



三菱電機

第 17 卷 昭和 16 年 2 月 第 2 號

内 容 目 次

空氣清淨裝置に就て 71

200 kV/44 kV 50,000 kVA 單相變壓器 79

三菱電機株式會社

三菱電機

第十七卷

昭和十六年二月

第二號

空気清浄装置に就て

研究部 尾島 學 二

緒 言

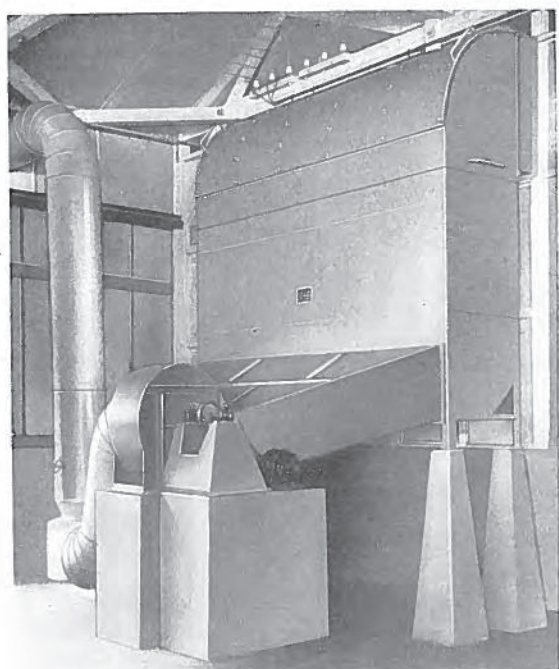
空氣中の塵埃が衛生上から言つて有害である事や、或種の特殊工業ではその製品の價値を左右するものである事は、古くから周知の事柄であるが、從來これが除去方法としては、單に簡単な濾過装置を設備するに止まつて居つた。

最近各種精密機械工業、食料品工業及び化學工業の急速なる發展と共に、空氣中の塵埃の除去が大きな問題となり、これが積極的除去方法が考究される様になつた。

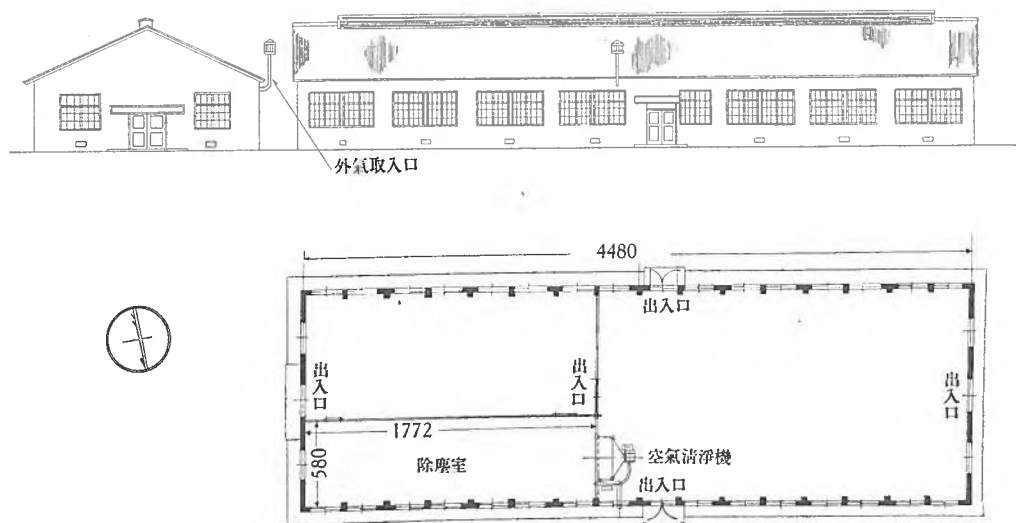
この新しい方法として電氣的空氣清浄方法がある。一般に行はれて居るものは、所謂コットレル式電氣收塵法を改良した一段荷電型のものであるが、これでは荷電電壓が高く、コロナ放電に依り空氣をイオン化し被除塵室での作業者に不快の感を與へる事がある。當社では之を除く爲二段荷電型を用ひた電氣的空氣清浄装置を完成して昨年八月當社大船工

場に於けるダイクローム偏光板製造工場に設備した。其の結果從來の方法と比較して格段の成功を修め、製品の改良、生産の増加を計る事が出来た。

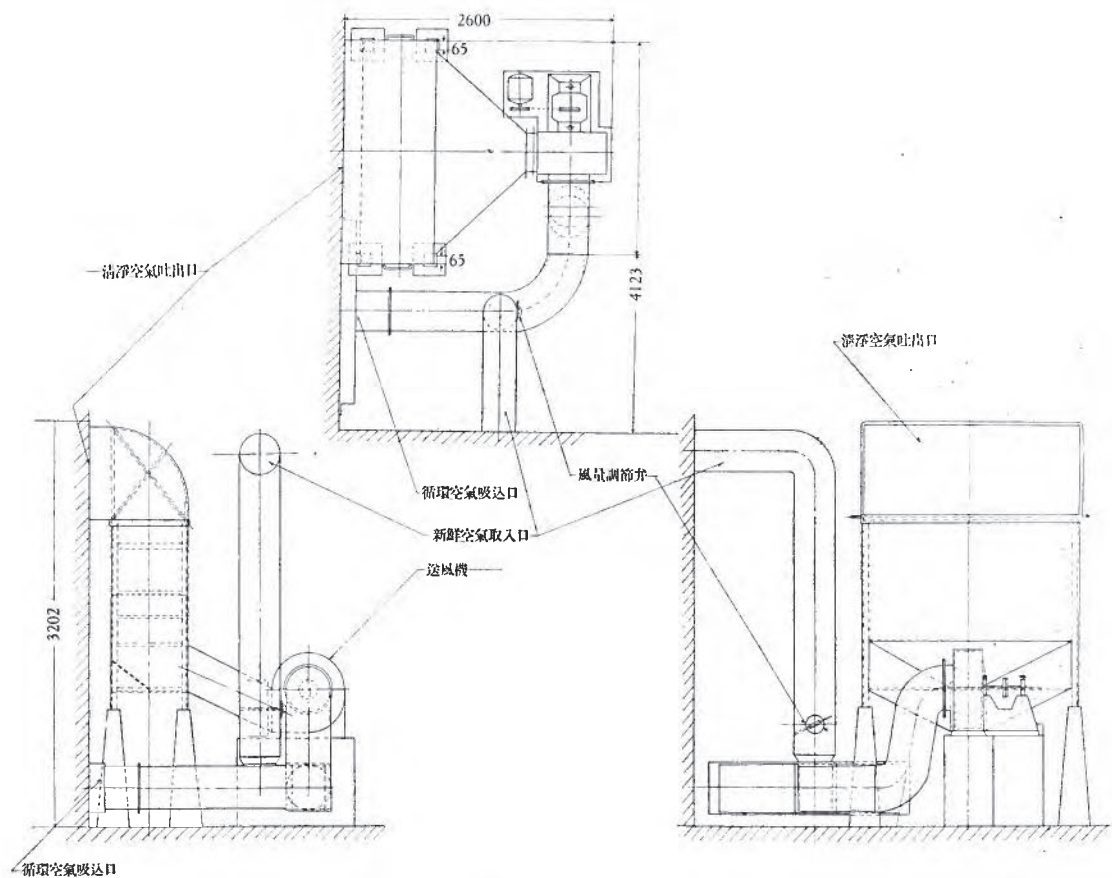
以下これに就て其の概略を記して見る。



第2圖 空氣清浄装置



第1圖 被除塵室



第3圖 空気清浄装置

1. 被除塵室

本空気清浄装置に就て述べるに先立つて除塵を行ふ部屋に就て一言して置く。

除塵を行ふ部屋は第1圖に示す如き間口 14.60 米、奥行 44.80 米の木造平家建の中、其の東北角の一室であつて、天井及び壁は スレート 張りで床及び腰は モルタル 塗磨き出しであつて部屋の大きさは次の如くである。

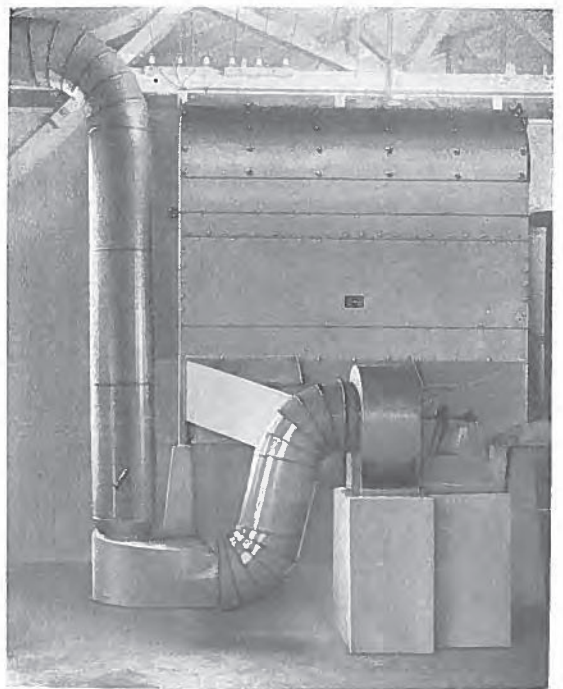
間口 5.80 米 奥行 17.72 米 高さ 4.15 米

容量 426 立方米

元來この部屋は最初から本空気清浄装置を設備する様設計建築されたものでは無く、この與へられた部屋に對して本空気清浄装置を設備する様になつたものである。従つて、この部屋には、被除塵室として當然拂はるべき特別の考慮が拂はれてゐない爲に、本空気清浄装置設置に關しては可成り不自然な處が生じて居るがこの點豫め御斷りして置く。

2. 空気清浄装置

本空気清浄装置は第3圖に示す如き構造を持つて居り



第4圖 空気清浄装置

其の外観は第2圖及び第4圖の寫眞に示す如くである。

而して次の如き主要部分から成つて居る。

- イ 外氣取入部
- ロ 送風機
- ハ 空氣導入部
- ニ 收塵装置
- ホ 空氣排出部
- ヘ 循環空氣吸入部
- ト 收塵装置電源

以下これに就て順を追つて説明を加へる。

イ. 外氣取入部

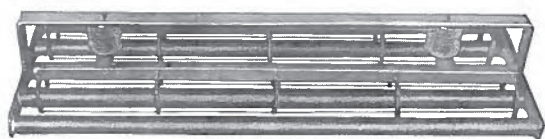
これは被除塵室内に新鮮なる外氣を取入れる爲に設けられたものであつて、取入部の先端は屋外に出て地上約7米の位置に開口し、雨雪の侵入を防ぐ覆を設けて居る。尚ほこの部に外氣取入量を調節する爲の外氣取入空氣量調節弁、及び外氣中の大型塵埃を除くための硝子纖維使用の簡易空氣濾過器を備へて居る。

ロ. 送風機

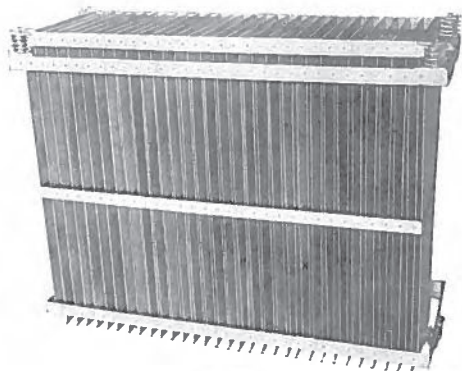
多翼式送風機であつてその定格は次の如くである。

風量	4,200 立方米/時
風壓	20 mm 水柱
回轉數	680 r.p.m.
馬力	1 H.P.

