

三菱電機

— MITSUBISHI - DENKI —

Vol. 23 No. 3

目 次

最近の大型變壓器について……………田宮利彦(1)

25,000kVA中性點絕緣低下變壓器の衝擊電壓試驗……村上 有(9)

柱上變壓器……………内田浩雄(20)

EV型デアイオン避雷器……………大木正路(25)

新製品紹介

昭和電工 川崎工場納入
78,000 kVA 三次捲線付三相變壓器……………表紙 二

DH-3型 ラジオヒータ……………表紙 三

1949

三菱電機株式会社

最近の大型變壓器について

伊丹製作所 田 宮 利 彦

I. 緒 言

戦前は生産力擴充計畫によつて電源の開発、電力設備の擴大や新設によつて變壓器の需要は甚しく増大し、とくに朝鮮、滿洲等の新天地においてその増加著しく、我國の記録的大容量品である三相 100,000 VA ならびに單相 50,000kVA (バンク容量 150,000kVA) 220,000V 送電用變壓器等もこれらの地方で使用せられたものである。戦後となるや、電力設備の擴充も一應中絶の已むなきに到り、更に終戦に及んで一時これらの保守整備も中絶せられ、戦時中の酷使と永年使用による老朽劣化とか、戦災による焼損品に加えて増々變壓器の損耗不足を許えられるに到つた。一方戦後の生産復興の動力源としてはまず電力と石炭が擧げられ、石炭の節約は勢力の増加によつて補われねばならぬので、電力設備が大きく問題となつてきた。これがために各所で新規の水力開発を計畫されておるが差當り應急の問題として既設設備の保修整備によりまたは出来れば一部の改良加工によつてその全能力を 100% またはこれ以上に發揮できるように致すべきで、日本發送電株式會社ならびに各配電會社におかれてもいわゆる特別改修工事として 3 ケ年計畫で内地全國の水力發電所ならびに變電所、火力發電所の再整備を實施せらるゝ事となり續いて水力開発の 5 ケ年計畫も着々進めらるゝに到つた。

また他方國鐵の電化による大電力の必要も生じ、炭礦や化學肥料の方面にも多大の電力設置を整備せらるゝに到つて大型變壓器の需要は戦前の華々しい勢を再現せしめるに到つた。茲に三菱大型變壓器の現況と趨勢を述べ、一般の御参考に供する次第である。

當社が大正 12 年米國屈指の電機メーカーであるウエスチングハウス社と提携以來、20 有 5 年、その間技術面、工作面材料面とあらゆる點に携まざる研鑽と練習を重ね、爾來幾多の優秀なる製品を送り出して斯界に貢獻して來たが、大型變壓器においても、いわゆるサージブルーフ式外鐵型變壓器を完成し、好評を博している事は衆知の通りである。

今次の大戦によつて W 社とは一時技術的連絡の中絶の已むなきに到つたが、その間も独自の研究に怠りなく終戦後いち早く下記に示す様な成果を擧げうる事ができた。

II. 終戦後の記録品

イ) 昭和電工川崎工場納入 78,000kVA 三相變壓器 (第 4 圖参照)

送油送風式 外鐵型 サージブルーフ式構造 50~

一次 147—140—133kV 人 60,000kVA

二次 66kV 人 66,000kVA

三次 33kV △ 30,000kVA

本器は硫安製造工場の電源として終戦後逸早く活躍しており現在内地における最大容量のものである。

また下記に詳述する様に三菱獨得の U フィン管式放熱器を採用した送油送風式の最初の製品であつて、普通の自冷式變壓器に比べて油量で 17,000 立 (25%) 放熱管用磨鋼板で 16,000 疋 (全鋼材の 40%) を節減する事ができた。

ロ) 日本發送電岡山變電所納入

25,000kVA 單相變壓器 (第 5 圖参照)

送油送風式外鐵型サージブルーフ式構造 60~

中性點高壓中壓共 1/1/3 絕緣低下式

一次 140—133—126kV 人 20,000kVA

二次 130—120—110—100/65—60—55—50kV

人 20,000kVA

三次 10,500V △ 10,000kVA

ただし 125% 過負荷 2 時間に耐ゆる事

本器は約 25 年程以前のウエスチングハウス社製品で

一次 140kV 15,000kVA

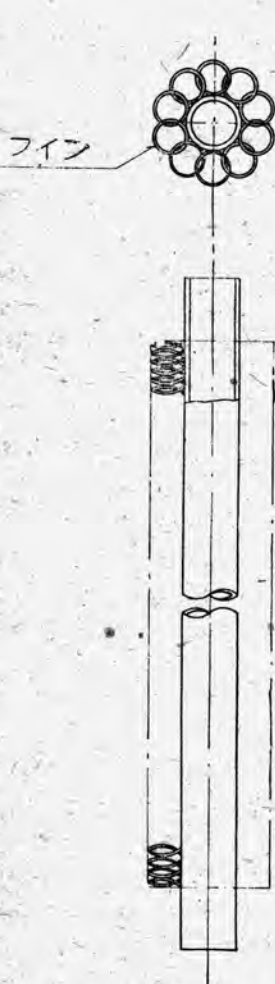
二次 70kV 15,000kVA

三次 10kV 10,000kVA

水冷式非サージブルーフ型構造のものを今回上記の様にコイルと放熱器を新製し、鐵心は一部追加積み足して改裝と容量増加を併せ行つたものである。

ハ) 舊式變壓器の改裝について

往時の大型變壓器はほとんど水冷式を採用せられてゐるが、これが理由として硅素鋼板の良質低損失のものが出来なかつたから能率が悪い。また放熱器の優秀なものが廉價に製造出来なかつた。従つて多くの熱を放散する放熱器に多大な經費を要し經濟上不利であつた。これに反し水冷式では冷却効果は新しい間は有効であるからコイルの電流密度を上げて銅損を増しても、水冷管の増大だけで容易に解決できるから、現在の經濟的設計をした



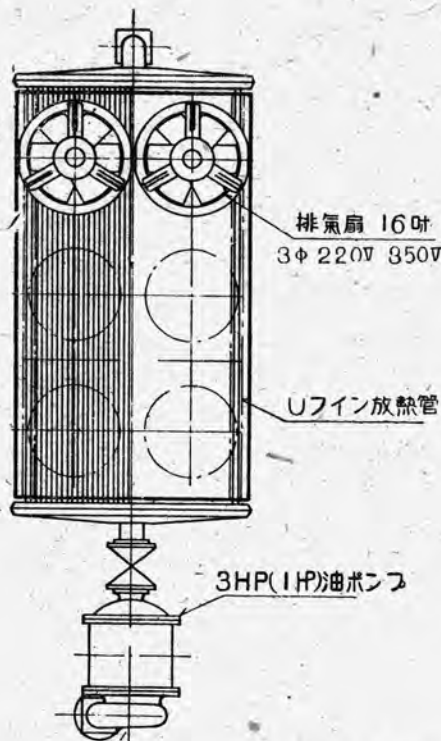
第1圖 Uフィン放熱管詳細

普通の自冷式に改造する事は尤大な放熱器を要し、鋼材油量ならびに床面積の増大が著しく到底経済的に償えぬものである。

しかるに本件の如く優秀な送風式放熱器によつて有利にこれが解決を與える事ができた。

變壓器の改造に當つて次に問題となるのは絶縁方式である。當社はこれに對して、サージブルーフ式と中性點の絶縁低下構造の採用を推奨するものである。

超高壓大容量の變壓器は往時からウエスチングハウス社も三菱電機も共に外鐵型を採用し來り、その絶縁力の完璧と機械的力に對する強大さを誇つて來たので、舊式の非サージブルーフ式構造と雖も 20 數年間の酷使に耐え何等問題を起さなかつたにもかゝらず、更に強靱な設計を求めて茲にサージブルーフ式を採用し、從來の對地間ならびに他巻線間絶縁の合理化のみならず、線輪内部の絶縁すなわちコイル間および層間の絶縁を著しく



自冷式に比べて、水冷式は銅損も非常に高くなつてゐるのが普通である。

かゝる損失の多い水冷式變壓器を

第2圖 Uフィン放熱器強化した。

従つて從來の鐵心寸法ではコイルが納まらぬ程に絶縁物の寸法は増大した。これに對しては不必要な中性點側の絶縁を $1/\sqrt{3}$ に低下して全體的に絶縁力の合理化を計つた。

また容量増加によつて % リアクタンスは増大するから勢い巻数を減少せしめて、それだけ鐵心斷面を増加する事が望ましい。しかし一般に内鐵型變壓器では鐵心の斷面を増加する事は仲々の難事でほとんど不可能に近いが外鐵型變壓器では單に同一寸法の鋼板を積み足すのみでこれも解決できる。一方上述中性點側絶縁低下によつても兩巻線間の距離が縮少しそれだけインピーダンスの低下を來す利點がある。

III. 新型放熱裝置 (Uフィン管放熱器)

Uフィン型放熱器と稱し第1圖のように引拔鋼管の周圍に銅または鐵線を鎖狀にして巻き附けた上、亜鉛鍍して相互を密着せしめた放熱管を第2圖のように從來の放熱管の代りに上下のヘッダーに多數取付けたもので、放熱面積は著しく増加する上に針金の錯雜した配列によつて流れる空氣を掻き亂していわゆる亂流 (Turbulent flow) を起さしめるので熱氣のフィルムを除去して冷却効果が著しく大きくなるもので、このUフィン管は廻轉機

用の空気冷却器として既に実績をあげているものである。

これを變壓器に應用して鋼管内には被冷却油を特殊のポンプによつて強制循環せしめ、一方空気を多數の小型電氣扇で吹付けて冷却せしめるもので、本器一個の構造は12圖に示すようになる。この器を必要數裝置すれば、第3圖のように10萬kVA程度の大容量變壓器でも至つて簡便に据付寸法も狭少に取付ける事が出来る。

從來の油ポンプは軸受部分その他から油が洩れ易くこれが保守に困つたものであるが、本品は電動機とポンプとが一體となつて同一ケーシング内に納められ軸受部分も外部に露出している處がなく完全に全閉型となつてゐるので、油の洩れる心配がなく、取付けも變壓器外面に固結できて床面積が節減できる。

ポンプの容量は1馬力ないし3馬力を標準とし、油量は1分間500ないし1500立方寸循環せしめるが速度が低いので油に氣泡等の發生する處は全然なく、從つて空氣分離器は全く不要である。

また配管の手數も要せず洩油の個所も少なく壓力も低くてよいからポンプの電力も僅少でよい。

一方送風機は數分の一馬力の小型排氣扇を數個、放熱器前面に直接取付けられ放熱管の油流と直角に送風するようになつてゐる。本送風機は風洞がなく直接に送風するから壓力は僅少でよくて風量は相當出し得るから高能率であり、また少しも騒音を發せず、靜かなる事は三菱の卓上扇風機を思ひしめる。

軸受にはボールベヤリングを使用し、保守點檢にも便利で1個宛取外し得るようになつてゐる。一二個のファンがたとへ停止しても全冷却効果には大した影響がないので、從來の集中送風ブローア式に比べて安全率も高く

電力損失も著るしく少ない。

一例として上記 78,000kVA 三相變壓器においても

3HP 油ポンプ 3 臺 約 2,100ワット

16 吋送風機 72 個 約 25,200ワット

計 27,30 ワット

で能率で 0.035% しか影響がないからほとんど無視する事ができる。

送風機で吸込式に通風する時は第3圖のように送風機を外側に出して何等の蔽いを施してないが、吹込式では第4圖に示すように鎧戸で保護しているが、實際は送風機は全閉型で耐水構造に作られてゐるから、強いてなくともよい。

第5圖は2個の油ポンプを共通管で連絡して1個のポンプが萬一停止しても、放熱器はそのまゝ使用できるようになつてゐる。前述日發岡山變電所納入の 25,000KV A 變壓器で實驗の結果によると、上記の如くにしてポンプ1個停止しても放熱効率は僅々 10% 位の低下ですみ、取替時間 1~2 時間位では何等の溫度上昇は認められない。

またポンプを全然停止した時も變壓器油はポンプ内を自然對流が出来るようになつてゐるから自冷式として働き 40% 位の負荷に耐え、全負荷でも、1 時間で溫度上昇は 5°C 増加する程度である。

一方送風機は多數であるから故障によつて停る危険率は少ないが今全體の 25% すなわち上記の例で 32 臺中 8 臺一時に停止してもその影響は至つて少なく全負荷運轉で油の溫度が僅々 2°C 上昇した程度である。

なおこれらの保安裝置としては各個に可燃片とスイッチを附け全體としては過電統繼電器の外に逆相繼電器 (cp型) を備え、全停電や一線の斷線、低電壓または逆

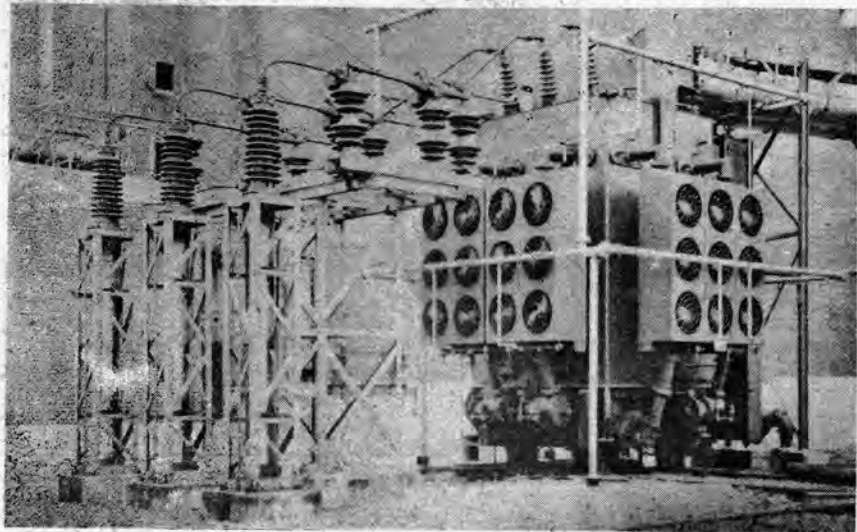
相等の事故を報知する一方油の溫度上昇による警報器等を備へてゐる。

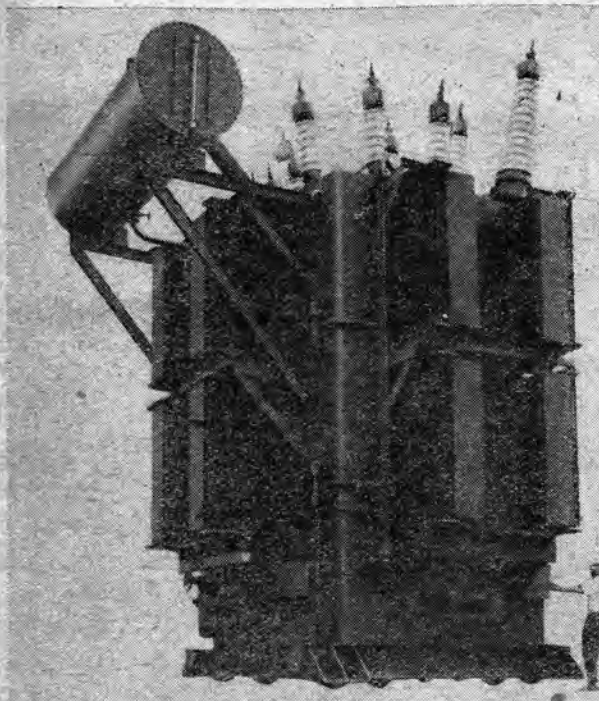
本放熱器は上述の如く効率良く資材的にも非常に優秀で、從來入手困難とせられた放熱管あるいは同上用磨鋼帶の所要量を著るしく節減でき、かつ絶縁油の所要量をも 15~30% 以上も節約できるのみならず保守

第 3 圖

105,000kVA 19kV

3 相變壓器送油送風式 外鐵型ファームヒット變壓器





第4圖 昭和電工川崎工場納入
78,000kVA 三相變壓器
自冷送油送風式 50t
サージブーフ式 外鐵型
一次 161kV 60,000kVA
二次 66〃 66,000〃
三次 33〃 30,000〃

も至つて便利で床面積も狭小でよいから、今後は 10,000kVA 以上の大型變壓器にはもちろんのこと従来の水冷式または送油水冷式變壓器の改造または容量増加等に利用せられてその價值が顯著と思われる。

第5圖は前述のように水冷式變壓器を改造したもので、水冷式の据付場所で充分送油送風式に改造出来る實例を示すものである。

IV. 中性點絕緣低下變壓器

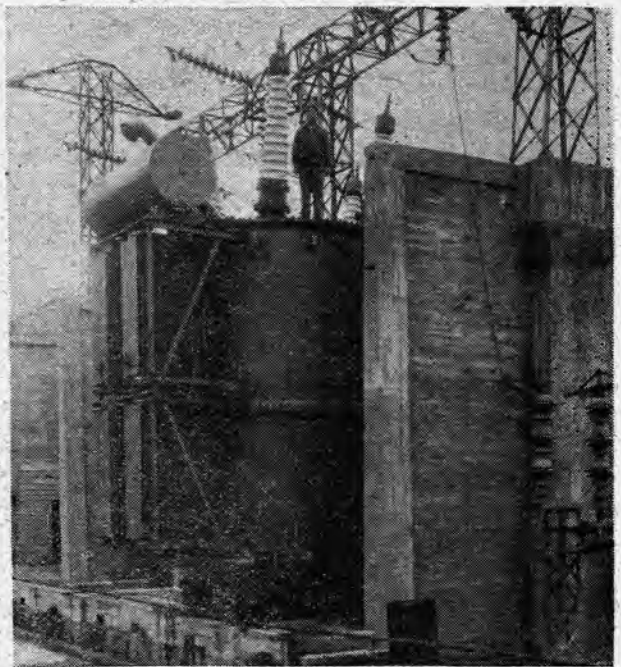
從來我國で製作せられた大容量高電壓變壓器は、その線路電壓に對して全線輪が絕緣せられているいわゆる Full insulation のものであるから星形結線でも三角形結線と同一絕緣方式を採用していた。

しかるに 66kV 以上の送電用變壓器は星形結線で、その中性點が抵抗またはリアクトルで接地せられているから、線路側と同一絕緣強度とする必要はないようである。従つてこの部分の絕緣を $1/\sqrt{3}$ 程度に低下減少すればそれだけ資材は節約せられ、インピーダンスは減少せしめうる利益がある。今中性點の絕緣低下

が技術的に差支えなきやを研究した結果、次の點をあげる事ができる。

(イ) 滿洲、朝鮮においては中性點はすべて消弧線輪接地であるが、その消弧線輪のあるものは送電々壓の $1/\sqrt{3}$ の端子電壓で絕緣を施しており、これに $1/\sqrt{3}$ の電壓の避雷器を併用する事によつて、中性點側に来るサージを放電して閃絡を防止している。爾來數年の經驗によるも消弧線輪、避雷器共何等の支障なく運轉されている。

通常避雷器の最もおそれられるものは大なる雷電流で、すなわち電流容量を超える落雷とくに直撃雷であるが、この場合のように中性點に取付けられた避雷器に流れる電流は變壓器のサージインピーダンスを通つて來るために著しく低減せられる。例えば送電線のサージインピーダンス 500Ω の時の雷電流 5000A とすれば、變壓器は 5000Ω 以上のサージインピーダンスがあるから電流は 500A 以下となり、避雷器の責務は $1/10$ に輕減せられる。従つて避雷器は樂でかつ完全に保護できから、中性點の避雷器は雷による破損例は全くなかつた事から考えても、避雷器の併用によつて、中性點側の絕緣低下を完全に保護する事ができるから $1/\sqrt{3}$ に絕緣した中性點側も線端側と同等かそれ以上に信頼度があると考えられる。



第5圖 日本發送電 岡山變電所納入
25,000kVA 單相變壓器

ロ) 衝撃波の進入に際し開放した中性點には線輪の内部振動や反射によつて線路側と同等以上の電位振動が発生して套管を閃絡さすことは往々経験するところであるが、この中性點側の電位振動は一般に緩かであるから普通の絶縁物と棒間隙または避雷器との絶縁協調は十分保たれるから、前記のように避雷器によつて放電する時は完全に保護する事ができる。

一方かくの如く $1/\sqrt{3}$ の低電壓

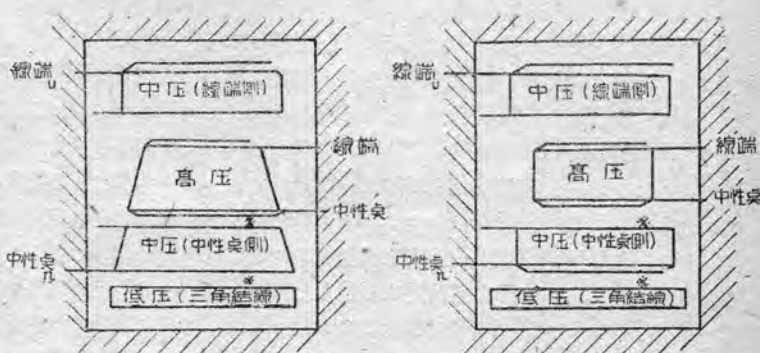
で放電する事によつて衝撃電壓のエネルギーを放出せしめて、絶縁物に與える悪影響を半減しうる事が度々の工場衝撃試験によつて實驗せられている。従つて中性點側にはとくに必要のない場合も中性點側套管を出してそれに放電間隙を設ける事もある。前例昭和電工 78,000kVA 變壓器 66kV 側の中性點は全絶縁であるにもかかわらず、上記放電間隙附の套管を設けた一例である。

