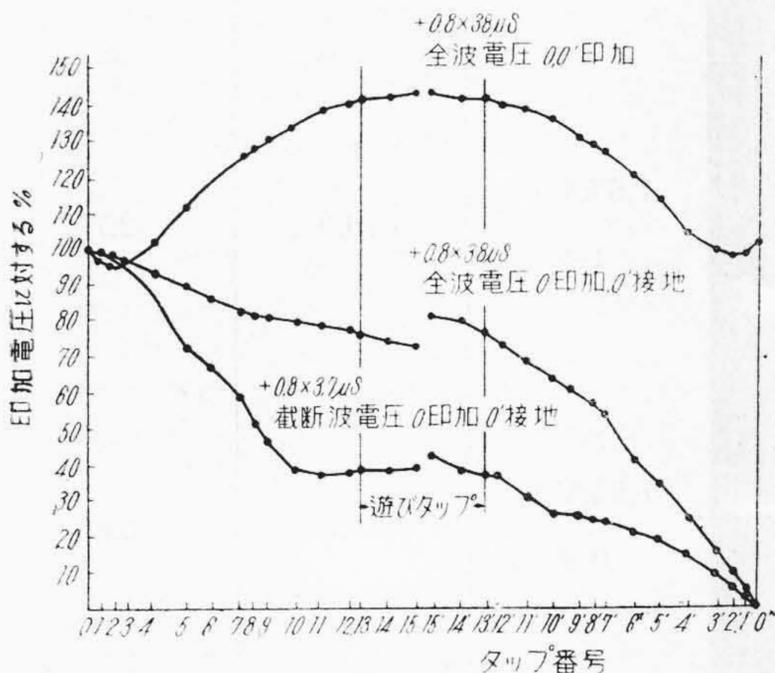
一 端 接 地 全 波 電 圧 印 加 (5kVA)



一 端 接 地 截 断 波 電 圧 印 加 (7.5kVA)



1φ 5KVA



1φ 7.5KVA

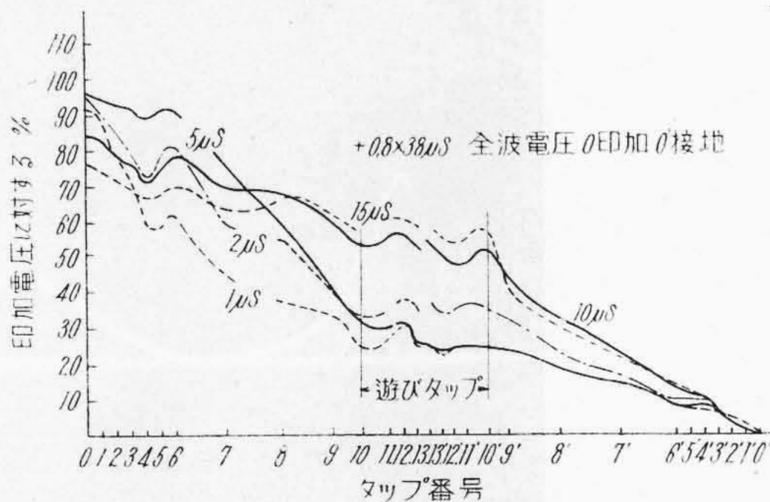
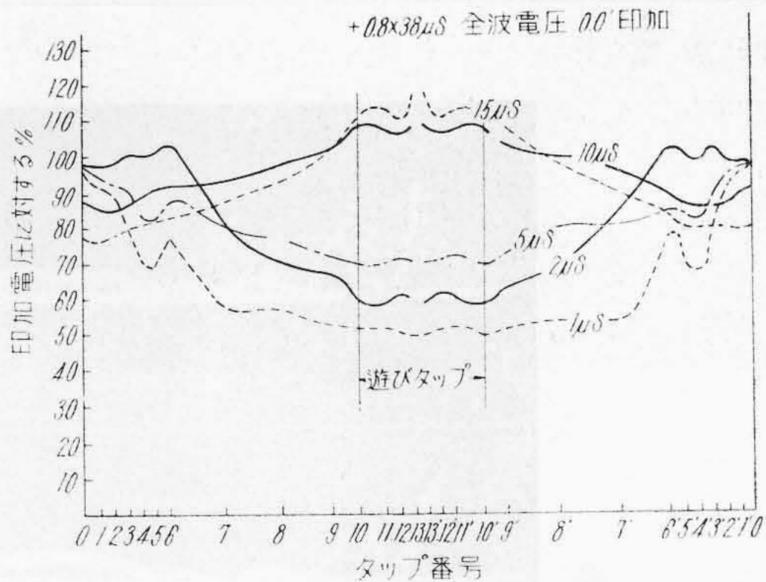
第6図 最高電位分布曲線

Fig. 6. Distribution Curve of Maximum Voltage to the Earth

生じており、その最大値は印加電圧の46%に達する。負側に示した曲線は $+0.8 \times 3.7 \mu s$ の截断波電圧を供試品7.5kVAの一次巻線の一端を接地して印加した場合、截断点以後において負側に生ずる電位差の最大値を示したものであり、これが波尾の長さによつて変ることは当然である。

(2) 二次巻線への移行電圧

次に一次巻線に衝撃電圧が印加された場合の二次側に誘起する電圧を調べて見る。供試品の二次巻線は左右対称に巻かれており、その巻線を直列、または並列結線することによつて210/105Vの単相三線式、210Vまたは105V専用配電のいずれにも使用することが出来るようになっていいる。一次一括非接地にて電圧を印加した場合に二次側両端子が直接々地されていれば二次巻線の各タップにはほとんど電圧を誘起しない。二次両端子を500Ωにて接地したときは巻線端において印加電圧に対して