本送風機は從來使用して居た濾過器用のものであるので、本装置に對しては少し大きに過ぎるが、そのまゝ使用して 560 r.p.m. で運轉せしめた。



第5圖 電離部



第6圖 收塵部

ハ. 空氣導入部

送風機空氣出口と收塵装置との間をつなぐ矩形断面の梯形風洞である。

ニ. 收塵装置

本空氣清淨装置の最も主要な部分を爲すものであつて電離部と收塵部の二部から成つて居る。

(イ) 電離部

電離部は第5圖の寫眞に示す如く空氣流に對して直角に置かれた正電位の比較的大なる直徑の金屬管と負高電位の金屬線の交互に置かれた一群より成つて居る。塵埃を伴ふ空氣の流れがこの間を通過する際にその塵埃はこの高電位傾度の空間にて強い負の電位を受ける。

(ロ) 收塵部

收塵部は第6圖の寫眞に示す如く、空氣流に對して並行に交互に置かれたる正電位と負電位の金屬板の一群より成つて居る。電離部より來たる負電荷を持つ塵埃はこの近似均一電界中にて空氣流に乗りつゝこれに直角な方向に移動を起して、正電位の收塵板に吸着されるのである。

ホ. 空氣排出部

收塵装置を通過したる清淨空氣を被除塵室中に排出する爲に設けられたる矩形断面の L 型に彎曲した風洞である。

ヘ. 循環空氣吸入部

循環空氣吸入部は被收塵室の空氣清淨装置据付側の壁の下方にあつて、200cm×50cmの廣さを持つて居る。これは本空氣清淨装置据付前に使用して居た硝子纖維を用いた空氣濾過器「クリアー」を、そのまゝ逆に空氣を通過させる様にしたものであつて、4つのユニットからなつて居る。1つのユニットの定格は次の如くである。

濾過空氣量	毎分 22.5 立方米
風速	毎分 92 米
空氣抵抗	水柱 6 ミリメートル
公稱寸法	500 mm×500 mm×50 mm

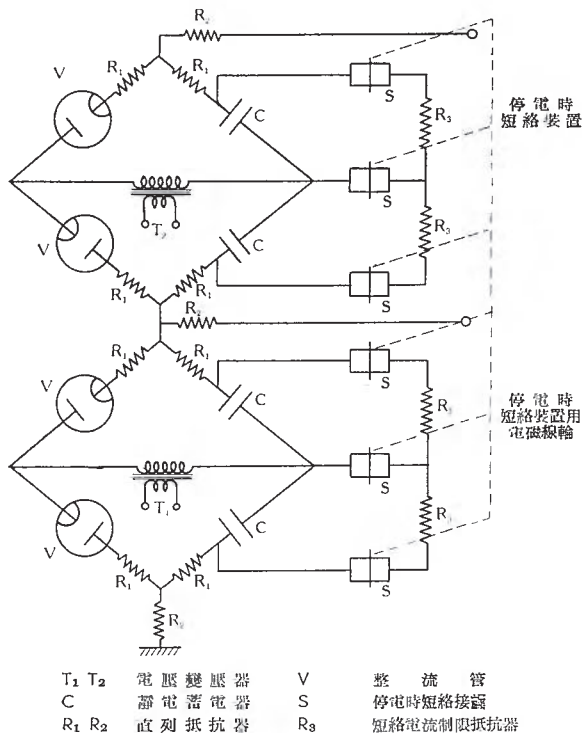
ト. 收塵装置電源部

收塵装置電源部の直流高壓側は第7圖に示す如き Gleinach 式の結線であつて、交流電源側は第8圖の如き結線である。安全の爲運轉休止時の高壓側短絡装置及びドアスイッチを備へて居る。電源部の外観寫眞は第9圖の如くである。

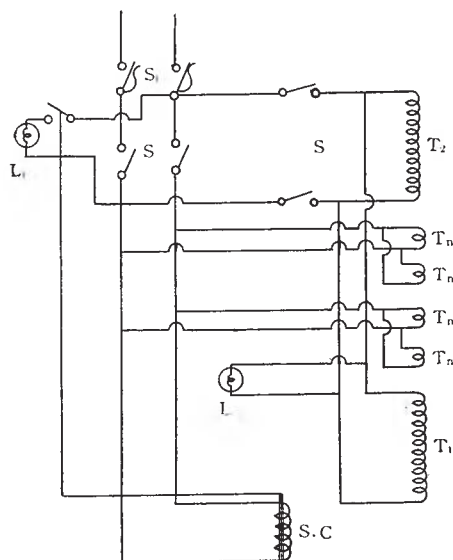
3. 收塵理論

本装置に於ける收塵の理論を簡単に取扱つてみよう。

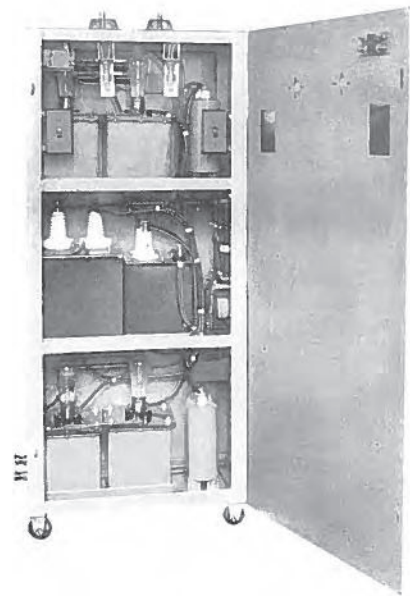
各種の大きさの塵埃粉末に対して之等を取り除き得る最大風速を理論的に求むれば次の如くなる。



第7圖 直流電圧電源結線圖



第8圖 交流低電圧電源結線圖



第9圖 收塵裝置電源

Ladenburgの方程式より次式を得

$$e \left(1 + 2 \frac{k-1}{k+1} \right) E_0 - \frac{ne^2}{r^2} = 0 \dots\dots\dots (1)$$

此處に e は電子の電荷 $= 4.770 \times 10^{-10}$ e.s.u.

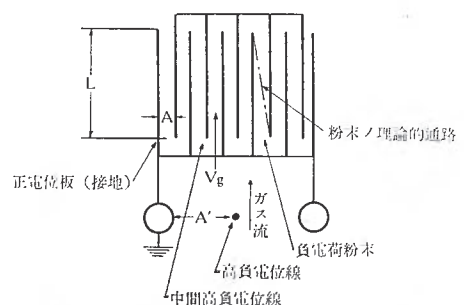
k は塵埃粉末の誘電率

E_0 は靜電界強度 v/cm

n は塵埃粉末上に着き得る電子數

r は塵埃粉末の半径 cm

$$ne = E_0 \left(1 + 2 \frac{k-1}{k+1} \right) r^2 \dots\dots\dots (2)$$



第10圖 電離裝置及平行收塵板の断面圖

上式を變形すれば

第10圖に於て電離裝置部分に於て塵埃粉末に與へられる全電荷が(2)式により求められるならば平行收塵板中に於て之の粉末が、反對の電位の收塵板に引かれる力は

$$neE_0$$

である。次にガス中の粉末の流速はガスの粘度に逆比例

する。故に Stoke の法則により次式が成立する。

$$neE_0 = V_d 6\pi\mu r$$

此處に V_d は中間高負電位板より接地板への粉末の流速 糶/秒

μ はガスの粘度

(3) 式を變形すれば V_d が求められる。

$$V_d = \frac{neE_0}{6\pi\mu r} \quad (4)$$

之の流速で A なる距離を運ばれる時間 t_d は次の如し

$$t_d = \frac{A}{V_d} \quad (5)$$

次に V_g なるガス流速をもつて L なる距離を通過するに要する時間 t_g は次式により表はされる

$$t_g = \frac{L}{V_g} \quad (6)$$

然して塵埃粉末が第 10 圖に示す如き理論的通路を通つて接地側收塵板に附着するものと假定すれば

$$t_d = t_g$$

$$\text{故に } \frac{A}{V_d} = \frac{L}{V_g} \quad (7)$$

$$\text{故に } V_g = \frac{L}{A} V_d \quad (8)$$

之の V_g が求めんとする最大風速を示す。

本装置に上記算式をあてはめて算出したる計算結果は第 1 表の如くである。

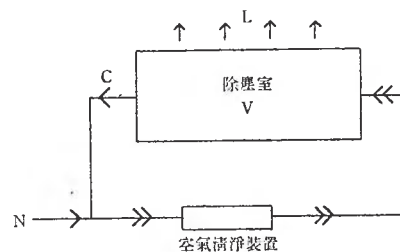
第 1 表

2γ μ	k	V_d 糶/秒	V_d 米/時
20	1	15	26900
//	4	30	53800
//	∞	45	80700
2	1	1.5	2690
//	4	3.0	5380
//	∞	4.5	8070
0.2	1	0.15	269
//	4	0.30	538
//	∞	0.45	807

4. 塵埃量計算式

本空気清浄装置の如き形式のものに於ける塵埃量の一般的計算式を導いて見よう。本空気清浄装置の空氣の移動を簡単に記せば第 11 圖の如くなる。

即ち被除塵室に送られる空氣は全部空気清浄装置を通じて送り込まれ、この空気清浄装置を通る空氣は被除塵



第 11 圖

室を出た循環する空氣と、外部から取り入れる空氣との和である。而して空気清浄装置を通つて被除塵室に入つた空氣は被除塵室の中で外部に漏洩する空氣と前記循環する空氣とに分れる。

今便宜の爲に次の如き記號を用ふる。

L : 被除塵室より外部へ漏洩する空氣量

C : 被除塵室を出て循環する空氣量

N : 外部より取り入れる空氣量

V : 被除塵室容積

dn : 上記の空氣移動を n 回行つた後の被除塵室内の空氣單位体積内の塵埃量

$dn+1$: 上記の空氣移動を $n+1$ 回行つた後の被除塵室内の空氣單位体積内の塵埃量

a : 外部より取り入れる空氣單位体積内の塵埃量

η : 空気清浄装置の收塵能率

然る時は次式を得る。

被除塵室を出る空氣の塵埃量 $dn(C+L)$

被除塵室に残る空氣の塵埃量 $dn\{V-(C+L)\}$

清浄装置に入る空氣の塵埃量 $aN+dnC$

清浄装置を出る空氣の塵埃量 $(1-\eta)(aN+dnC)$

これより次の關係式を得る。

$$dn+1 = \frac{(1-\eta)(aN+dnC) + dn\{V-(C+L)\}}{V} \quad (9)$$

今次の如く定める。

$$\frac{N}{V} = \bar{N} \quad \frac{C}{V} = \bar{C} \quad \frac{L}{V} = \bar{L}$$

而して上式を變形すれば、

$$dn+1 = (1-\mu)(a\bar{N} + dn\bar{C}) + dn\{1-(\bar{C} + \bar{L})\} \quad (10)$$

茲に於て次の如く定義する。

$$A = (1-\eta)a\bar{N}$$

$$B = \{1 - \frac{L}{L + \eta C}\}$$

然る時上式は次の如くなる。

$$\begin{aligned} d_{n+1} &= A + B d_n \\ &= A(1 + B + B^2 + \dots + B^n) + B^{n+1} d_0 \\ &= A \frac{1 - B^{n+1}}{1 - B} + B^{n+1} d_0 \dots\dots\dots (11) \end{aligned}$$

今 n が無限大となつた時を考へると B は 1 より小なるに依り次式を得る。

$$\begin{aligned} d_{\infty} &= \frac{A}{1 - B} \\ &= \frac{(1 - \eta) a N}{L + \eta C} \\ &= \frac{(1 - \eta) a N}{L + \eta C} \dots\dots\dots (12) \end{aligned}$$

茲に於て被除塵室内の壓力は外氣のそれと等しく、空氣循環系統に漏洩がないものとすれば、被除塵室より外部に漏洩する空氣量と、外部より取り入れる空氣量とは等しいと考へられるから、上式は又次の如くなる。

$$d_{\infty} = \frac{(1 - \eta) a}{1 + \eta \frac{C}{N}} \dots\dots\dots (13)$$

この式より被除塵室の空氣の塵埃を小さくする爲には取入れる外氣の塵埃量の少いものを選ぶ事、收塵能率をあげる事、及び循環する空氣量を外部から取入れる空氣量に對して大きくする事が要求される。

5. 收 塵 能 率

前項にて收塵能率と言ふ言葉を云々したがこれに就て一言して置く。

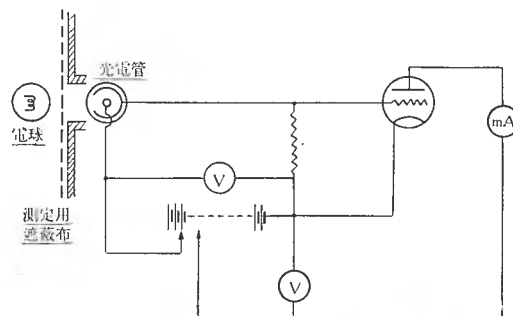
現在採用されて居る能率決定方法に次の如きものがある。

1. 標準色合と比較する方法
2. 塵埃の重量を測定する方法
3. 遮蔽布に同一汚れを生ずる風量を比較する方法
4. 顯微鏡下で計測する方法
5. 記録紙上に塵埃を付けて計測する方法
6. 遮蔽布を透過する熱を測定する方法
7. 遮蔽布の反射光を測定する方法
8. 光度を一定減光させる空氣層の厚さを採用する方法
9. 遮蔽布を透過する光を測定する方法

