

三菱電機

MITSUBISHI-DENKI

昭和二十二年五月

第21巻 第3號

5月

目次

V型碍子型遮断器	五十嵐 芳雄 (1)
コロナ式油試験器	木村 久男 (5) 原 仁 吾
熱起電力による鍍金の厚み測定について	上野 郁 郎 (17)
Heaviside 演算法に對する新しい考察と その電気回路解析に於ける應用 (XII)	菅 野 正 雄 (21)

新製品紹介

三菱直流 3000 V デロイ型電気機關車	表紙 2
600 W 三菱電気パン焼器	(4)
三菱 1 馬力アイスキャンデー機	(16)
養蠶用三菱送風機	表紙 3

MAY 1947

三菱電機株式会社

V 型 碍 子 型 遮 断 器

V型碍子型遮断器の大略の構造を示し、消弧室並びにその消弧理論に就て説明し、外國にて行つた試験結果を述べた。

伊 丹 製 作 所 五 十 嵐 芳 雄

1. 緒 言

回路遮断器の發達は極めて最近のものであり、1928年 Slepian 博士が消弧理論の研究發表によつてその物理現象が明らかにされ所謂デアイオン型油無し遮断器に成功したのであるが、それが今日の遮断器の基礎となつて居る。以來續々と各社競うて少油量の遮断器或は全然油を使用しない新型の遮断器の開発に努めて來た。

即ちデアイオングリッドを開發した初めは絶縁板を積重ね中央に孔を設けた丈の消弧室で、何等油吹付けや電弧の移動を施さずに唯發生ガスを電弧に沿うて上方へ逃がして局部的に混亂を興えるだけであつたが、更に研究の結果V型遮断器の開発に成功し優秀な成績を示している。

2. V型遮断器の一般原理に就いて

電弧と油との關係運動による消弧方法として二つある。

即ち

(1) 油を固定して電弧をそれに當てる方法

普通のデアイオングリッドに使用されている方法で油中に於ける電弧の運動は電弧の電磁力によるもので、簡單で相當効果的であるが高誘導性高壓の小電流では稍消弧が緩慢である。

(2) 電弧を固定して之に油を吹付ける方法

(イ) 油を電弧に直角に當てて兩斷する方法

無理に電流を零にするから電弧電壓が急騰して電弧勢力が大きくなるばかりでなく、再起電壓が高まり又その上昇率も大きくなるから此の方法では消弧力の増す割合には遮断力を増すことは出来ない。

(ロ) 油を電弧に沿うて流す方法

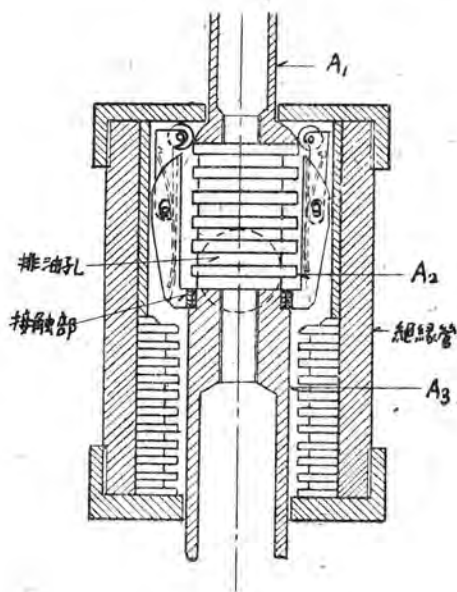
電流零の時以外には電流の流れを餘り妨げない、故に電弧電壓の異常上昇がなく電弧勢力や發生ガス量を低く保つ事が出来る、之がV型遮断器の消弧原理である。其の消弧過程を考えて見ると油は速やかに電弧の周圍から發

生ガスを取り除き、特に電流零に近ずいて來ると周圍の冷却油のため消イオン作用が非常に急速度に行われ、イオン及び電弧分解生成ガスを根こそぎ電弧室外に一掃して遮断を完結するものと思われる。此の消弧室の消弧原理は擴散説によるとも云われている。

電弧電流零値以前に於ては電弧路の連續性を切斷する恐れがなく、電弧の單位長さ當りの大きい電壓を遮断する事が出来るのである。即ち早期に電流を零にしその結果衝擊を伴う様な電弧電壓の急激な増加を避けるのである。

3. Vertical Flow 型の消弧室の説明

第1圖は此の型の消弧原理を説明する模型の消弧室の構造を示す。接觸部上方の室には固定接觸部を設け外界に



第 1 圖

通ずる排出孔がある。下端には内径の異なるファイバー板を積重ね波形の面を作っている。其の所えやはり波形の面を持つた可動部分が入るようになってゐる。可動部分は A_1 なる断面積をもつた操作棒が圓筒の上端にあり、それに續いて A_2 なる断面積をもつた波形の部分があり、それから A_3 なる断面積のプランヂヤーがあり、又電弧の出る部分に A_4 なる小さな断面積がある。接觸部が離れると電弧が固定可動兩波形の面に引き伸ばされる。此の A_4 の部分を除いては固定可動兩波形部分は密閉されている。可動部分が動くとき A_2-A_3 の差によつて油流が生じ上方に逃れる。

今任意の瞬間に於ける電弧の断面積を a とし可動部分の速度を V とすると電弧に沿つて流れる油の速度 V' は次式であらわされる。

$$V' = \frac{(A_2 - A_3) v}{A_4 - a}$$

即ちこの様に急速な油速に依つて固有再起電壓の上昇に打ち勝つて絶縁耐力の回復が行われ従つて速やかに遮断されるのである。

此の模型による試験の結果は1個で 66 KV で 5000A, 44 KV で 8000 A を遮断し満足な結果を得ている。しかも電弧勢力が小さく油の劣化は僅少で僅かな遮断距離で大電流を切つている。