第7図 初期電位振動曲線

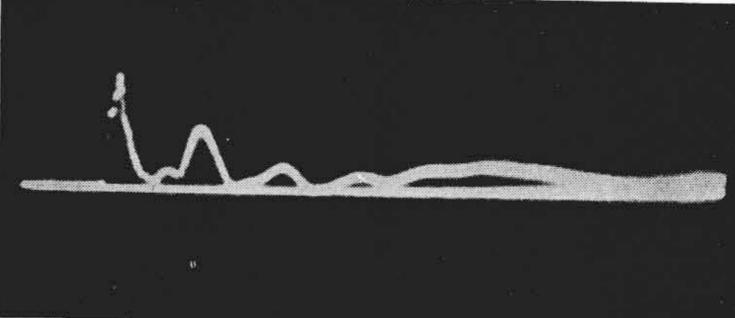
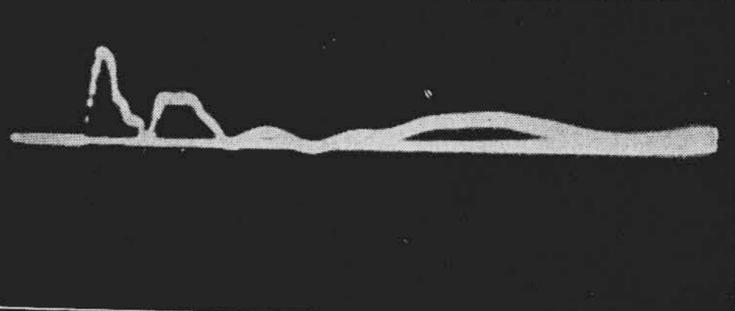
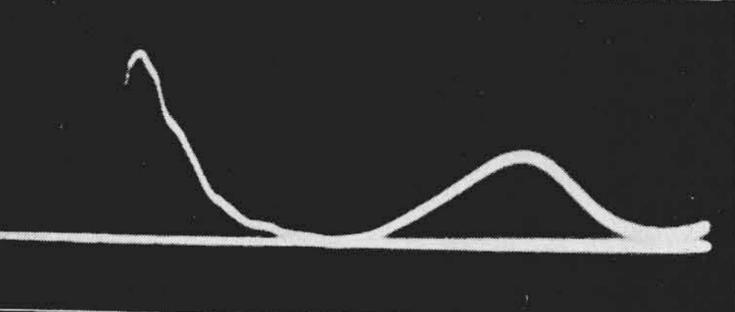
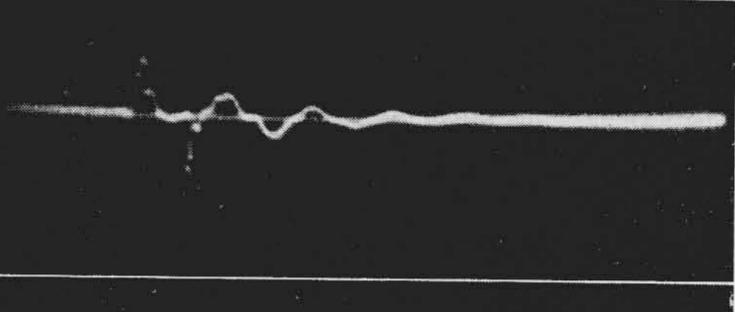
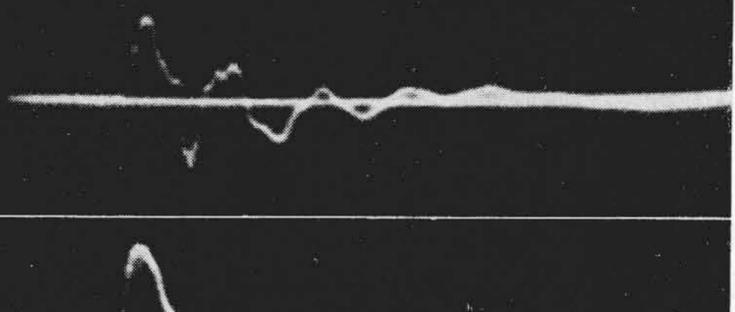
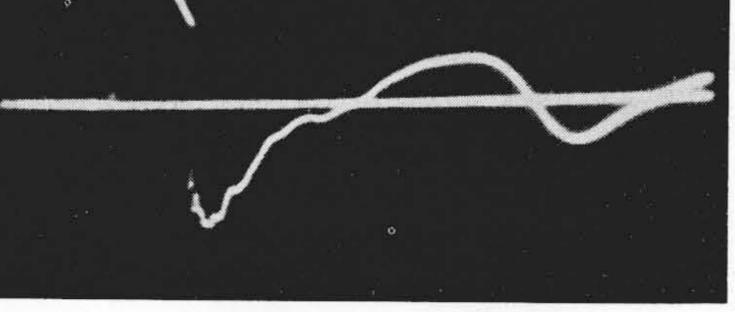
Fig. 7. Distribution Curve of Initial Voltage

17%で、さらにこの接地抵抗を増加して5,000Ωとすれば同電圧は24%となり、二次の両端を開放すれば40%となる。一端を直接々地すれば他端の接地抵抗値のいかんにかゝらず、5~6%の電圧でそれも静電誘導と思われる約1~2μsにて減衰する電圧とその後零線の上下にわずかに振動する電圧を記録するのみである。

一次一端接地の場合も誘起電圧波形はほぼ非接地の時と似ている。二次両端子を500Ωにて接地すれば誘起電圧は3~4%、5,000Ωとすれば12~13%となり、開放した場合には18~20%となる。また一端子を直接々地した場合については上記非接地の場合と同様である。

(3) 一次、二次間電位差

一次、二次間の電位差については一次巻線の一端子を直接々地して他端より電圧を印加した場合の一例として、一次側巻始めと、それに対向する二次側巻線のタップ間について調べた結果、二次側誘起電圧が一次印加電圧に対して同方向であるため二次側に挿入した抵抗値が大きい程減少する。第10図に一次、二次間電位差のオシログラムを示す。二次側を直接地々した場合は印加電圧にほぼ等しい電圧が現われており、両端子を500Ωにて接地した場合には97%、5,000Ωでは89%となり、開