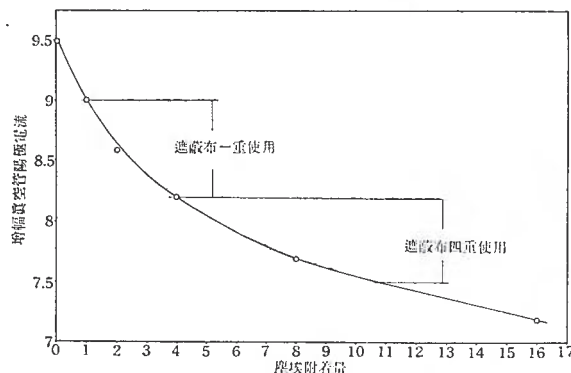
1. 8. の方法は空氣清淨装置の場合は塵埃が少くて使用出來ず 4. 5. は測定が局部的であるので平均を示さない。

3. 6. 7. 9. は遮蔽布の目の荒さが問題となる。2. も布で濾す場合は上と同じ欠點を含む事になるがそうでないものでは大變な手數と時間を要する事となる。

以上より收塵能率決定の完全なる方法はないと言へる而して一測定方法に依る値はこれを他の測定法に依るものと比較する事が出來ない。又或る大きさの塵に對して得た値はこれと異なる大きさの塵に對しては同一方法を以てしても得られない。然し筆者は大体の目安を付ける爲上記の中比較的簡単に値が得られる 9. の方法を採用した。その結線は第 12 圖の如くである。尙ほこれに依る



第 12 圖 光電管を使用せる收塵能率測定法結線圖



第 13 圖 塵埃附着量、眞空管陽極電流特性

陽極電流と塵埃附着量との關係曲線は第 13 圖の如くである。

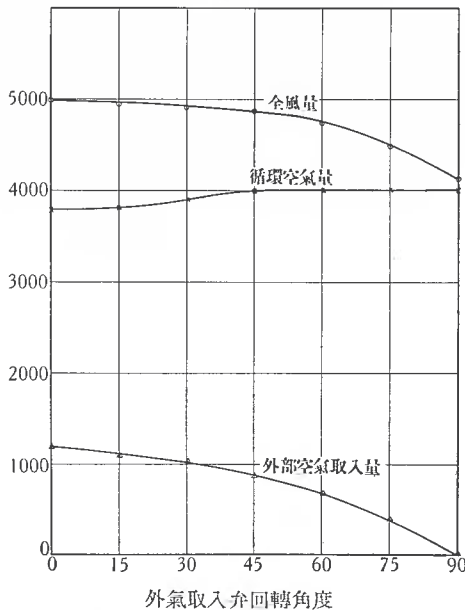
6. 風 量 測 定 結 果

本空氣清淨裝置の運轉狀態にて、外部空氣取入部の空氣量調節弁の位置を變へて各部の風速測定を行ひ、これより風量を算出した結果は第 2 表の如きもので、これを曲線にて示せば第 14 圖を得る。

茲に外部空氣取入量は被除塵室内で行ふ作業の種類及び作業者の數に依つて變化さすべきものである。その作業者に對する標準量は次の如くである。

第 2 表 風 量 測 定 結 果

外氣取入弁位置 回 轉 角 度	空 氣 清 淨 装 置 排出口風速米/時	全 風 量 立方米/時	循環空氣吸入口 風 速 米/時	循環空氣量 立方米/時	外部空氣取入量 立方米/時	收塵部風速 米/時
0	2400	4990	5290	3780	1210	2970
15	2378	4940	5350	3825	1115	2940
30	2365	4920	5450	3900	1020	2900
45	2341	4870	5590	4000	870	2890
60	2280	4740	5670	4060	680	2815
75	2160	4490	5740	4100	390	2665
90	1981	4130	5760	4120	10	2445



第 14 圖 外氣取入弁位置と空氣量との關係

事務員一人當り 20 立方米/時

労働者一人當り 30 立方米/時

而して揮發物、蒸氣、瓦斯等を取扱ふ作業にあつてはその使用量に應じてこの取入量を増加せねばならぬ。

しかしこの取入量の増加は被除塵室内の塵埃量を増加する事は既に記した通りであるから、その適量撰定には充分なる考慮を必要とする。

本装置に於て被除塵室内での作業は揮發物を取り扱ふので、これに依る 100 立方米/時を加算すると作業者が 15 人とすれば、550 立方米/時の外氣取入を必要とする。

故にこれを第 14 圖の曲線より導けば、外氣取入部空氣量調節弁の位置は 67 度位を適當とし、次の如き空氣量をとる事となる。

全 風 量 約 4650 立方米/時

循環空氣量 約 4050 立方米/時

外氣取入量 約 550 立方米/時

此處に於て塵埃量計算式の項に記した次の (13) 式を

引用して見る。

$$d_{\infty} = \frac{(1-\eta)(a)}{1+\eta \frac{C}{N}} \dots\dots\dots (13)$$

今假に本空氣清淨装置の η を 90 % と假定して、(13) 式より a と d_{∞} との關係を求めて見れば次の如くなる。

$$d_{\infty} = 0.0138 a$$

即ち塵埃量は外氣の 1.38 % になる。しかし實際の空氣中の塵埃に對しては本空氣清淨装置の能率はこれ以上であるからこの場合被除塵室内の塵埃量は外氣の 1 % 以下になる。

結 言

以上當社製作の空氣清淨装置の構造及び動作に就て記し、併せてこの種空氣清淨装置の一般的解説を試みた。

本装置は製品の名稱からして如何にも非常時色が濃厚でない様に聞えるが實際はそうでは無い。收塵が生產品の品質を低下させ、製産能力を激減させ生産原價を増大して居る場合は案外多いのであつて、世間でやかましく論議されて居るもののみでも十指に餘る位である。而して日常我々の氣が付いて居ないで、大いに收塵に禍されて居る場合が多々ある事は容易に想像出来る處である。

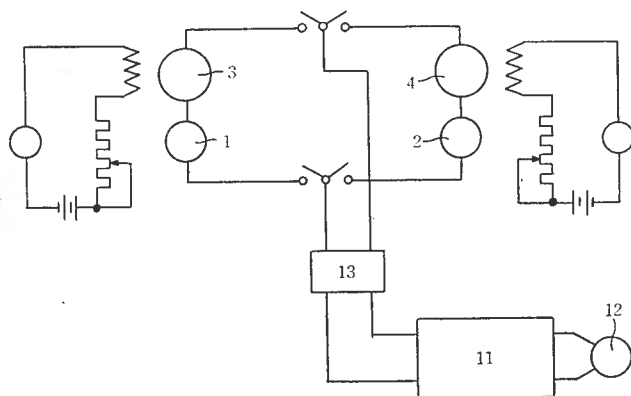
これ等に對して本装置の進出は當事者の認識と共に益々活潑となる事であらう。當社に於ては現在上記のものの外に小作業室、事務室、手術室、診察室、病室等に適した小型で移動式のものを製作して居る。これに就ては又他の機會に報告出来ると思ふ。

筆をおくに際して本装置の製作及び据付に際して盡粹された野口英男君、足立輝君、据付に際して色々御便宜を與へられた福重利惣君を初め大船工場係員一同、並に懇切なる助言を賜つた菅野正雄君に厚く御禮を申し上げます。

回轉子の可搬式釣合試験装置

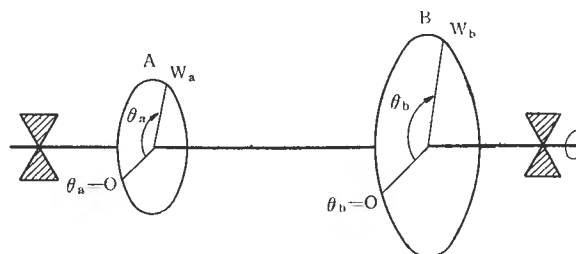
一般の動平衡試験は回轉体の一方軸受を振動しないやう束縛して、他方軸受の振動を測定するのであるから、特殊構造の軸受を必要とし、質量の大きい回轉子の試験には、その設備が大となり、又機械の据附現場に於て、簡易に試験を行ふことは不可能である通弊がある。

本發明は斯かる缺點を除去したもので、特殊構造の軸受を不必要ならしめ、又装置が輕量で可搬式に適する特徴がある。



第 1 圖

第 1 圖は本装置の要領圖で、(1)、(2)は二つの軸受に夫々回定せられてその振動に依つて電壓を發生する動電型ピックアップ、(3)、(4)は回轉子に直結せられた無鐵心型可變位相發電機である。(1)―(3)、(2)―(4)を夫々直列に結び(3)、(4)の界磁線輪及び界磁線輪角位置を調整して、基本波に對する出力電壓を相殺させるとその界磁電流及び角位置に依つて軸受振動の振幅と位相とを知ることが出来る。(13)は第二調波以上を濾過する装置、(11)は増幅器、(12)は検出器である。本装置は斯かる測定により、特殊の圖式解法を行つて、回轉軸の任意に選ばれた二つの修正面に附加すべき釣合荷重の位置と大きさを決定するものである。



第 2 圖

本装置による不釣合 モーメント 決定の理論を、第 2 圖に就いて考察すると、回轉子の不平衡 モーメントを軸に直角な二面 A, B 上に位相 θ_a , θ_b にある重量 W_a , W_b に依つて代表すれば、ピックアップ (1)、(2) に發生する電壓 $\dot{E}_1$, $\dot{E}_2$ は次式で表し得る。

$$\dot{E}_1 = W_a \epsilon^{j\theta_a} \dot{a}_1 + W_b \epsilon^{j\theta_b} \dot{b}_1$$

$$\dot{E}_2 = W_a \epsilon^{j\theta_a} \dot{a}_2 + W_b \epsilon^{j\theta_b} \dot{b}_2$$

但し $\dot{a}_1$, $\dot{a}_2$ は夫々 A 面に於て $\theta_a = 0$ の位置に單位量の不釣合ある場合に之によりピックアップ (1)、(2) に發生する電壓を表し、 $\dot{b}_1$, $\dot{b}_2$ は夫々 B 面に於て、

$\theta_b = 0$ の位置に單位量の不釣合ある場合に (1)、(2) に發生する電壓を表す。而して $\dot{a}_1$, $\dot{a}_2$, $\dot{b}_1$, $\dot{b}_2$ を定めるには A, B 面の既知位相に既知重量を附加して、その際電壓を測定して得られる。然る時は、上式に於て $\dot{E}_1$, $\dot{E}_2$, $\dot{a}_1$, $\dot{a}_2$, $\dot{b}_1$, $\dot{b}_2$ が既知項となるから、 $W_a \epsilon^{j\theta_a}$ 及び $W_b \epsilon^{j\theta_b}$ が決定出来る。

本發明では之が解法を圖式で行ふことを示してゐる。尙發電機は無鐵心である故小型輕量に製作出來て特殊測定装置を要しないから可搬式として適する。

特許第 140759 號 (中野)

220kV/44kV

50,000 kVA

單相變壓器

- 内容
1. 緒言
 2. 定格
 3. 構造
 - 3.1 絶縁と捲線
 - 3.2 サージプルーフの意義
 - 3.3 鉄心その他
 - 3.4 外 函
 - 3.5 套管—油入蓄電器型套管
 - 3.6 輸送、組立及び乾燥處理
 - 3.7 冷却方式
 4. 試験結果
 5. 結 言

神戸製作所 木村久男

1. 緒 言

最近の生産力擴充計畫によつて、その動力源の主たる電力系統の設備は、未曾有の擴張を續けて居るが、工場を擴充する場合にはなくてはならぬ變壓器の需要は、我邦に曾つて見られぬ程、旺盛である。

多數の變壓器の中でも、今回報告申し上げやうとする50,000 kVA、220 kV/44 kV 單相變壓器は、その代表的のものであつて、單相變壓器としては、その出力に於いては、東亞に於ける最大のものであると同時に、中性點非接地の條件を考へれば、世界の記録的な單相變壓器である。

この變壓器は、滿洲國の某地點に於いて使用せられるもので、本年四月の完成計畫により、材料入手難の中に於いて、各方面の異常な努力によつて、短時日のうちに完成せしめられたものである。東亞に於ける初めての220kV送電系統の一點に使用せられるものであるから、當社としても、技術上の興味も加はつて、設計、工作とも、充分の注意が拂はれた結果、工作中及び試験後に於ける、手直し箇所は、殆皆無であつたことは、豫期せられたこととは云へ、非常に嬉しいことであつた。

特に本邦に於ける唯一の完全遮蔽型と認められて居るサージプルーフ變壓器に對する自信を裏書したことは、一貫せる衝擊電壓試験が、無理な工程に都合をつけて、施行せられ、勿論何等の損傷もなく無事に終了したことである。そして、之に伴ふ、巻線の衝擊電壓特性とでも云ふべき事項につき、相當精細に試験が行はれ、資料が集められたのである。