こゝに注意すべきは段絶縁方式と中性點絶縁低下との差違である。米國の如く直接々地方式では中性點の絶縁は 20% 位に低下されこれに續く線輪も順次段階的に絶縁力が強化されて線路端に到っているものである。我々の謂う絶縁低下は單に中性點側線輪と他巻線間との絶縁距離のみ縮少し、各コイル間ならびに層間の絶縁は原則として何等低下しないものであるから巻線の内部振動に對しては全絶縁變壓器と同様非常に強く、當社獨得のサージブルー式設計と相俟つて、サージに對しても線輪は完全に耐える事ができる。第 6 圖(A)は段絶縁の略圖で*印の處が絶縁が低下されていてコイル内部も順次その絶縁が少なくされているが、中性點絶縁低下方式は第 6 圖(B)に示すように*印のみで他の部分は全絶縁のもので全く同一である。

今 110,000kVA 220kV 三相變壓器(朝鮮電業用)に實施した時に資材の節約量を比較すると下表のようになる。この時のコイルの配列は第 6 圖(B)のようでインベータンスを同一として計算した。

	段絶縁 (直接接地式)	$1/\sqrt{3}$ 絶縁低下 (抵抗接地式)	全絶縁
銅	100%	100%	100%
硅素銅板	97	〃	114
普通銅材	97	〃	112
油	94	〃	122
總重量	96	〃	114

第 1 表 變壓器資材比較表



第 6 圖 段絶縁方式 (A) と中性點絶縁低下方式 (B)

前述岡山變電所納入 25,000kVA 變壓器に對しては我國最初の中性點絶縁低下變壓器であるので、各種の通常試験のほか別に別項のように各種の衝撃電壓試験を施行し豫期通りの好成绩を収め、また現場にても 1 バンクとして使用状態でのサージ特性を過渡現象直視装置によつて測定し、これも何等の不備もなく安全である事が確められた。また本器は官廳試験においては特別の實驗として普通の全絶縁變壓器と全く同一の試験方式によつて施行されたが何等の異状もなく目下運轉されている事は本方式の安全性を確認せしめた。

V. 變壓器の室素封入装置

イナーテチャー變壓器(Inertaire Transformer)

油入變壓器が各絶縁物の絶縁耐力を考慮して理想的に設計されていても、使用中に油が劣化してくると、それだけ變壓器の安全率が減つてくる。變壓器故障の大半は油の劣化に由因するといつても過言ではない。そこで常に油を新鮮に保つことが保守上の重大問題となり、油の耐壓試験、濾過、補給ということに從來多大の意を用いねばならなかつた。

油の劣化の原因はその膨脹収縮によるいわゆる呼吸作用のため、大氣中の酸素といくらかの水分が外函内に入ってくるからである。油に水分が入ると絶縁耐力を下げ酸素は熱い油と化學作用を起しスラッジを作る。從來の鹽化カルシウム、アドソール、シリカゲル等を用いた濕止呼吸装置は備えているだけでは長年月の使用中には油の酸化による劣化は免れ得ない。

これを防ぐために考案されたのが室素封入の方法である。すなわち變壓器油面上部と蓋との間の空隙部または別設の膨脹タンクに乾燥した室素ガスを封入の上密閉して外界とは絶縁し呼吸作用その他の原因によりガスが減少した時は自動的にこれを補給して如何なる場合も油が

大氣と絶対に接觸しないようにする。これをイナターエヤー(不活潑空氣)裝置と稱し、既に古くから實用せられ我國でも 20 數年の實績を有している。今回本裝置を施した古い變壓器が他の油膨脹室を有しているものに比べて油の劣化が著しく少ない事が實態調査によつて認識せられ、これが重用化が叫ばれるに到つた。

從來の本裝置にはイナターエヤーコムバウンドと稱して酸素との親和力の強烈な特殊銅製劑と各種のガス吸収用として炭素粉末、ならびに吸濕劑等を裝備した容器を通じて變壓器が外界と呼吸するようになっていた。従つて吸入する空氣中より窒素のみが變壓器油槽内に流入し、ある一定壓力以上に器内窒素ガスが壓せられると、水銀モールの調整器より放出するようになっていた。しかしこの銅製還元劑の入手が困難でかつ不經濟なので最近は一層安價な方式として窒素ボンベより直接窒素ガスを利用する方式が推奨せられ、米國では盛んに使用せられて好成績をあげているので、當社でも從來のイナターエヤーコムバウンド式に代つてこの壓縮ガスボンベ使用方式を作る事となつた。

本裝置は第 7 圖に示すように 150 氣壓位の市販の窒素ボンベより 2 個の特殊減壓弁によつて 3 段で 150 氣壓より 0.05kg/cm^2 に減壓して變壓器油槽に連結せられる。従つて油槽内氣壓が 0.05kg すなわち 0.7 封度以下に低下した時に自動的に窒素が供給せられて常に一定壓力に保たれる。

一方壓力が上昇した時は、水銀管による壓力調整器によつて 0.37kg すなわち 5.5 封度まで保持し、それ以上の壓力は外氣に放出される。従つて變壓器油槽内壓は 0.05 ないし 0.37kg の範圍で窒素ガスの出入なく密閉された状態である。

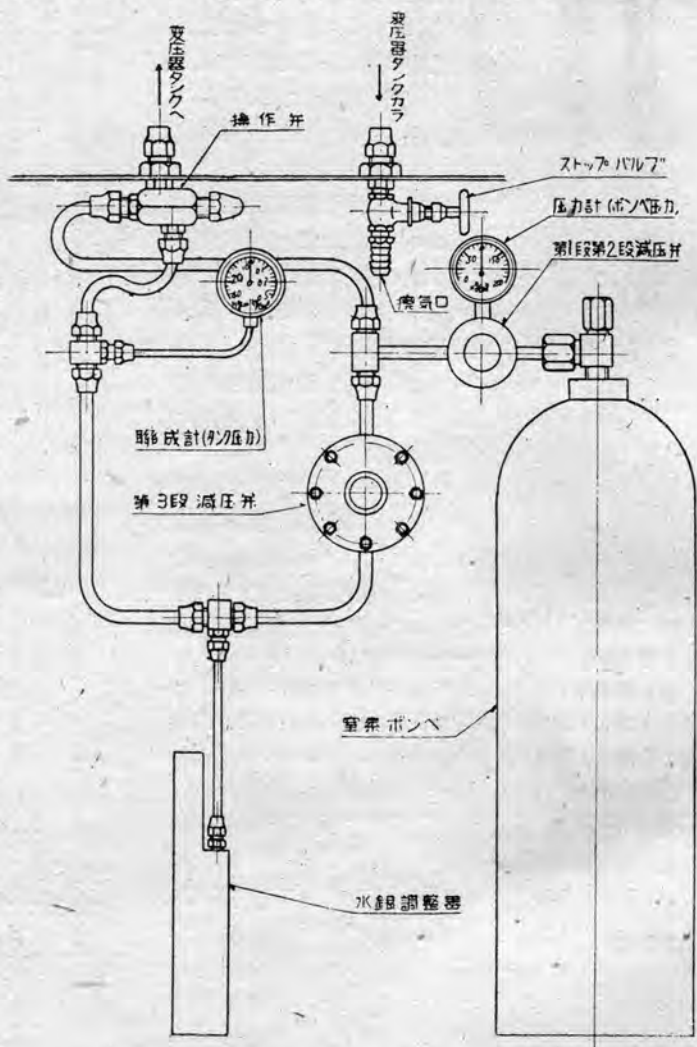
上記は常規状態であるが何等かの不具合によつて 0.4kg 以上となつた時または負壓 -0.10kg 以下になつた時はそれぞれ警報を發し、 -0.17kg 以下で水銀調整器からも外氣を吸入するようになる。

また變壓器内部故障等のため、異常壓力に達した時は 2kg で作用する特殊の放壓裝置をそなへ壓力が低下すると自ら蓋を閉ぢて不必要に窒素ガスの流出や酸素の侵入による火災等の危険を防ぎ、一方放壓膜の作用した時は警報するようになっていた。窒素封入式では上記のように酸素に接觸する

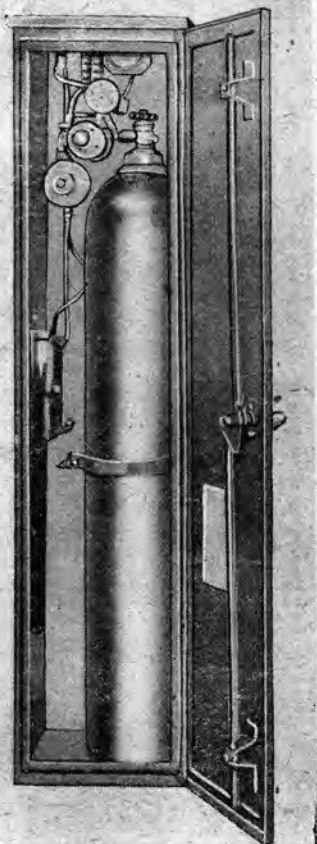
事がないから萬一内部故障による爆發の場合にも發火する危険が少なく、また一方窒素ガスの緩衝物のために普通の油膨脹室附變壓器のように外面内に油の充満しているものに比べて外面に與える破壊力も減殺される上に相當量の油量も節減できる利益がある。

本器による窒素ガスの消耗量は變壓器の溫度の變化程度すなわち負荷の掛け方によつて一定ではないが、今までの實績によると 46.7 立の標準ボンベ 1 本で約半年以上 2 年位の使用に耐え、その間にボンベを交換できるように豫備 1 本を備えている。またボンベ内壓が 150 氣壓から 15 氣壓に下つた時に一應注意する警報端子を有する壓力計がつけてある。

本裝置は第 8 圖のように $380 \times 380 \times 1700$ 耗の小函内に收蔵せられ油槽側面に取付けられるから、既設變壓器



第 7 圖 イナターエヤー裝置配管略圖



第 8 圖 イナテヤー装置

にも簡単に装置する事が出来、保守、取扱も至極簡単で一方その効果は顯著であるから最近では新設品はもちろん舊品にも一般に取付けられるようになった。

VI. 新型油槽(Form Fit 変圧器)と輸送法

1) 油槽の形状比較

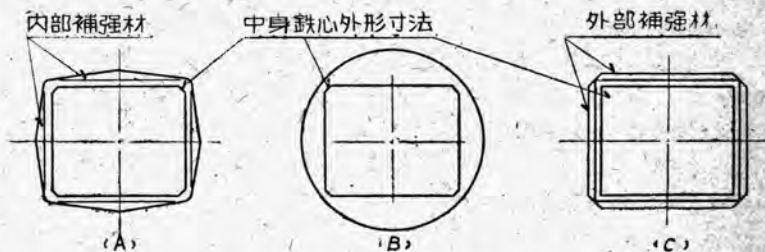
外鐵型變壓器では中身の水平断面は大體正方形かこれに近い矩形であつて、線輪は完全な絶縁物によつて包まれた上鐵心で囲まれているから外力をうけて損傷する心配は全然なく、また絶縁上の距離は全く不要である。

従つて中身、すなわち鐵心と外函内側とは單に組立上の豫備寸法があればよく、内鐵型變壓器に比べて油量は少なくなる傾向がある。

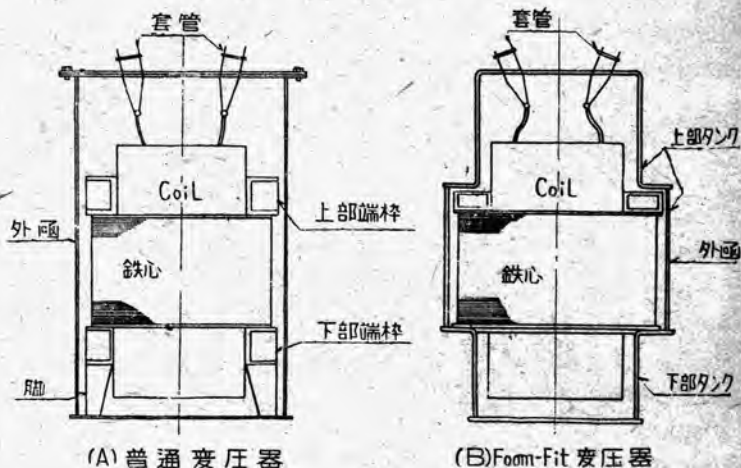
しかし古い變壓器は低丸形タンクを使用していたがこれは機械力に對しては最も都合よくタンクの工作も簡單であるが、第 9 圖(B)に示すように油量が多くなる事は當然である。

これに對して近時は専ら(A)に示すように八角形タンクを使用している。これは油量は丸形に比べて 20~30%

最近の大型變壓器について・田宮



第 9 圖 外鐵型變壓器油槽外形比較圖



第 10 圖 外鐵型變壓器縦断面圖

減少する上に矩形に比べて一邊の長さが半減するから大型變壓器では側板の厚さが薄くてすみ、また補強材も輕少でよい。また補強材は内側に用い外觀を美しくかつ放熱器等の取付も便利である。これらのタンクは中身の眞空乾燥に使用出来るよう 15 封度/平方吋の壓力に耐えるようになってゐる。

これに對して矩形タンクを使用する時は、油量は八角形(A)に比べて約 10% 減少するが相當な補強材を外側に施行して側板の變形にそなへねばならない。(C 圖)

2) フォームフィットタンク(Form Fit tank)

上記のように矩形タンクは油量が最少になることが肯かれるが更に進めて變壓器中身とタンクとが造り附けになつたものが Form-Fit tank と稱し戦時中から資材節約のため米國ウェスチングハウス社で研究せられ目下盛んに使用せられているにかんがみ我國のように油及び鋼材の少ない國においては是非採用致したいものである。

第 10 圖は外鐵型變壓器の垂直断面圖で(A)は普通の構造で(B)はフォームフィット型である。すなわち下部鐵心棒および脚が下部タンクで代用せられ、鐵心と外函との間隙は極度に縮小して上部タンクが上より摺り降すようにして接合するもので絶縁に必要でない油のスペース



第 11 圖 フォームヒット變壓器の組立
230kV 83,333kVA 單相變壓器

はつとめて節減してある。従つて油量は更に 20~30% 少くなり、鋼板も 10% 以上節約できる。かゝる方式は外鐵型變壓器のみが實施しうる特徴である。第 11 圖は本方式を採用した 230kV 83,333kVA 單相變壓器である。

3) 大型變壓器の輸送

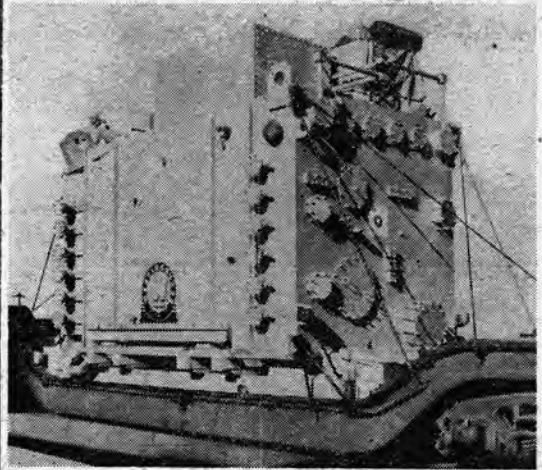
大型變壓器の輸送には汽車による車輛限界によつて制限せられる場合が多く、それも寸法とくに高さによつて限定せられる。従つて大型内鐵型變壓器では中身の高さによつて制限せられる場合が多く、是非其現場組立を行う必要が起り易い。

現場組立には多くの經費を要する上に工場で施行するように完全な工事が行い難くまた餘分の工數と日數を要するわけである。従つて出来る限り工場で完成し各種の試験を完了したものを、そのままの状態現場へ送る事が望ましい。

しかるに外鐵型變壓器においては、上述のようにその構造上變壓器を横倒しにして何等の支障なく輸送する事が出来るから油漬または窒素封入で車輛寸法に制限される事も少なく輸送可能重量一杯までのものが安全に送り得られる。

上記日發岡山變電所向 25,000kVA 變壓器は、かくして窒素封入で送られ何等の支障なく完成せられた

12,500kVA 單相 161kV 變壓器は丸型タンクであつたが矢張り横倒しにしてトラクタで姫路まで陸行運搬されて何等異状なかつた。また第 12 圖は上記 83,333kVA 230kV 單相變壓器の輸送圖である。



第 12 圖 外鐵型變壓器の輸送
230kV 83,333kVA 單相變壓器

VII. 結 言

數年の間の戦争一本の技術陣の動員は今次敗戦により徹底的にくつがえされた。戦後の混亂はたゞその間の技術の空白をのみ物語つて餘りあるものである。戦後の我國の工業界はあらゆる面がそうであるように、戦前の水準を取もどすことのみで精一杯の状態であつた。電力技術の方面も確かに然りであり、各製造者の目標はすべてそこにあつたように思われる。しかしながらその努力の半面において當社は過去の經驗に立脚せる確固たる技術を活用して、幾多の開発をも企んでいることを了解して戴きたい。中性點絕緣低下、U フィン管放熱器、窒素封入裝置フォームヒットタンク等の問題を採上げて最近の新しい傾向の一半の説明を加えたが、當社變壓器技術の進歩の方向が那邊にあるか認識して戴ければ幸いである。

我國の狀勢から見れば、ただ性能の優秀な製品を作ることのみを技術の目標とすべきではなく、資源に乏しい我國では所要資材の節約と、既設製品の有効な轉用活用が重要な技術の目標である。その點を考え合わせれば、上記各種の問題はすべて我國の實狀に則した切實な要求に合致した大いなる進歩貢献と云うことが出来よう。なお今後の研究を期している次第である。

25,000kVA 中性点絶縁低下変圧器の衝撃電圧試験

今回日發岡山變電所に納入された單相 154kV, 25,000kVA 中性点絶縁低下變壓器の衝撃電壓試験, ならびに過渡現象直視装置による内部電位振動測定の結果を報告したものである。

伊丹製作所 村 上 有

I. 緒 言

變壓器の中性点直接接地方式を採用している米國においては變壓器の段絶縁が可能であるが、誘導障害の見地から直接接地の許可されていない我國においては、從來製作されてきた高電壓變壓器はいわゆる Full Insulation である。

最近中性点絶縁低下の問題が起り、絶縁寸法を縮少して資材の節約を計らんとする提案に對して、絶縁の安全性につき種々論議された結果、理論的には中性点の絶縁を低下しても差支えないことが認められた。

今回日發岡山變電所のウエスチングハウス社製單相 154kV, 15,000kVA 變壓器の改造に當り、容量増加の要請から日發當局の英斷により、25,000kVA 中性点絶縁低下變壓器の實現を見ることとなつたので、本變壓器に對し詳細な衝撃電壓試験を施行し、また過渡現象直視装置による内部電位振動の測定を行つた。供試變壓器の仕様は下記の如くである。

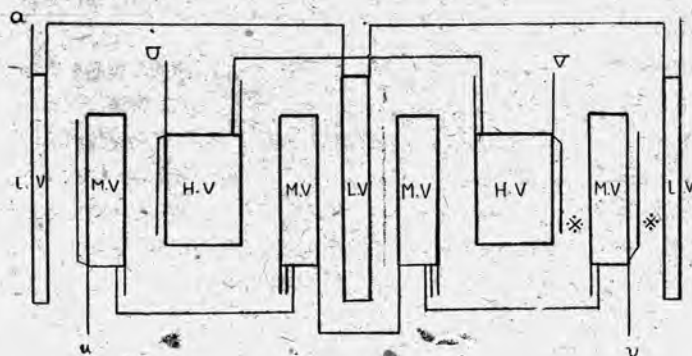
單相 60 サイクル 送油送風式

一次 140—133—126kV Y 20,000kVA

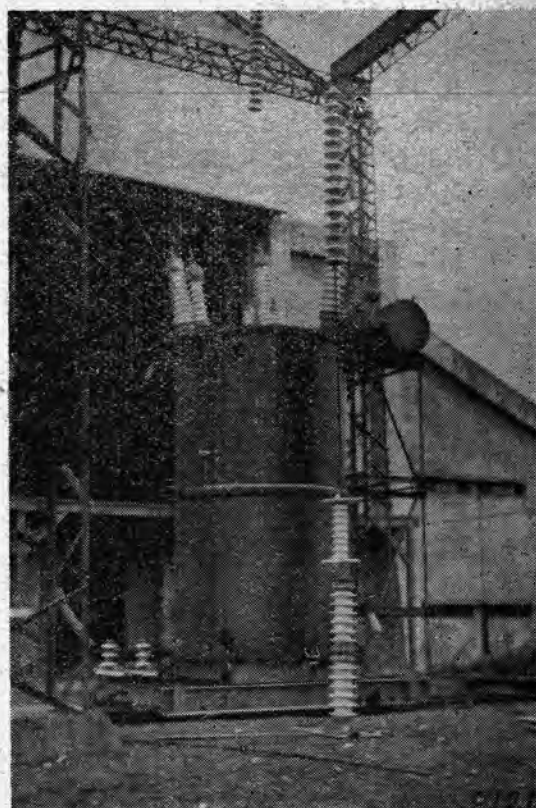
二次 $\frac{(130)-120-110-100}{65-60-55-50}$ kV Y 20,000kVA

三次 10.5kV Δ 10,000kVA

第1圖は捲線の配列を示すもので、高壓、中壓共中性点側(*印)の絶縁を $1/\sqrt{3}$ の絶縁レベルに低下して



第1圖 捲線配置



第2圖 衝撃電壓試験施行中の變壓器

いる。絶縁低下せる中性点には同じく $1/\sqrt{3}$ に落した避雷器を接続し、振動による異常電壓の上昇を防止する。

第2圖は衝撃電壓試験施行中の變壓器の寫眞である。

II. 試験要領

1 試験項目

試験は變壓器衝擊電壓試験標準規格(CDGG 110)に準據して行つたほか、中性点側を絶縁低下せるための特殊試験として、避雷器を接続した場合につき實施した。變壓器の