4. 高圧用 V 型遮断器について

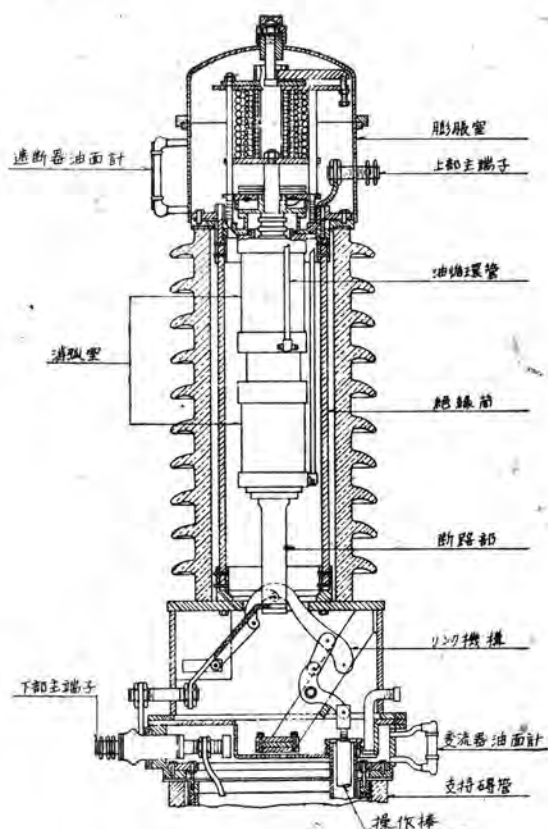
此の消弧室は定格電壓に應じて1個でも2個直列にでも使用出来る。尤も1個でも時々 132 KV を遮断し 88KV も切れる。66 KV では 5400A まで（之が設備の適限であるが）完全に遮断している。

第2圖は此の消弧室を2個直列にした場合を示している。圖で下の碍管は變流器を入れる事と大地への絶縁の役目をする。上下の碍管の間の鐵函には操作機構を入れてあるが此處には線電壓が来て居り他の端子は頂上にある操作機構に連がる。操作棒は絶縁物で變流器の間を通過して下へ出る。それから電磁石又は壓縮空氣等の操作裝置に連絡される。

今操作機構を動かして閉路する場合は、先づ油中斷路器が動き斷路器が接觸してから次に可動接觸子が上部の強い撥條に反抗して上昇し接觸する。

消弧室の外側には絶縁管があつて碍管の内部に同心圓的に配置され遮断の際の内壓や衝動に耐える様になつてゐる。

第3圖は開路の場合を示す。電氣的接續は上の端子から上部消弧室の固定接觸部に絡かれ、可動接觸部に入りその下部から下方消弧室の固定接續部に接續され更に可



第 2 圖

動接觸子に絡がり斷路器に接續する。そして下の端子から外部に出る。固定接觸子は4個又は6個並列になつていてその内1個丈夫特種合金の接點を具え、又それに對向してゐる可動接觸子も突出し開路の際その接觸部が永く接觸して最後に分離するから電弧は必ず此の點で發生するようになる。

此の電弧は電弧室内を縦に伸ばされ消弧室内で抑限される。又消弧液體を電弧の方向に流動させて消弧作用を行わせる。膨脹室には其の中に生じた弧光の分解生成ガスを逸出させる排出口を具えている。

電弧が大であるか長く續くかによつて過大な壓力を生ずる時があり、之を緩和するため上部蓋及函の係り合を弾性的にしてあるから、適當に放壓する作用を持つてゐる。遮断動作に引續いて消弧室を液體で洗滌させるポンプ裝置を具え、之は可動接觸部の開路運動の最後に於て壓油を作り各消弧室の下端から送出させ消弧室内を洗ふ様にしてある。

第4圖はグリッドを2個直列に使用した場合の電壓分布を示している。上部端子に電壓をかけ下部端子を接地

責務電流		電力	電圧	短絡時間	遮断時間	電弧時間	遮断距離	油	復帰電圧
		MVA	KV	~	~	~	CM	KV	Crest
CO	1,430	530	124	3.5	3.2	1.4	9.5	New	
OCO	1,450	540	〃	3.9	3.6	1.7	12.0		
CO	2,620	975	〃	3.6	3.3	1.5	10.2		
OCO	2,640	980	〃	4.0	3.6	1.7	12.0		
CO	4,700	1,750	〃	3.4	3.1	1.3	8.25		
OCO	4,800	1,790	〃	3.9	3.6	1.7	12.0	27	
CO	600	224	〃	3.6	3.3	1.5	10.2	New	200%
OCO	540	20	〃	4.4	4.1	2.2	14.6		180%
CO	5,500	2,050	〃	3.4	3.1	1.3	8.25		110%
OCO	5,900	2,200	〃	3.8	3.5	1.6	11.5	27	115%

第 1 表 V 型 碍子型遮断器 136 KV 単相接地試験
220 KV 回路 Laguna Bell Substation Oct. 9 & 16. 1938
(50 ~ Basis)

ちたからであろう。初めの 6 回と 4 回の試験で油は 27 KV に下つたのみで炭化物の生成も非常に僅少であつた。

此の試験した遮断器は、電圧 138 KV 容量 1500 MVA に設計されたものであるが 220 KV の回路で 2200 MVA も遮断している。

6. 結 言

上記より知る如く此の型の遮断器の特長として次に列挙する事が出来る。即ち

- (1) 少油量である。
- (2) 遮断の最後の行程に於て油を循環させて消弧室を清掃し、且つ可動部分は出来るだけ軽量にしてあり高速度再投入遮断器として好適である。