次章以下に於いて、之等の事項につき簡単に御報告申し上げたいと思ふ。

尙、斯の如き、大容量の記録品を製作する機會を與へて下さつた、滿洲電業會社の諸氏に對し、深甚なる感謝の意を表すると共に、技術的良心に對して、いさゝかの遺憾の點のなきものを納入することが出來たことを喜ぶものである。

2. 定格及び重量その他

單相、50 サイクル 50,000 kVA 油入送風式
(33,333 kVA 油入自冷式の場合)

電壓、一次 $\frac{127-121-115 \text{ kV}}{Y 220-210-200 \text{ kV}}$ (中性點非接地)

二次 44 kV Δ

JEC-36 (1934)

重量、中身 75,000 匁 外函 35,000 匁

油 量 50,000 立

全 重 量 160,000 匁

外形寸法 巾、6,450、奥行、6,800

高さ、9,930、中身吊上寸法 13,000

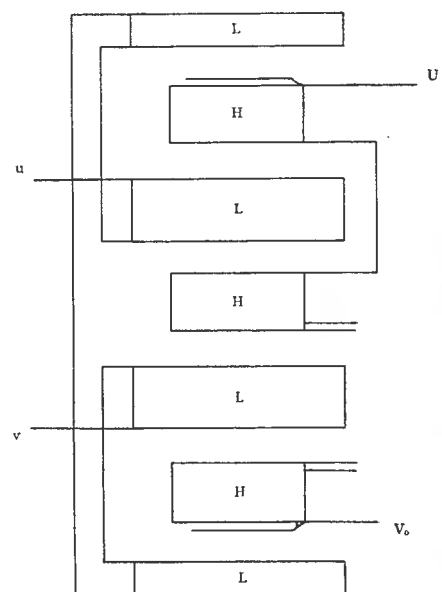
3. 構 造

3.1. 絶縁と巻線

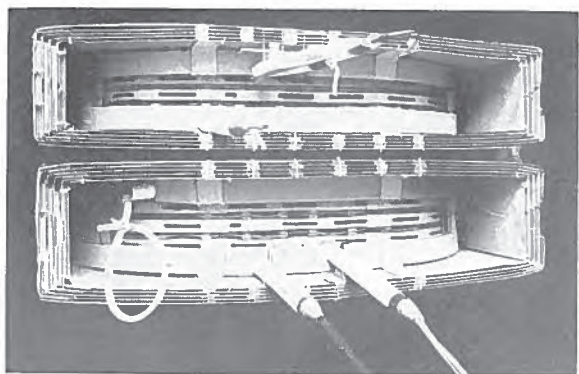
絶縁と巻線について、特筆すべきは、斯の如き高電壓には最も適した、完全遮蔽型である サージプルーフ 構造であつて、之は本邦に於ける唯一のものであると認められて居る構造である。

巻線の配列は、第1圖の如く、高壓、低壓巻線間隙を6個所にして居る。H は高壓、L は低壓巻線を示す。

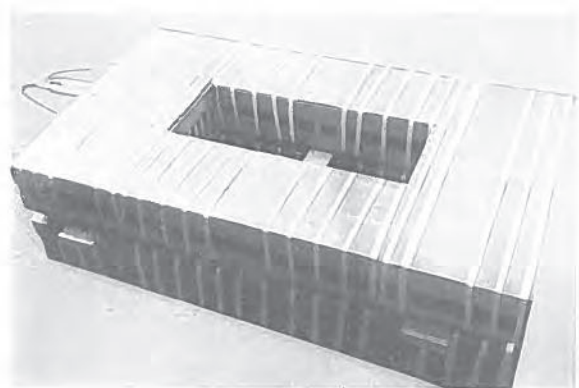
一次巻線は、U 端子及び V 端子に遮蔽板を有して居る。タップ は、第2及び第3群から出してあるから、線端を必ず U 端子とし、中性點側を必ず V 端子側にする様に指定することにして居る。然し、たとへ誤つて、V 端子が線端に結ばれても、直撃雷にあらざる程度の衝擊電壓には充分耐へられる様になつて居る。然らば何故に U 端子を線端に結ぶ様に指定したかと云ふと、之は直撃



第1圖 高壓低壓巻線配列圖



第 2 図 高圧巻線上部口出し構造



第 3 図 高圧巻線、主絶縁組立

雷に対する顧慮から来て居るのである。此の點に關しては次項に於いて、サーヂアルフの意味を述べて居るので自ら明らかになると信ぜられる。

高圧側巻線は、殆んどすべての部分で、線輪を一つおきに傾けて、絶縁耐力を低下せしめず、空間率を良好にして居る。

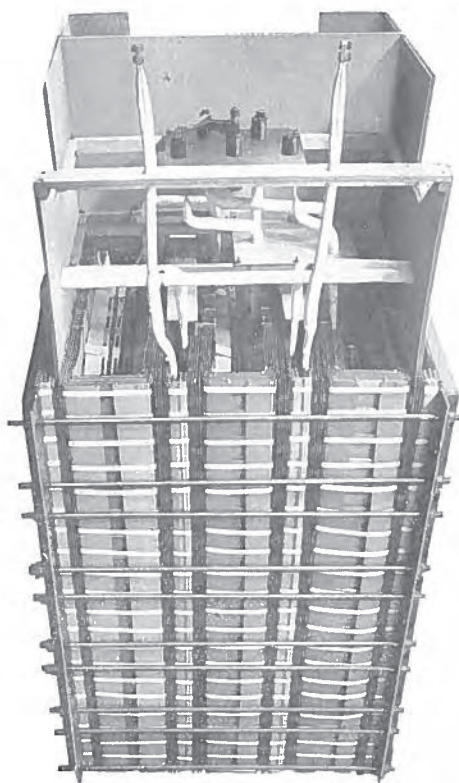
低圧側巻線は u 、 v 、が三角結線になつて居るので對稱配置にしてある。

高圧側巻線の組立途中のものが、第2圖と第3圖に示されて居る。之でわかる様に線輪は殆んど完全に紙絶縁によつて封じてしまふ爲、沿面放電の機會は皆無となるのである。

高圧低圧の巻線を交互に重ねて、豫備乾燥をなし得る状態にしたものが第4圖である。之により、油溝、タップ切換器の位置等がよくわかると思はれる。

3.2. サーチアルフの意義

雷害によつて變壓器の破壊が問題となつたときに、わかつたことは線端に於ける層間及びコイル間絶縁が破壊せられ易いことであつた。之は衝擊電壓によつて、その初期電壓分布が線端に集中する爲であつて、この初期電



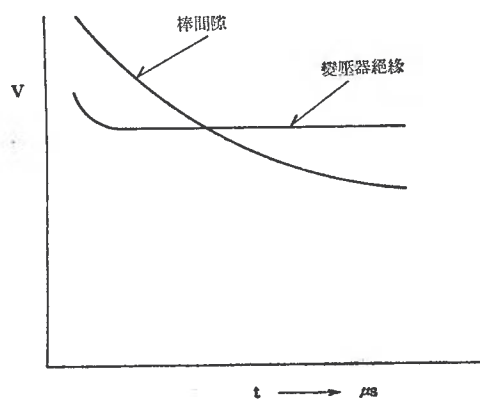
第 4 図 巻線組立

壓分布を改善することが遮蔽型變壓器の目的であつたのである。

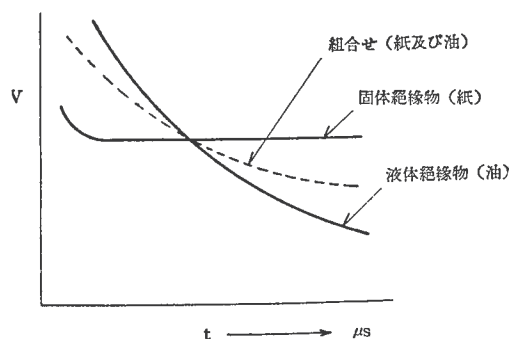
此の遮蔽によつて、必然的に、内部の電位振動は抑壓せられたのであるが、(1)(2) この逆に内部の電位振動のみを抑壓しても、初期電壓分布は改善せられたわけではないのであつて、衝擊電壓に対する強さに関しては何等の効もないことは明らかである。(3)

さて、サーチアルフ構造によつて、線端の線輪間及び巻回間が強くなつたわけであるが、残る問題は、主絶縁即ち巻線と、大地又は低圧巻線間の距離と構造が印加せられた衝擊電壓に對して、耐へられるかどうかと云ふ問題が残るのみである。

並型變壓器（所謂 Conventional Transformers）に於いては、套管又は棒間隙の $V-t$ 特性と、變壓器絶縁の $V-t$ 特性の傾向の差が第5圖のようになるから、 $2\mu s$ 以内に閃絡の生ずる様な極度に急峻な、例へば、直撃雷に對してはどうしても保護出来ないことが闡明されたのである。このことは、從來、度々説明せられて居るのであるが、サーチアルフ型變壓器に於いては、いささかその趣が異なるのである。



第 5 圖



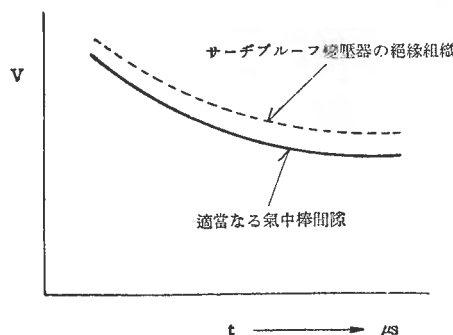
第 6 圖

第6圖に見られる如く、油と紙の $V-t$ 特性は交はつて居るのであつて、之の平均をとれば、その点線の如き $V-t$ 特性の絶縁系が得られる。之は實驗的にも確かめられて居ることである。(4)

この点線に相當する $V-t$ 特性と、氣中の棒間隙と比較すると、この傾きを適當にすることにより、第7圖の如く殆んど平行するに至るのである。この様な状態にまで到達せしめたのが、最近の サージプルーフ 變壓器の主絶縁組織である。

従つて、實驗的に云へば、サージプルーフ 變壓器は端極なる直撃雷に對しても適當なる長さの棒間隙と内部絶縁とを完全に協調せしめることが可能となつたわけである。高電壓となれば當然 コロナ が發生して居る筈の棒間隙と、内部絶縁の $V-t$ 特性に關する協調が果して、どの程度に完全に保たれ得るかは未だ全然資料がない爲に、斷言し兼ねるが、(10) サージプルーフ 型絶縁が棒間隙と協調し得る傾向にあることは、並型變壓器に比較して、その優秀さを主張出來ると信じて居る。

この棒間隙の寸法は、後述する標準套管棒間隙(第1表)の70乃至90%程度と推測されて居るが、(11)そ



第 7 圖

の程度の數字ならば現在得られる避雷器によつて、完全に許されたる範圍であつて、サージプルーフ 型變壓器と避雷器を並用することにより、衝撃電壓印加の殆んどあらゆる場合に於ける變壓器の保護が可能となるわけである。

このことは、第5圖の様な絶縁特性を有する所謂並型變壓器には不可能なことであつて、この場合はたとへ避雷器を用ひても強烈なる雷の襲來に對しては、並型變壓器を保護すべき術は見當らないのである。

3.3. 鐵心、端棒、及び線輪締付板

中身構造はこの程度の大きさの變壓器に對しては、最も安全で、機械的に固定し易い、外鐵型構造である。

鐵心は第4圖の巻線を直立して、その周圍に一枚づゝ積んでゆくのであるが、此の程度の大きさになると、約一週間の工程を要し、精密に積上げられて居る。その組立ては外形は第8圖に於いて見る如くに頭丈に端棒を締付けて居る。

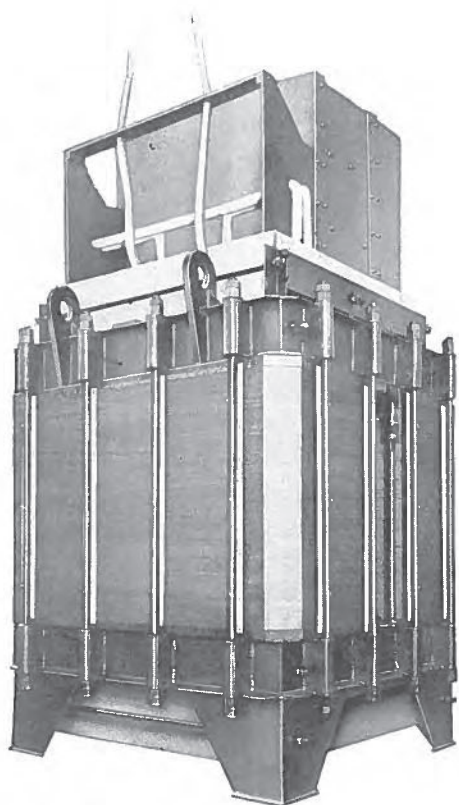
線輪締付板、線輪支へ等も見られるが、之も、短絡時の大きい機械力に充分に耐へられる様に注意を拂つて居る。