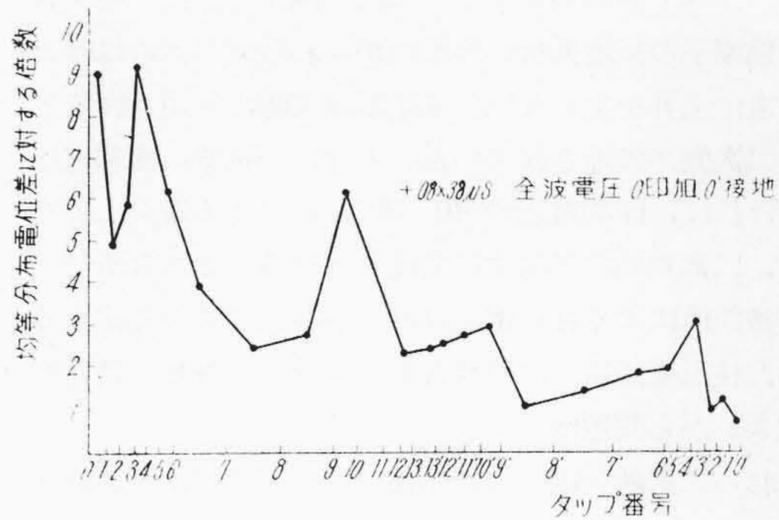
印 加 電 圧		測定タップ	印加電圧に 対する (%)	均等分布の 場合の倍数
全 波		5 kVA 0-4	46.0	4.9
		5 kVA 6-7	36.5	3.9
		7.5 kVA 1-8	76.0	2.77
		7.5 kVA 0-2	17.0	2.6
截 断 波		7.5 kVA 6-7	23.0	3.5
		7.5 kVA 1-8	76.0	2.77

第 8 図 一 端 接 地 印 加 に お け る タ ッ プ 間 電 位 差

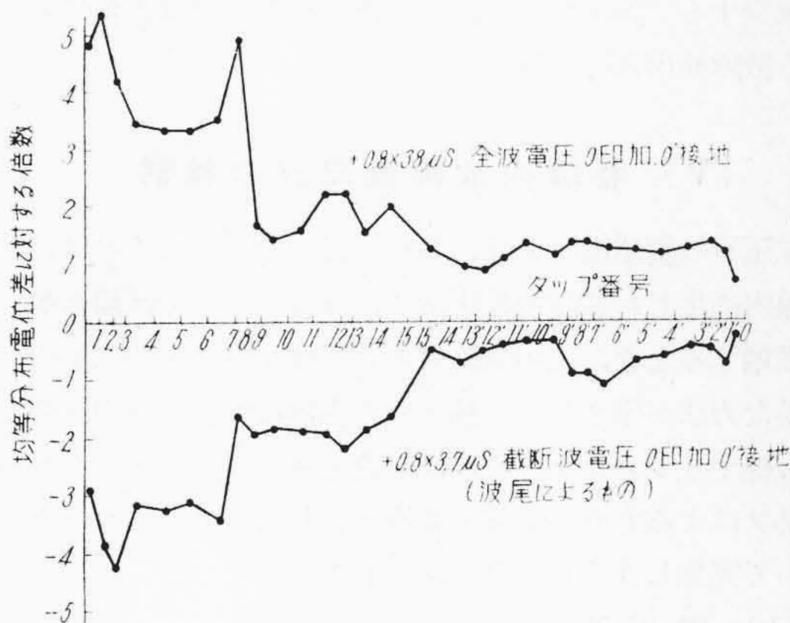
Fig. 8. Potential Difference between Taps When One Terminal Is Grounded

放した場合には 82.5% となつている。電位差の波形は直接々地、および 500Ω にて接地した場合は印加電圧に近いが、 $5,000\Omega$ にて接地した場合は波尾が長くなつている。両端開放の場合は波尾は短くなり波高部分は急峻となる。これは二次誘起電圧による影響である。一次側一

括非接地にて印加し、二次端子を開放すれば同電位差は 60% となる。二次側のいずれか一端子を直接々地した場合は、他端子接地抵抗の値を変えても誘起電圧はほとんど影響されず、一次、二次間の電位差は、上記 500Ω 以下の抵抗にて接地した場合と同様の値となつている。



1φ 5KVA



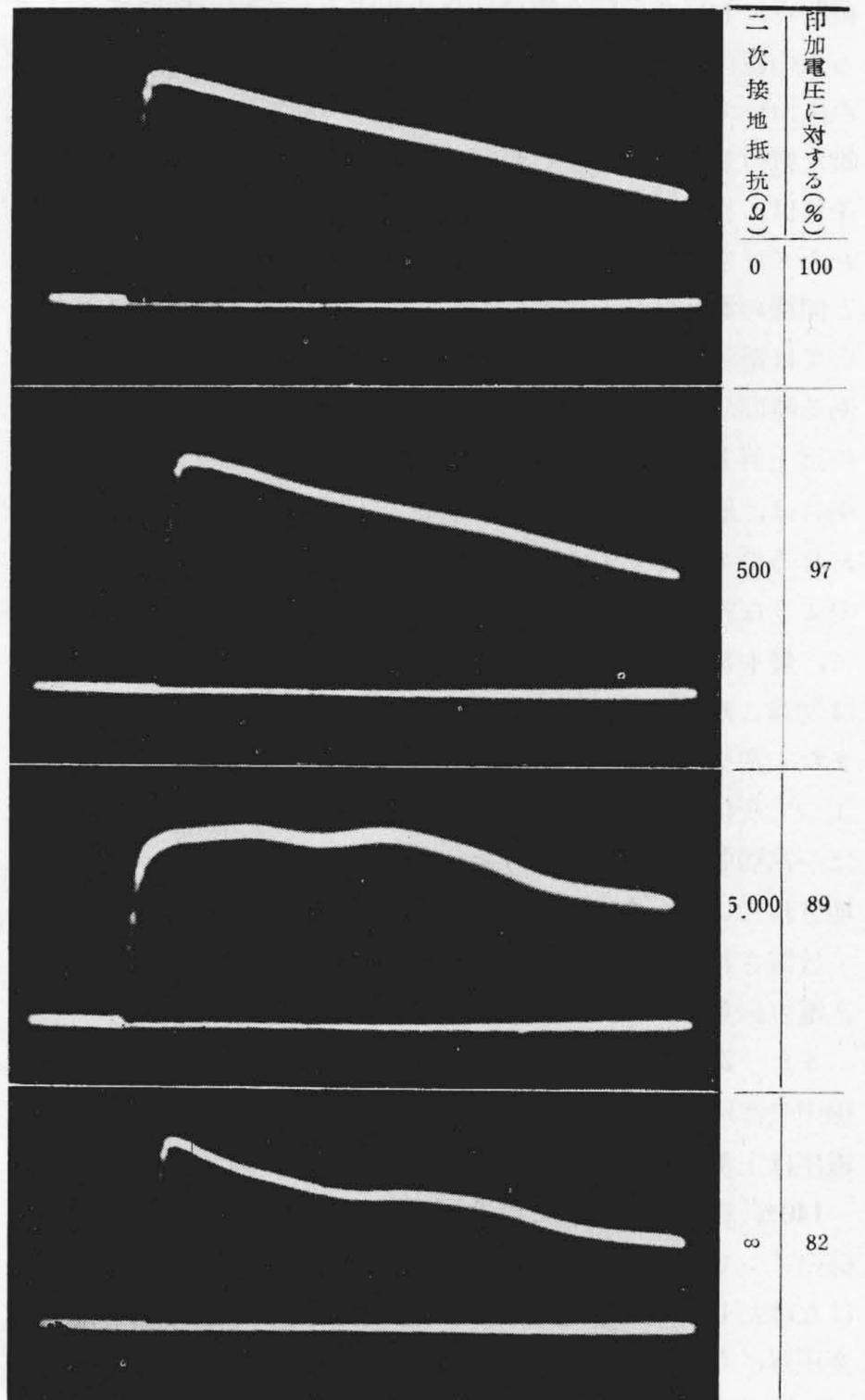
第9図 タップ間最大電位差分布曲線
Fig.9. Distribution Curve of Maximum Potential Difference between Taps