接続および印加電圧波高値は次のとおりである。

ア. 高 圧 捲 線

- (1) 線端子印加全波試験 波高値 750kV
 - HF-1 接地試験 —第 3 圖
 - HF-2 避雷器接続試験—第 4 圖
 - HF-3 非接地試験 —第 5 圖
- (2) 線端子印加截断波試験 波高値 870kV
 - HC-1 接地試験 —(第 3 圖)
 - HC-2 避雷器接続試験—(第 4 圖)
 - HC-3 非接地試験 —(第 5 圖)
- (3) 中性点端子印加全波試験 波高値 450kV
 - NF-1 接地試験 —第 6 圖

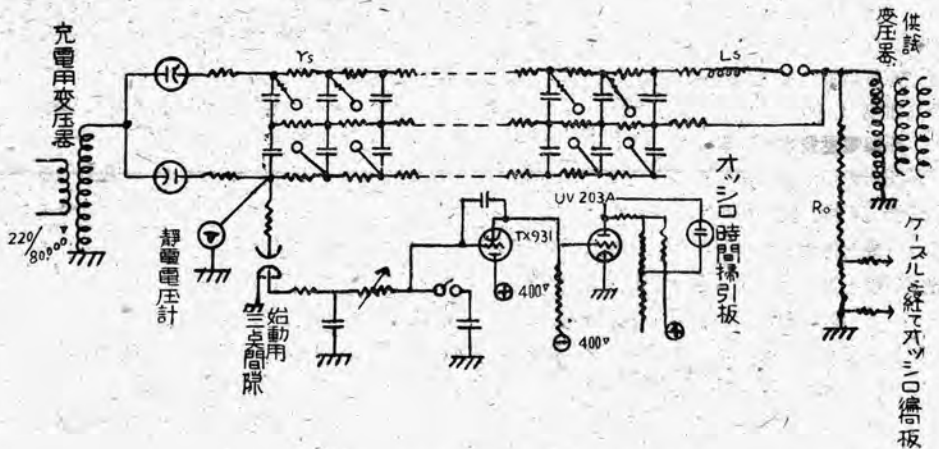
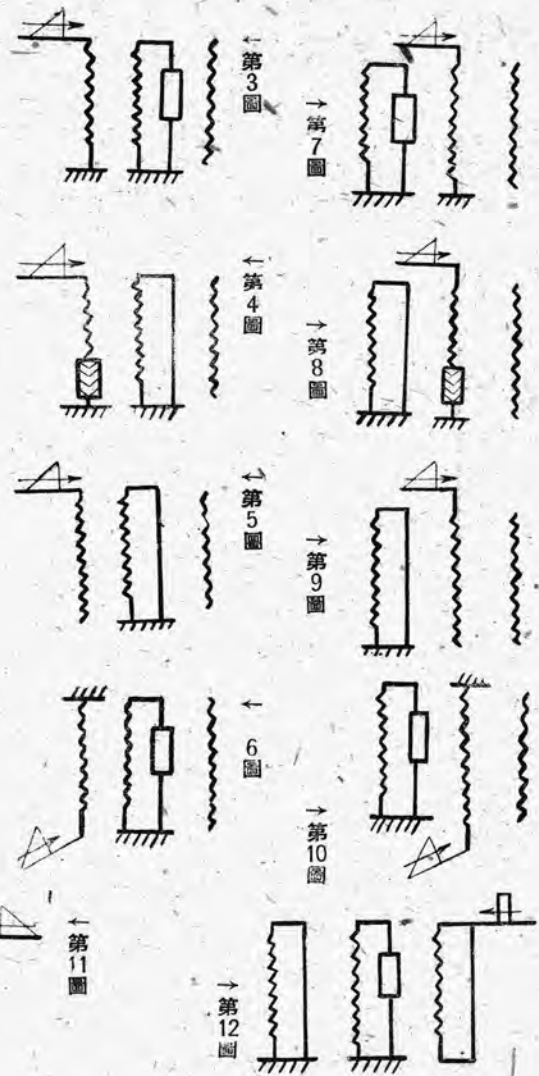
イ. 中 壓 捲 線

- (1) 線端子印加全波試験 波高値 550kV
 - MF-1 接地試験 —第 7 圖
 - MF-2 避雷器接続試験—第 8 圖
 - MF-3 非接地試験 —第 9 圖
- (2) 線端子印加截断波試験 波高値 630kV
 - MC-1 接地試験 —(第 7 圖)
 - MC-2 避雷器接続試験—(第 8 圖)
 - MC-3 非接地試験 —(第 9 圖)
- (3) 中性点端子印加全波試験 波高値 350kV
 - NF-2 接地試験 —第 10 圖

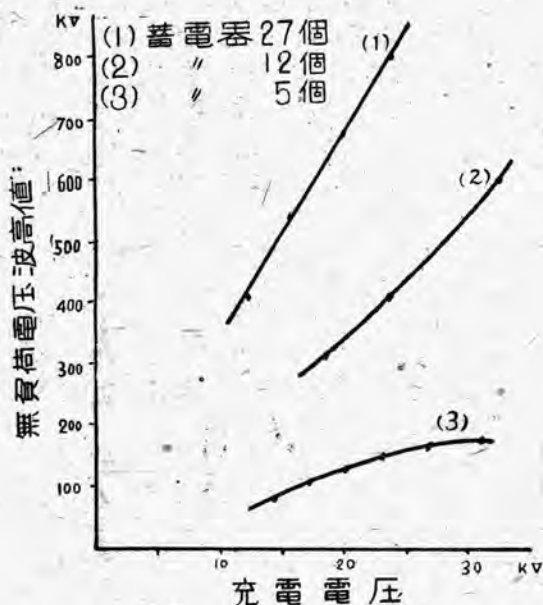
ウ. 低 圧 捲 線

- (1) 全波試験 波高値 90kV
 - LF-1
 - 一括印加試験 —第 11 圖
- (2) 截断波試験 波高値 105kV
 - LC-1
 - 一括印加試験 —第 12 圖

上記試験項目中
前記標準規格に
規定せるものは
HF-1, HF-3
HC-1, MF-1
MF-3 MC-1,
および LF-1
の7項目で、HF
-2, HC-2, MF
-2, MC-2 は
避雷器接続の特
殊試験であり、



第 13 圖 衝撃電壓発生器回路



第 14 圖 衝撃電壓發生器の校正曲線

他は参考のため実施したものである。第 3 圖ないし第 10 圖に示すように、低壓巻線はとくにこれに誘起される電圧を見るために両端子開放とした。標準規格によれば、供試巻線が直並列切換を行う場合には直列接続、並列接続のおおのの場合に對し別箇に試験を行うことに規定されているが、実施困難のため直列接続についてのみ試験し、直列接続と並列接続との比較は、過渡現象直視装置による測定において行つた。使用タップも規格にしたがつて最小巻数となる如きタップ、すなわち 126/100/10.5kV において実施した。前掲第 1 圖に示す接続は上述のような試験施行時のものである。

2 衝撃電壓發生器

試験に用いた衝撃電壓發生器は、第 13 圖に示す如く直列充電型で 120kV、0.25 μ F の蓄電器 30 箇より成り、最高電圧 3,600 kV、全容量 0.0081 μ F の定格を有する。

ア. 衝撃電壓發生器の校正

本試験においては、高壓、および中壓線端子印加の時は蓄電器 27 箇、同上中性點端子印加は 12 箇、低壓巻線印加は 5 箇を使用した。各場合における衝撃電壓發生器の充電電圧と無負荷發生電壓波高値との關係を第 14 圖に示す。この際充電電圧は第 1 段目蓄電器に挿入した靜電電壓計を読み、充電電圧の調整は充電用變壓器の一次側に入れた誘導電壓調整器によつた。

イ. 回路定數の決定

過渡現象直視装置により決定せる衝撃電壓發生器の回路定數を第 1 表に掲げる。なお電壓を印加せざる巻線に挿

試験項目	蓄電器 箇數	蓄電器 容量 (μ F)	直列 抵抗 (Ω)	直列イン ダクタ ンス (mH)	放電 抵抗 (Ω)
高壓及び中壓線 端子印加	27	0.0091	1,080	0.9	6,000
中性點端子印加	12	0.021	540	0.72	3,900
低壓端子印加	5	0.05	288	0.09	750

第 1 表 衝撃電壓發生器の回路定數

試験項目	試験 電壓 (kV)	電 壓 變動率 (%)	試験電壓に對 する無負荷電 壓波高値 (kV)	充 電 電 壓 (kV)
HF-1, 2, 3	750	23	923	28 \times 2
HC-1, 2, 3	870	23	1070	32.5 \times 2
MF-1, 2, 3	550	45	798	24 \times 2
MC-1, 2, 3	630	45	913	27.5 \times 2
NF-1	450	16	522	29 \times 2
NF-2	350	19	417	24 \times 2
LF-1	90	26.5	114	18 \times 2
LC-1	115	26.5	145	23 \times 2

第 2 表 充電電壓の決定

入する抵抗値は、各場合共 500 Ω とした。

ウ. 充電電壓の決定

蓄電器 27 箇使用の場合の電壓變動率を測定し、高壓巻線印加の場合 23%、中壓巻線印加の場合 45% の値を得た。よつてこの値を用いて、變壓器を接続せる時、規定の試験電壓を發生すべき無負荷發生電壓波高値を算出し、第 14 圖よりこれに對する充電電壓を決定した。この結果を第 2 表に示す。上記の電壓變動率は直視装置による測定において得られた値とよく一致しているので、中性點印加、および低壓印加の場合は、直視装置による電壓變動率をその儘採用し、上述の方法により充電電壓を求めた。

3. 測定器具および測定回路

測定器具としてはブラウン管オシログラフ、クライドノグラフ、およびコロナ音測定器を使用した。このほか陰極線オシログラフを使用する豫定であつたが、試験直前に真空が破れ用いることができなかった。

ア. ブラウン管測定回路

(1) 印加電壓

放電抵抗を利用した抵抗分壓器により分壓す。

(2) 中性點端子電壓

高壓中性點はコンデンサー型套管のタップより取り、中壓中性點はカップリング、コンデンサーを用いた容量分壓器による。



第 15 圖 コロナ音測定器マイクログホン

(3) 低圧端子電圧

印加端子に非ざる低圧端子電圧は、碍子分圧器を使用す。

(4) 中性點電流、および避雷器電流

中性點側にアースとの間に直列に挿入した低抵抗の端子電圧を測定す。

上記各場合いずれも測定室まで同軸ケーブルにて導入し、ブラウン管オシログラフの端子に接続した。

イ. クライドノグラフ測定回路

(1) 高圧兩端子、ならびに中壓線端子コンデンサー型套管のタップより取り、更に容量分壓器を使用す。

(2) 中壓中性點端子、および低壓兩端子電圧

前項ブラウン管オシログラフの測定回路を共用す。

ウ. コロナ音測定器

コロナ音測定器はマイクログホンをタンクの上部濾過弁、および下部排油弁の 2 箇所に取付け、増幅器を通じて電磁オシログラフにより記録した。第 15 圖はタンク下部に取付けたコロナ音測定器マイクログホンの写真である。

III. 試験結果

豫備試験において決定した充電電圧にて衝撃電壓發生器を充電し、各試験項目について衝撃電壓試験を施行した。截斷波印加には棒間隙を使用し、間隙長を大氣状態による更正を施して次のように定めた。

高壓線端子印加の場合	第一日目	115 cm
	第二日目	118.5 cm
中壓線端子印加の場合	第一日目	83.5 cm
	第二日目	85.5 cm
低壓印加の場合	第一日目	9.5 cm

なお試験施行時の大氣状態は次の如くである。

試験項目	測定點	規格試験電壓 (kV)	ブラウン管オシログラフ			クライドノグラフ (kV)	備考
			波高値 (kV)	波形 (μs)	圖番		
HF-1	印加端子	750	750	5×32	16圖	—	コロナ音あり
HF-2	〃	〃	755	6.5×35	17圖	—	避雷器動作
HF-3	〃	〃	770	5×38	18圖	—	{中性點側 套管間隙閃絡
HC-1	〃	870	860	5	—	—	〃
HC-2	〃	〃	880	5	19圖	—	避雷器動作
〃	高壓中性點	—	—	—	—	230	〃
HC-3	印加端子	870	945	7	—	—	{中性點側 套管間隙閃絡
〃	高壓中性點	—	—	—	—	430	〃
MF-1	印加端子	550	530	7×38	20圖	550	〃
MF-2	〃	〃	〃	5×22	21圖	〃	避雷器動作
〃	中壓中性點	—	270	—	22圖	755	〃
〃	低壓端子	—	80	—	23圖	100	〃
MF-3	印加端子	550	530	5×23	24圖	550	{中性點側 套管間隙閃絡
〃	中壓中性點	—	400	—	25圖	670	〃
MC-1	印加端子	630	630	6	—	615	〃
MC-2	〃	〃	〃	8	—	515	避雷器動作
MC-3	〃	〃	—	—	—	630	{中性點側 套管間隙閃絡
〃	中壓中性點	—	—	—	—	670	〃
NF-1	印加端子	450	445	7×40	26圖	400	コロナ音あり
NF-2	〃	350	360	7×35	27圖	—	〃
LF-1	〃	90	77	6×50	28圖	90	〃
LC-1	〃	105	97	10	29圖	105	〃

第 3 表 (a) 電壓記録一覽表

(註. 波形の欄の截斷波の場合は截斷までの時間を表わす)

試験項目	測定電流	電流値 (A)	オシログラフ圖番
HF-1	中性點電流	190	28 圖
HF-2	避雷器電流	170	29 圖
MF-1	中性點電流	300	30 圖
MF-2	避雷器電流	180	31 圖

第 3 表 (b) 電流記録一覽表

第一日目	氣 壓	765mmHg
	溫 度	19.5°C
	絶對湿度	16.5gr/m ³
第二日目	氣 壓	766mmHg
	溫 度	13°C
	絶對湿度	11.5gr/m ³

第 3 表は試験結果を一覽表に纏めたものであり、第 16 圖ないし第 36 圖は得られたオシログラムである。その内譯を示せば、第 16 圖から第 27 圖はブラウン管オシログラフによる電壓記録、第 28 圖から第 31 圖は同



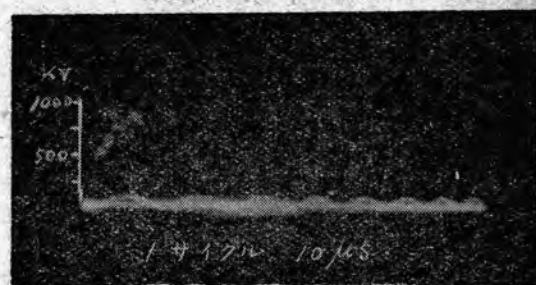
第 16 圖 HF-1 印加端子



第 17 圖 HF-2 印加端子



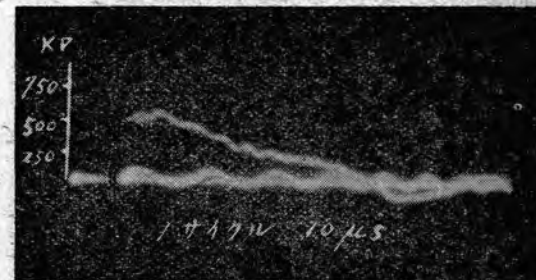
第 18 圖 HF-3 印加端子



第 19 圖 HC-2 印加端子



第 20 圖 MF-1 印加端子



第 21 圖 MF-2 印加端子



第 22 圖 MF-2 中壓中性點



第 23 圖 MF-2 低壓端子



第 24 圖 MF-3 印加端子



第 25 圖 MF-3 中壓中性點



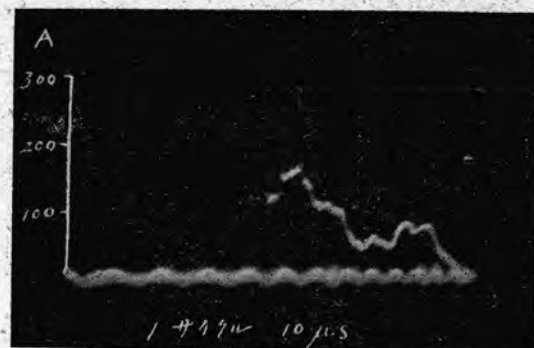
第 26 圖 LF-1 印加端子



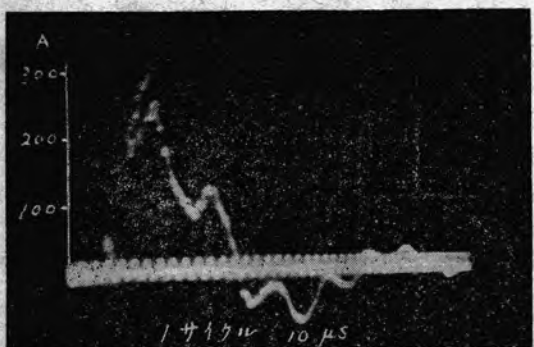
第 27 圖 LC-1 印加端子



第 28 圖 HF-1 中性點電流



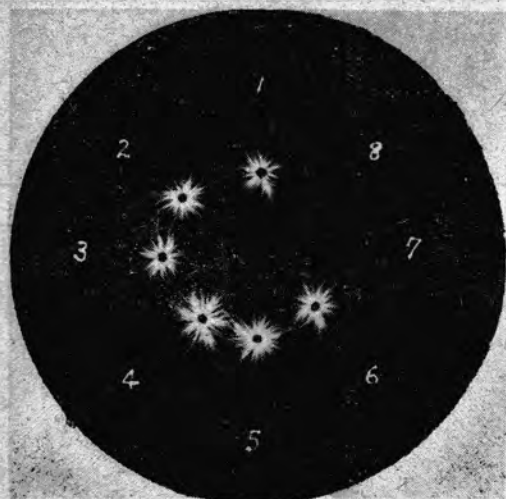
第 29 圖 HF-2 避雷器電流



第 30 圖 MF-1 中性點電流



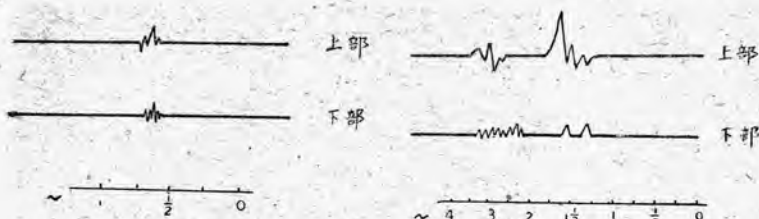
第 31 圖 MF-2 避雷器電流



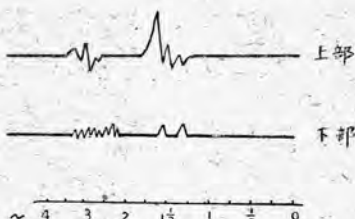
第 32 圖 中壓印加端子クライドノグラフ像



第 33 圖 低壓印加クライドノグラフ像



第34圖 HF-1のコロナ音



第35圖 NF-1コロナ音

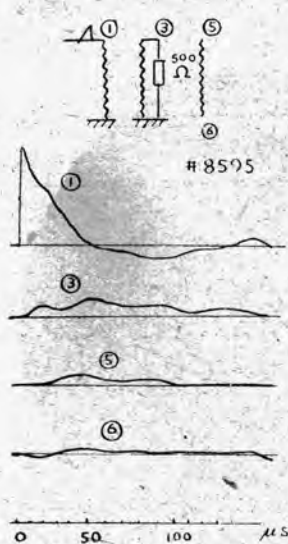


第36圖 コロナ音発生なき場合

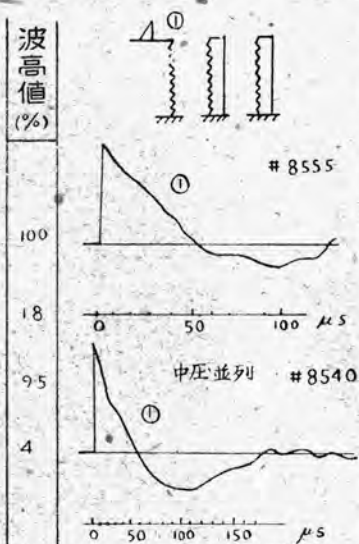
像の 番 號	試 験 項 目	發 生 電 壓	
		第32圖(中壓中性點) kV	第33圖(低壓) kV
1	MC-2	515	115
2	MF-2	550	100
3	MF-3	550	120
4	MF-1	550	125
5	MC-3	630	120
6	MC-1	615	110
7	HF-1	550	0
8	HC-3	365	0

第4表 クライドノグラフによる電壓波高値

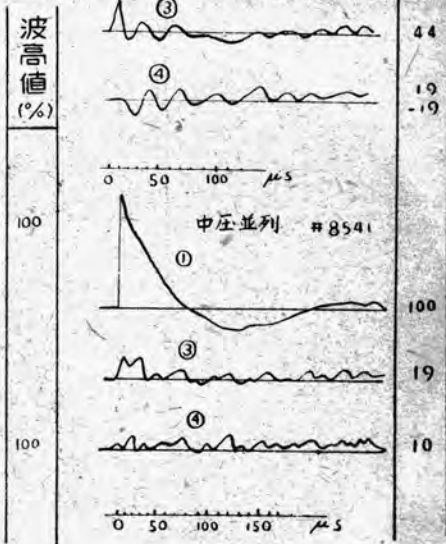
上電流記録, 第32圖および第33圖はそれぞれクライドノグラフによる中壓線端子, および低壓端子電壓のリビテンベルグ像, 第34圖および第35圖はコロナ音の発生記録(コロナ音の発生せるはこの HF-1, NF-1 の二つの場合のみである), 第36圖はコロナ音発生なき場合のコロナ音測定器の記録である. 第32圖および第33圖において像の番號に對應する試験項目, ならびに像の大きさより求めた端子電壓を第4表に掲げる.