(3) 此の消弧方式は、電弧電流零値以外では電弧に左程障害を與えないから電弧エネルギーが小さく従つて油の劣化は僅少である。

(4) 電弧又は接觸子開離單位長さ當りの遮断電圧が大きい。

(5) 回路の種類比率又は電流の大小を問わず確實に遮断する事が出来且つ外部的異状がない。

以上の如く此の V 型碍子型遮断器はその性能に於いて充分満足出来るものと確信される。此の度日發納入の電圧 161 KV 遮断容量 2000 MVA は外國で開發された。138 KV の V 型遮断器を基礎に種々改良を施して設計したもので、あらゆる多難を排して着々と製作されつつあり完成の曉にはその優秀性を遺憾なく發揮することが期待される。

新製品紹介

600W 三菱電氣パン焼器

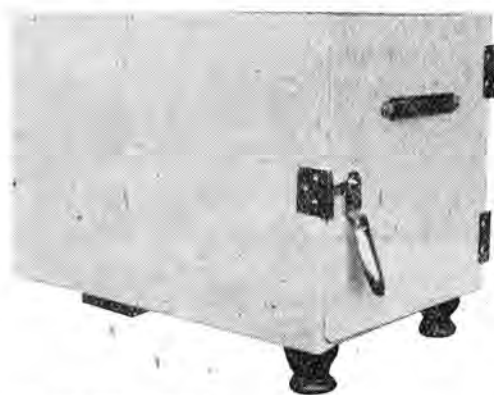
粉食が一般化された今日、「クリーム」色又は「チョコレート」色に塗装された清新なしかも堅牢な電氣パン焼器が吾々の家庭にお目見得することになった。

特 徴

- (1) 本器は電燈線から直ぐに使用することが出来る。
- (2) 器體は鋼板二重張りで保温材を充填してあるから熱を無駄に逃すことがない。
- (3) 内部は二段の棚を設け、附屬品として焼皿及び焼網を備へ、上下に發熱體があり溫度の調節が容易に出来る、更に蒸氣の水滴が溜らぬ様に抜孔が作つてある。
- (4) 器體の後面左上隅には内部から出る「ガス」や、濕つた空氣を逃がすための通氣孔がある。
- (5) 掃除は後側の 4 本のネジを取り、カバーを取外す事によつて容易に出来る。

用 途 パン焼、ケーキ、魚肉焼、卵焼、茶碗蒸、饅頭、其の他

仕 様 外形寸法 305 耗(横)×220 耗(縦)×252 耗(高) 内部寸法 270 耗(横)×190 耗(縦)×190 耗(高)
電氣容量 100V 600W (上部 300W 下部 300W)
正味重量 約 8 kg



コ ロ ナ 式 油 試 験 器

昭和二十二年二月行われた三學會關西支部聯合講演會に發表したものを纏めたものが本報告で實驗室的の研究としてコロナ式油試験器による油中コロナの發生に及ぼす電極材質の影響、電極表面の影響、油中に於ける纖維其の他挟雜物の影響及び種々の不純物の影響に就き述べた。又現場の應用例として日發廣島地區及び近畿地區の各發變電所に於ける絶縁油試験、並びに絶縁劣化試験の結果を報告したものである。

木 村 久 男
研 究 所 原 仁 吾

1. 緒 言

油中コロナに就いては從來その檢出方法(1)、衝擊電壓による油中コロナ(2)(3)、商用周波電源回路の油中コロナに及ぼす影響(交流コロナ、直流コロナ)(4)、油中コロナの發音と發光(一次及び、二次コロナ)(5)、等に就き發表したが戰時中かゝる研究は中絶の止むなきに到つたのである。最近變壓器、遮斷器等の保守、絶縁油試験等の問題から再びこの油中コロナの研究を取り上げたのである。

從來絶縁油試験には一般に球間隙による放電試験のみが行われてゐたが、球間隙の放電はその不整が甚しく放電々壓の平均値が果して何を意味するものであるかは甚だ疑問であつて、之により油の本質を云々する事は出来ないものである。第1圖(a)は、從來の放電式試験裝置の配置圖で球直径は1.25耗、球間隙は2.5耗である。

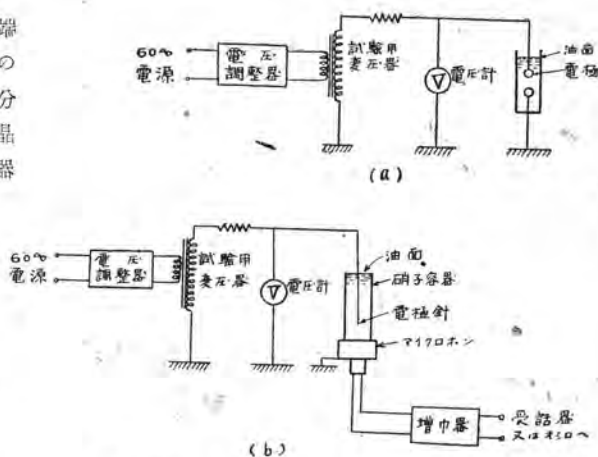
コロナ式油試験器は第1圖(b)に示す如く、電極針端に於けるコロナ音を檢出する事により油試験を行うもので、コロナ音の中には多量の超音波部分の連續周波數分布が認められるのでロツシエル鹽を用いた壓電氣型結晶マイクロホンを設け、得られた脈動電流を増幅し増幅器内の濾波器により外部より油中に侵入する外部音とコロナ音を分離し、受話器或はオシロによりコロナ音を檢出するのである(1)。電極は先端を尖らせた直径2耗の黃銅線で針端間隙の寸法は50耗である。