[IV] 結果の検討

(1) 一次巻線内電位振動について

衝撃電圧が変圧器巻線に印加された場合、定常状態に到るまでの時間電位振動を生ずることは周知の通りである。

大型変圧器では制振等の方策を施さない場合相当大的な振動を生ずるが、供試品のごとき小型変圧器においては実測の結果、巻線全体として大きな振動は見られない。しかし印加端にきわめて近い層間においては侵入波々頭の変歪から大きな電位差を生じている。5kVAにおいて一端接地にて全波電圧を加えた場合、印加端に近い最初の層間では印加電圧の46%に達する。また供試品7.5kVAのごとく一次巻線が二組以上に分れて巻かれているものに対しては相隣の巻線間に高い電位差が生ずる。二次両端子を500Ωにて接地した場合その最大値は印加電圧の76%であった。この電位差は巻線の構造によつて影響を受け、下巻線から上巻線へ巻き移つた箇所において、導体が鉄心等接地された物体に近づくため



第10図 一端接地印加における一次、二次間電位差
Fig.10. Potential Difference between Primary and Secondary Windings When One Terminal Is Grounded

侵入電圧波形は、対地容量増加のため波頭が変歪し変歪分が電位差となつて現われることになる。またこの点の対地容量に充電される充電々流は印加端に近い組の巻線中を流れるため、該巻線層間の電位差をほかより増大させる。これら層間の電位差の波形は、第8図に示すごときのものであるため層間絶縁物としては、かかる電位差に耐えうるものが必要となる。小型柱上変圧器においては、巻線遮蔽は構造上から普通施されない場合が多いのであるが供試品7.5kVAのごとき構造のものに対しては一次、二次間に簡単な遮蔽板を挿入することによつて、かかる異常電位差を軽減せしめることが可能である。

截断波電圧が印加されたとき、両巻線間の電位差は截断点迄は、全波電圧を印加した際と同様の経過をたどり、

截断点において急峻な電位変化を生ずる。巻線の相対する点の電位差としてタップ 1-8 間について見るに、截断点においては $0.6 \mu s$ の間に印加電圧の 85% に達する急峻な電位変化となる。この場合巻線にとつて最も苛酷な条件は、巻線内電位振動によつて定まるわけである。すなわちタップ 1 においては電圧入来端に近いため、印加端と同様の電圧変化を生じている。しかるにタップ 8 においては電圧は内部振動により侵入電圧が歪曲するため、ある時間経過後に最大値に達する。タップ 8 がかかる電位急上昇した瞬間に、印加端における電圧が截断された場合は、最大値がそのまま両巻線間の電位差となつて現われるのである。したがつて截断波試験においては、このような内部電位振動の状態を知つておくことによつて、最も苛酷な試験条件が求められる。両巻線間の絶縁は勿論この電位差に耐えうるものでなければならない。また一次巻線内電位振動は、二次回路インピーダンスによつて変化するから、二次インピーダンスを小さくすれば一次層間電位差は増加する。二次端子の一端が直接々地されているときは、移行電圧の大部分はその点を通つて放電されるため、他端の接地抵抗値を変化しても、一次電位振動にはほとんど影響を与えない。

また一次両端子を一括して電圧を印加した場合には巻線中央部においては進行波の衝突、反射等を生じて対地電圧は上昇するのであるが、供試品では印加電圧の 118~140% 程度である。これは電圧印加巻線である一次巻線のインピーダンスが高いため、巻線内における減衰がはなはだしいものとする。実測の結果は容量の小さい変圧器になるにしたがつて、電位上昇も小さく、たとえば一次 3,000V 単相 2kVA の変圧器では 87.5%、一次 6,000V 単相 1kVA のものでは 86% で印加電圧よりかえつて低くなつていく。供試品においてはかかる点は巻線の最も外側にあるため絶縁上十分の余裕がある。

(2) 二次巻線誘起電圧と一次、二次間電位差

一次側に電圧が印加された場合、二次側への移行電圧として静電誘導と電磁誘導によるものが考えられる。今静電誘導について見ると、供試変圧器の一次、二次間の容量を C_{ps} 、二次対地容量を C_s とすれば、一次印加電圧 E_p に対する二次誘起電圧 E_s は次式であらわされる。

$$E_s = \left(\frac{C_{ps}}{C_{ps} + C_s} \right) \cdot E_p$$

供試変圧器では $\frac{C_{ps}}{C_{ps} + C_s}$ は実測によれば約 0.5~0.53 であるから、二次両端子開放の場合には印加電圧の 50% 程度の電位上昇を生ずることとなる。実測結果は 40% であつた。しかるに二次端子が抵抗等で接地された場合、その接地抵抗が著しく高くなければ、静電誘導による移行電圧は二次端子において抵抗を通して放電される

ため、すみやかに減衰する。二次一端子を直接々地すれば、他端子の接地抵抗いかんにかゝらず二次にはほとんど電位上昇を生じない。変圧器は実際に使用されるとき、二次側が接地されていないとき、一次側に衝撃電圧を受ければ、印加電圧の 40~50% に達する電位上昇を生じ、二次対地間絶縁物に脅威を与えることとなる。