第37圖 HF-1



第38圖



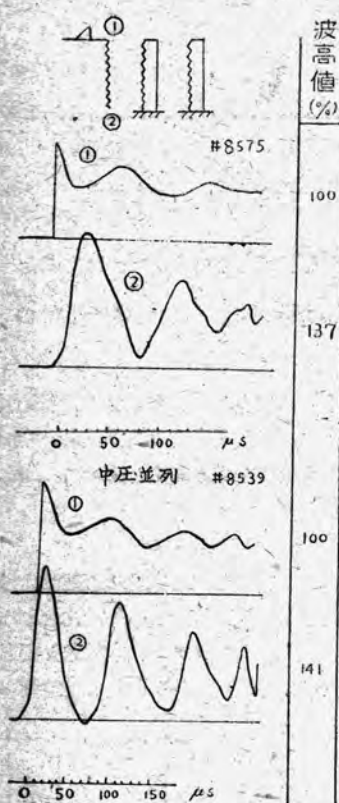
39圖

IV. 過渡現象直視装置による内部電位振動の測定

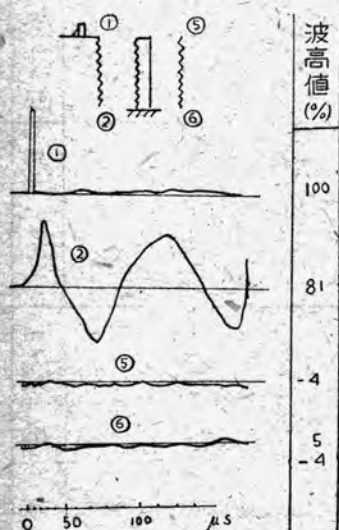
衝撃電圧試験を施行するに先立ち, 該變壓器の衝撃電壓特性を豫知せんがために, 過渡現象直視装置を用いて回路定数の決定, および電壓變動率の測定と同時に, 内部電位振動の測定を行つた.

1. 測定要領

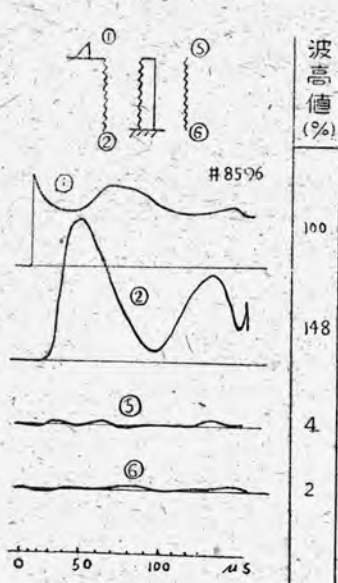
電位振動測定は衝撃電圧試験において實施せる試験項目につき, 電壓を印加せざる捲線の接續を種々變化せしめて各端子の電位振動を記録した. タップは本試験と同じく 126/100/10.5kV とし, 中壓側は直列, および並列の兩接續に對して測定し兩者の比較を行つた直視裝置内部定數は, 成るべく衝撃電壓試験における衝撃電壓發生器の回路定數



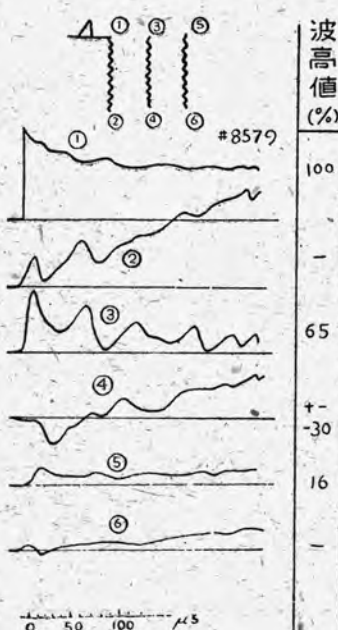
第 40 圖



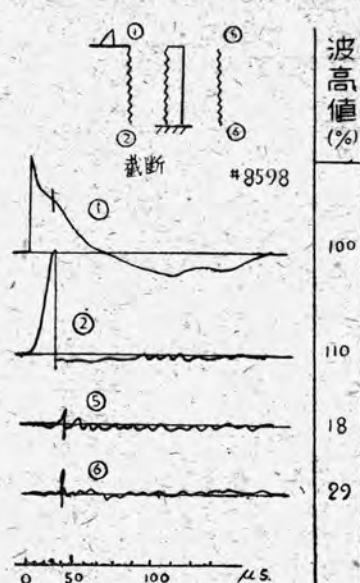
第 41 圖 (HF-3)



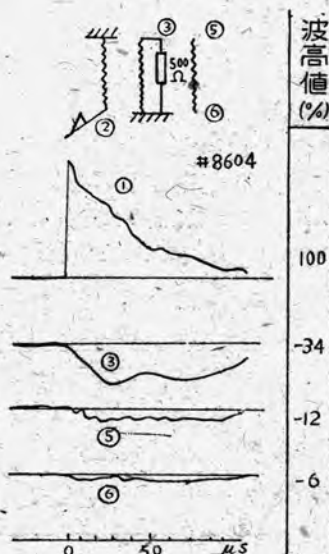
第 42 圖 (HC-3)



第 44 圖



第 43 圖 HF-2
HF-3



第 45 圖 NF-1

に近似せしめた。

2. 測定結果

測定の結果得られたオツシログラム中、衝撃電圧試験施行と同一試験項目の場合を主としたものを、第37圖

ないし第54圖に示す。圖中とくに中壓並列と記入せるもの以外は、すべて直列接続である。

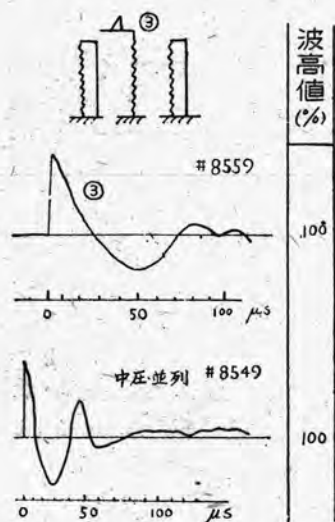
V. 試験結果に対する考察

1. 印加電壓の波形および波高値

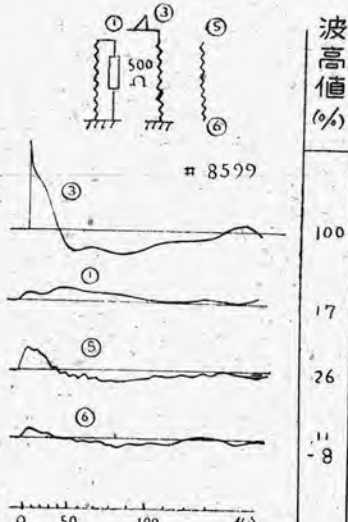
印加電壓の波頭は、直観装置による測定の場合の3 μs程度に對し、衝撃電圧試験においては、3表に示す如く5ないし7 μsと著るしく緩かとなりいずれも標準衝撃波

に耐度を適用した場合より更に長くなっている。無負荷電圧波形は共に標準波の範囲内に入っているにかかわらず、変圧器を接續すれば波頭の緩かとなるのは、変圧器の侵入容量の大きいのに起因するもので、この點サージブーフ変壓器としてサージに對し優秀なる特性を示すものと云えよう。なお衝擊電壓試験においてとくに波頭の長いのは、高電壓によるコロナ損、および高周波振動抑制のため挿入せるインダクタンスの影響、ならびに衝擊電壓發生器の構成上の差異に基くものと思われる。

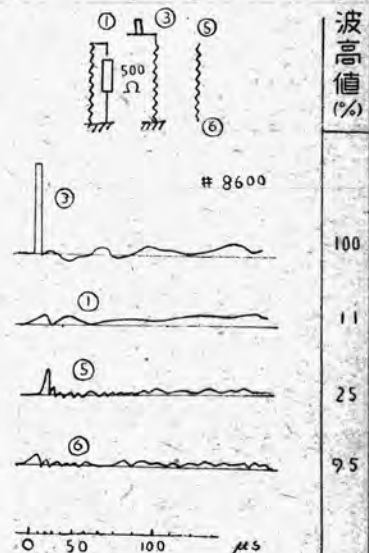
かくの如く波頭の緩かなことは變壓器捲線にかかるストレスをやゝ樂にならしめるわけであるが、最も急峻な電位變化は截斷波印加に際して得られるものであり、截斷波試験は繰返し行つたので試験の目的は充分達せられたと思う。印加電壓の波尾は衝擊電壓試験の HF-1, MF-2, 及び MF-3 においてやゝ短い MF-2, MF-3 は他端非接地であり、しかも非接地端子で套管の間隙が閃絡、または避雷器が動作しているので波尾の短いのは差支えなくまた HF-1 の $32\mu s$ も問題になる程度



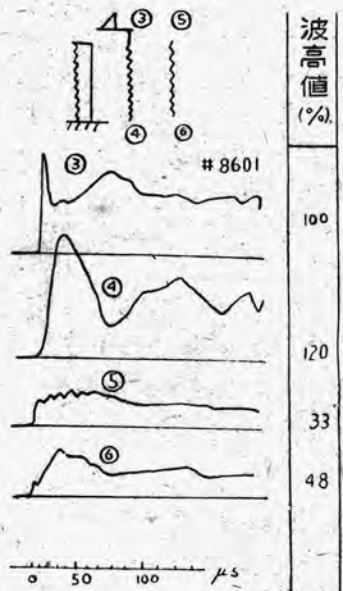
第 46 圖



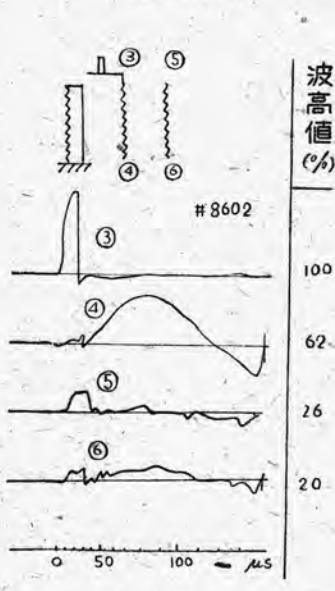
第 47 圖 MF-1



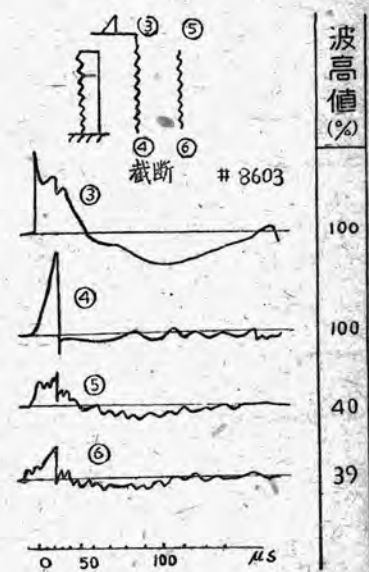
第 48 圖 MC-1



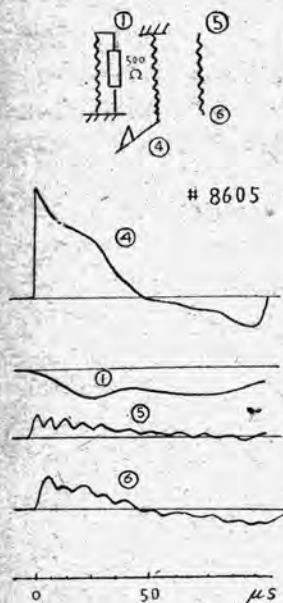
第 49 圖 (MF-3)



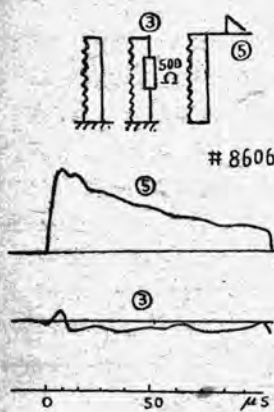
第 50 圖 (MC-3)



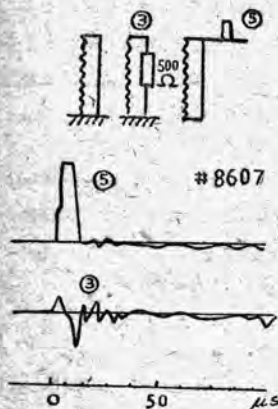
第 51 圖 MF-2
MF-3



第 52 圖 NF-2



第 53 圖 LF-1



第 54 圖 LC-1

ではない。HF-2, HF-3, 及び MF-3 の印加波波尾に振動が入っているのは、中性点側套管間隙の閃絡または避雷器の放電の影響が電圧印加端子に現われたものと考えられる。

印加電圧の波尾長と電圧変動率については衝撃電圧試験の場合と直視装置による結果とはほぼ一致している。印加電圧の波高値は、試験電圧規格値を E_t 、実際の印加電圧波高値を E_i とし、 $\frac{E_i - E_t}{E_t} \times 100\%$ を求めて見れば次のように大體において規格値に近い値が得られた。すなわち 10% を超えるものは LF-1 の -13.4% のみで、5~10% のものが HC-3 の 8.6%, LC-1 の -7.6% で他はいずれも 5% 以下である。

2. 中性点避雷器について
線端子より衝撃波を印加した場合、非接地または高抵抗接地せ

試験項目	印加電圧	低壓端子誘起電壓			
		a		b	
HF-1	kV % 750 (100)	kV % 71 (9.5)		kA % 30 (4)	
HF-2	" "	135 (18)		217 (29)	
HF-3	" "	30 (4)		15 (2)	
HC-3	870 (100)	35 (4)		43.5 (5)	
MF-1	550 (100)	143 (26)		60.5 (11)	
MF-2	" "	220 (40)		214 (39)	
MF-3	" "	181 (33)		263 (48)	
MC-1	630 (100)	157 (25)		69 (11)	
MC-3	" "	164 (26)		126 (20)	
NF-1	450 (100)	54 (12)		27 (6)	
NF-2	350 (100)	595 (17)		105 (30)	

第 5 表 直視装置による低壓電圧の誘起電壓

る中性点端子電圧は振動により印加電圧以上に上昇することはよく知られており、また今回の直視装置による測定結果から見ても明らかである。したがって中性点側を $1/\sqrt{3}$ に絶縁低下し、同じく $1/\sqrt{3}$ に落した避雷器を接続した場合、線路よりサージが侵入すれば避雷器は確実に動作する。しかし試験結果からもわかるように変圧器の大きなサージインピーダンスを通過しているため避雷器電流は小さく避雷器の動作責務は軽いので、その故障率は少なく充分信頼性あるものと考えられる。

なおこの場合避雷器がなくても中性点端子の套管は同じく $1/\sqrt{3}$ の絶縁レベルのものを使用しているので、套管の間隙により閃絡し変圧器捲線はその遮断波ストレスに充分耐え得るから何等差支えないのである。たゞ避雷器と違って續流遮断能力がないので、三相平衡せる時は問題ないが、一線接地事故の場合サージが侵入して套管の間隙が閃絡すれば停電事故を惹起するは免れない。

3. 低壓捲線に誘起される電圧

直視装置により豫め低壓捲線に誘起される電圧を測定し第 5 表の如き値を得た。高壓印加の場合は、中壓捲線が直接または抵抗で短絡されているので、捲線の配列上低壓捲線に誘起される電圧は小さいが、中壓より印加した場合は、10kV レベルの全波試験電圧 90kV を超える相當大きな電圧が現われることが明らかにされた。よつて衝撃電圧試験の際には、低壓捲線保護のために低壓套管に間隙を取り付け、更に第二回目の試験には、LV 型 10 kV 避雷器を間隙と並列に接続した。なお實際の低壓套管間隙の閃絡状況は直視装置による測定結果と極めて良く一致した。

以上は低壓捲線が開放された場合であるが、変圧器の常規使用状態ではサージインピーダンス 1,000Ω 程度の

同期調相機が低圧に接続されほとんど短絡接地に近く、したがって誘起される電圧も小さいと思われる。たゞ調相機が切離され、その時高圧または中圧よりサージが侵入すると云う稀な機会にのみ、低圧巻線および低圧回路の機器は危険であり、この種の事故の発生した例もあるので低圧にも避雷器を設置するのが望ましく、岡山變電所においても、今回の試験結果に基づき、避雷器を設置することに決定を見た。

4. クライドノグラフの測定値

各巻線端子すべてに亘りクライドノグラフを用いて印加電圧、または誘起電圧を測定し、高圧巻線端子を除いてはいずれも記録が得られた。このうち適正と思われる値を示すものは約 60% であった。不適正と考えられるものの中には、接地點の如く零なるべき點に電圧を記録せるものが相當あった。この原因としては、測定線が長くこれに誘導される電圧によるもの、接地の不完全によるものなどが挙げられる。中壓中性點の電圧は分壓器の關係上測定線が最も長く、従つて誤差が最大となつてゐる。

この試験の目的とした電圧測定は失敗であつたが、一方測定線の誘導、および接地の等閑視すべからざることを實證したものと、重要な記録であると考えられる。

5. 試験結果の確認

試験結果を確認する方法として次の事項を行つた。

ア. コロナ音測定器によるコロナ音の記録

イ. 接地電流の波形の測定

ウ. 衝撃電圧試験施行後、絶縁耐力加壓試験（たゞし中性點端子の絶縁レベルに對應して加壓）ならびに誘導試験の實施

コロナ音測定器による記録は前記のように、2 回を除くほか全然コロナ音は記録されず、また記録されたコロナ音も内部の破壊を示しておらない。

接地電流は試験前、および試験後に記録したが、いずれも 28 圖に示す如き波形で、異常は認められない。

規定値による絶縁耐力加壓試験、および誘導試験に對しても十分に耐えた。

以上の結果より該變壓器は、衝撃電圧試験施行により何等の異常を生じなかつたことが確認される。

6. 過渡現象直視装置による測定結果に對する検討

ア. 直視装置による測定と衝撃電圧試験との比較

同一試験項目に對して直視装置による測定と、衝撃電圧試験におけるオツシログラムを比較して見れば、掃引時間の相違のため一見甚しく異つた波形の如く見受けられるが、仔細に検討すれば概ね近似した波形となつてゐる。

印加電圧の波頭長と波尾長については 1 において、低圧巻線の誘起電圧については 3 にてそれぞれ既述した。

イ. 中壓側直列接続と並列接続との比較

直列接続と並列接続では、大體において類似した波形が得られた。並列の場合には中壓の巻数が半分となるため第 46 圖の如く中壓印加波の周期が直列接続の場合の約半分となつてゐる。また振動の周期が短かいので一般に起伏の多い波形を示している。

ウ. 變壓器改造前と改造後の振動比較

改造前の變壓器について岡山變電所において直視装置により測定した結果と今回の結果とを比較した。

巻線の配列は改造前と改造後においてかなり異つてゐるので、振動状況にも甚しい相違が見られる。とくに著しい點は、低圧巻線が改造前は高圧巻線と中壓巻線の間挟まれていたもので、高圧印加の場合においても中壓巻線の結線如何にかゝらず、必ず低壓端子に相當の電圧が誘起されたことである。各場合を通じて低圧誘起電圧の最高値を示せば次の如くである。

改造前 60% (中壓印加の場合)

改造後 48% (同上)

一般に改造後の方が振動は小さいようである。

VI. 結 言

始めての中性點絶縁低下變壓器に對し、上述の如き詳細な衝撃電圧試験を施行し、中性點絶縁低下變壓器がサージに對し充分の強度を有することを實證した。本試験により種々の貴重な記録ならびに經驗が得られたが、とくに重要なものとして次の二項目を挙げることができる。

(1) 線路よりサージが侵入し來つた場合、中性點避雷器は確實に放電するので、その動作回数は比較的多いと思われるが、避雷器電流は小さく動作責務は軽い。したがつてこれにより保護される變壓器中性點側の絶縁は充分信頼性がある。なお避雷器のない場合でも、中性點側套管の間隙で閃絡し何等差支えない。

(2) 低圧巻線には兩端子開放の場合、相當過大な電圧が誘起された。實際には同期調相機が接続されるので誘起電圧は小さいと思われるが、低圧巻線保護のため避雷器を設置することが望ましい。なおこの現象は本變壓器に限らず、一般に高圧、低圧の絶縁レベルの差の甚しい場合には、當然起り得ることであると思う。

最後に本變壓器の改造に際し、中性點絶縁低下を始め採用され、衝撃電圧試験の機会を與えられた日發瀬戸徳田、富山、望月の諸氏に對し、厚く感謝する次第である。また終始御指導を仰いだ本店生産技術部木村氏および研究所横須賀電氣課長、ならびに直接試験を擔當して奮闘された工作部試験課班、岩崎、志村の諸氏および研究所電氣課山田、安藤、蔭山の諸氏、その他の方々に深甚の感謝の意を表する。

柱 上 變 壓 器

終戦後、当社において量産化せられた柱上變壓器の、従来の同種製品に對する構造上、特性上の特長點につき説明し、併せて現在諸種の論議を重ねている柱上變壓器の諸問題に言及している。また立ち遅れの我が國柱上變壓器が改良えの道標とすべき最近の米國製柱上變壓器の概要を簡単に附記している。