油中コロナの發生は電極針端の電位傾度に関係し電極間隙長によつては殆んど變化しない。又電壓の上昇速度によつて異なり同一電壓に於ても間歇的に發生するので、同一電壓に於ける五分間の發生回數を測定し、一分間平均のコロナ回數を求めると放電式

に比し比較的安定な實驗結果が得られる。

本實驗に於てはコロナ式油試験に於ける電極材質のコロナ發生に及ぼす影響、電極表面の影響、及びコロナ發生に及ぼす電源の影響に就き實驗し、又從來の放電式とコロナ式を併用し油中に於ける纖維其の他挟雜物の影響、變壓器油がその劣化の過程に於て生ずる、酸、アルコール、石鹼、等の不純物の影響、及び油中に於ける鹽素の影響に就き實驗し終りに日發廣島地區、及び近畿地區に於けるコロナ式及び放電式に依る絶縁油試験、並びにコロナ式による絶縁劣化試験の結果を報告する。

上記各實驗を通じ油の試験は從來の放電式にコロナ式を併用する事により、油の本質をより正確に知り得る事を認め、又廣島並びに近畿地區の絶縁劣化試験に於てはコロナ式油試験器が、變壓器油劣化の早期診斷に役立つ事が認められた。



第 1 圖 放電試験及びコロナ試験配置圖

2. 実験室的研究

2. 1. 油中コロナ発生に及ぼす電極材質の影響

油中コロナの発生が電極材質に依り如何なる影響を受けるかを試験する爲に電極材質として、銅、アルミニウム、真鍮、鐵（以上は地金のまゝ）、銀、錫、ニッケル、クロム（地金は銅で先端約5極鍍金す）、亜鉛、カドミウム（地金は鐵で先端約5極鍍金す）、及び、アルマイト（地金はアルミニウムで先端約5極鍍金す）、の各種金屬を用い電極の形状は同一のものを使用した。

第2圖はその結果でコロナの開始電壓及びコロナを連続的に発生せしめる連続コロナ電壓は各金屬によりまちまちで、又間歇的にコロナを発生せしめる電壓の範囲内では電壓が上昇してもコロナの発生回数は電壓に従つて變化せず、却つて減少さへ示す場合がある。然してそれより更に電壓を上昇せしめるとコロナの発生回数は急激に増加して連続発生するに至る。かかる現象は宇宙線と何等かの関係があるのではないかとと思われる。即ち間歇コロナの発生範囲では宇宙線が飛來した爲に電離せられその影響の爲にコロナが誘發され、連続コロナ部分は宇宙

線の電離に影響されず電源電壓自身によりコロナを発生せしめる範囲ではないかと考えられる。宇宙線の影響の有無に就いては更に研究を進めつゝある。

第2圖には各電極に於ける電源電壓を上昇した場合のコロナ発生回数を示してゐるがコロナが連続発生に到つた後、今度は電壓を次第に降下するとコロナの発生回数は電壓を上昇せしめる時より全般的に少い値を示す。更に電壓の上昇、降下を繰返すと第二回目は第一回目よりコロナ発生回数が減少するのが常である。これは電極材質が始め空氣を吸着して居り測定中にこれを次第に放出する爲であると考えられ、又電極は測定中次第に酸化を起す爲にコロナ回数が變化するものと考えられる。

コロナ式油試験器の電極材質としては前に述べた間歇コロナ発生範囲に於けるコロナ発生回数の不整が少く、又電壓の上昇、降下による発生回数の差が少くて而も電壓の上昇、降下を繰返した場合に於けるコロナ発生回数の變化が少い事が望ましい。鐵、アルマイト、カドミウム、クロム、銅、真鍮等は間歇コロナ範囲に於けるコロナ発生の不整甚しく銀は殆んどない。又銀、錫、ニッケルは電壓上昇時と下降時に於けるコロナ回数の相違が比較的少く、銅、鐵が繰返し實驗を行つた場合のコロナ回数の相違甚だしいのに比し酸化しにくい銀は殆んど相違がない事を知り得た。

結局コロナ式油試験器の電極棒としては銀が最も安定であつて實用的には銅に銀鍍金を施したものが最適である事を知つた。材質によつてコロナ放電現象が異なるのは興味深い事である。

2. 2. 油中コロナ発生に及ぼす電極表面の影響

2. 1. に述べた如きコロナ式油試験器に於けるコロナ発生回数の不均一の原因は、電極棒表面の影響にも依るものと考えアルミニウム表面をアルマイト処理した數種の電極棒に就き實驗した結果が第3圖である。第3圖に於て