電磁誘導による移行電圧はほぼ巻数比によつて定まるため、柱上変圧器では特殊なものを除いて巻数比は比較的大きいから問題は少ない。

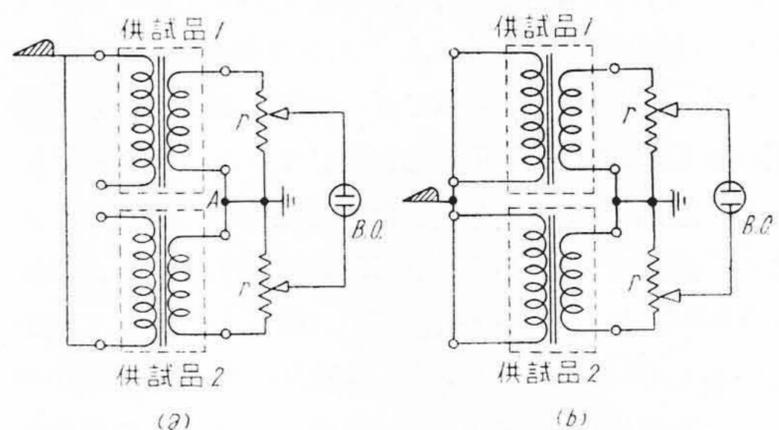
これら二次誘起電圧は波頭部分では印加電圧と極性が等しいため一次、二次間の電位差は両者の差となる。したがつて二次抵抗を増加すれば、一次、二次間の電位差は減少する。試験時における二次抵抗の選定は次章に述べる故障検出法に関係がある。

[V] 巻線内故障検出法の検討

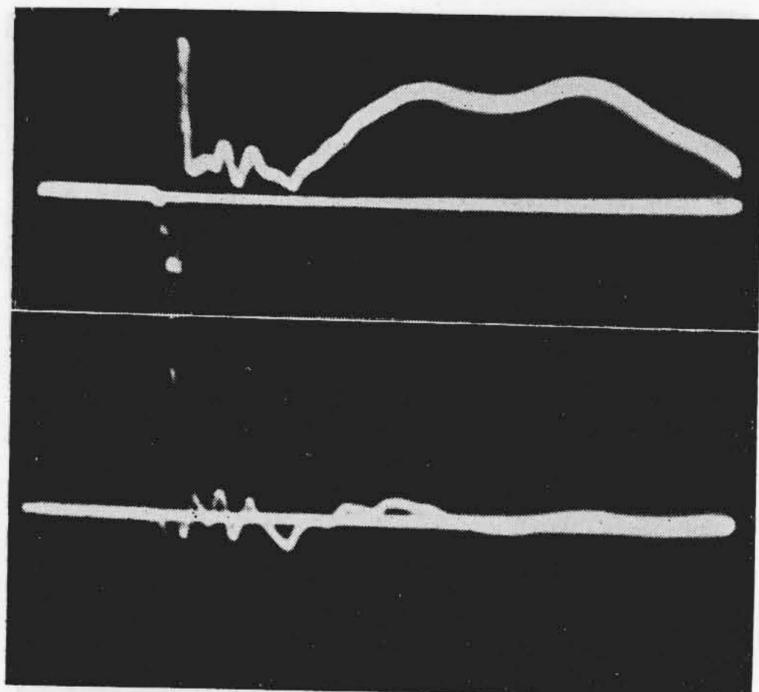
変圧器の衝撃電圧試験において最も問題となるのは、巻線内に生じた故障の検出法で、今日のごとく試験台数の激増するとき、現場試験者としては正確であつてかつ容易な方法が望ましい。種々の巻線内故障検出法のうち陰極線オシログラフまたは高速度ブラウン管オシログラフによるものが適確であるとされている。これらを用いて実施しうるおもな方法としては

- (1) 電圧波形法
- (2) 電圧平衡法
- (3) 接地電流法
- (4) 接地電流平衡法

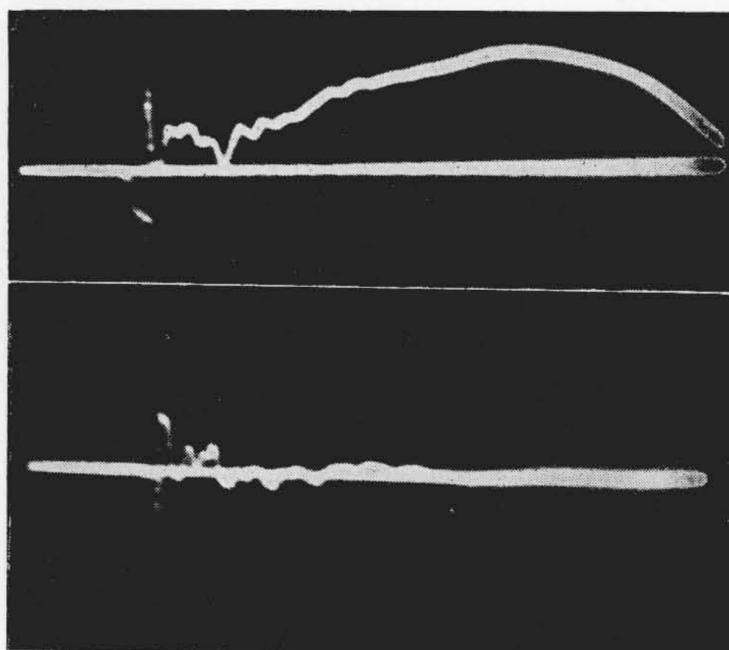
等が考えられる。(1) の電圧波形法は感度が悪く、特に試験に用いる衝撃電圧発生器の容量が大きい場合には、柱上変圧器のごとくサージインピーダンスの高い供試物においては僅少な巻線故障を生じて、発生器のインピーダンスが低いため電圧波形を変歪させるに到らない。筆者等の模擬故障実験によれば、放電容量 $0.5 \mu F$ の発生器を用いて単相 50kVA 迄の柱上変圧器を試験した場



第 11 図 電圧平衡法による故障検出回路
Fig. 11. Fault Detection by Voltage Balance Method



電圧印加側 2% 短絡



反電圧印加側 2% 短絡

第12図 不平衡電圧オシログラム

Fig. 12. Oscillogram of Unbalanced Voltage

合には供試巻線の層間短絡が全巻数の 10% に達するも電圧波形法にては故障検出は不可能に近かった。したがって (2) 以下の方法が用いられるわけである。これらについては以前より研究されているが今般多数の製品に対して実施した結果を述べる。