伊丹製作所

内 田 浩 雄

I. 緒 言

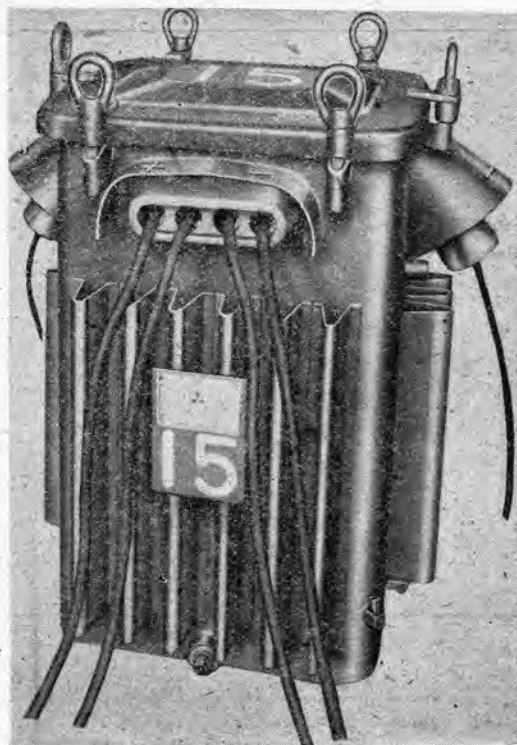
戦前の生産力擴充計畫はその動力源の主たる電力系統の設備を未曾有に擴充し、その間電力用變壓器は質、量ともに著しく改善増大し、華々しい發展を遂げてきたのであるが、配電用變壓器に至つては一步も舊套を脱し得ず、舊態依然狀態を今日にさらしている有様である。戦後配電用變壓器は都市における戦災品の補充、中小工業の勃興、家庭電化等々の情勢に急速にその需要を増加し注目を浴びると共に、その舊態に對し各種各様の批判がなされ、漸く改善えの方向をたどりはじめたことはおそまきながらも喜ばしいことである。

従来の配電用柱上變壓器は雷害による焼損が極めて多く、一回の落雷で100個内外の變壓器が一時に焼損するような惨例も少なくなく、配電線絶縁協調の解決策の出発點として、また結論として耐衝擊電壓強度を上昇せしめた高級變壓器の出現を要する配電業者の聲を聞くようになったことは注視すべきことである。米國ではこの種の衝擊耐壓の極めて高い配電用柱上變壓器が完成され實用せられているのであるが、当社においてはつとにこれに追隨し得る高級配電用柱上變壓器の製作に着眼し、低物價政策による公定價格、逼迫せる資材難等あらゆる悪條件を克服し、戦後の生産復興に寄與すべく大々的に量産することになったのである。この柱上變壓器は我が國配電用變壓器長年の舊殻を脱却し、衝擊耐壓の極めて高い變壓器として斯界に先鞭をつけたものとして些か自負を感じる次第であるが、以下章を追つてその構造、特性を説明し、併せて現在諸種の論議を重ねている諸問題にふれて見ようと思う。

II. 構 造

1. 外 面

外面は小容量のものに至るまですべて鋼板製を採用して



第 1 圖 單相 (15KVA) 柱上變壓器

いる。したがつて鑄鐵製外面の柱上變壓器に比べ約40%重量を輕減し、運搬や柱上作業等を極めて容易ならしめている。我國においては鋼板製外面の柱上變壓器は製作使用せられて日なお淺く配電業者の間でもその機械的強度、耐久力その他とにかくの風評を聞くところであるが、鋼板の厚み、構造を適切に設計製作し入念な防錆塗裝を施したものは鑄鐵製に比べ何等の遜色なく、寧ろ數々の利點を具備しているものと確信する。米國の柱上變

壓器では鑄鐵製など舊世紀の遺物として現在では見ようとしてもめつたに見ることもできぬ状況である。

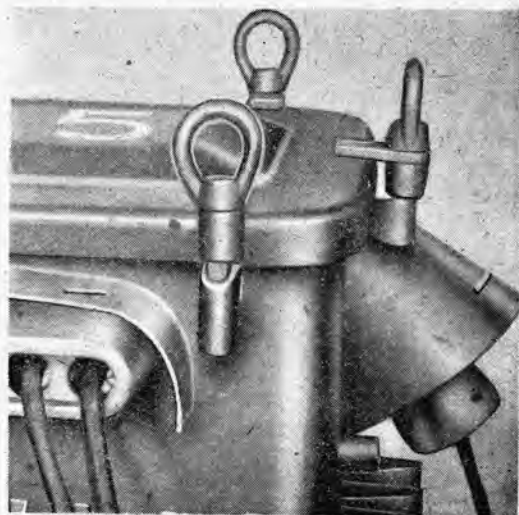
鋼板の厚みは容量に應じて適宜選擇せられているが、最小 3.2 耗である。外形は縦横の寸法比が 1.2~1.5 に取られ角牆型であるが、構造を鑄鐵外函に比べ單純化しているのは運搬、吊上等に際し外函の各部が彎曲凹凸を生じないように配慮したのである。鋼板製外函としては製作上、構造上圓牆型が最も理想的であるのは自明であるが、これは油量を増加し、現下の國情に適合しない。當社の鋼板製外函に刺戟されて最近衛生の一般市販の鋼板製外函は從來の鑄鐵製外函の型をそのまま踏襲したものや、それに近い型のものが多く見受けられる。これらは套管などの一部々品を舊型式そのまま使用するための苦肉の策と想像せられるが、構造において無理があり機械的に脆弱である。

耐久性に關しては米國における実績よりするも、また一般變壓器の外函、放熱器等の鋼板の厚みでこれまで鋼板製なるがための事故を聞かない実績よりするも充分の確信を持つことができるが、防錆塗料の不良による表面塗裝の剝離、あるいは海岸地方において長年月汐風に曝された場合如何等、懸念がないでもない。それらに對しては製作後未だ長年月使用せられた実績のないため使用者に數々の貴重な記録の御提示を願ひ、それらに基き改良すべき點は改良したいと考えている。

カバーの締付は小容量のもので 4 ケ所、大容量のもので 6 ケ所、パッキングはすべてコルクを使用し、後述の套管構造と相俟つて油密はもちろん、完全な氣密構造としていることも特筆すべき點である。100°C の溫度差に對し絶緣油は約 7 % 容積を變化するものとして外函内部の氣壓は最高約 1.5 氣壓位に上昇しても上記の構造で充分これに耐え、呼吸するようなことはない。これは鑄鐵製外函では到底望むべくもないところである。

2. 套 管

從來配電用上柱上變壓器の最大の弱點は套管であるとされてい



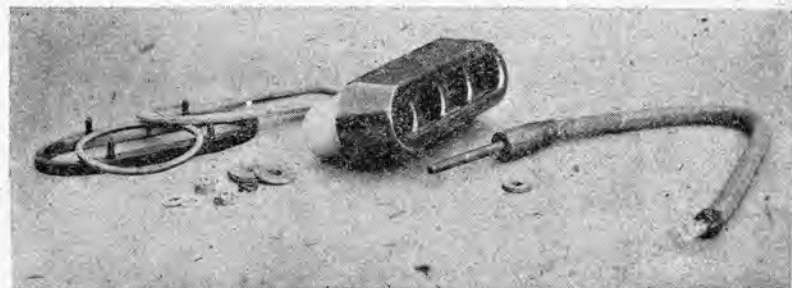
第 2 圖 (カバー締付金具の一部は吊手を兼用す)

る。すなわち絶緣電線—多くはケンブリック線—の貫通した小碍子をコンパウンドで外函の凹部に固着した構造のものであるが、これはその構造上次の諸缺點を露呈している。

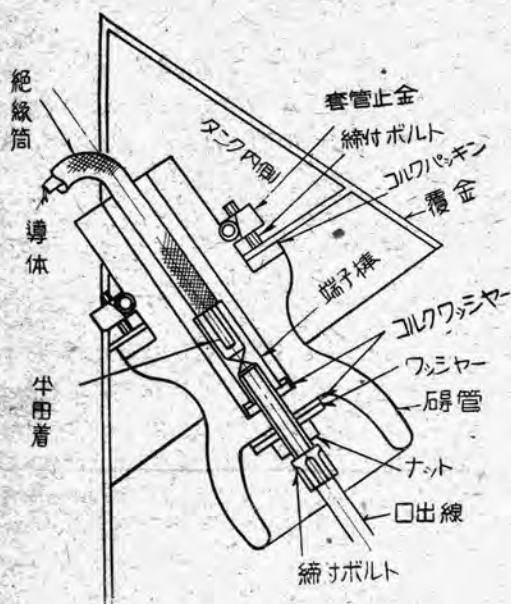
- a. 外函との絶緣を主として口出線自身の絶緣被覆に頼つてゐるため、長年月使用中には口出線の被覆が劣化剝離し、絶緣低下を來し套管部分において



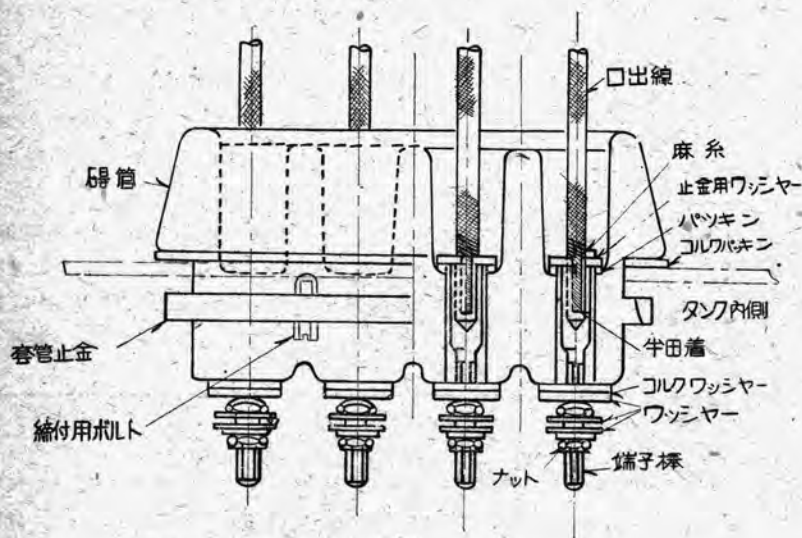
第 3 圖 高 壓 套 管 部 品



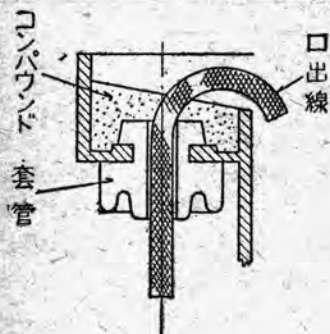
第 4 圖 低 壓 套 管 部 品



第5圖 高壓套管組立圖



第6圖 低壓套管組立圖



第7圖
従来の套管構造圖

閃絡、焼損する。

- b. コンパウンドは永年使用によつて油に溶けて脆化したり、または高温のために溶解劣化し油の漏出の原因となることが多く、また油を汚損することもある。
- c. 口出線の絶縁被覆をととして毛管現象による油の漏出、あるいは外気の呼吸が行われ、絶縁油が劣化する。
- d. 套管部故障の際、その修理にはまずコンパウンドの除去ならびに充填が必要であり、現場においては簡単には行い難い。

これらの諸缺點を除去改良したスタッド型套管は、米國では早くより柱上變壓器に採用せられ普及していた。我國においては柱上變壓器にこのスタッド型套管を採用したのは當社が最初である。その構成部品および組立構造は第3～第6圖に示す通りであるが、一見してスタッド型套管が舊型套管（第7圖）の諸缺點を根本的に改良したものであるかを示していると思うので、こゝに拙文

を以て詳述することは避けたい。とくに強調したいことは高壓套管を従來の一般市場品に比べ格段大きい寸法に改めているが、これは高壓套管の絶縁耐力を向上し中身線輪と適宜の協調を保たしめたのである。これにより後述する如く變壓器全體の絶縁階級を上昇せしめたことになった。また3KV配電線における變壓器の絶縁レベルは、容量の大小により高低をつけることは不合理であり、配電用變壓器の套管は柱上變壓器の小容量のものに至るまですべて同一套管を用いたのである。これは一般市販品と大いに趣を異

にした特色である。

套管の外函えの取付は第3～第6圖でわかるように套管止金、環ばね、締付ボルトを用いて簡単に行うことができる。これは萬一套管故障の際、部品の取換え、修理等は現場において何等の設備や特殊の工具を用いることなく、ネジ廻しのみで極めて容易迅速に行い得る利點があるわけである。

口出線はJES規格に據りまた需要者の御要望によつて高低壓套管ともそれぞれ高壓ゴム線および低壓ゴム線を使用している。しかしこれは米國等の例よりすらもスタッドの先端に簡単に外線を接続または離脱せしむることのできる締付金具を附すようにした方がその取扱上便利なのではあるまいか。近き將來の改良點の一つとしてここに提案する次第である。

3. 線輪構造

線輪は高低壓共に良質の三極紙またはクラフト紙を用いた紙巻絶縁の電線を使用している。これは從來の二重綿巻電線に比べ巻隙間および層間の耐壓に著しく優れ、その上占積率が小である。これは變壓器の設計上極めて有利なことであり、銅損を減じ輕量小型となる。したがつて線輪間に適當に油隙を挿入しても特性の低下を來さぬことにもなる。これは負荷状態において線輪と油との溫度差を小にし過負荷耐量を増し、變壓器の燒損を防止する上に大いに貢獻するところである。

なおこゝで特筆すべきことは線輪のコンパウンドまたはニス處理を省略し、真空注油の處理工程を挿入したことである。これは前述の外函の密封構造と紙巻絶縁電線を使用したために絶縁が強化せられ、含浸の必要を認めざるに至つたためである。不良不完全なニス處理はコイルに青錆を生ぜしめ絶縁を害することあり、またコンパウンド充填は小油隙を塞いで通油冷却効果を低下せしめる。ニス處理を省略したために線輪に濕氣を吸収し絶縁低下の怖れなきやを憂う聲もたびたび聞かれたが、充分乾燥した變壓器中身を絶縁油なしの外函に密封し、最近1ヶ年以上倉入状態のまま絶縁抵抗を測定したところ7月の最高溫時において500M Ω に低下した以外は四季を通じてほとんど5,000M Ω 以上を保つことを立證した。これは外函の密封構造が優秀なことに共にニス處理省略により實用上何等の不安のないことを證明するものであろう。濕氣浸入防止の方法として、線輪そのものをコンパウンドまたはニス皮膜のみに頼り、外函の密閉を疎にする方法と、中身一油も含めて一を外函により外氣と遮斷する方法と、いずれが永く耐濕性でかつ合理的であるかは論を俟たないところである。

變壓器の線輪または絶縁物中に濕氣、氣泡が存在するとそこに著しい絶縁の弱點を形成し、とくに雷電壓來襲の際、その弱點を閃絡する怖れが最も多いのでこの濕氣、氣泡を完全に絶縁油と置換することが必要である。電力用變壓器においてはこの目的を以て真空乾燥ならびに注油の處理が行われることは常識であるが、この處理

柱上變壓器・内田

工程を柱上變壓器に及ぼしたことは我が國としては畫期的であらう。したがつてこの特徴を保持するためには工場よりの良質油充填のまゝ密封發送することが必要條件である。その結果として後章にみられるように極めて絶縁レベルの高い柱上變壓器が得られ、しかも絶縁資材量は從來品と何ぞ變るところがないのである。

III. 電氣的諸特性

1. 特性

電氣的諸特性はJES電氣4302に基き設計し製作している。この規格は戰時中立案せられ今日に及んでいるものであるが、舊規格に比べ特性においてかなり低級にあるのはこれまでの我國の電氣材料の質と量に大きく影響されたためである。したがつて電氣材料の質量兩方面における改善が促されれば必然的に柱上變壓器の特性は優秀になることは論を俟たないところである。柱上變壓器は今後海外輸出電機品として有望な主要品目の一つであることは明らかであり、また配電經濟上より見ても現在の低級品に甘んずることなく、一日も速かに優秀なる特性の柱上變壓器を出現せしむべきである。

銅損と鐵損の比率は配電線の負荷率により決定さるべき經濟値が存在する理であるが、この値は都鄙によつて相違するのは當然であり一定率に定めるのは不合理である。現在の當社製品はこの比率を一應1.8~2.2位にとつてゐるが、これは近き將來の問題として配電經濟上より適正なる比率を配電業者に提示願ひ、その比率に合致した數種の變壓器が設計製作せられ、それらを適切に配置使用し配電經濟の向上に資するよう進むべきであると思ふ。

鐵損および無負荷電流は硅素鋼板の特性に左右せられるわけであるが、現在の國產硅素鋼板はその特性のむらが大きく、電機製造業者として一番苦しんでいるところであるが、一日も速かに優秀にして均一なる特性の硅素鋼板が多量に生産せられんことを鶴首待望している次第である。

2. 衝擊電壓試験

變壓器衝擊電壓試験標準規格(DGK-110)によれば3KV配電用變壓器の試験電壓は全波30KV、截斷波40KVであるが、この數値では配電線の他の機器に比べかなり低位にあり絶縁協調上面白くなく、また實際に落雷により頻々として燒損している現状である。當社の柱上變壓器はこれまで續々説明したところであるが、最近

単相 10KVA 柱上變壓器につき衝擊試験を実施した記録を示せばつぎのとおりである。

すなわち一端直接々地、他端に全波印加した場合

a. 高壓套管のスタッドより外函に閃絡、閃絡値80KV

b. つぎに套管の閃絡部を絶縁物で補強し更に印加電壓を上昇せしめ 100KV において線輪端子より鐵心に閃絡した。

これは構造上當社において製作する 3KV A 程度の小容量のものに至るまで同一であるはずであり、この點從來の一般市販品と比較し面目を一新した次第である。なおこれに簡単な構造の三菱 EV 型デアイオン避雷器を併用することにより變壓器を異常電壓から完全に保護することを可能ならしめ、落雷による變壓器の焼損を著しく減少し得ることになった。しかも外函の密封構造は中身絶縁の劣化を防止し我國唯一のサージブルーフ柱上變壓器と稱することができよう。

IV. 最近の米國製柱上變壓器

第8圖は戦後我國に見られる米國製柱上變壓器の數種であるが、我國の柱上變壓器と比較してみると、

1. 外函はすべて圓筒型鋼板製である
2. 套管はいずれもスタッド型(締付金具付)である
3. 避雷器を附屬している
4. 鐵心は冷間壓延の硅素鋼帶を使用し特性が優秀である
5. 油量豊富にして温度上昇低く過負荷に耐える
6. 外函内に電流要素を含む焼損防止器(Trans Former

Breaker)を收納している

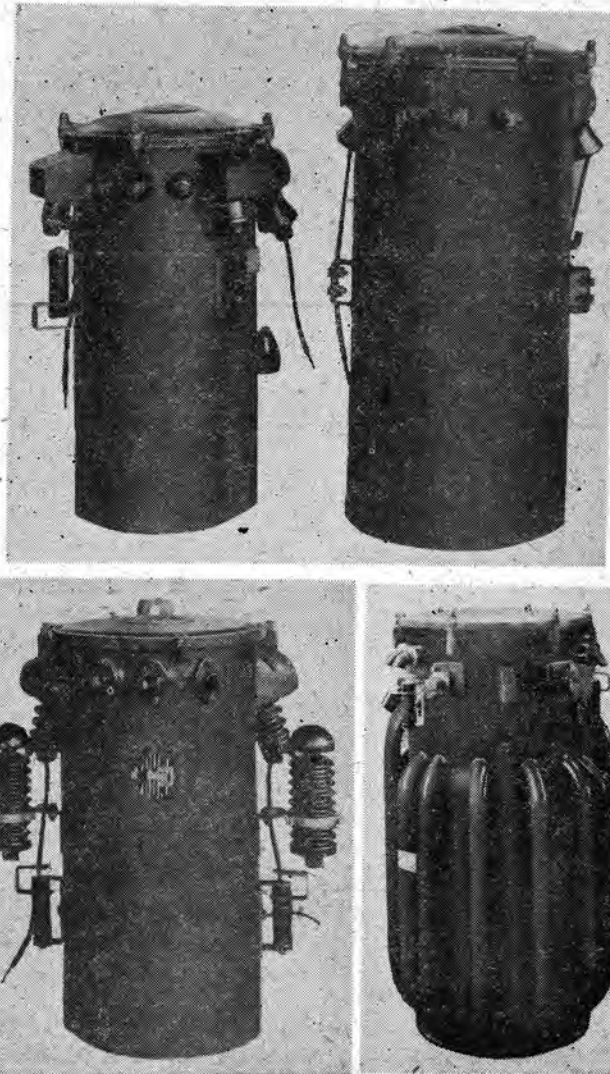
等である。良質の材料を豊富適切に使用し外觀の優美、特性の優秀と相俟つて我々の現状とは數段かけ離れ羨ましい限りである。我國現下のあらゆる惡條件を克服し、米國製柱上變壓器に比肩し得べき優秀なる國産品を一日

も速かに生産し普及したいものと思つてゐる。

V. 結 言

鋼板製外函、スタッド型套管を採用した柱上變壓器を製作してよりすでに相當の年月を経過し、多少の曲折を経て今日の如き新型柱上變壓器を完成し、大量生産化しうるに至つたことはこの間傾聴すべき數々の批判を寄せられた各位の御好意によるものであり、こゝに深甚なる謝意を表する次第である。

すでに柱上變壓器は長年の舊設を脱し、外觀内容共に今後飛躍的發展を見ることはあきらからである。絶縁階級の向上、特性の向上、硅素鋼帶を使用した巻鐵心型變壓器の量産等々、改良すべき問題は山積している有様である。こゝに當社製品につき敷衍説明すると共に併せて柱上變壓器界最近の動向を記し、大



第 8 圖 米國製柱上變壓器各種

方の御參考に供した次第である。

E V 型 デ ア イ オ ン 避 雷 器

放出保護筒ないし放出型避雷器の発展過程の概要を記し、EV 型デアイオン
避雷器の構造、動作原理、性能等について述べ、更にオートバルブ避
雷器との比較、柱上変圧器の避雷保護に觸れ、最後に關東配
電において實施された實地試験の結果を記述してある。

伊丹製作所

大 木 正 路

1. 諸 言

雷に對する送電線の防護、とくに懸垂碍子等の沿面閃絡防止の目的で放出型可熔器が考案され、更にその自復能力を具備する放出保護筒に進歩して、現在とくに米國においては、放出保護筒は架空地線と共に、直撃雷を對象とする送電線路の防護に重要な役割を果している。同時に一方において懸垂碍子などより遙かに絶縁強度の小さい各種電氣機器、とくに柱上變壓器の避雷保護のために種々研究された結果、放出型避雷器が完成され、これまで米國においては各種變型避雷器などと比肩し得る如く、廣汎に使用されて顯著な實績をあげている現状である。