3.4. 外 函

中身が正方形又は矩形であるところの外鐵型は、正方形又は矩形の外函が最も適當して居るわけであるが、真空乾燥の必要から、當社獨特の八角型 タンク を使用して居る。

この形は、外部に殆んど梁を見せないで、しかも、完全真空中に耐へられるのであつて、構造上の美觀と相俟つて、常に外鐵形變壓器の標準として使用せられて居るのである。

底板及びカバーにも勿論、側板と同じ程度の補強を施して居る。



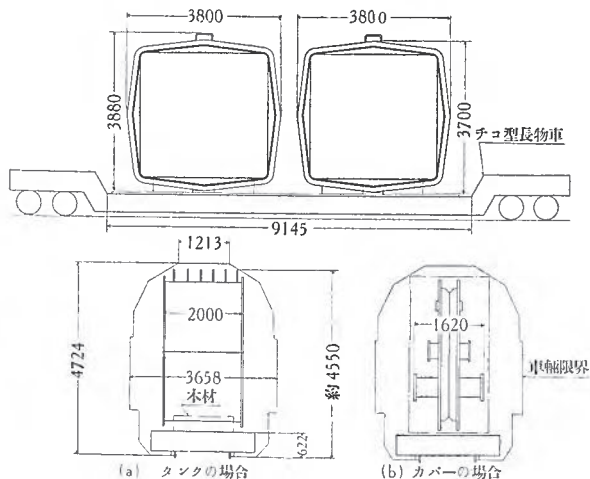
第 8 図 中 身 組 立

又、此の外函の内側には、蒸氣管を取付け得る様になつて居て、夫々各一個の變壓器が現場組立及び乾燥が出来る様になつて居る。

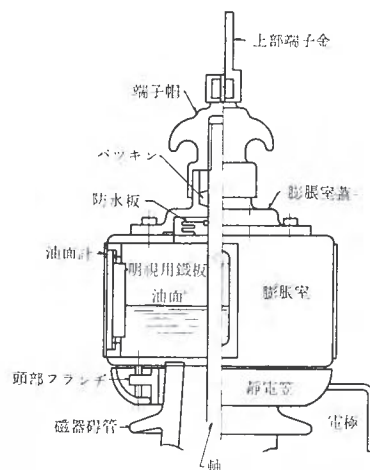
尙、高さは約6米であるが、輸送の関係で3等分し、各2米づゝに切つてある。タンクの輸送寸法は、第9圖にその説明圖を示してある。

3.5. 套管、油入蓄電器型套管

従來、當社の高壓套管の標準は、蓄電器型であり、コンパウンド充填型であつた。今後もこの標準はそのまゝで



第 9 図 輸 送 説 明 圖



第 10 図 油入套管頭部構造

あるが、近時、優秀なるコンパウンド材料の入手が困難になり、充填型のみでは材料の點で不安を感じて來たので今回、油入の蓄電器型套管を開發し、この 50,000 ㏑ 變壓器の高壓及び低壓側に使用して居る。この油入蓄電器型套管については初めての紹介であるので、以下簡単にその構造を述べてみよう。

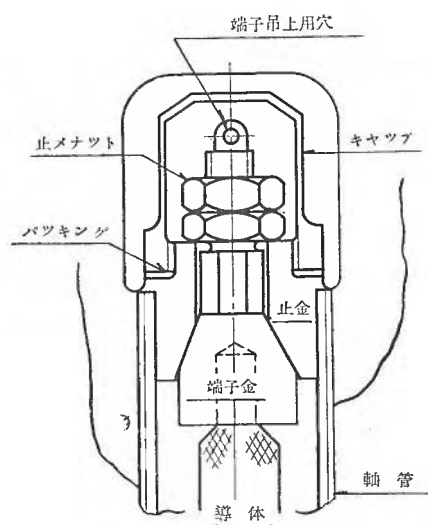
頭部構造は第10圖の如く、コンパウンド充填に代ふるに絶縁油を以てせる爲、大なる膨脹室を要し、且つ水分の侵入を絶對的に防止する爲、その氣密構造に特別の注意が拂はれてある。即ち使用状態に於ける最高温度差に對し、室内氣壓はそのパッキングの限度内におさめる如く充分の餘裕を持ち、且つ軸の伸びに對しては、貫通部パッキングと共に伸縮自在なる防水板に依り外氣と完全に遮斷して居る。

油面計の裏面には、カドミウム鍍金せる鐵板を曲げて取付けてある爲、油面を如何なる方向よりも容易に見られる様にしてある。

内部導体に撚り線を使用する套管に於ては、線輪口出し導体に接続した撚り線他端を軸管中に通し、其の上端、端子帽内部に於いて接続し、變壓器組立に際して便利な構造として居る。第11圖はその細部を示す。

161 kV 以上の套管は主として軸導体に銅管が使用せられるが、此の場合、下端を密閉し、上部端子帽内で通氣管を通じて、膨脹室と銅管内部を連絡して、膨脹室を小さくして居る。此の場合變壓器線輪との接続は軸下端に於て爲すこと、内部導体に丸銅を使用せる套管と同様である。

絶縁部分は套管主体を爲す蓄電器であつて中心軸に巻



第 11 圖 吊上端子構造

いた紙の中間に アルミ 箔を同心圓筒状に巻き、各箔間の静電容量を等しくしてある。故に各部の電位傾度は、相等しく、その爲に著しく絶縁耐力が高まつて居る。最外側の アルミ 箔を一部分露出し、廣範圍に巻いた バンド 線をその上にも巻き、下部 フランジ を通じて接地してある捲き終つた後、機械仕上を行つて、形を整へ、ニスによつて十分に処理し、機械的、熱的及び電氣的に優秀なる特性を保たしめるのである。

碍管は従来と大差なきものを用ひて居る。

碍管と蓄電器との隙間に、直径 1 耗内外の磁器粒を充填し、その上に絶縁油を入れてある。斯くすることにより、油量を僅少ならしめると同時に平均膨脹係数を低下せしめて膨脹室を小ならしめた。(5)

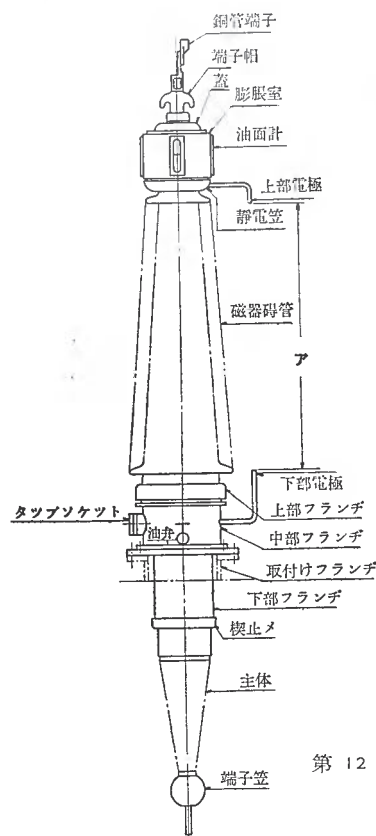
中部 フランジ には、保護間隙下部電極と油弁があり、115 kV 以上のものには標準として、電圧タップソケットを取付けて居る。

すべての サーヂブルーフ 型變壓器の套管には、その内部絶縁に對應した、棒間隙を取付けることが望ましい。

棒間隙を外しても、衝撃電壓の閃絡電壓は 5% 程度しか變らないし、棒間隙がないと碍子を沿面放電する爲閃絡の時に破壊し易いと云ふ二つの理由で、油入蓄電器型套管には棒間隙を取付けて居る。

標準として採用すべき、各定格電壓に對應する、油入蓄電器型套管の附屬間隙は第 12 圖及び第 1 表の如きものを推奨する。

115kV以上の套管に於いては蓄電器の接地せる箔の内



第 12 圖 套管説明圖

電 壓 kV	ア 耗
34.5	289
46	387
69	558
92	765
115	969
138	1158
161	1358
196	1668
230	1965
288	2440

第 1 表
套管間隙距離

側の箔をその上側に露出し、その上に バンド 線を巻き此の部分と、中部 フランジ 上の タップソケット を充分絶縁された線で接続し、数千 ボルト の電壓を取り出し得る。此の ソケット に分壓器を接続し、計器或は繼電器の動作電壓を得ることが出来る。

3.6. 輸送、組立及び乾燥處理

輸送寸法の最大なるものは外函であり、又中身の コイル 組立が重量の點で最大であつた。第 2 表は之等の重量荷造寸法を示す。

第 2 表

	荷造重量 (斤)	荷 造 寸 法 cm ³
上部タンク	6,200	200 × 390 × 380
中部タンク	3,600	200 × 390 × 380
下部タンク	10,700	238 × 390 × 420
中身コイル	16,000	252 × 295 × 560

その他、各部分品合計 43 點、123 トンであつた。之等を現場にて、組立及び乾燥處理をする場合の、方法について、從來あまり説明されて居ないので、此處に参考の爲、述べることにする。

鐵心は、現場で一枚づゝ積むわけであるが、次の順序によつて行はれる。

(1) 端棒水平合せ

端棒を適當に置き、水準器を用ひて水平を調べる。

(2) コイル 立て方

端棒の水平調べを終つた後、端棒内側床面にコイル受け木を置く。それ迄にコイルを荷箱より取出し、各部異状なきことを確め、壓縮空氣にて全体を丁寧に清淨する。次にコイル立て用桎材製の軸をコイル中間に挿入して釣り上げ、一相分づゝ、順次端棒の中に立てる（單相器のときは一個である）そして、水平及垂直を調整する。

(3) 鐵心、積み方

コイル入れ方終了後、鐵心端木を置き、鐵心積方に取り掛る。突き合せの所は入念に合せる。全体の積方が終る迄は數回假締め作業を行ふ。（全部積上げて一度に締付けけることは仲々困難である。）この作業中、時々面ならし金具にて、鐵心の表面の凸凹突き合せの不正を直す。最後に行ふ、タンクウエッジ打ち込みは最も重要な作業であるから、之を行ふ迄に十分に鐵心を締め、準備を整へておく。

(4) 仕 上

鐵心積方終了後各部を入念に點檢、壓縮空氣で清淨し鐵心外側に仕上ニスを塗り、鐵心積作業を完了する。そして次の乾燥作業に移るわけである。

乾燥作業は中身を自身のタンクに入れたまゝ、空氣中で蒸氣放熱器により、豫備乾燥を行ひ、適當なる時期に於いて、真空乾燥に移り、絶縁抵抗値が一定となつた時真空注油を行ひ、絶縁物に充分、絶縁油を含浸せしめるのである。この真空處理と云ふことが、サーヂブルー絶縁に重大なる影響を持つて居るので、この處理によつて變壓器はその本來の能力を與へられるわけであるから、充分注意して行ふべきである。この工程に於ける順序は次の如くである。

(ア) 中身の豫備乾燥作業

中身の組立完了せるものを壓縮空氣により、各部に附着せる塵埃を除去し、各部を充分點檢したる後、タンクに入れ、放熱器取付用のフランジを利用し、又、特に取付けられたフランジによつて固定せられた蒸氣管より放熱器に蒸氣を送入する。蒸氣壓力は2氣壓前後に適宜調整する。

上部の人穴カバーは半ば開いておく。之は豫備乾燥中には、中身各部に含積された濕氣が加熱により蒸發する爲、之を自由に排氣せしめる爲である。乾燥温度は90

乃至100°Cの間で行ふ。

温度の點檢は丸型温度計3個を使用し、コイル上部、コイル下部及び中身中間部即ち鐵心の外側中程の位置に温度計の元素を密着せしめ、各部の温度を一時間毎に點檢記録し、成るべく温度を一定に保持する様、蒸氣の加減を行ふ。同時に高壓、低壓の各線輪の端子より低壓套管を利用し、導線をタンク外部に導き、絶縁抵抗を測定する。蒸氣送入後一晝夜繼續すれば、大体一定の温度に達する。この豫備乾燥作業は二日乃至四日繼續せられる。中身に含積された濕氣の大半は排出され、絶縁抵抗は幾分上昇の徴を示す様になる。