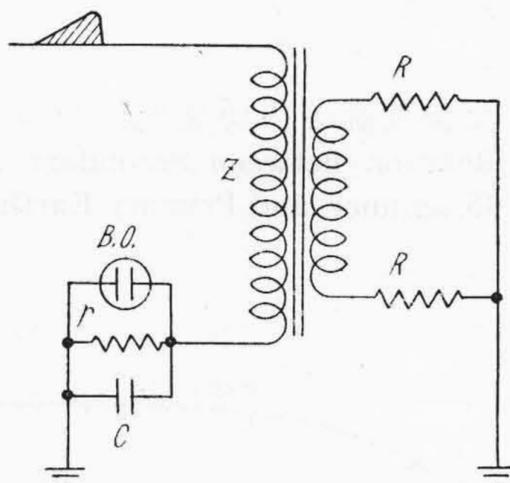
(1) 電圧平衡法

電圧平衡法について、最も感度のよい条件を求めると第11図の回路が考えられる。電位振動は電圧印加端を節として、開放端において最大となる。このとき供試品の二次巻線を直列に結び、両巻線に生ずる電圧が差働するようにブラウン管の偏向板に印加する。第11図 (a) において二次側回路の状態によつて故障検出感度は次のごとく変化する。ただし検出感度は不平衡電圧の振幅にてあらず。

二次回路	r	感度
(1) 各供試品の二次巻線直列 A点非接地	500Ω	100%
(2) 各供試品の二次巻線直列 A点接地	500Ω	78%
(3) 各供試品の二次巻線並列 A点接地	500Ω	63%
(4) 各供試品の二次巻線並列 A点接地	5,000Ω	67%

一括非接地印加に際しては第11図 (b) の方法が用いられる。一端接地印加では同図 (a) の開放端を接地すればよいが、いずれの場合も一端開放に比し感度は落ちる。しかし以上の各方法とも巻数比にして2~3%以上の故障ならば試験中オシログラフを見るのみで検出する。

以上2台の供試品のうち、いずれか一方に故障を生じた場合について述べたが、さらに巻線中における故障点の位置を知る必要から1台の供試品の両脚の相対する箇所に模擬故障を交互に作つて、その不平衡電圧を比較



第13図 接地電流法による故障検出回路

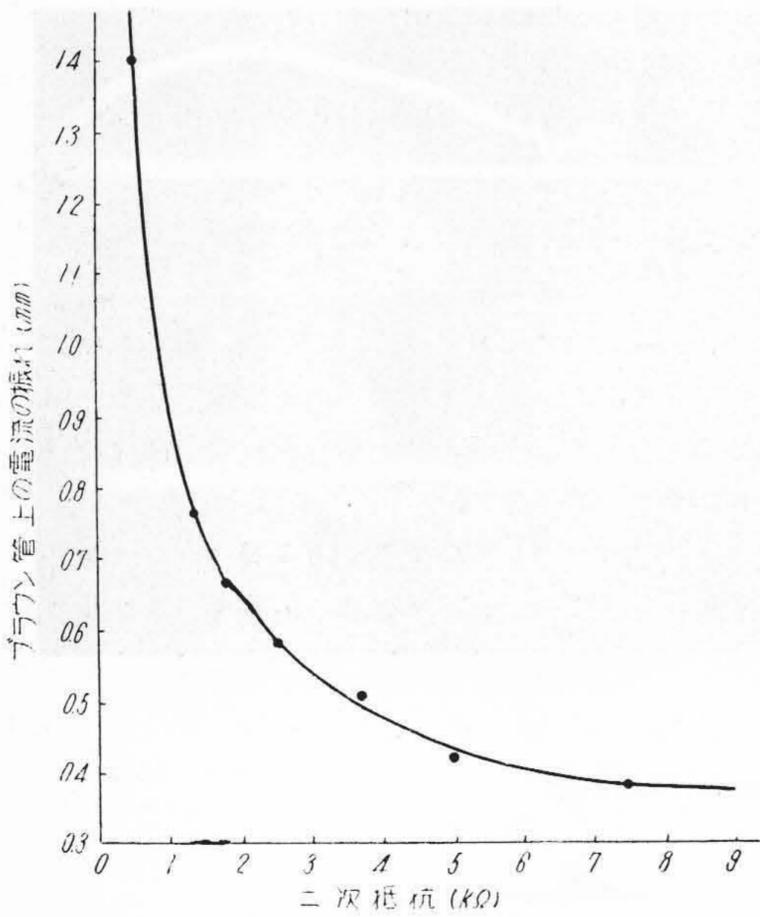
Fig. 13. Fault Detection by Earth Current Method

した。その結果基本波形には差異はなく、波頭における振動状態により区別しうる。すなわち電圧印加側脚の巻線に故障がある場合には反印加側脚に故障がある場合に比べて、前者の方が電圧波形頭初の振幅が大きくなる。これは電圧印加側の回路、第11図 (a) (b) のいずれについても、または一端接地した場合も同一結果がえられる。第12図にこれらの不平衡電圧波形のオシログラムを示す。

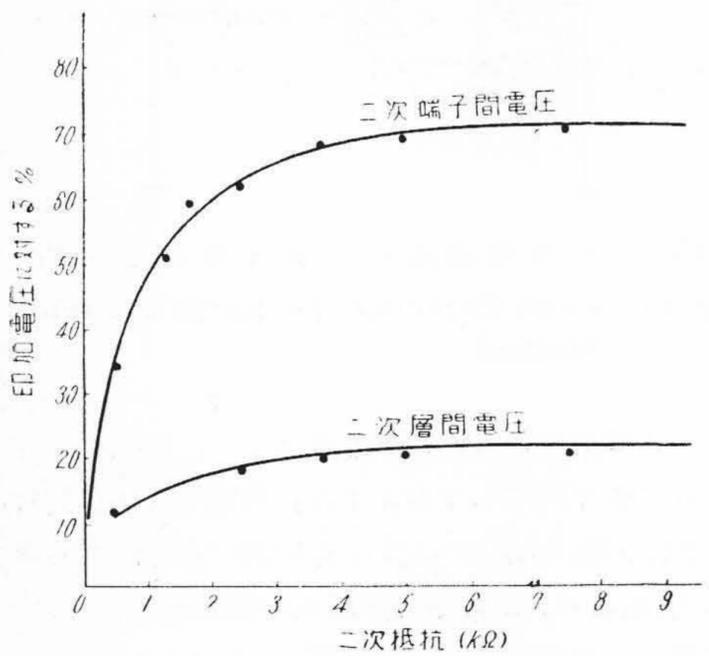
(2) 接地電流法

先に掲げた (3), (4) 両法は本質的には同じである。第13図が (3) の方法による回路であつて、 r は故障検出抵抗である。本法で故障検出感度に影響をおよぼすのは、検出抵抗 r と二次接地抵抗 R である。検出抵抗 r は供試巻線と直列で、そのインピーダンス Z とで分圧器を形成すると考えると、分圧比 α は