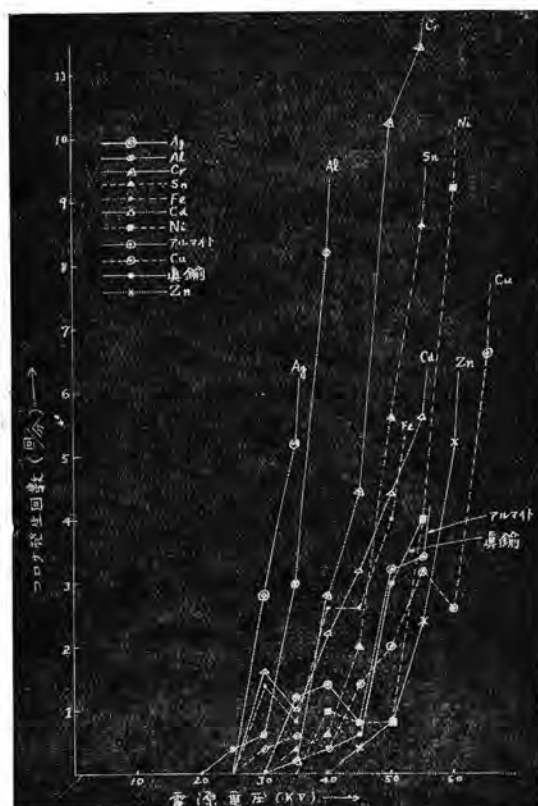
No. 1 アルミニウム

No. 2 アルマイト処理1時間、酸化被膜の厚み0.0125 耗

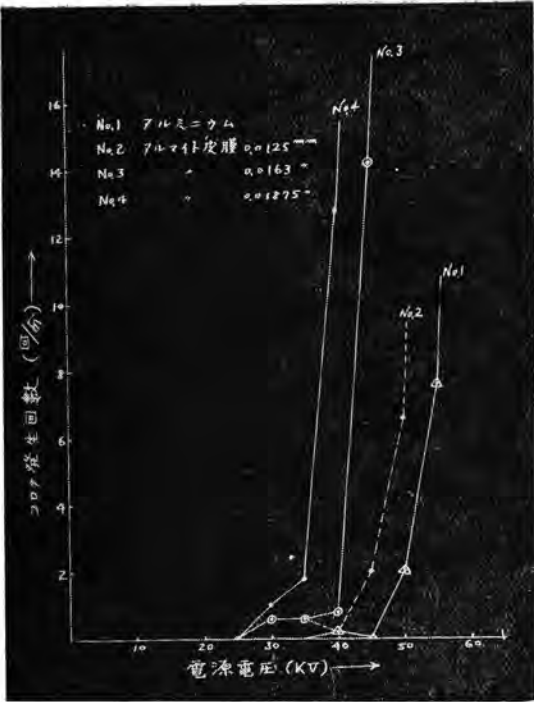
No. 3 アルマイト処理2時間、酸化被膜の厚み、0.0163 耗

No. 4 アルマイト処理4時間、酸化被膜の厚み、0.01875 耗

の各電極棒にして（電極棒の形状は同一）アルマイト処理時間の長い酸化皮膜の厚いもの程低い電壓で連続コロナを発生する。即ち酸化皮膜の厚いものはコロナ発生回数が多いわけである。要するに電極表面の酸化の程度に依りコロナ発生回数が變化する事は興味深い事である。



第2圖 電極材質の影響



第 3 圖 電極表面の影響

2. 3. 油中コロナ発生に及ぼす電源の影響

コロナ式油試験器に於ける油中コロナの発生が、間歇コロナ発生範囲内に於て不均一になる原因として、宇宙線の影響の他に電源方面から侵入する影響。たとえば Switching Surge 等の影響が考えられるので、第4圖に示す如く同一電源にコロナ式油試験器 2 臺を接続し、兩者同一条件のもとに於てその測定値を比較検討した。(電極棒は銅) 電源電圧を一定 (40KV) にして20分間のコロナ発生秒時を記録した結果が第1表である。

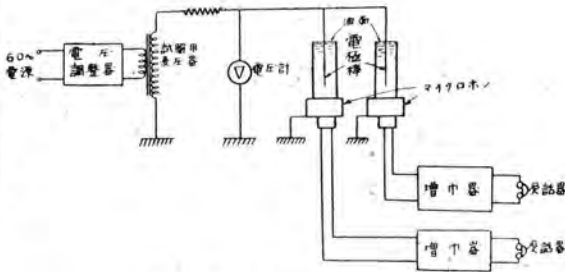
第1表の結果より見ると二臺のコロナ式油試験器に於けるコロナの発生秒時は全く個々別々にして、又一分間に於ける発生回数も多きは8回より少きは0に至るまでその間には何等規則的變化なく、之によりコロ

ナ発生に及ぼす電源からの影響の侵入は全然考えられない。

2. 4. 油中に於ける繊維其の他挟雜物の影響

試料として出来るだけ精製した油、比較的劣化した繊維其の他の挟雜物を含んだ油等につき従来實驗室で行つた放電試験、コロナ放電試験の一部、及び最近日發廣島地區にて得られた絶縁油の試験結果を第2表に示す。

試料#1は蓄電器含浸用にして特に電気淨化機及び真空處理を施したもので、含浸直前の状態まで精製されたもので最も精製された油である。#2は電力蓄電器(16.7 KVA)として完成されたものを破壊試験後(破壊電壓 24.6 KV)取り出した油であり、#3は、#2と同じ蓄電器で蓄電器紙にベークライトニス處理を施したものである。(破壊電壓 18.0 KV) #4、#5、#6は1000KVA



第 4 圖 電源の影響配置圖

	コロナ発生秒時 (No. 1)	回数	コロナ発生秒時 (No. 2)	回数
後3時57分	21". 59"	2	7". 9". 48	3
58分	17". 19". 30". 57"	4	3". 7". 18". 26". 30". 43". 47". 51"	8
59分	8". 20". 30". 38". 40". 46"	6	8". 26"	2
4時 0分	18". 28". 31". 55"	4	—	0
1分	13". 43". 59"	3	1". 16"	2
2分	19"	1	11"	1
3分	15". 22"	2	45"	1
4分	3". 37"	2	12". 30". 31"	3
5分	17". 35". 50"	3	2". 20". 31". 41"	4
6分	38"	1	33"	1
7分	2"	1	—	0
8分	3". 10". 27". 49"	4	—	0
9分	1". 20". 28"	3	7". 11"	2
10分	7". 30". 37"	3	17"	1
11分	9". 18". 30". 50". 52"	5	2". 45"	2
12分	5". 20". 40". 56"	4	46"	1
13分	9". 21". 40"	3	—	0
14分	20". 29". 50". 52"	4	37"	1
15分	41"	1	2". 23"	2
16分	—	0	2"	1
合 計	56		35	
一 分 間 均 平	2.8		1.75	