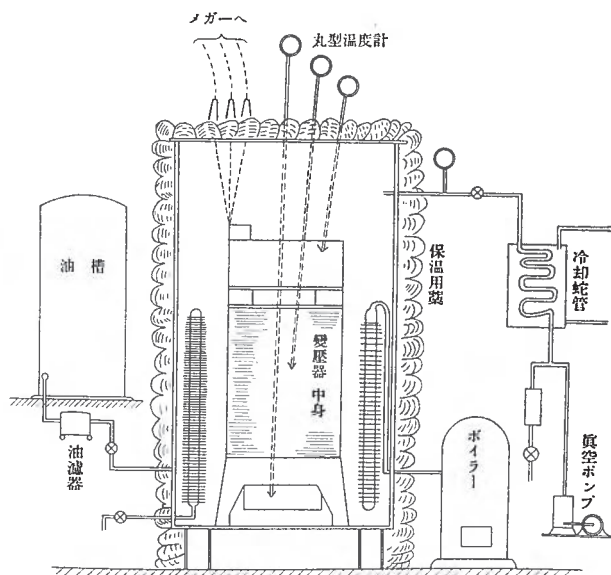
(イ) 外部の保温作業

豫備乾燥開始前にタンク外側全体を厚さ約150 耗程度の藁で包む。之はタンクを通じて放散する熱を防止する爲である。（第13圖参照）

(ウ) 真空乾燥作業

豫備乾燥に引續き真空乾燥法に移る。即ち外氣と遮斷する爲、人穴カバーその他に充分のパッキングを入れて締付け、真空ポンプにてタンク内の空氣を排出する。但し真空度は50乃至100 耗程度とする。

此の作業は、約2日乃至2週間を要する。この間温度及び絶縁抵抗の測定を行ふことは（ア）項と同じである。絶縁抵抗が一定となつた時、下部の弁より、精製した油をタンク内に注入し、中身全体が浸さるゝ迄、油を充たすと同時に真空ポンプの運轉は停止する。



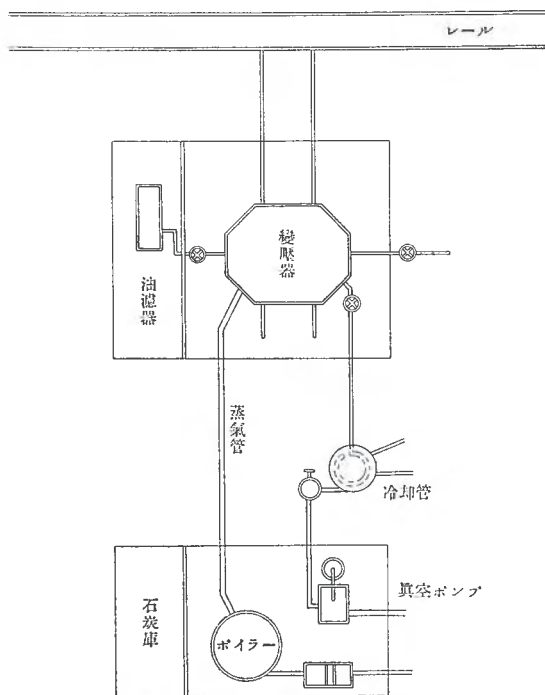
第13圖 變壓器真空乾燥方法の設備配置圖

(エ) 中身点検及び仕上組立作業

真空乾燥作業終了後、絶縁油を抜きとり、中身を釣出し、各部を入念に点検する。鉄心の締直し、各部ネジの締め加減点検、タップ切換器の接触具合の取調べ締直し等は特に注意すべきである。

次にタンクの内部を充分清浄にした後、中身を入れタンクに取付ける。引続きカバーを締付け、套管の取付け等各部の組立作業をなし、絶縁油を注入する。放熱器は最後に取付ける。現場に据付完了する迄は放熱器弁を締切つて、放熱器には油を充滿せしめぬを可とする。是は放熱器に油を入れると組立室から現場への搬出に重量が大となる爲である。現場据付後、膨脹室及放熱器に油を所要量迄満たし、組立作業が完了する事になる。乾燥小屋と汽罐室の配置は第14圖の如くなるわけである。

一般的注意事項としては、中身点検等の爲、中身上部に作業者が昇るときは、決して土足で昇つてはならない。又、上衣を脱するか、又は「ポケット」にある手帳、錢入等一切を取り出した後、始めて昇ることが必要である。之は不注意によりコイルの内部等に異物を落下せしむれば、取出しに困難なるのみならず、極めて危険なる結果を誘致することになるから、斯かる過失は絶対に豫防せねばならない。又、鉄心積等の作業中は、コイル上部を白布にて覆ひ、塵埃の侵入を防止することが必要である。



第14圖 変圧器乾燥小屋と汽罐室配置圖

3.7. 冷却方式

この程度の變壓器としては、最も都合のよい自動制御装置付送風式を採用して居る。

最も取扱ひの簡單なる冷却方式は、自冷式である。反對に最も保守に注意を要する場合は、水冷式、送油式等の強制冷却方式である。この場合は水のポンプ又は送油ポンプの停止によつて、變壓器が運轉出来なくなるのである。

之等の中間のものが送風式であつて、送風式では、或程度の自冷能力も持ち、全負荷の附近のみで送風効果を發揮するから、送風器が停止しても、67%以下の負荷ならばそのまゝ自冷式として使用出来る。

更に、銅の溫度を基準として、自動的に送風器を動かすから、その保守監視の手数は非常に少く、自冷式と大差ないものである。従つて、故障を極端に嫌ふ大電力系統に於いては、斯の如き手数のかゝらぬ、故障の原因となるべき機器の出来るだけ少い冷却方式を推奨するわけなのである。

送風装置は角型風洞を放熱器冷却管束の外周に嵌め込み、風洞の外端に電動送風機を取付けた構造である。

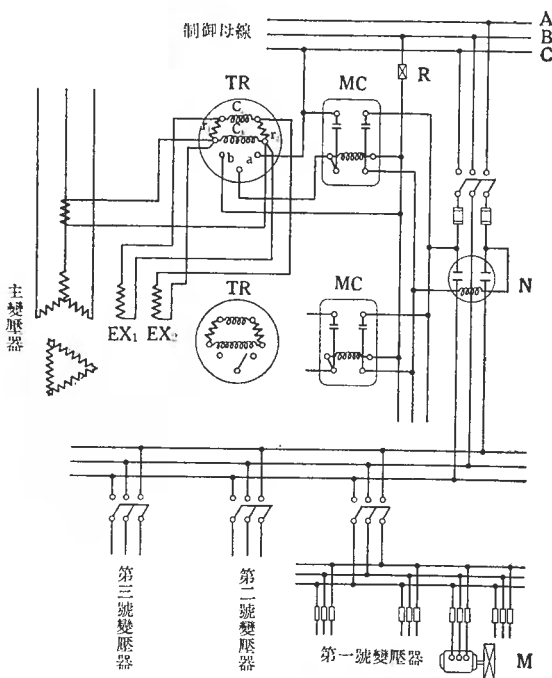
送風機によつて外界より吸ひ込まれた冷い空氣は放熱器管束の兩側より冷却管の間に押し込まれ冷却管に沿つて上下に放出せられる。風洞は鋼板を熔接して作り、其の形狀は送風に對し抵抗を少なからしめるものである。外端には錠戸を設け空氣の吸ひ込みを充分ならしめると同時に内部電動機に雨水等の直接あたることを防止する。

電動送風機には普通220V三相交流排氣扇を使用する電動機は全密閉型であるから雨水、塵埃等に冒されることがなく、且特に三相式として、普通の單相式小型電動機に起り易い故障を防止する。送風機1組の所要電力量は約70ワットで變壓器1台につき26組即ち1.8kWであるから變壓器能率に影響する程の數字ではない。

各電動機は夫々安全可熔片に依つて保護せられ、制御函内に於いて自動的又は手動的に操作せられる。

尙、この50,000kVA變壓器には、自動制御装置が附屬して居るが、この装置につき簡単に説明する。

電動送風機を變壓器溫度に依つて自動的に制御することは變壓器の運轉上經濟的であり、且つ安全である。第15圖は本自動装置接續の略圖である。圖に於てMは各放熱器に添架した送風用電動機、Nは電動機回路の



第 15 図 自動制御装置接続図

制御用接触器である。TR は特殊型の温度継電器で、主変圧器の負荷電流と変圧器内部に埋入した抵抗線輪 EX_1 , EX_2 の温度との関係によつて、制御接触器 N を自動的に操作するものである。MC は補助継電器である。

変圧器の温度の低い間は埋入抵抗 EX_1 , EX_2 の抵抗と継電器 TR 内の一定抵抗 r_1 , r_2 とは平衡状態にあつて線輪 C_2 に電流を通することなく、継電器は接触 b を閉ぢ a を開いて居る。変圧器の温度が上昇すれば、 EX_1 , EX_2 の抵抗は大となり、 r_1 , r_2 , EX_1 , EX_2 の平衡は破れ、継電器コイル C_2 は付勢せられ、接触 b を開き a を閉ぢる。a が閉ぢると制御母線 B より抵抗 R、補助継電器 MC の線輪、接触 a を経て、制御母線 c に到る回路を作り、MC を作動する。MC は 2 個の接触點を有し、一方で自己保持をなし、他の一方で制御接触器 N の作動線輪の回路を閉ぢ、之を作動して電動機回路を接続する。変圧器の温度が低下して TR の接触 b が閉ぢれば、補助継電器 MC の線輪を短絡して之を落し、續いて接触 N を落し電動機回路を開く。温度継電器の作動温度は如何程にても設計出来るが、普通の變壓器に於ては 75°C 内外、線輪温度 85°C 程度で作動せしめるのが安全である。此の温度継電器の特徴として、變壓器負荷電流の大きな場合には、作動温度を低下せしめるから、過負荷に對し、變壓器を安全に保護する事が出来る。尙多數の變壓器に對し

て送風装置を同時に制御する場合には、變壓器の数だけ温度継電器 TR と補助継電器 MC とを使用し、何れの MC が作動しても接觸器 N を動かす様にすればよい。

4. 試験結果

4.1. 抵抗

第 3 表

タップ	127 kV	121 kV	115.4 kV	44 kV
抵抗	0.4796 Ω	0.4588 Ω	0.4368 Ω	0.0602 Ω

4.2. インピーダンス

第 4 表

	タップ
10.93 %	127 kV / 44 kV
11.48 %	121 kV / 44 kV
12.20 %	115.4 kV / 44 kV

4.3. 負荷損 (75°C)

第 5 表

222,700 ワット	127 kV / 44 kV
228,100 ワット	121 kV / 44 kV
233,500 ワット	115.4 kV / 44 kV

4.4 無負荷電流

1.39 %

4.5 鐵損

124,800 ワット

4.6 効率

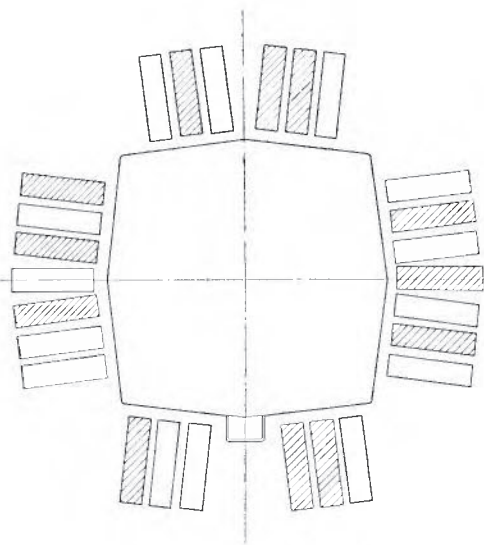
		保證値
全負荷	99.310 %	(99.25 %)
¾ "	99.337 %	(99.25 %)
½ "	99.283 %	(99.20 %)
¼ "	98.903 %	

4.7. 電壓變動率

力率	100 % / 中	1.043 %	保證値 (1.3 %)
"	80 % "	7.27 %	(8.5 %)

4.8. 温度上昇試験

温度上昇試験は、鐵損失を加へず、銅損失のみ供給し



第 16 図 温度上昇試験の際の放熱弁閉止説明図(斜線)

冷却面積を更正する爲、放熱器 26 本の中、第 16 圖の如く 14 本を使用した。同圖に於て斜線を施したのは、放熱器弁を閉めた部分を示す。銅の抵抗法による温度上昇は次の如くであつた。

高 圧 側 52.5°C

低 圧 側 51.0°C

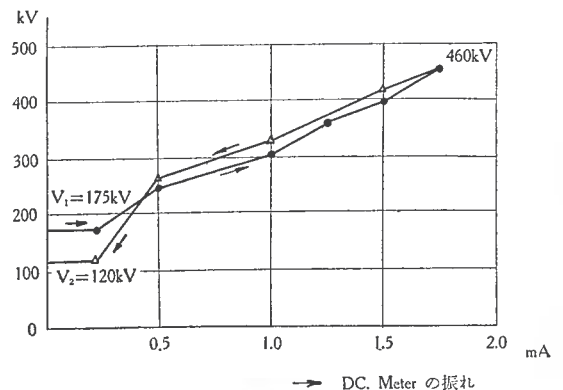
4.9. 耐 壓 試 験

高 圧 側 461 kV 50 サイクル 1 分間

低 圧 側 93 kV 50 サイクル 1 分間

尚、この高圧主絶縁の模型を前に作つて、60 サイクルの耐圧試験及び衝撃電圧の豫備試験を行つたのであるが 60 サイクル 耐圧試験の際には 600kV 1 分間迄試験せられたが、套管は勿論、主絶縁に異常はなかつたのである。