我國においても、放出型避雷器について從來種々の研究が行われ、試験的に一部實地に使用されたこともあつたが、他の避雷器に比較すればその發達は甚しく立遅れ、現在までかゝる放出型避雷器の設置は、ほとんど皆無とゆう状態であつた。

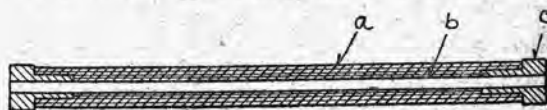
當社においては、戦時中顧みられなかつた避雷裝置の復舊、あるいは戦後の經濟事情等に基く種々の要求に應ずるため、この種避雷器の開發を行つてきたが、まず 3,000V 用 EV 型デアイオン避雷器として、いよいよ量産の運びに至り、かつ關東配電における實地試験の成績も得られたので、ここに EV 型デアイオン避雷器の概要を述べることにする。

本文においてはまず放出保護筒ないし放出型避雷器の發展過程の概要を記し、ついで EV 型デアイオン避雷器の構造、動作原理、性能等について述べ、更にオートバルブ避雷器との比較、柱上變壓器の避雷保護に觸れ、最後に關東配電において實施された實地試験の結果について述べる。

2. 放出型避雷器の發展過程

放出型避雷器の發展過程を述べるにあたり、まずその端緒となつたものは放出型可熔器である。雷などの異常電

壓により、送電線の懸垂碍子連の部分で閃絡を生ずる際に、電弧が碍子表面に絡みつきの熱作用のため碍子が破壊して事故を發生することが屢々ある。これを避けるために招弧角あるいは招弧環が用いられ、碍子表面より隔つた氣中において電弧を生ぜしめる如くにされるが、この場合機流を遮斷する性能がないので弧光接地の状態となり、消弧リアクトル等の助けを借りる以外には、そのまま送電を繼續することはできない。そこで消弧能力を有する放出型可熔器を直列間隙と共に懸垂碍子連に取り付け、電弧を碍子表面より隔つた通路に生ぜしめると同時に、放出型可熔器にて機流を遮斷する方式が用いられた。(1)(2)(3)(4) この方式では自復能力がないため、動作ごとに可熔片を新しいものと交換しなくてはならない。この欠點は數個の可熔器を用い、一回の動作には一本のみが溶斷するようにして、順次これが回路に入るような裝置を設けることによつて避けられるが、このようにしても可熔片の豫備が多數必要でありかつ交換が行われている際には有効に動作しない點で不満足なものであつた。このような段階を経て放出型可熔器に代るものとして、1931 年に至り放出保護筒が世に現われた。(5)(6) これは第 1 圖に示す如く、兩端に金屬電極を有するファイバー圓筒である。電極間に異常電壓が加わる



第 1 圖 放出保護筒断面

- a. ファイバー圓筒
- b. 電弧室
- c. 金屬電極

とファイバー圓筒内で閃絡を生じ、電壓は急激に電弧電壓まで降下する。機流の遮斷は放出型可熔器と同様に、電弧の熱によりファイバー圓筒内面よりガスを發生せしめ、電弧柱に對して消イオン作用を營ましめると同時に兩端あるいは一端の孔より機械的に電弧を吹き飛ばし

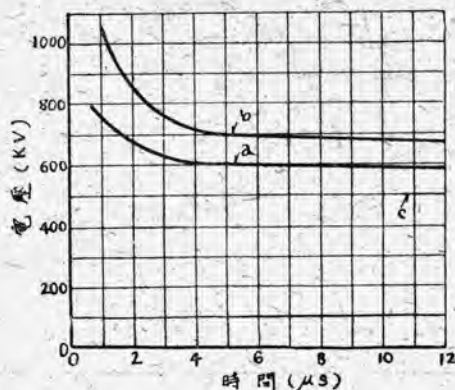
て、半サイクル後の交流電弧電流が零値を通過する瞬間に消弧を行うものである。上記 Torok 氏の論文 (5) 中

にはかゝる構造の放出保護筒に関する基礎的特性が述べられている。放電特性として、電極間の閃絡は針電極の特性を有しているが、絶縁物が存在するため閃絡値は低下している。内径 $\frac{1}{4}$ 吋、内部電極間隙 37 吋、外部の間隙 46 吋の被試験圓筒の放電電圧を針電極のそれと比較したものが第 2 圖である。衝撃比曲線は 10 吋以上の電極間隙長に對してはほとんど同じであり、これ以下では電極が針電極と見做されなくなるので、その特性も幾分變化してくる。絶縁筒の内径の變化は閃絡値にほとんど影響を及ぼさず、放電電圧を支配する主要な因子は電極間の間隙長である。この際放電を圓筒内部でのみ生ぜしめ、外部で閃絡を生じないようにするには、内部間隙長の外部間隙長に對する比を 0.85 以下にする必要がある。

つぎに遮断特性であるが、交流電弧電流が零値を通過する點で電弧を消滅せしめる方法については、slepian 氏が論じている。(7) 圓筒内に電弧を生じせしめると、空氣中におけるより著しく高い電圧を遮断し得る。しかし第 3 圖に示すように遮断電位傾度として 2,000~4,000 V/吋を得ねばならぬとすると、孔の直径は 0.01 吋程度の極めて微細なることが必要であつて、このような孔は大電流を通ずることができない。そこで他の作用を利用することが必要となつてくる。slepian 氏によれば、ガス吹付を生ずるような物質を用いねばかゝる制限放電の

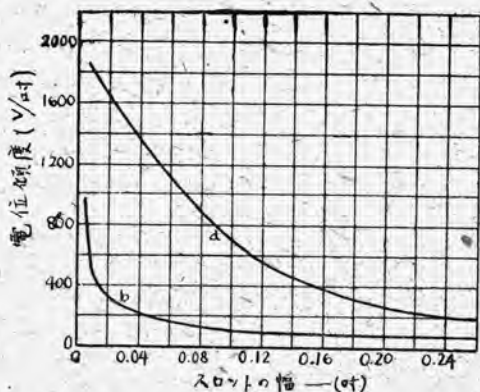
効果は著るしく増加する。すなわち電弧による熱によつて、かゝる材質の内壁を急激に蒸發させ、イオン化して

いないガスを電弧柱の中に亂流的に送り込む。かくすると電弧電壓および遮断し得る電位傾度を著るしく高めることができる。この際圓筒内のガス壓は、兩端の放出孔によつて安全な程度に押えられる。しかしながら間隙長が 4 吋を越えると、ガス壓が大となつて圓筒が機械的に破壊し、イオン化したガスが外部へ逃げて、外部閃絡を煮起すことがある。このため第 5 圖の如く側面に一定の間隔で放出孔を設けたものが作られた。なお種々の型のファイバー圓筒について遮断特性が示されているが第 4 圖の如くである。これらは變壓器の端子間に直接々續された場合であつて、平行送電線においてはこのような苛酷な條件はなく、送電線に負荷がかゝつていて動作中のサイクルにおいて電壓上昇の割合は低下する。擬似實地試験として 500 Ω の抵抗を試料と並列に接續して試験した結果、内径 $\frac{1}{4}$ 吋のファイバー圓筒で 2,000 A において 4,000 V/吋を遮断し得たことが述べられている。なお放出したガスが對流になつて圓筒外部を包むことにより外部閃絡を生ずる虞があるが、これを避けるため第 5 圖に示す如き消イオン室を設けたものが作られ



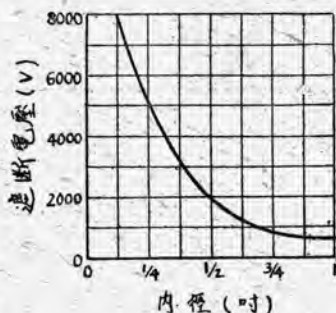
第 2 圖 放出保護筒の電壓時間特性

- a 避雷器—間隙 37 吋
- b 針電極—間隙 37 吋
- c 避雷器—60 吋—放電電壓

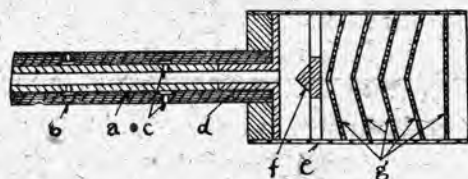


第 3 圖 凍石細隙中の電弧特性

- a 遮断電壓
- b 電弧電壓



第 4 圖 ファイバー圓筒の遮断容量
長さ 4 吋 電流約 500 A (實効値)



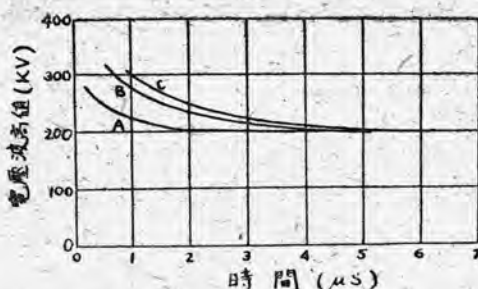
第 5 圖 消イオン室と放出孔との構造断面

- a 内部ファイバー圓筒
- b 外部ファイバー圓筒
- c ガス放出孔
- d 電極
- e 鋼板外殻
- f 火焰分散 (Flame spreader)
- g 有孔バツフル板

た。

Westing House 社においては更にこの研究が進められ、De'ion Protector (時には Tok Tube) の名称の下にその性能あるいは実地試験の結果が発表されている(8) この保護筒とピン碍子および棒間隙との電圧対時間特性を示したものが第6圖であつて、保護筒の時間の遅れが小さいことが明かである。消弧作用に関してはつぎのように説明されている。第7圖に示す如く衝撃電圧が回路電圧の波高値において印加されたとする。この時電流がリアクタンスによつてのみ制限されるものとすれば、最初の半サイクルの電流は電圧よりも90度遅れている。最初に電流が零値を通過する際に消弧するためには、電弧ガスの部分が發生電圧波高値に對して、充分絶縁耐力を回復していることが必要である。大氣中の電弧と適當な寸法の圓筒内に生じた電弧とを比較すると、同じ電壓の下で同じ大きさの電流を遮断するには、大氣中の電弧長の方が約20倍も長くないはならない。圓筒内の消弧能力が大きい理由は、圓筒内壁より發生する比較的低温のイオン化されていないガスが、電弧ガスと混合して亂流作用を呈するためである。この低温のガスは電弧を数多くの細いファイラメント狀の電弧に分割するが、このファイラメントは周囲を比較的イオン化していないガスで包まれているため、電流が零値となつた時イオンはこの部分へと連續的に擴散し、比較的イオン密度の低いしたがつて絶縁耐力の大きなガス柱となる。この絶縁耐力の回復率が回路の再起電壓上昇

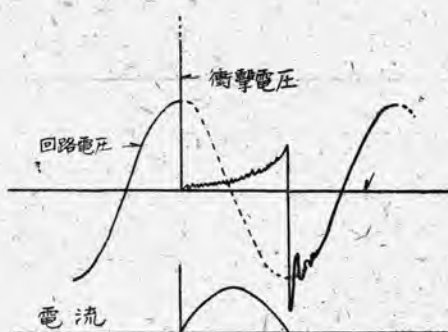
EV型デアイオン避雷器・大木



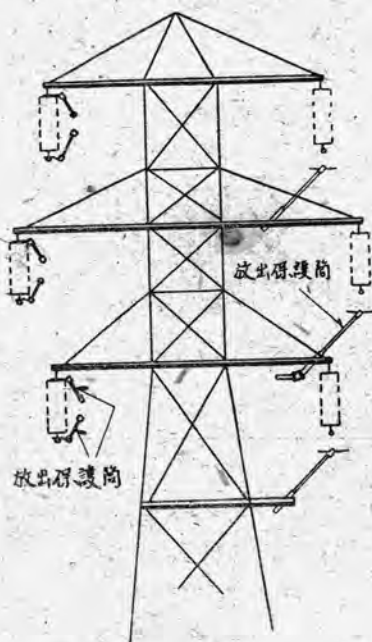
第6圖 電壓對時間特性

波形 $(1.5 \times 40) \mu s$

- a Deion flashover pratector
- b ピン碍子
- c 棒間隙



第7圖 放電時における放出保護筒の電壓と電流との關係



第8圖 放出保護筒設置方式

率より大きい時は再點弧は行われず、遮断は完了されるわけである。

同年 G. E. 社においても、Expulsion Protective Gap の名稱で發表された。(9) 構造その他は上記W社のものと同様であつて、種々の送電線における實地試験の結果が報告されている。その後も 132KV 系統における實地試験の結果(10)や、送電線の直撃雷に對し、放出保護筒の分布配置が保護効果に及ぼす影響(11)等の研究が發表されている。また我國においても東芝等で放出保護筒が製作されている。

以上述べた放出保護筒は、碍子の閃絡防止の目的で例えば第8圖の如く碍子の部分に取り付けて使用されるが、普通の避雷器よりは放電電圧が著るしく高いので、機器の保護にはそのまゝ用いることはできない。放出保護筒の動作原理を用いて、碍子等より遙かに絶縁強度の小さい各種電氣機器を保護するために種々研究された結果、いわゆる放出型避雷器が完成され、米國においてはとくに配電用變壓器の保護用として 13,800 V 以下の定格のものが汎く使用されている。(12) 更にそれのみに止らず、W社においては配電用變壓器の内部にこの避雷器を取り付け、放出孔をタンクから外部へ出して一體となし O S P 變壓器を製作して良好なる成績を収め、各柱上變壓器ごとに避雷器を設置する理想的保護方式に向つて進んでいる。最近の米國における放出型避雷器の性能等についても、詳細なる綜合報告が發表されている。(13) それによれば衝撃放電開

始電圧は、約 $2\mu S$ 以下の時間の短い處では $V-i$ 曲線の立ち上りは誘型避雷器のそれより幾分大きくなり、電壓定格の低い處では放出型避雷器の方が誘型避雷器よりも放電電圧が高いが、 $15KV$ 位の定格のものでは $V-t$ 曲線の水平部分では、かえつて放出型避雷器の方が低くなっている。いずれにせよ變壓器との絶縁協調は良く保たれている。また放電耐量も $65,000A$ の試験の結果優秀であつたことが報告されている。壽命の點に關しても誘型避雷器に優るとも劣らないといわれている。

我國においても、從來放出型避雷器に關する研究が數個所で行われ、東電記念科學技術研究所の牧田政藏氏は數種の試作をされ、消弧要素の構造、寸法および材質の相違による續流遮斷能力に關する研究の結果、ナタ折木と稱する木材を用い、とくに水素ガスを發生せしめるようパラフィンを充填した場合が、最も良好なる結果を得ることを述べている。(14) 同氏の試作された構造の一例は、磁器ケーシング内に直列間隙をも收め、その電極の一方を主放電電極の一端を以つて兼用せしめ、その間隙距離を $3.5mm$ とし、消弧要素としてはファイバーの代りにナタ折木を使用し、主放電間隙距離を $15mm$ に縮め、放電孔(經 $3mm$)の周圍に若干の細孔を設け、これにパラフィンを充填し、更にその外側を絶縁筒を以つて補強し、なお續流制限用抵抗として $5\sim 10\Omega$ 程度の酸化チタン質抵抗を挿入したものである。放電耐量は約 $10,000A$ と報告されている。

また電氣視驗所六角、梅原、坂田三氏は、この種避雷器について詳細な各種特性試験を行つている。(15)

中國配電においても消弧材質部に銅リングをはめて多間隙式としたものを試作している。(16)

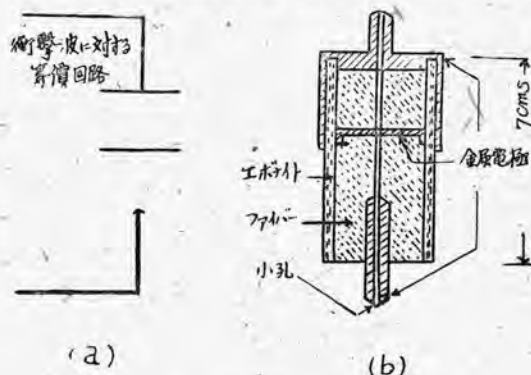
山川正巳氏は理研において放出保護間隙の改良型につ

いて實驗された。(17) これは第9圖に示す如き構造であつて、第三電極を導入することにより、そして一方の間隙が他よりも遙かに大なる價の容量を有するよう電極の形を作ることによつて、同じ長さの縦孔に對して衝擊閃絡電壓を低下せしめている。衝擊電壓は二つの間隙の間に容量の逆比に比例して分けられ、したがつて小さい

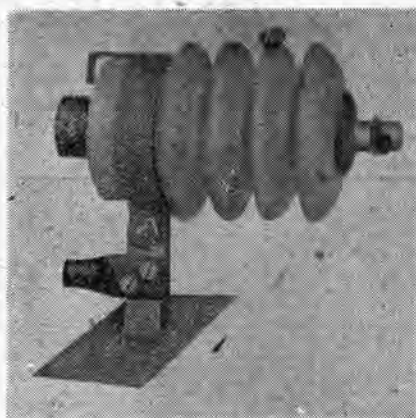
容量の間隙の方がまず閃絡し、その閃絡電壓はもちろん全間隙を閃絡するに要する電壓よりも遙かに低い。最初の間隙の閃絡は、残りの間隙に全電壓を加えることになり、全間隙の閃絡電壓より低い電壓でこの間隙も閃絡される。全間隙が2段の連續した低電壓の閃絡により閃絡され、その結果全間隙の閃絡電壓の低下を來すものである。かゝる第三電極を挿入しても續流遮斷能力としては $300A$ 125 回あるいは $700A$ 30 回の連續遮斷を行つても事故の起る可能性の微候が無いことが報告されている。

この他日立製作所においても、放出孔に近附く程圓筒内部の斷面積を大にして、内部ガス壓による圓筒の破壊を防止する方法の特許等の研究が發表されている。

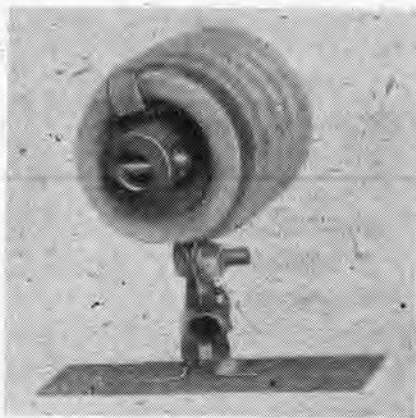
當社においてもケーシングにモールドを使用した放出型の避雷器を試作し、種々の電氣的試驗結果を報告している。(18) かゝる段階を経て戦後 W社の製品の電極配置構造を参照して、當社木村博士により開發の端緒がひかれ、製品化したものが EV型デアイオン避雷器で



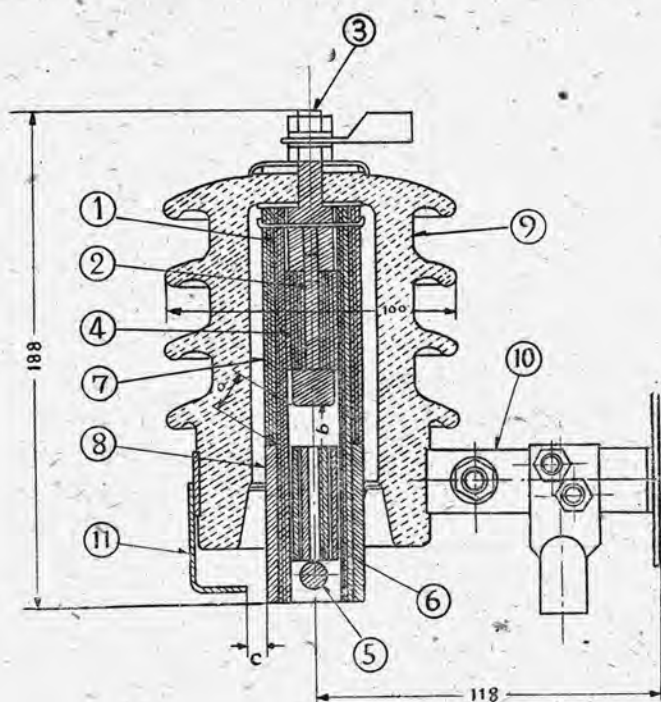
第9圖 放出保護間隙の改良型
(理研 山川正巳氏)



第10圖
3KV用 EV型デアイオン避雷器 (1)



第11圖
3KV用 EV型デアイオン避雷器 (2)



第 12 図 3KV 用 EV 型デアイオン避雷器構造

あつて、次項においてその構造、動作原理性、能等を述べることにする。

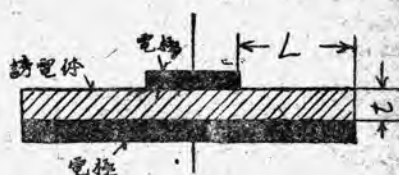
3. EV 型デアイオン避雷器

現在製作している EV 型デアイオン避雷器は、交流回路 3KV 配電線用として、とくに柱上変圧器の避雷保護に適したものである。

ア. 構造および動作原理

第 10 図および第 11 図は外観であつて、その構造は第 12 図に示す如くである。すなわちファイバー圓筒①の内部上方に内部電極②があり、この電極は上部の接続端子③に接続されている。更に電極を固定するためマイカルタ管④がはめてある。ファイバー圓筒①の内部下方には、ピン⑤によつて支えられた短いファイバー圓筒⑥が挿入されている。これらのファイバー圓筒は更にマイカルタ圓筒⑦および中間電極⑧の中にはめられている。中間電極としてはガス管が用いられ、ピン⑤はこのガス管を貫いているから、中間電極とピンとは電氣的に一體となつている。これ等の消弧室は更に磁器ケーシング⑨の中に收められる。磁器ケーシングは支持金具⑩によつて支持物に取付けられるが、この支