第 1 表 電 源 の 影 響

試料 番號	供 試 油	コロナ開始電壓(KV)			連續コロナ 電壓(KV)	放電々壓(KV)		
		最小	平均	最大		最小	平均	最大
#1	蓄電器含浸用 (電氣淨化及び眞空處理)	29.5 32	32 33.4	34 35.5		36 32	41 36.9	45 41
#2	16.7 KVA 蓄電器を破壊 試験後取出した油	36 30.5	38.4 37	41 40.5		15 15	38.3 29.7	51 41.5
#3	同上(蓄電紙にベークラ イトニス處理)	29 29	31.9 30.8	35.5 32.5		5 13	19.6 20.0	33 27
#4	1000 KVA 變壓器絶縁油 (非ニス處理)		24 28		42 42	20 22	25.3 27.3	29 31.5
#5	1000 KVA 變壓器絶縁油 (ニス處理)		26 26		42 56	30 25.5	33.9 34.5	42.5 39
#6	1000 KVA 變壓器絶縁油 (ニス處理)		28 32		48 52	30 26	39.3 39.0	49 48
#7	安來變電所 C. T. の油		25		42.5	38	39.6	41
#8	同上を濾過せるもの		42.5		55	39	40.4	42
#9	廣島變電所 C. T. の油		32.5		40	36	38.3	40
#10	同上を濾過せるもの		37.5		52.5	40	41.5	43

第 2 表 纖維其の他挾雜物の影響

變壓器の絶縁油で、#4は捲線にニス處理を施してないもの、#5、#6はニス處理を施したものである。

#7、#9は日發廣島地區の安來變電所及び廣島變電所の C. T. の絶縁油であり、#8、#10は#7、#9を夫々一回だけ濾紙を通したものである。#2乃至#6及び#7、#9は纖維其の他挾雜物が相當含まれて居りニス處理しないものはニス處理をしたものに比し水分の含有量が多いと考えられる。(水分はそれ自體油の中に浸入するより纖維其の他に吸着されて油中に浸入する事が多い)。

第2表で放電式は10回の放電試験の結果でありコロナ式は#1乃至#3は10回のコロナ試験の結果である。表より明かな如く放電々壓は最小値と最大値との差が極めて大きく甚だしきは推差が35%にも及ぶ事があり、前にも述べた如く信頼し得る破壊電壓として平均値を與える事は面白くない事が分る。これに比しコロナ式は比較的推差が少く最大5%程度で、推差の少ない原因としてはコロナの爲に消費されるエネルギーが小さいので試験中に油を變質せしめないこと、纖維などが電極針に附着してもそれが電極となつて電界状態が變化しない爲と思われる。

#1、#2、#3の蓄電器油に於て放電々壓に甚だしき差を生じてゐるのは、#2、#3に於ては蓄電器紙の纖維が油中に浮游してゐた爲と思われる。又#4乃至#6の變壓器油に於てもニス處理したものとニス處理しないものとの放電々壓に差異を生じてゐるのは、ニス處理のものは非ニス處理のものに比し比較的油中の纖維其の

他の挾雜物の吸湿度が少い爲と思ふ。然るに#7乃至#10に於て一回濾紙を通したものは濾過しないものに比し放電々壓の上昇は僅かであるが、コロナ電壓は甚だしき差異を生じてゐる。

一般に絶縁油としては、放電式、コロナ式共に高い電壓値が得られた場合程良好な油といふべきであらうが兩者の間には互いに比例關係はなく、この比例關係のない點に絶縁油の劣化状態をよりの確に認識し得る鍵が秘められてゐる様である。