唯意外であつたのは、コロナ音⁽⁶⁾が出始める電圧が極めて低かつたことである。第 17 圖はコロナ音の増幅器出力平均と印加電圧の關係を示すが、コロナ音の發生する電圧より、消滅する電圧の方が一般に低い様である。コロナ音の發生電圧 V_1 は 175 kV 位であり、消滅する電圧 V_2 は 120 kV 位であつた。斯の如き低電圧でもコロナ音が出ると云ふことは、從來全然想像もされなかつたことであるが、之はこの試験に使用したコロナ検出装置が從來のものに比較して極めて鋭敏であつた爲であると考へる。注目すべきは定格電圧は 127 kV であるから、この電圧でも、一度發生したコロナ音は消えない事である。然し、此の程度の初期のコロナは所謂 Non-injurious コロナで、實用上は差支へないものである。模型を分解検査した



第 17 圖 耐壓試験中のコロナ音の記録

結果 60~ 電圧のコロナによる傷痕は全然認め得なかつたことからこのことは明かである。この第 17 圖の曲線を見て、非常に面白く感ずるのは、約 250 kV 以上、460 kV 迄は、大体音の出力は、電圧に比例して、上昇して居るが、200 kV 以下になると、この特性は急に變つて居て、250 kV 以上の特性を伸ばせば、220 kV 以下では發音しない様な特性が、175 kV 或は 120 kV でも發音して居ることがわかる。之は 200 kV 附近で、コロナの性質に變化があつたと見られる事實であつて、この境界が筆者の主張する一次コロナと二次コロナの境界に一致するものと考へて居る。⁽¹²⁾

4.10. 衝撃電圧試験

この試験は、丁度日本電気工藝委員會の衝撃電圧委員會に於ける規程草案が、第二讀會を通過したので、⁽⁷⁾ それに準じて、實驗として行つた。この試験に關係ある實驗として行はれたものは次の諸項目であつた。

- (1) 230 kV 主絶縁模型に對する衝撃電圧豫備試験
- (2) 衝撃波形直視装置による研究(氣中)
- (3) 同 (油中)
- (4) 共振法による研究(氣中)
- (5) 同 (油中)
- (6) 高壓巻線の衝撃電圧試験(中性點接地試験)
 - 全 波 1050 kV
 - 截斷波 1210 kV
- (7) 同 (中性點非接地試験)
 - 全 波 1050 kV
- (8) 低壓巻線の衝撃電圧試験(接地試験)
 - 全 波 245 kV
 - 截斷波 290 kV

(9) 低圧巻線の衝撃電圧試験(二端子一括印加試験)

全波 245 kV

截断波 290 kV

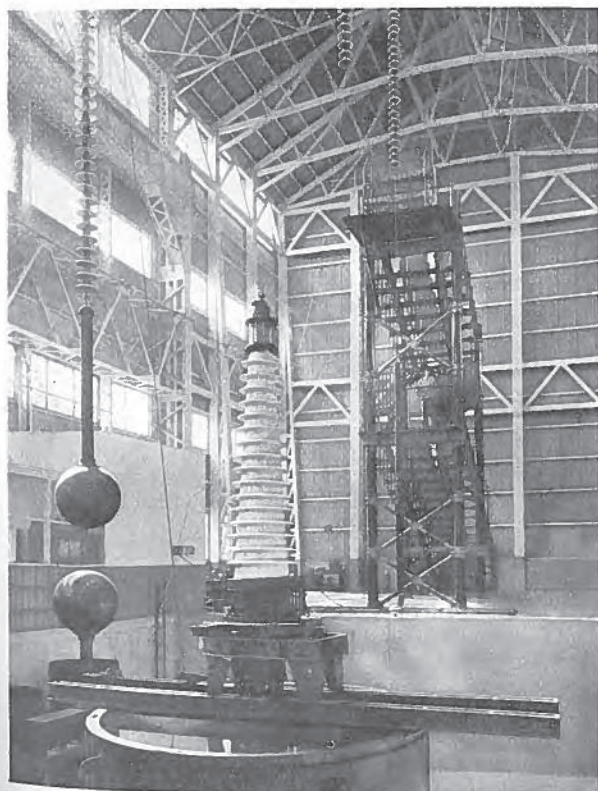
(10) 上記各衝撃電圧試験の際の油中 コナ 音の研究
以下簡単に之等について報告する。(8)

4.11. 230 kV 主絶縁模型に

對する電壓衝撃豫備試験

230 kV 用變壓器として最も問題となると考へられたのは、その衝撃電壓に對する絶縁耐力であつた。それで 230 kV の模型絶縁を作つて、60 サイクルの試験を行つたことは前述の通りであるが、之に對して、相當激烈と見られる様な試験を繰返し行つたが、230 kV 用套管と共に結ばれた、230 kV 主絶縁は遂に破壊することが出来なかつた。之は前述の サーチプルーフ の意味から云つて當然とは云へ、非常な自信を設計技術上與へられたことになつたのである。

この模型の試験中の様子は第 18 圖に示されて居るが後方にあるのが丁度その當時完成した 3,600 kV の衝撃電壓發生器、中央が 230kV 用の試作套管、左方が 750 耗の球間隙である。中央 タンク 内に 230 kV の主絶縁は油に浸つて居るわけである。

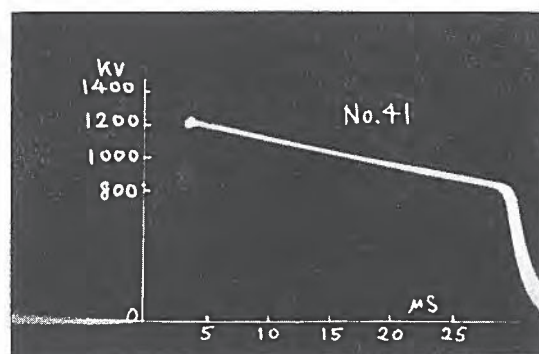


第 18 圖 230 kV 主絶縁模型及び套管の衝撃電圧試験

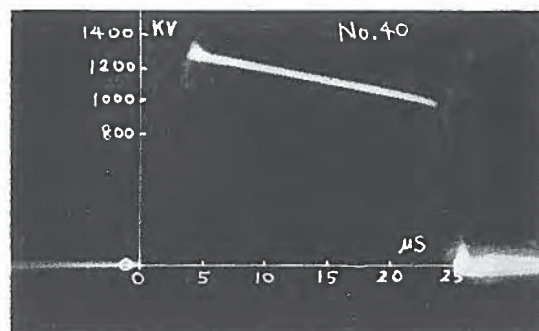
套管の端子に、全波電壓及び截断する様な電壓を總計百回餘りも印加したが、あとで解体して調査したところ全然疑はしき損傷は見られなかつた。

第 19 圖は全波試験電壓であり、第 20 圖は殆んど同じ電壓に於ける截断波試験電壓である。

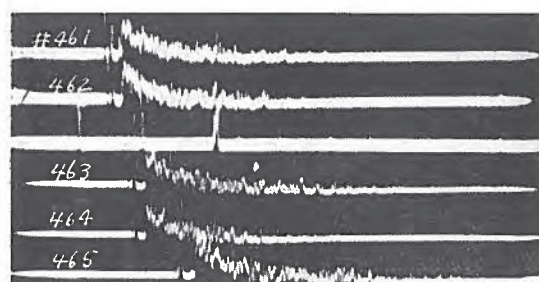
この試験に於ても コナ 音は記録せられたが、全波、截断波とも殆んど同じ様な記録となつたのは、印加電壓が高いことと試料の發音部がその面積が大きい爲であつたであらうと思つて居る。その時の コナ 音の一例を示せば、第 21 圖の如くである。#461, 462, 464 が全波を印加したときであり、#463, 465 が套管附屬の 1960 耗の棒間隙を閃絡した場合である。すべて、コナ 音の遅れは、4.8 ms 位になつて居る。從來の経験から考へて、此の程度の遅れなら、充分な絶縁耐力の餘裕がある



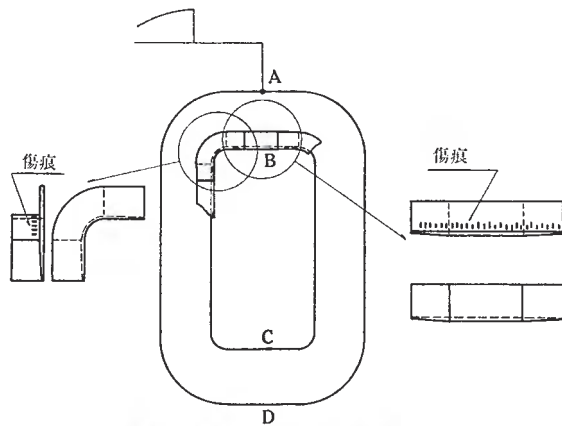
第 19 圖 全波試験



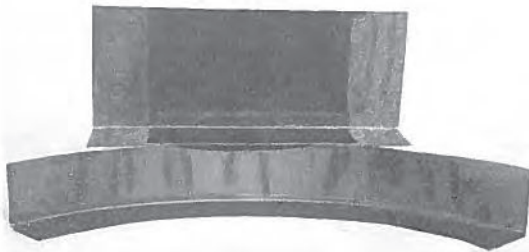
第 20 圖 截断波試験



第 21 圖 230 kV 絶縁模型の發する衝撃 コナ 音



第 22 圖 230 kV 絶縁模型の傷痕位置



第 23 圖 230 kV 絶縁の傷痕

ことが豫想せられるのである。

此の模型を解体して、その傷痕調査をしたのであるが、模型の銅板の角に接した絶縁部分に、連続的の微小な傷痕が見出された。之は適当な紙絶縁により充分防止出来る程度であるから、実際の變壓器には差支へないものである。

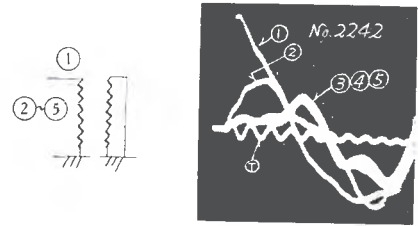
その傷痕の位置は第 22 圖の如くで、實物は第 23 圖の如きものである。この結果面白かつたのは、衝撃電壓のエネルギーは直進することが明らかに示されたことであつて、第 22 圖の C の部分には、コロナの傷痕が見えず B 部分のみに コロナのあとが明らかに居るのであるが、印加端子の丁度反対側で電子流が反射され、その点のみコロナが激しかつたものと解すれば、この結果は興味深く解釋出来るわけである。

4.12. 衝撃波形直視装置による研究 (9)

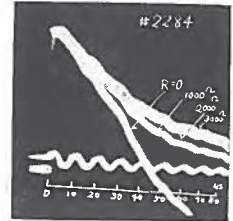
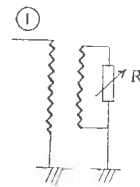
工場に於ける真空乾燥中の時間を利用し、相當に精細な實驗を氣中の變壓器につき行ひ、又衝撃電壓試験の回路常數決定の爲に、油中に浸した後のものも行つた。

第 24 圖は氣中、第 25 圖は油中の場合の一端接地状態の高壓巻線の振動状態である。

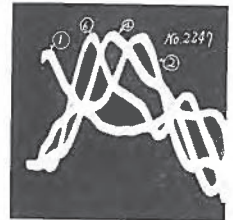
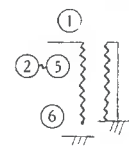
第 26 圖は氣中、第 27 圖は油中の場合の中性點の電



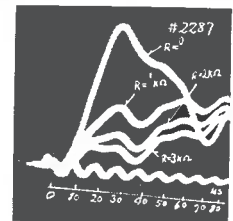
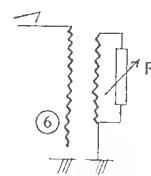
第 24 圖