EV 型デアイオン避雷器・大木

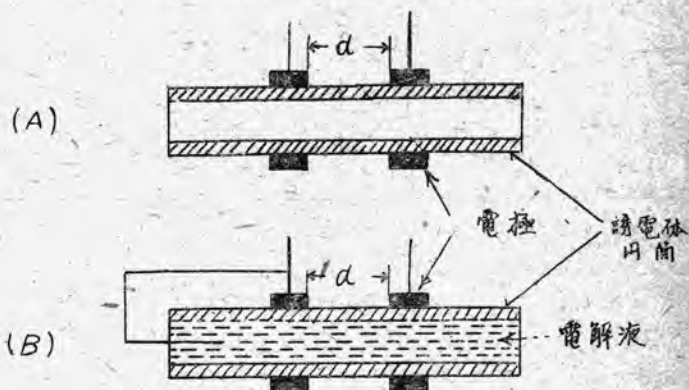


第 13 図 沿面放電を生ぜしめる電極配置

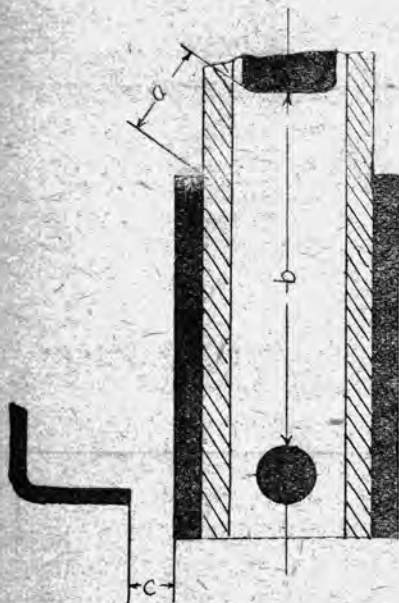
持金具には外部電極⑩が取り付けられ、中間電極⑧との間に直列間隙を形成している。

いま雷等に基因する異常電壓進行波が、配電線を傳播して避雷器の端子に到達したとする。その時内部電極と中間電極との間の距離 a によつて定められる電界強度は、ファイバー圓筒なる誘電体の存在により、内部電極表面附近において著るしく強められ、内部電極に接する空氣の絶縁が局部破壊を生ずる。しかしファイバー圓筒が存在するためファイバー圓筒を貫通して直接中間電極へ放電することはなく、火花はファイバー圓筒の内面に沿つて進展し、ファイバー圓筒とその内部の短いファイバーの圓筒との間隙を通して棒ピンに閃絡する。棒ピンと中間電極とは電氣的に一體となつているから、更に中間電極と外部電極との間の直列間隙に放電を生じ、支持金具の接地端子を通つて、異常電壓は大地へと逃げるわけである。

このようにして異常電壓に伴う大電流を放電し、避雷器の端子電壓を他の機器の絶縁が脅かされないように制限するが、機流のためファイバー圓筒内部には電弧が発生し續流を生ずる。この電弧によつて生ずる高熱のため、ファイバー圓筒内面および内部に挿入してある短い



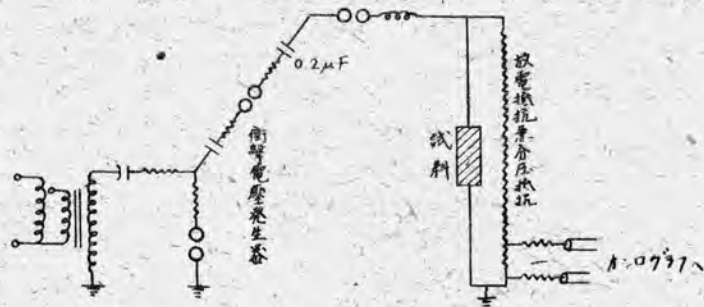
第 14 図 沿面放電を生ぜしめる電極配置 d が沿面距離



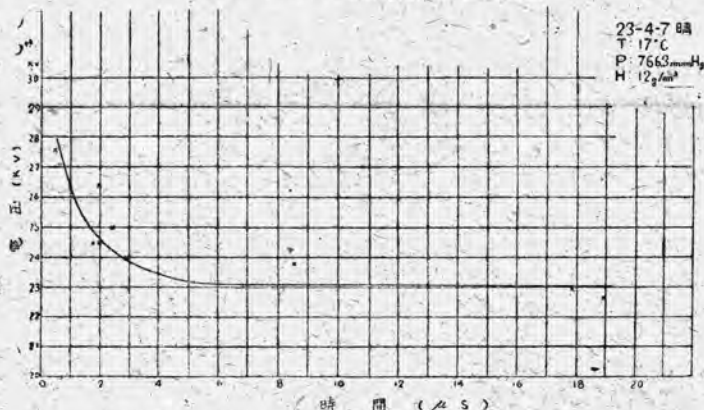
第 15 圖 EV型デアイオン避雷器の電極配置

ファイバー圓筒の表面よりガスおよび水蒸氣が発生し、高い壓力を以つて電弧の陽光柱の中に入りデアイオン作用を営むのである。同時にガスは爆發的に下部の放出孔より外部へ噴出し、この際機械的に電弧を吹き飛ばして、交流電弧電流が零値を通過する瞬間に消弧作用を完成するものである。

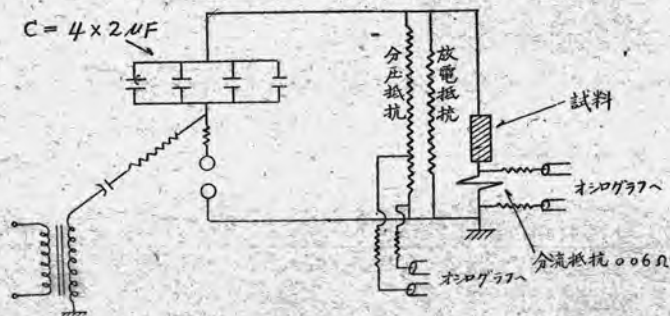
イ. 放電開始電壓および續流遮断電壓
沿面放電に關する從來の研究結果によれば、例えば第 13 圖に示すような電極配置において上下兩電極間に電壓を印加して誘電體の表面に沿面放電を發生させる場合、その放電電壓は大部分が誘電體の厚さによつて定まり、沿面距離¹の變化にはあまり影響されない。(19)また第 14 圖のような電極配置に關する實驗結果によれば、(20) (A)および(B)における間隙長 d が小なるうちは氣中閃絡を生ずるため兩者の放電電壓は等しいが、 d が大となつて或る値以上になれば沿面放電の特性が現れてきて(A)の場合より(B)の場合の方が同じ沿面距離に對して放電電壓が低下する。換言すれば電極配置を(A)より(B)の様に變えると、同じ電壓の下で(B)の方が著るしく沿面放電が伸展し易い。かゝる性質は沿面放電の特徴であつて、(21) また交番電壓のみでなく衝擊電壓に對しても同様な特性を呈することは、平滑套管に關



第 16 圖 衝擊放電開始電壓試驗回路圖



第 17 圖 EV型デアイオン避雷器 (3KV) V-t 曲線



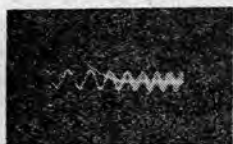
第 18 圖 衝擊電流耐量試驗回路圖

する研究より推察しても明らかである。(22) 本避雷器はかゝる沿面放電特性を利用してある。すなわち第15圖に示す如き電極配置を有しているから、上述の電極配置を逆にしたような場合となり、かつ誘電體の背後にある沿面距離の一部を覆う様な有限長の場合に相當する。このような電極配置において電極寸法および誘電體の厚みを變化した場合の沿面放電特性に關して研究を行つたが、その詳細は別の機會に述べたいと思ふ。とに角第15圖の如き電極配置にあつては、放電開始電壓は同圖における内部電極と中間電極との間の最短距離 a の部分にかゝる電位傾度が極めて大きく影響し、したがつて主としてこの距離 a と、中間電極と外部電極とによつて構成さ

れる直列間隙の間隙長 c によつて大體定められる。

しかるに上記の特性により、遮断能力に關係する電弧長 b は、前者に比して大にとることができる。從來の放出型要素では、放電特性は縦孔の長さと電極の形状によつて主として定められるが、信頼し得る消弧作用を得るためには縦孔の長さに最短距離があり、これ以下の長さでは信頼し得る消弧作用が得られない。この縦孔の最短距離は、遮断すべき電流と設置される系統の回路電壓によつて定められる。そこで現在までの大部分の放出型要素では同時に兩方の要求を満足することが困難であつて放電開始電壓が高過ぎることがその欠點であつた。本避雷器においては上述の如くにして、放電開始電壓と電弧遮断電壓との差を小にすることができ、したがつて放電開始電壓を低下せしめることができたのである。

外部直列間隙 7mm の製品について、第 16 圖に示す回路に



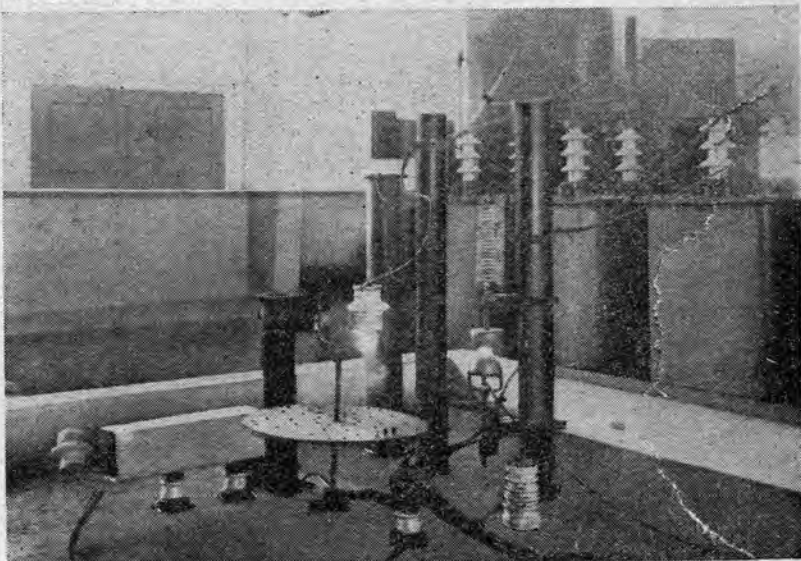
第 19 圖 衝擊電流耐流試験
オシログラム

電流波高値 13.3KA

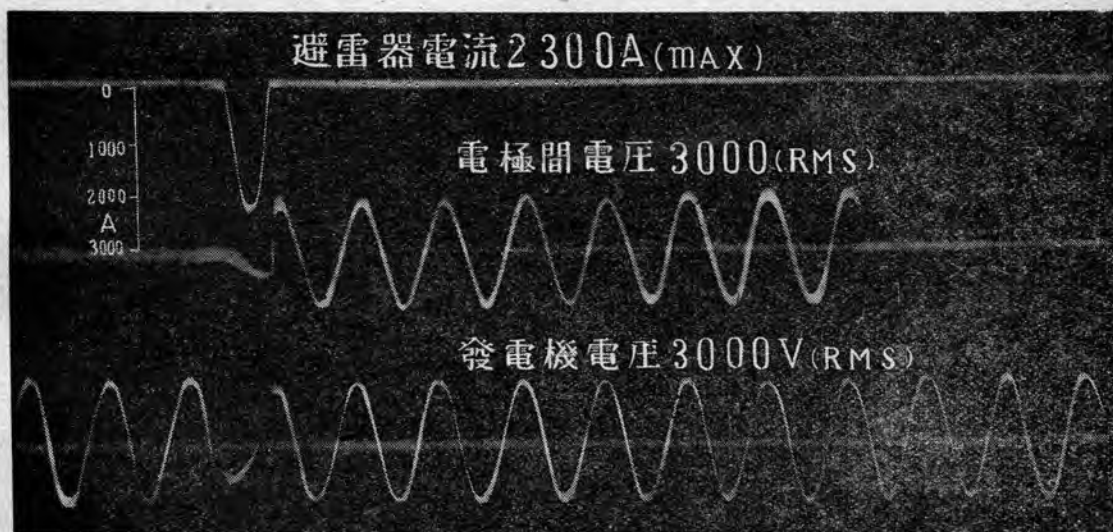
より抜取試験として衝擊放電開始電壓を測定した結果、第 17 圖に示す如き $V-t$ 曲線を得た。(23) 印加波形は $0.5 \times 48 \mu s$ の正極性波であつた。負極性波によるものはこれより約 10% 高くなる。後述する如くこの特性を 3KV 用柱上變壓器捲線および套管の衝擊電壓試験結果と比較すると、絶縁協調が保れていることがわかる。

ウ. 放電耐量

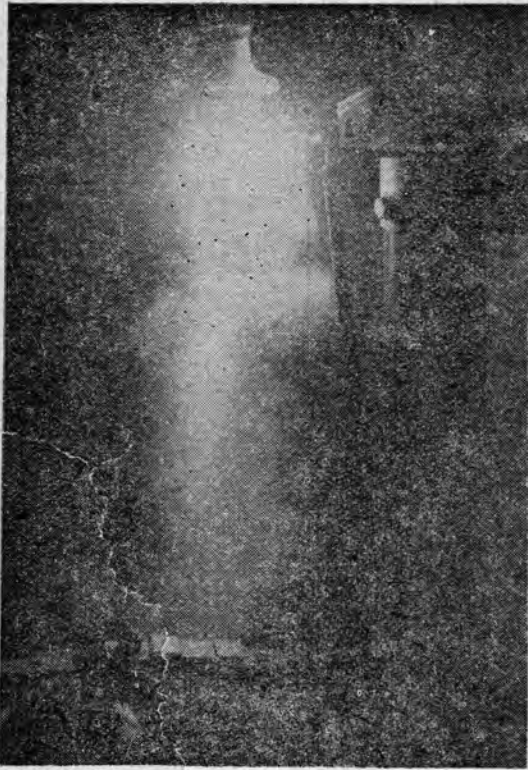
本避雷器は消弧室であるファイバー圓筒を、中間電極であるガス管およびマイカルタ管によつて圍み、更に磁器ケーシング内におさめてあるから、その構造からして内



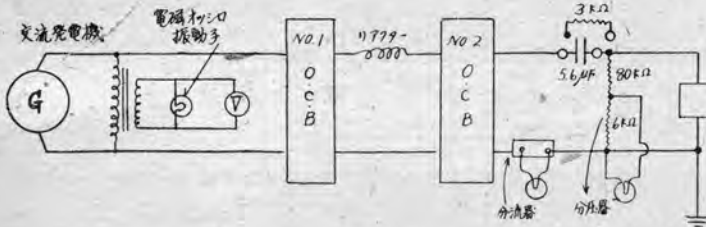
第 20 圖 放電耐量試験狀況
(試料は舊型のものである)



第 21 圖 3KV 用 EV 型デアイオン避雷器續流遮断試験オシログラム



第 22 圖 續電流遮斷試験状況
(試料は舊型のものである)



第 23 圖 微小電流遮斷試験回路圖

壓に著るしく耐え得る様になつてい
る。第 18 圖の如く蓄電器容量 $8\mu F$ 、耐壓 $700KV$ の衝撃電流發生器
を用いて、衝撃電流耐量試験を行つ
た結果では $17\sim 20 KA$ の放電耐量
を有している。印加波形は約 7×20
 μs で、極性は正極性波について行
つた。第 19 圖は測定オシログラム
の一例で、第 20 圖は放電耐量試験
状況を示す。

エ. 續流遮斷能力

續流遮斷能力は避雷器の最重要點の
一つであるが、電弧を自力的に消滅
せしめるこの種の避雷器では、當然

番 號	發 電 機 端 子 電 壓	周 波 數	電 弧 電 壓 最 大 値	電 弧 電 流 最 大 値	電 弧 繼 續 時 間	備 考
1	3000V	60 \sim	—	20.4A	5.4 \sim	蓄電器 器直列接 續
2	"	"	—	26.8	3	"
3	"	"	5050V	11.2	5.7	"
4	"	"	2828	2.4	6.0	抵抗直 列接續
5	"	"	2220	2.6	—	"

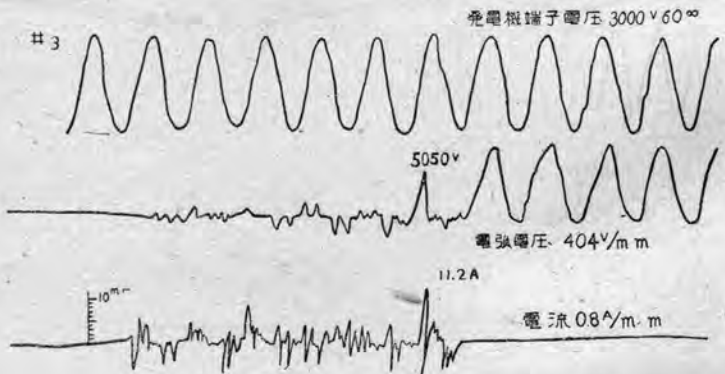
第 1 表 微小電流遮斷試験結果

遮斷し得べき電流値に上限および下限があることが考え
られる。從來この遮斷電流の上限値と下限値との比が小
さいこと、換言すれば遮斷電流の範圍が比較的狭いこと
が放電型避雷器の缺點の一つであつた。

當社において $3,000V$ 、 $2,000KVA$ の發電機により避
雷器の短絡試験を行つた場合、 $2,500A$ 程度の續流を遮
斷することができた。第 21 圖は續流遮斷のオシログラ
ムの一例を、第 22 圖は續流遮斷試験状況を示したもの
である。

また非接地系統で避雷器が動作して、一線接地状態と
なつた場合に、線路の對地容量を通して微小充電電流が
流れる場合が問題となつてゐる。當社においては第 23
圖に示す如き回路にて微小電流の遮斷試験を実施した。

(24) 電流を調整するために、 $5.6\mu F$ の蓄電器または
 $3K\Omega$ の水抵抗を回路に直列に接続
して實施した。測定は電磁オシログ
ラフを用いた。試験結果は第 1 表に
示す如くであり、第 24 圖はそのオ
シログラムの例である。電弧の繼續
時間が非常に長くなつてゐるが、こ
れは短絡用としてあらかじめ $1A$ の
可熔片を電極間に接続したので、こ



第 24 圖 微小電流遮斷試験オシログラム
(a) 蓄電器直列挿入

れが熔断するまで相當の時間を要し、可熔片が熔断してから始めて遮断現象に移つた爲と思われる。しかし續流は完全に遮断されている。なお抵抗直列接続の場合には、電弧電流は印加電壓と同じ周波数を有するが、蓄電器直列接続の場合には、この蓄電器が回路のインダクタンスと、一種の振動を起しているのが見られる。上述の如く數A~20數A程度の小電流が遮断されている點よりして、本避雷器の遮断電流範囲の廣いことが窺われる。

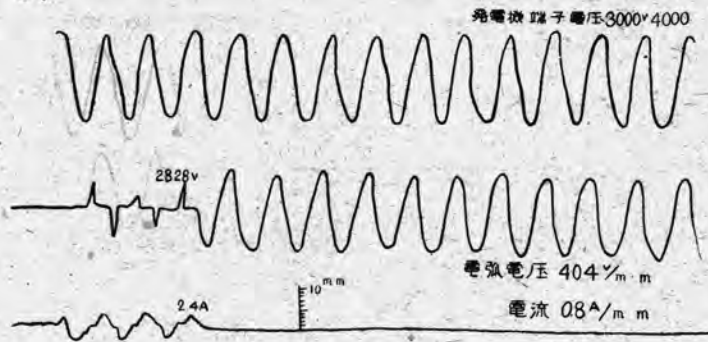
オ. 保守

本避雷器は上述のように構造が簡單で堅牢に出来ている上充電等の操作を要しないため保守は極めて簡單である。また典型避雷器などでは避雷器が動作したかどうか、直ちに識別し得ない點が不便とされていたが、本避雷器では動作の際放出口よりガスを放出して、音響と火焰とを生ずるから直ちに動作が確認される。また人里離れて設置してあり、保守者が常駐していない場合、後日それが動作したかを知りたい時のために、簡単な動作指示装置を取り付けておくことができる。

従來の避雷器の大部分は濕氣を非常に嫌うから、その點保守上にも注意を要する點があつたが、本避雷器ではファイバー圓筒から生ずる水蒸氣ないしガスを消弧に利用する關係上、適當に水分を吸収している方が性能が良好となるわけで、吸濕に關する心配はほとんどない。

點檢の際には第12圖の棒ピン⑤を抜いて、

Fig. 4



●第24圖 微小電流遮断試験オシログラム

(b) 抵抗直接挿入

性能・用途	種類		SV型 オートバルブ 避雷器	LV型 オートバルブ 避雷器	EV型 デアイオン 避雷器
臨界衝撃放電電壓			約15KV		約25KV
V-t 曲 線			より平滑		
放電中の端子電壓			9KV~14KV		極めて低
放電耐量			約30KA	約8KA	約20KA
續流遮断能力			續流なし		上限約2,500A 下限約2.5 A
保守點檢修理			殆んど保守を要せず (碍子清掃程度)現場 性能點檢及修理困難		點檢容易 消弧室部分交換 可能
價 格			LV型の數倍	1	LV型の約2/3
用 途 の 一 例	特高より高壓への郊外變電所主要機器のある市内變電所大口受電施設等		最適		
	上記に近接する線路比較的重要な線路			最適	適
	線路に多數分布配置例えは柱上變壓器保護			適	最適
	線路碍子の閃絡防止				適
用 途 の 一 例	一回轉機保護用		最適		稍不適
	ファイバー腐蝕性ガスの出る工場地帯		適	適	不適
	引火性ガスのある地帯例えは鑛山の一部分		適	適	不適
	雑踏する繁華街の柱上			適	不適