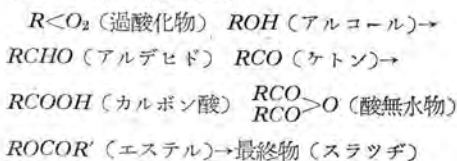
何しろ實驗資料少い爲に今茲に絶縁油の性質を判斷する

事は困難であるが、放電式のみにて油の本質を云々する事は極めて危険でコロナ式を併用する事に依り遙かに油の劣化状態を明瞭ならしめ得ると思ふ。

2. 5. 油中に於けるパルミチン酸の影響

絶縁油は使用中時日の経過と共に次第に劣化するが油の劣化生成物としては次のものが挙げられる。

(1) 油溶性酸化生成物



(2) スラツヂ

アスファルト性スラツヂ、石鹼性スラツヂ、炭素性スラツヂ

(3) 瓦斯狀生成物

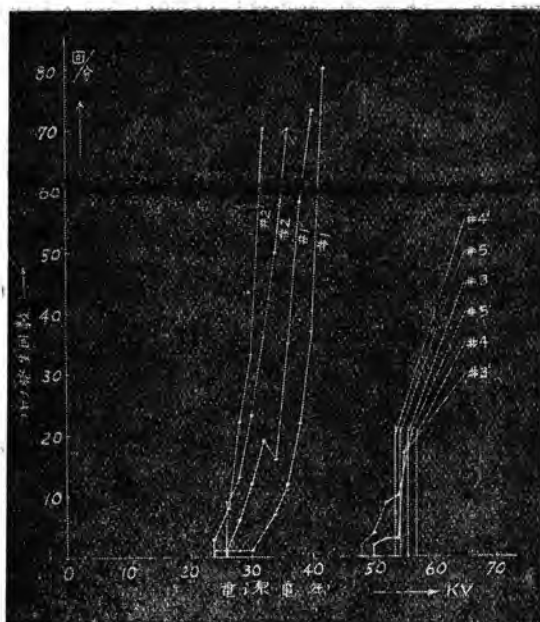
水素、メタン、炭化水素、酸素、窒素

(4) 水分

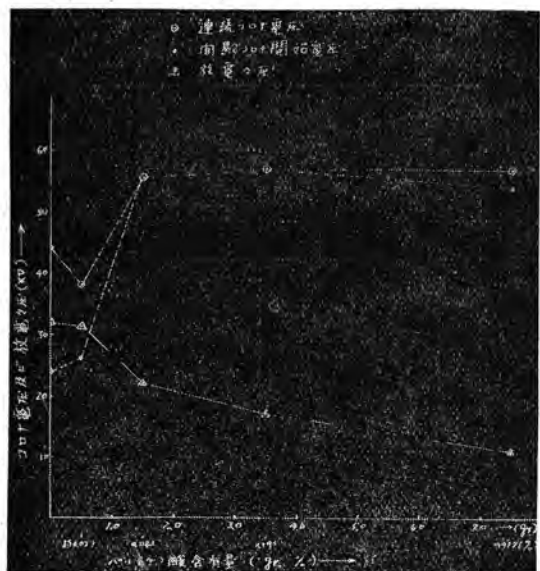
絶縁油の劣化と云ふものは之等のものが雜然と混合し又纖維屑其の他のものも含まれて來て極めて複雑な現象に

試料番號	變壓器油 (cc)	パルミチン酸含有量		酸 價
		重量 (g)	重量 %	
#1	2000	0	5	0.055
#2	〃	約 0.5	約 0.028	0.011
#3	〃	〃 1.5	〃 0.083	6.225
#4	〃	〃 3.5	〃 0.195	0.425
#5	〃	〃 7.5	〃 0.417	0.771

第 3 表



第5圖 電源電壓とコロナ回数(パルミチン酸の影響)



第6圖 パルミチン酸含有量とコロナ及び放電電圧

なつて居るわけであるが、個々の劣化生成物がコロナ電圧及び放電々壓に及ぼす影響を調査する爲に、蓄電器含、浸用油を基準として之に油分子と同大と見られるパルミチン酸〔 $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH}$, 分子量 256.42〕を適量加へ(第3表)放電試験及びコロナ試験を行った。放電々壓は10回の平均値である。

得られた結果をまとめて第5圖及び第6圖に示す。第5圖は電源電圧とコロナ発生回数の關係を示し、第6圖

コロナ式油試験器・木村・原

はパルミチン酸の含有量とコロナ及び放電々壓との關係を示す。第6圖の如くパルミチン酸の含有量の増大と共に放電々壓は低下し明かに酸の存在は放電々壓を低下する事が分つた。之に反しコロナ電圧は#2に#1に比し低下するが#3乃至#5の試料は遙かに高いコロナ電圧を示してゐる。又第5圖よりも解る如く間歇コロナが、#3以上の試料に於ては殆んど認められず55 KV程度に至つて急に連続コロナが発生してゐる。

酸の含有量の増加と共に放電々壓は低下し、コロナ電圧は一度低下した後次第に上昇する事は全く豫期しない面白い結果であつた。

2. 6. 油中に於けるエチルアルコールの影響

絶縁油の劣化過程に於て生成される酸の影響について2, 5.に述べたが更に油中に於けるアルコールの影響を調査する爲に新しい變壓器油にエチルアルコール〔 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ 分子量46〕を各適量加へ、之が放電々壓及びコロナ電圧に及ぼす影響を調査した。放電々壓は10回の放電試験の平均値でコロナ試験器の電極棒は銅を使用した。第4表は試料を示す。

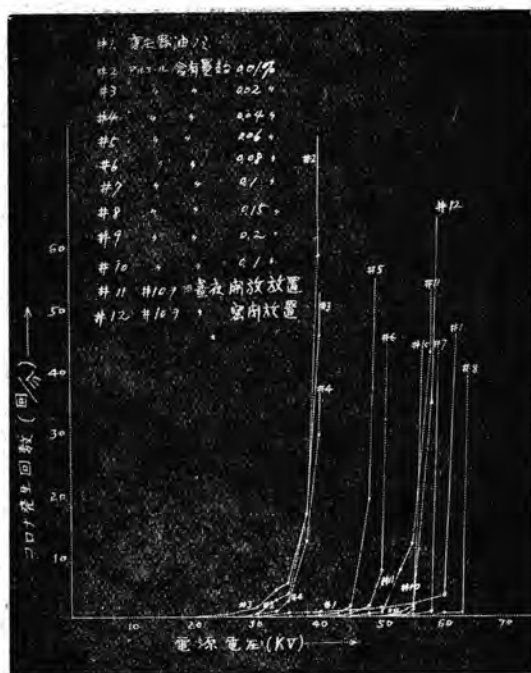
得られた結果をまとめたものが第7圖及び第8圖で、第7圖は電源電圧とコロナ回数の關係を示し、第8圖はアルコールの含有量と放電及びコロナ電圧の關係を示す。第8圖より分る如く油中に於けるアルコールの放電及びコロナ電圧に及ぼす影響は先に述べたパルミチン酸の影響と極めて類似してゐる。即ちアルコールの含有量の増加と共に放電々壓は低下しコロナ電圧は一度低下した後次第に上昇し、間歇コロナも含有量の増加と共に少なくなつて急に連続コロナを發生する。かくの如く油中に於ける酸の影響とアルコールの影響が似通つてゐる事は興味深い。