$$\alpha = \frac{r}{Z+r}$$



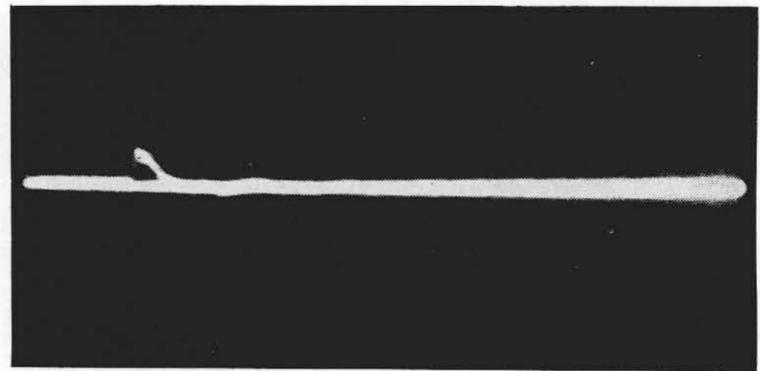
第 14 図 二次抵抗と一次接地電流の関係
 Fig. 14. Relation between Secondary Earthing Resistance and Primary Earth Current



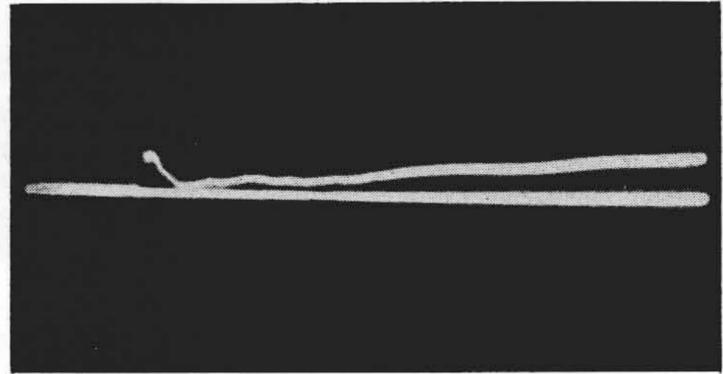
第 15 図 二次抵抗と二次誘起電圧の関係
 Fig. 15. Relation between Secondary Earthing Resistance and Secondary Induced Voltage

において r の値が Z に比して十分小さければ、 α は r に比例すると考えてよい。 r に無誘導抵抗を用いて実験した結果、 $r=160\Omega$ 迄直線的に変化している。抵抗 r と並列に入れた容量 C は、巻線直列容量に対応して入れたのであるが $0.01\mu F$ 程度迄増しても検出感度にはほとんど影響がない。

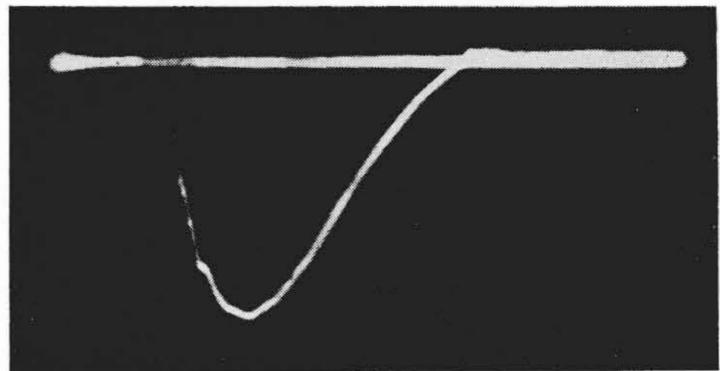
つぎに抵抗 r を一定とし、二次接地抵抗 R を変化させた場合の電流感度を第 14 図に示す。曲線は供試品とし



無 故 障



2% 短 絡



一 次, 二 次 間 短 絡

第 16 図 接地電流オシログラム
 Fig. 16. Oscillogram of Earth Current

て单相、一次電圧 6,000V、二次電圧 3,000V、巻数比 2:1 なる変圧器について求めたものである。第 15 図は同一供試品における二次抵抗 R と二次端子間および層間誘起電圧との関係を示す。二次抵抗が大きくなれば一次側より見たインピーダンスが増加するため、接地電流は減少する。供試品では $5,000\Omega$ 辺りから一定値に近づいている。同一の結果が巻数比 30:1 の小型変圧器からも求められ、その場合の二次接地抵抗値の限界は 300Ω であつた。たゞし一次接地電流が一定となつたとき、二次誘起電圧は最大となり、巻数比 2:1 の供試品では印加電圧の 70% に達している。

巻線に故障が生じた際はかかる接地電流にさらに故障電流が加わるため、供試巻線が健全であるときの接地電流を 0 に抑えておけば、故障電流のみの大小、もしくは変歪によつて判定しうる。筆者等は現在迄 1~300 kVA 迄の各機種に対して、供試品の巻数比に反比例して、二次接地抵抗値を変えることによつて感度を落すことなく同一条件の試験をなしている。

接地電流法によつて一次、二次間の絶縁破壊を検出するには、二次側の一端子を直接々地すれば侵入電流の大

部分は故障点を通り二次側巻線中を流れるため波尾の短い波形となる。電流波形の極性は同一故障点に対し、一次側を一定とすれば二次側接地端子の位置を変えることによつて変化する。二次両端子を抵抗接地すればその抵抗値がきわめて低くない限り波尾が長くなることはない。第16図にオシログラムの一例を示す。