第2表 當社製3KV用LV型およびSV型オートバルブ避雷器とEV型デアイオン避雷器との比較

内部の短かいファイバー圓筒⑥を取り出して見ると劣化の程度がわかるから、劣化している時は上部のナット③を外して消弧室部分を新品と交換すれば、現場で簡単に保修できる。

このようにファイバー部分を新品と交換してゆけば、襲電頻度の點もあわせ考へる時、その壽命は相當永いことは首肯し得るところである。

4. デアイオン避雷器とオートバルブ避雷器との比較

EV型 デアイオン避雷器を、當社で製作している3KV用LV型およびSV型オートバルブ避雷器と、その性能・用途等

について比較すると第2表の如くである。

なおW社において製作されているデアイオン避雷器と、オートバルブ避雷器との比較が発表されているが、(13) それによると長時間微小電流に対する特性は、デアイオン避雷器の方がより良好となっており、また寿命については両者同程度となつている。なお米國においてこれら2種の避雷器が相變らずに存続して製作される理由が述べられているが、それはデアイオン避雷器が、オートバルブ避雷器と併行して發展した歴史的過程上二つの理由があつた。すなわちそれはラジオ放送と、農事電化の發達である。典型は1920年代ラジオの發達と共に發達したが、その當時避雷器の内部に濕氣が侵入すると、しばしばラジオに対する妨害を惹起した。多くの技術者は避雷器に濕氣が侵入するのを防ぐのは不可能であり、徹底的に換氣が行わるべきであると信じていた。デアイオン避雷器はこの目的に適うものであり、種々の長所があつた。現今では氣密構造と試験方法が進歩したので、米國においてはラジオの妨害はほとんど生じない。また放電型のものは大なる放電耐量を有しているが、農事電化の發達と共に苛酷な雷電流を受ける機会が多くなり、放電耐量の重要性が次第に強くなつてきた。米國においては改良の結果、兩者共65,000Aという高耐量のものが製作されている。

5. 柱上變壓器の避雷保護

柱上變壓器の避雷保護については、柱上變壓器あるいはそれに附隨する器具の衝擊電壓特性と、避雷器の特性との間に絶縁協調が保たれることが必要であることは言を俟たないところである。デアイオン避雷器では放電中の端子電壓は電弧電壓にまで低下するから、普通の避雷器でいうところの制限電壓とは少しく意味が異なり、結局衝擊放電開始電壓にて抑えられるわけである。この意味でEV型デアイオン避雷器のV-t曲線と、當社製の3KV用柱上變壓器捲線および套管のV-t曲線とを比較すると、第25圖の如くになり、絶縁協調が保たれていることがわかる。なお使用狀態の柱上變壓器に、本避雷器を

組合わせて衝擊電壓を印加した工場試験においても保護効果は良好であつた。

電氣學會において放出型避雷器の試験要項が制定せられているが、(25) それによると3KVの公稱電壓に對し衝擊放電開始電壓は30KV以下となつているから、本避雷器もこの規程に合つている。

なお米國においては放出型避雷器の衝擊放電開始電壓對時間特性に關するAIEEの報告が發表されている。(26)

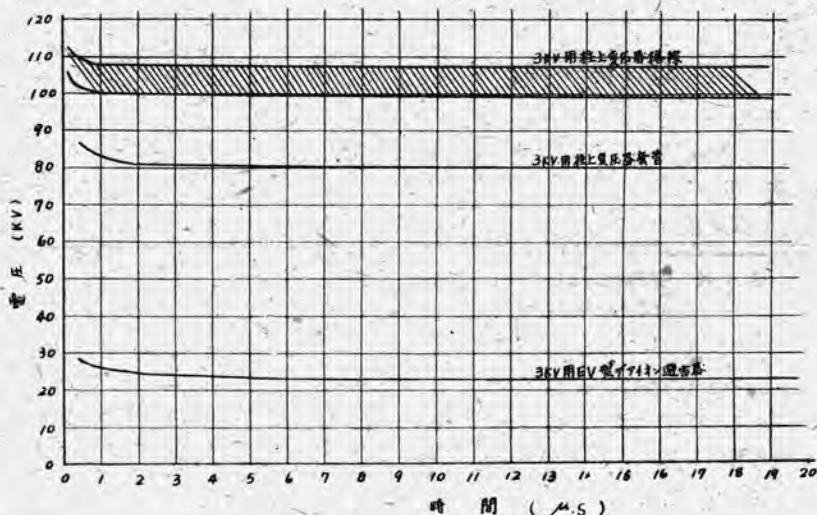
6. EV型デアイオン避雷器の實地試験

EV型デアイオン避雷器は、昭和23年夏關東配電栃木支店工務課、本店配電課および技術課の手により、相當大規模の實地試験が行われた。關東配電の御厚意により、ここにその中間報告の概要を記載する。

避雷器は關東配電宇都宮變電所平石派出所管内石井雀線に取り付けられ、8月上旬工事が完了した。本饋線は鬼怒川に沿つた配電線路で、毎年比較的雷害の多い所である。避雷器は、變壓器104臺中95臺に取り付けられ、残り9臺は作業困難なるため除かれた。避雷器總數は215臺で、避雷器放電電流測定用の磁鋼片は51箇所に取り付けられた。

8月以降9月9日までの襲雷は、8月15日、19日、29日、9月5日、6日、10日の6日であつた。

避雷器取り付け前後の變壓器燒損數および燒損率を示したものが第3表である。これによれば平石派出所管内では避雷器取付前の7月中には柱上變壓器が9臺燒損し、燒損率4.9%であつたものが、避雷器取付後の8月



第25圖 3KV用EV型デアイオン避雷器と當社製3KV用柱上變壓器との絶縁協調

所管 區域 避雷器 取付 否	平石派出	營業所直轄	雀宮派出	田原派出	姿川派出	白澤派出
7月(否) 8月(取付け)	(否)	(否)	(否)	(否)	(否)	(否)
變壓 器數	183	880	166	93	68	114
7 月 の 燒 損 臺 數	1φ5KVA(6月30日) 〃 5 〃 (7月23日) 〃 3 〃 (〃) 〃 5 〃 (〃) 〃 2 〃 (26日) 〃 3 〃 (29日) 〃 5 〃 (30日) 〃 7.5 〃 (〃) 〃 2 〃 (23日)	1φ5KVA(29日) 〃 〃 〃 7.5 〃 (28日) 〃 20 〃 (30日) 〃 15 〃 (〃) 〃 5 〃 (〃) 〃 10 〃 (〃) 〃 10 〃 (〃) 〃 3 〃 (30日) 〃 5 〃 (〃) 〃 15 〃 (〃)	3φ2KVA(24日) 1φ2KVA(〃) 〃 3 〃 (30日) 〃 1 〃 (31日) 〃 10 〃 (30日)	1φ3KVA(6月15日) 〃 3 〃 (6月17日) 〃 2 〃 (7月28日)	1φ7.5KVA (7月31日) 〃 20 〃 (〃)	1φ1KVA(7月13日) 〃 3 〃 (17日) 〃 2 〃 (23日) 〃 5 〃 (24日)
合計 燒損率	9 臺 4.9 (%)	11 臺 1.25 (%)	5 臺 3.0 (%)	3 臺 3.2 (%)	2 臺 2.95 (%)	4 臺 3.5 (%)
8 月 以 降 燒 損 臺 數		1φ7.5KVA(1日) 3φ5 KVA(8日) 1φ5 〃 (〃) 〃 5 〃 (13日) 〃 5 〃 (6日) 〃 3 〃 (9日) 3φ5 〃 (8日) 1φ1 〃 (9月5日) 〃 1 〃 (〃) 3φ5 〃 (9月6日) 1φ15 〃 (〃)	1φ10KVA(19日) 〃 (〃) 〃 5 〃 (〃) 〃 2 〃 (〃)	1φ10KVA (8月19日)		1φ3KVA(8月5日) 2KVA(8月2日)
合計 燒損率	0 臺 0 (%)	11 臺 1.25 (%)	4 臺 2.4 (%)	1 臺 1.1 (%)	0 臺 0 (%)	2 臺 1.75 (%)

第3表 EV型デアイオン避雷器取付前後の變壓器燒損數および燒損率(關東配電)

	100A以下	100A以上	200A以上	300A以上	400A以上	500A以上	1000A以上	2800A以上	計
箇數	70	17	5	4	3	6	0	3	108
(%)	64.8	15.8	4.6	3.7	2.8	5.5	0	2.8	100

第4表 磁鋼片によるEV型デアイオン避雷器
放電々流測定結果
(關東配電)

以降は變壓器の燒損が皆無となつている。これに對し避雷器を取り付けなかつた他の宇都宮變電所直轄あるいは派出所管内では、7月も8月も大體同程度の燒損事故が生じている。

また磁鋼片による避雷器の放電々流測定結果は第4表の如くで、延べ108箇の避雷器が動作し、とくに2,800A以上の直撃雷に近いものが3箇あるにもかかわらず、避

EV型デアイオン避雷器・大木

雷器自身も1箇も破壊しなかつた。

このようにEV型デアイオン避雷器を取り付けた區域の柱上變壓器は、相當激しい雷雨期においても1臺も燒損せず、また相當の度數で雷に對して動作しながら、避雷器自身も1箇も破壊しなかつたことは、實地使用に對する一應の價値を裏付けられたものと言えよう。

7. 結 言

以上放出型避雷器に關する從來の研究結果および發展過程を明かにし、當社において量產の運びに至つたEV型デアイオン避雷器の性能について、これが避雷器としての條件を具備し、配電線とくに柱上變壓器の避雷保護に有効なる點を述べた。更に關東配電における實地試験の結果、變壓器の保護効果の點においてもかつまた避雷器

自體の性能の點においても極めて良好なることが明らかとなつた。もつとも相手は自然雷という大きな對象であるから、更に基礎的研究を行うと同時に實際の配電線に多數取り付け實地の試験を行う必要があり、この點に向つて今後も進みたいと思う。

擧筆するにあたり、引用した内外文献の著者、とくに實地試験に盡力せられかつその結果を本文に記載することを許容された關東配電栃木支店工務課、本店配電課および技術課の關係各位に深甚なる感謝の意を表するものである。更にまた本避雷器開發の端緒を作り、その完成に盡力された當社木村博士および設計、製作、試験に協力された山田技師、蔭山技師、森技師、絶縁課の諸氏、その他關係各位に深謝する次第である。

文 献

- (1) Philip Stewart: Report to Overhead Systems Committee of N. E. L. A (Oct. 1927)
- (2) P. Stewart: Fused Arcing Horns and Grading Rings, T. A. I. E. E. 48, 891, (July, 1929)
- (3) H. A. Frey & E. M. Skipper: Fused Grading Shields, T. A. I. E. E. 990, (July, 1930)
- (4) J. E. Clem: Fused Grading Shield Test, G. E. Rev. (June, 1930)
- (5) J. J. Torok: An Experimental Lightning Protector for Insulators, A. I. E. E. Paper Winter Convention, (1931)
- (6) J. J. Torok & A. M. Opsahl: The Deion Flashover Protector, El. J. (March, 1932)
- (7) J. Slepian: Extinction of a Long A. C. Arc, T. A. I. E. E., 420, (April, 1930)
- (8) A. M. Opsahl & J. J. Torok: The Deion Flashover Protector and its Application to Transmission Lines, T. A. I. E. E., (Sept., 1933)
- (9) K. B. McEachron, I. W. Gross & H. L. Melvin: The Expulsion Protective Gap, T. A. I. E. E., (Sept., 1933)
- (10) Philip Sporn & I. W. Gross: Expulsion Protective Gaps on 132KV Lines., E. E., (Jan., 1935)
- (11) L. V. Bewley: Effect Which Different Distributions of Expulsion Gaps Have on Direct-Stroke Protection of Transmission Lines, G. E. Rev., (Nov., 1935)
- (12) Central Station Engineers of the Westinghouse Electric and Manufacturing Company: Electrical Transmission and Distribution. Reference Book, 3rd.

edition, 373, (1944)

- (13) Edward Beck & A. D. Forbes: Lightning Arresters for Distribution Apparatus, T. A. I. E. E., 64, 719, (Oct., 1945)
- (14) 牧田政藏: 簡易放電器に就て, 電氣學會配電用避雷器専門委員會資料第 114 號 (昭 19-1)
- (15) 六角英通, 梅原茂, 坂田榮: 高壓配電線用放電器に就いて, 電子彙, 5, 345 (昭 16-8)
- (16) 中國配電株式會社: 避雷器の試験データ, 電氣學會配電用避雷器専門委員會資料第 101 號 (昭 18-9)
- (17) 山川正己: 放出保護間隙の改良型, 第 19 回聯合大會講演豫稿 (6) 141 (昭 16-9)
- (18) 長沼辰二郎, 小早川昌平: デアイオン放出間隙三菱電機研究所研究報告第 232 號 (昭 16-12)
- (19) 西 健: 高電壓工學 80 (昭 22)
- (20) B. L. Goodlet, F. S. Edwards & F. R. Perry, J. I. E. E., (1931)
- (21) 望月重雄: 高壓電氣工學 40 (昭 15)
- (22) R. Elsner & J. Rehhan: Die Überschlagesfestigkeit von Hochspannungsdruckführungen bei Stoss und Wechselspannung, Arch. f. Elek., 31, 398, (1937)
- (23) 蔭山長三郎: 工場にて出荷中の 3.3KV 用デアイオンアレスターの衝撃電流耐量試験及衝撃電壓放電開始電壓試験, 三菱電機技術メモ第 8380 號, (昭 23-4)
- (24) 木村久男, 山田榮一, 蔭山長三郎: デアイオンアレスター (微小電流商用周波数流遮断試験) 三菱電機技術メモ第 8263 號 (昭 22-4)
- (25) 配電用避雷器専門委員會研究調查報告: 電學誌, 68, 239, (昭 23-9)
- (26) A. I. E. E. Technical paper 48-79 (Dec., 1947)

正 誤 表

三 電 機 菱 Vol. 23. No.2.

コンデンサー套管の趨勢

伊丹製作所 浅 井 徳 次 郎

頁	行	誤	正
1 右	下ヨリ 4 行目	濕氣の侵入	濕氣の浸入
2 左	上ヨリ 4 行目	侵 入	浸 入
2 左	” 27 行目	事故を誘因すること	誘 起
2 左	下ヨリ 9 行目	これは劣化局部	これは劣化が局部
2 右	第1圖ノ説明	R_1 は標準蓄電器 R_4 は測定すべき R^p は可變抵抗 C_4 は可變容量 C_3' はなし $r_{cm} S_p$	$C_1 R_1$ は標準 $C_p R_p$ は測定すべき $R_3 R_4$ は可變抵抗 $C_3 C_4$ は可變容量 R_3 の近に C_3' を圖中に入れる事 $\tan \delta_p$
3 左	下ヨリ 16 行目	油 精	油 溝
3 左	下ヨリ 7 行目	斷 路 器	遮 斷 器
3 右	上ヨリ 6 行目	油 差	油 量
3 右	上ヨリ 14 行目	蓄機器捲套管	蓄電器型套管
4 左	上ヨリ 23 行目	に 管 を	套 管
4 右	上ヨリ 5 行目	第4圖 (DL-20024-12 圖)	第4圖 () 内を消すこと
4 右	上ヨリ 6 行目	第5圖 (L-20024-14 圖)	第5圖 () ”
4 右	上ヨリ 13 行目	錫 箱	錫 箔
4 右		5 圖の内容異り	
5 左	下ヨリ 4 行目	第6圖 DL-20024-4 圖	DL-20024-4 圖を除く

の誤りにつき訂正致します。

頁	行	誤	正
7 左	4	$g_m = 50000 \mu\text{U}$	$g_m = 5000 \mu\text{U}$
”	13	$(r_{0g})^3$	$(r_{0g})^2$
”	16	$\times 10_0^{-6} \quad 1900 \times 10^{-6}$	$\times 10^{-6} = 1900 \times 10^{-6}$
”	(7. 2) 式	$C_g + C_p \}^2 + g \}$	$C_g + C_p \}^2 + g \}$
8 左	2	C_g	C_n
”	3	最 善	最 適
” 右	1	l_u	l_n
”	(8. 5) 式	$\left(\frac{u_2}{C_1 + C_2} \right)^2$	$\left(\frac{C_2}{C_1 + C_2} \right)^2$
”	(8. 7) 式	$n_g + n_p$	$C_g + C_p$
9 左	8	込 昇	上 昇
”	22	そ の 本 波	基 本 波
” 右	5	無 動 分	無 効 分

の誤りにつき訂正致します。

正 誤 表 (原 稿 訂 正)

三菱電機 Vol. 23. No. 1.

圓線圖による水晶發振器特性の検討

研 究 所 薄 井 廉 介

頁	行	誤	正
1 左	15	最 止	最 近
"	24	1 圖	第 1 圖
1 右	(2. 1) 式	ωC_0	ωC_0
"	"	ωC^2	ωC_2
"	(2. 3) 式	C^2	C_2
"	(2. 6) 式	C^0	C_0
"	(2. 4) 式	θ_0	Q_1
"	(2. 5) 式		
2 左	6. 7		
"	(2. 7) 式		
"	(2. 8) 式	$x = jy$	$x + jy$
"	(2. 10) 式	$R + \frac{1}{2r_0} \left(\frac{1}{\omega C_1} \right)^2$	$R - \frac{1}{2r_0} \left(\frac{1}{\omega C_1} \right)^2$
3 左	12	示す水晶	示す水晶
"	14	$g = j\omega C_g$	$g + j\omega C_g$
"	15	含む格子	含む格子
"	18	$\frac{u}{r_{p0}}$	$\frac{\mu}{r_{p0}}$
右	6	振動電波	振動電流
"	19	3 圖	第 3 圖
"	20	$\frac{1}{\rho} = Y +$	$\frac{1}{\rho} + Y +$
4 右	1	$= 0$	(削除する)
"	2	追加すると	追加操作すると
"	11	θ (4. 1) に二つあり	Q
" 下から	2	は	も
5 左	12, 13 (4, 6) 式	$p = \frac{r_0 g_m \omega^2 C_p L Q}{r_0 g \left(\frac{C_2}{C_1 + C_2} \right)^2 + (r_0 \omega)^2}$	$p = \frac{r_0 g_m \omega^2 C_p L Q}{r_0 g \left(\frac{C_2}{C_1 + C_2} \right)^2 +} *$
"	(4. 8) 式	$\left\{ \frac{C_1 C^2}{C_1 + C_2} + C_g + C_p \right\}^2 + (r_0 g)^2$	$(r_0 \omega)^2 \left\{ \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} + C_g + C_p \right\}^2 + (r_0 \omega)^2$
6 左	(5. 3) 式	$\frac{r_0 g_m \omega^2 I_p L Q}{1 - \frac{C_a}{C_0}}$	$\frac{r_0 g_m \omega^2 C_p L Q}{1 - \frac{C_a}{C_n}}$
第 5 圖右肩		$N + t_0$	$N + x_0$
6 右	8	不安で	不安定で
"	11	C/C_n	C_a/C_n
"	25	$N \rightarrow \omega$	$N \rightarrow \infty$

(裏面へつづく)

新製品紹介

DH-3 型 ラジオヒータ

出力 20kW 入力 45kW 周波数 13.56 MC

使用真空管 発振管 SN-167 H 1本
整流管 HV 951 B 6本

☆構造 本器は本體配電盤整合装置冷却水槽とから成り三相交流220V電源にて動作する高周波加熱装置であります。

発振管の冷却は強制水冷式で長時間の連続使用に耐えます。

☆本體 発振部と電源部より成り3箇の部分に分けられとくに連綴の便を計つてあります。操作を簡単にするため各種繼電器を使用し押釦によりすべての動作を行います。

危険防止のための全部の扉が閉じていなければ高圧が発生せぬよう扉閉閉器が付けてあります。故障または停電の場合自動的に全回路が遮断されます。

また心線の豫熱不十分あるいは冷却水の循環不良の場合も高電圧が発生する心配はありません。

☆配電盤 主開閉器として氣中遮断器にて約150A(220V)の電源を開閉します。

自動誘導電圧調整機は220Vより上下に90Vまで押ボタン操作により自動的に調整できます。

☆整合装置 本體よりの饋電線と負荷のインピダンスを整合させ充分な電力を被加熱物に加える装置であります。

本體を離れて操作させる遠方操作装置が付けてあります。

☆冷却水槽 発振管を冷却するため約1000ℓ貯永し水揚ポンプは2HP全揚程15m水量30ℓ/毎分の水を揚げられます。

寸法	幅	高さ	奥行
本體	220cm	170cm	128cm
整合装置	60cm	100cm	100cm

「三菱電機」 VOL. 23 NO. 3 掲載内容

コンデンサー套管の趨勢……………浅井
電解研磨の研究(第1編 電解液の研究)……………齋藤
シリカゲルの吸収能……………白井
ハネカムコイルの自己容量……………北垣
AD型車輛用電氣式速度計……………岡本

新製品紹介

「三菱電機」 VOL. 23 NO. 4 内容豫定

絶縁ワニスの内部乾燥と絶縁抵抗……………白井
輕合金に関する研究(第2報)……………長谷川
半波型倍壓整流回路の解析……………北垣
鋸屑の熱常数に及ぼす濕潤の影響(第1報)……………尾島
電熱線の近況……………長川
運轉中における變壓器の絶縁油漏過……………堀田
直流電磁接觸器の觸接子材料……………原村
……………岩崎
……………吉澤
……………待鳥

「三菱電機」 VOL. 23 NO. 3

昭和24年6月10日印刷

「禁無断轉載」

昭和24年6月15日發行

定價1部 金15圓(送料共)

編輯兼發行人 小林 稻 城

東京都港區麻布竹谷町一番地

印刷者 大橋 松三郎

東京都港區麻布竹谷町一番地

印刷所 博文堂印刷所

東京都千代田區丸の内2丁目2番地

發行所 三菱電機株式會社内
「三菱電機」編輯部

電話丸之内 3344(6)
日本出版協會會員番號B218013