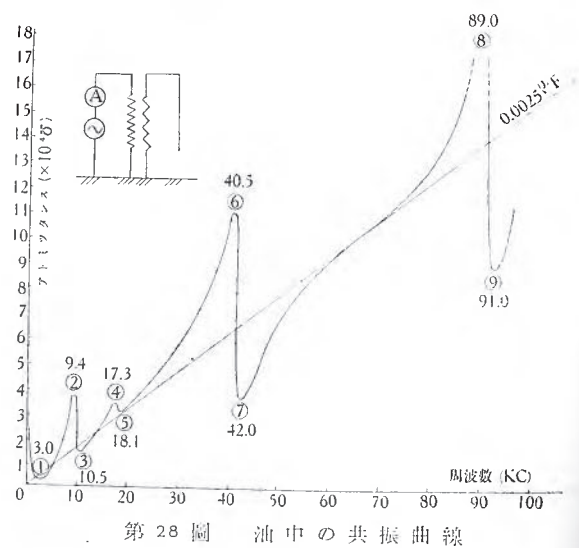
第 25 圖



第 26 圖



第 27 圖

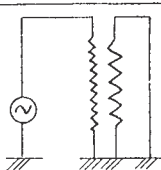
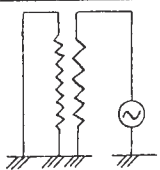
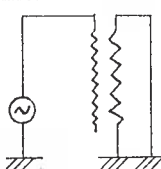
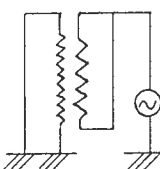
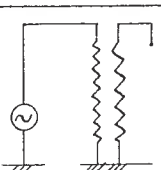
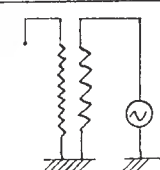
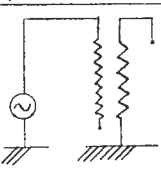
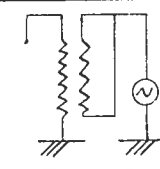


第 28 圖 油中の共振曲線

位振動を示す。

4.13. 共振法による研究 (1)

之も乾燥中の時間を利用し、詳細な實驗が行はれた。

結 線 状 態	侵入容量 μF	結 線 状 態	侵入容量 μF
	1,030 (氣中) 2,230		5,280
	900 (氣中) 2,230		4,420
	950 (氣中) 2,500		6,850
	950 (氣中) 2,790		2,520

第 6 表 各種結線状態に対する侵入容量

第 28 圖は油中の場合の一例であるが、之と同様の各種結線状態に於ける共振曲線が多數得られた。

そして、夫々の侵入容量が測定せられた。第 6 表の如くになった。之でみると、高圧側は $2,000 \mu\text{F}$ 、低圧側は實に $5,000 \mu\text{F}$ と云ふことになったのである。

4.14. 規程草案に準じた衝撃電圧試験

第 29 圖は高圧側巻線の全波試験であり、第 30 圖はその截斷波試験である。

第 31 圖は低圧側巻線の二端子一括印加の波形であり第 32 圖はその場合の截斷波の例である。

之等の試験結果はこの變壓器は、十分規程に於て要求される程度の絶縁耐力を有することが明らかにせられたのである。

4.15. 衝撃試験の際の コロナ 音の研究

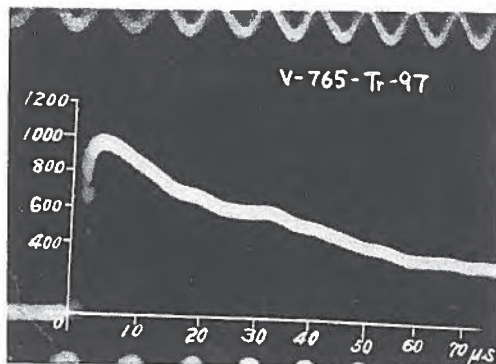
之は故障検出を目的としたものであるが、故障に至らぬ途中の コロナ も検出し得る點が大きな特長であつて、この $50,000 \text{ kV}$ 變壓器の如きものでも、破壊には至らなかつたが、どんな場合にどんな コロナ が出たかと云ふ様な、從來全然わからなかつた事柄も、或程度わかる様になったのである。 $50,000 \text{ kV}$ 變壓器に於ける コロナ

試験の結果、その特長をまとめると次の如くである。

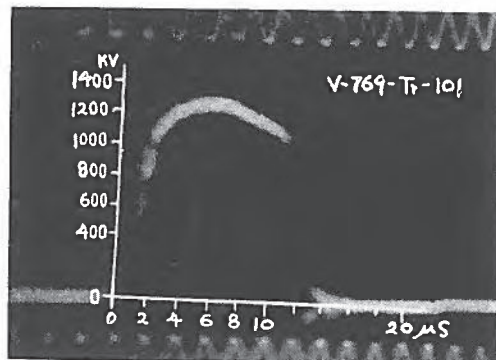
- (1) 變壓器の衝撃電圧試験に於ける コロナ 音は始めての経験であつた。
- (2) 一端接地試験の時は、普通の試料と同様の音が出る。この場合、下部 マイクロホンの方が上部の マイクロホン より先に音を感じて居る。 $50,000 \text{ kV}$ の試験の時には、人穴から一個それから、下部放熱器弁から一個の マイクロホン を取付けた。
- (3) 截斷波の時は全波の時より音が小さい。
- (4) 二端子一括印加すると大きい音を感じる。之も截斷すると音が比較的少くなる。
- (5) 中性點開放の時は、上部 マイクロホン に極めて大きい音が出る。之は中性點端子の電位が上昇する爲と思はれる。之も中性點で截斷されれば比較的少となる。

5. 結 言

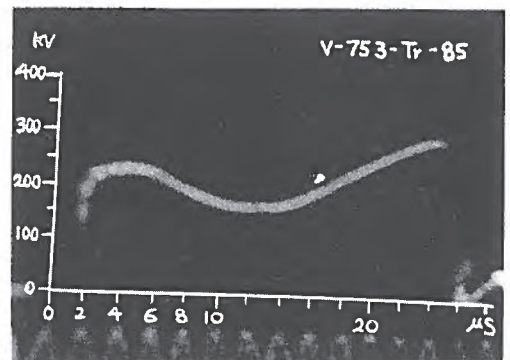
満電に納入した $220 \text{ kV} / 44 \text{ kV}$, $50,000 \text{ kVA}$ 單相サージプルーフ型變壓器に就いて、以上をもつてその構造試



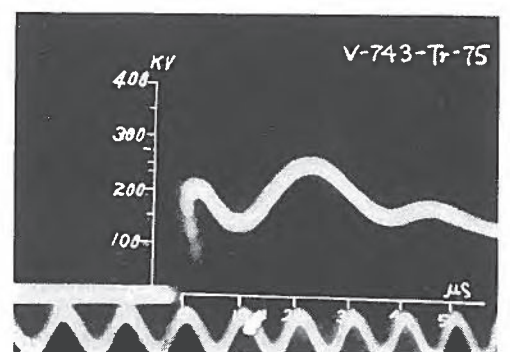
第 29 圖 高圧側全波試験



第 30 圖 高圧側截断波試験



第 31 圖 低圧側截断波試験



第 32 圖 低圧側兩端子一括印加試験

験についての説明を終らうと思ふ。

本文は主として、サージプルーフ型変圧器の構造について、徹底せしめる目的を以つて、詳細に記述したわけであるが、その大きな特長であるところの耐雷特性についての諸種の實驗結果は、之をまとめて、近く電氣學會雜誌に發表したいと思つて居る。先輩諸氏、特に衝撃電壓委員會の諸氏の御批判と御指導を得られれば幸である。

構造としては、その絶縁組織が相當な程度まで、直撃雷にも耐へ得ることを述べ、套管については新らしく開發した油入蓄電器型套管を紹介し、又組立に對しては詳細なる現場乾燥の順序を述べて居る。

試験の項の中に於て、230 kV 主絶縁の模型に對する耐壓試験及び衝撃電壓試験結果を特に示して、參考に供して居る。そして、之等の試験中に於いて、未だ他に於て全然行はれて居ないコロナ音の研究を行ひ破壊に至らない絶縁物の耐壓特性とも云ふべき状態を見て居る。

この 50,000kVA 變壓器の製作、試験に當つては、多數の人々の協力によつて斯くも滑らかにすべてが完成したと云ふことは見逃すことは出来ない。先づ終始御指導を賜つた小野設計課長、それから製作手配に努められた變壓器係深野氏、町井氏、變壓器の工作に對して骨折ら

れた變壓器工場、安井氏、村上氏及び工場の方々、材料の手配に對し努力された工程係福永氏、外函の工作に苦心せられた塔接工場の方々、套管の開發に助力せられたマイカル工場橋崎氏、裏村氏及び工場の方々、及び試験の爲に努力せられた、試験係大杉氏、小坂田氏、それから特に衝撃電壓試験の實施に際して奮闘せられた試験係八巻氏、吉田氏、研究部の横須賀氏、長沼氏及び變壓器係の内田氏に對し、深甚なる感謝の意を表したいと思ふ。

文 獻

- (1) 木村、横須賀：サージプルーフ型變壓器
〔電學誌、論文、昭15. 1月 P. 39〕
- (2) 宮本、三好：變壓器内部電位振動
〔電學誌、昭13. 12月 P. 996〕
- (3) 宮本：特許公告、第5091號〔昭15. 9月7日〕
- (4) 横須賀：三菱、昭15. 4月 P. 107
- (5) 橋崎：新案公告、第17466號〔昭15〕
- (6) 木村：三菱、昭14. 7月及び昭15. 8月
- (7) 電學誌：昭15. 8月 P. 325 及び 9月 P. 342
- (8) 之等の詳細なる試験報告は近く、電學誌に資料として發表する豫定である。
- (9) 横須賀：三菱、昭14. 11月
- (10) 木村：電學誌、60 623號 昭15. 6月 連-251
- (11) P.L. Bellaschi : CIGRE, #317.
- (12) 木村：電學誌、58 昭14. 11月 P. 612



編輯兼發行者

三菱電機株式會社 神戶製作所内

稻垣健三

印刷者

大阪市東區北久太郎町一丁目一六

久保專治

印刷所

大阪市東區北久太郎町一丁目一六

サン製版印刷所

發行所

神戶市兵庫區和田崎町三丁目

三菱電機株式會社 神戶製作所

昭和16年2月25日 印刷

昭和16年2月27日 內務省納本

昭和16年2月28日 發行

〔本誌代價〕 壹部ニ付 金貳拾錢
(郵税不要)

三菱電機株式會社

本店	東京市麴町區丸ノ内二丁目四
神戶製作所	神戶市兵庫區和田崎町三丁目
名古屋製作所	名古屋市中區矢田町
長崎製作所	長崎市平戸小屋町
大阪工場	兵庫縣川邊郡立花村塚口
大船工場	神奈川縣鎌倉郡大船町
直方出張所	直方市大字下新入
札幌出張所	札幌市北二條東一二丁目九八
奉天駐在員	奉天大和區浪速通二八
新京駐在員	新京大同大街(康德會館内)
京城駐在員	京城府黄金町一丁目一八〇

三菱商事株式會社

機械部	東京市麴町區丸ノ内二丁目十番地
橫濱支店	橫濱市中區本町四丁目四三番地
青森出張員	青森市大字古川町一七番地
仙臺出張員	仙臺市國分町二番地
小樽支店	小樽市色内町八丁目三番地
函館出張所	函館市東濱町六番地
名古屋支店	名古屋市中區廣小路通二丁目
機械部大阪支部	大阪府南區安堂寺橋通三丁目
神戶駐在員	神戶市神戶區海岸通八番(神戶支店內)
姫路駐在員	姫路市堅町二五番地
吳支店	吳市堺川通一丁目八番地
門司支店	門司市東湊町二番地
佐世保出張所	佐世保市元町四三番地
長崎出張所	長崎市小曾根町二一番地
八幡出張所	八幡市枝光白川町一丁目
臺北支店	臺北市表町二丁目九番地
基隆出張員	基隆市日新町二丁目六番地
高雄支店	高雄市堀江町三丁目三二番地
京城支店	京城府黄金町一丁目一八〇番地
釜山出張所	釜山府大倉町四丁目二二番地
清津出張所	清津府港町四番地
群山出張員	群山府本町一丁目四〇番地
平壤出張員	平壤府黄金町三番地(東拓ビル内)
大連支店	大連市山縣通一六五番地
奉天支店	奉天大和區富土町
安東出張員	安東大和區市場通五丁目
新京支店	新京特別市大同大街(康德會館内)
哈爾濱支店	哈爾濱埠頭區水道街二九番地
牡丹江出張員	牡丹江市大平路一五番地
天津支店	天津日本租界須磨街一六ノ一番地
北京支店	北京東單牌樓大街三四五號
青島支店	青島館陶路三號
濟南支店	濟南商埠經三路四六八號
上海支店	上海九江路三六號
漢口支店	漢口江漢路一五號
香港支店	Holland House, No. 9, Queen's Road Central Hongkong.