このようにして推定した巻線の故障の大きさは解体の結果とよく一致している。

〔VI〕 結 言

以上述べた結果を要約すると

- (1) 小型柱上変圧器においてはその巻線に衝撃電圧が印加されて生ずる初期電位振動は、巻線全体としては比較的小さいが、電圧印加端に近い層間に高い電位差を生ずる。また一端接地試験においては印加電圧値以上に対地電位が上昇する点はなく、一括非接地の場合も5~7.5kVAでは巻線中央における電位上昇は140%程度である。
- (2) 電圧印加巻線内の電位振動は非印加巻線のインピーダンスが減少すれば増加する。また柱上変圧器の二次巻線は、その一端子を直接々地した場合にはほとんど接地導体とみなしうる。
- (3) 供試品の一次巻線に電圧を印加したとき、二次側に生ずる電圧は同極性であるため、二次接地抵抗値を増すにしたがつて一次、二次間電位差は減少す

る。ただし二次側のいずれか一方を直接々地した場合は、他端の接地抵抗値にかゝらず二次電位上昇はきわめて小さい。

- (4) 故障検出法として接地電流法を用いる場合は、巻数比に反比例して二次抵抗値を変え、かつ故障検出感度をよくするため二次側の一端子は直接々地すべきであると考えらる。
- (5) 故障点の判定等感度については、電圧平衡法が接地電流法に比してすぐれている。電圧平衡法においては二次側に直接々地端子を設けると感度が低下する。

終りに本実験に関して終始御指導を賜つた日立製作所日立研究所三浦博士、同中央研究所只野博士、斎藤研究員、同亀戸工場森泉部長、鬼頭、松井両課長、野崎主任に厚く御礼申上げるとともに供試変圧器の製作に御尽力戴いた変圧器製作課の方々、ならびに実験に御協力下さつた望月君に感謝の意を表する次第である。

参 考 文 献

- (1) 宮本：芝浦レビュー（昭和14-11）
- (2) （討論会）電気学会雑誌（昭和13-3）
- (3) 三浦、二宮：日立評論（昭和19-1）
- (4) 木村、久保、長沼：電気学会論文集（昭和19-4）
- (5) 平田、前川：電気三学会連合大会予稿（昭和25-11）

Vol. 15

日 立

No. 6

「家庭用電気機器」特集（6月25日発行）

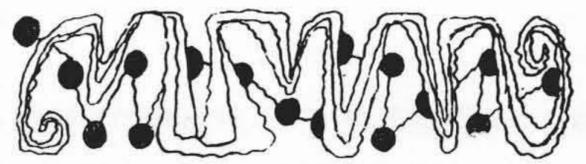
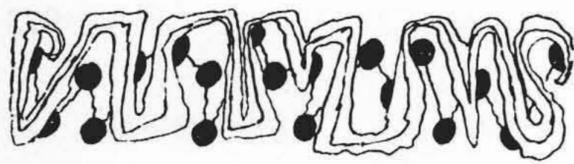
この一冊あれば家庭用電気機器のことはなんでも解ります。家庭の主婦は勿論中学、高校生にも解り易い記事を満載しています。

- | | |
|---------------------|-------------------------|
| ◎ ウインドタイプエアーコンデショナー | ◎ 八 木 ア ン テ ナ |
| ◎ 扇 風 機 と 換 気 扇 | ◎ 電 話 器 |
| ◎ 電 気 冷 蔵 庫 | ◎ 螢 光 ラ ン プ 及 び 照 明 器 具 |
| ◎ 電 気 洗 濯 機 | ◎ 電 球 |
| ◎ 電 気 井 戸 ポ ン プ | ◎ 電 線 |
| ◎ テ レ ビ 用 受 像 管 | ◎ 電気機器の使用に際して知っておきたいこと |
| ◎ ラ ジ オ 用 真 空 管 | |

東京都千代田区丸の内1ノ4
（新丸の内ビルディング7階）

日 立 評 論 社

誌代 { 1冊分 ¥60 千6
6冊分 ¥245 (送料共)
12冊分 ¥490 (送料共)



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	205210	サ ー ボ モ ー タ	日立工場	山崎卓爾	29. 4. 16
"	205214	エレベータ階床扉開閉装置	日立工場	神 峯次郎	"
"	205215	回転磁場における鉄損測定装置	日立工場	今 尾 隆	"
"	205218	重合罐用吐出弁装置	日立工場	安島賢亮	"
"	205220	消弧室に附加した油流ピストン装置	日立工場	桑山正俊	"
"	205212	インゴット運搬車	笠戸工場	青木喜六男 村田師	"
"	205221	鍛造機の駆動装置	笠戸工場	小橋吾市	"
"	205216	制水機構の操作装置	亀有工場	栗野義六郎	"
"	205217	ポンプのマウスリング支持装置	亀有工場	小田保光	"
"	205222	固定型タワーエキスカベータ	亀有工場	安河内春雄	"
"	205223	タワーエキスカベータ	亀有工場	安河内春雄	"
"	205225	固粒子輸送装置におけるチャンバーの弁座 清浄装置	亀有工場	寺田進夫 橋本哲夫	"
"	205205	ホイスト等の歯車装置	多賀工場	横内直中	"
"	205206	二気筒のエンジンの吸気を均一にし得るマ ニホールド	多賀工場	佐藤清	"
"	205211	電子レンズの製作法	多賀工場	明山正元	"
"	205219	反射鏡膜内蔵型電球	茂原工場	谷口栄二	"
"	205209	高周波インパルス発生装置	中央研究所	池上和一雄 安藤文	"
"	205213	放電管始動用グロースイッチ	中央研究所	中村純之助 嶋原文七夫 安藤和夫	"
特許	205224	黒化防止冷陰極高圧放電灯	中央研究所	井上実	29. 4. 16
実用新案	412447	配電函	日立工場	加藤清次	29. 4. 17
"	412449	静電塗装装置の絶縁碍子汚損防止装置	日立工場	越前谷定義	"
"	412450	装甲配電盤内部照明装置	日立工場	滑川清	"
"	412451	屋外用並設装甲配電盤	日立工場	滑川清	"
"	412452	装甲配電盤の室内灯装置	日立工場	丹秀太郎 酒井真平	"
"	412453	自動電圧調整装置	日立工場	今尾隆	"
"	412454	簡易変電所故障警報装置	日立工場	池田正一郎 丹秀太郎	"
"	412455	簡易変電所の異常表示装置	日立工場	宮崎徳太郎 鈴木農夫男	"
実用新案	412456	屋外用配電函通風装置	日立工場	丹秀太郎	29. 4. 17

(第30頁へ続く)