2. 7. 油中に於けるステリアン酸及びステアリン酸アルミニウムの影響

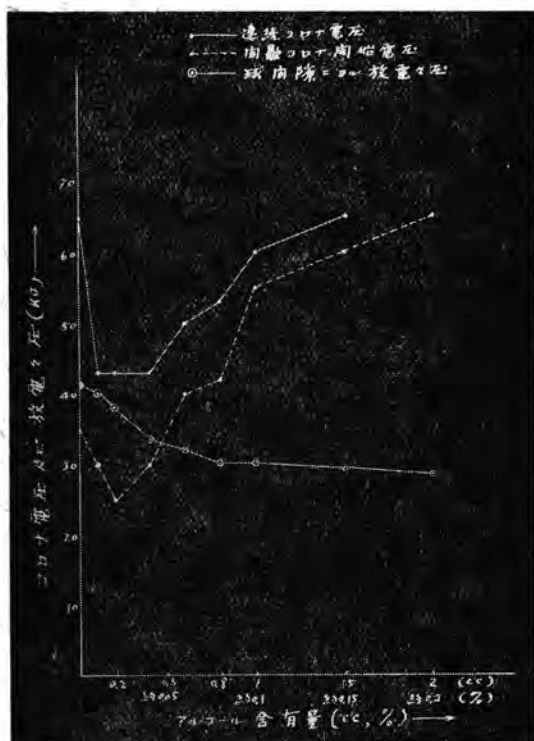
油中に於ける酸、アルコールの影響に就いては、先に述べた通りであるが更に酸としてステアリン酸〔 $(\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{CO}_2)_3\text{Al}$, 分子量 286, 47〕を新しい變壓器油に適量混

試料番號	變壓器油 (cc)	エチルアルコール含有量	
		容積(cc)	容積%
# 1	1000	0	0
# 2	〃	約0.1	約0.01
# 3	〃	〃0.2	〃0.02
# 4	〃	〃0.4	〃0.04
# 5	〃	〃0.6	〃0.06
# 6	〃	〃0.8	〃0.08
# 7	〃	〃1.0	〃0.1
# 8	〃	〃1.5	〃0.15
# 9	〃	〃2.0	〃0.2

第4表



第 7 圖 電源電圧とコロナ回数
(エチルアルコールの影響)



第 8 圖 エチルアルコール含有量と
コロナ及び放電電圧

合し、その影響を調べた。又油中に於て生ずる石鹼の影響を調べる爲に油溶性石鹼のステアリン酸アルミニウム〔 $(C_{17}H_{35}CO_2)_3Al$, 分子量 876.79〕を變壓器油に加へコロナ電圧及び放電電圧に及ぼす影響を調査した。

第 5 表及び第 6 表は各々の試料で第 9 乃至第 11 圖はその結果である。放電試験は 10 回の平均値でコロナ試験の電極棒は銅を使用した。第 9、第 10 圖はステアリン酸及びステアリン酸アルミニウムの電源電圧とコロナ回数の関係図で、第 11 圖は含有量とコロナ電圧及び放電電圧との関係を示す。之等不純物の含有量の増加と共に、放電電圧が低下しコロナ電圧は一度低下したる後次第に上昇する傾向を有する事は、先のパルミチン酸、アルコールの場合と全く同様で石鹼の影響が酸のそれと極めて類似してゐる事は興味深いことである。

唯、パルミチン酸、ステアリン酸、ステアリン酸アルミニウムはその含有量の増加と共にコロナ電圧は上昇後飽和の傾向にあるが、アルコールは飽くまで上昇の傾向を示し變壓器油のみの場合より高い電圧値を示す。パルミチン酸の飽和電圧値も變壓器油のみの場合より高い電圧値である。又ステアリン酸、ステアリン酸アルミニウムの場合は間歇コロナの發生範圍が廣いのに比し、パルミチン酸アルコールの場合には間歇コロナの範圍少く急に連續コロナに近づくのも特徴である。

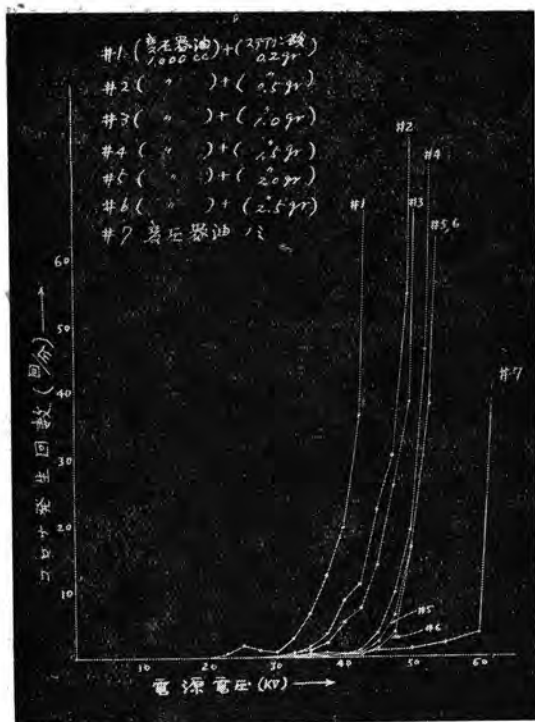
第 11 圖より、ステアリン酸及びステアリン酸アルミニウムの影響を比較すると放電電圧に於て後者が僅か低下してゐるのは石鹼中のアルミニウムイオンの爲と思はれるが、コロナ電圧には殆んど變化がない。ステアリン酸アルミニウムの含有量が 1.5 gr たる實驗 # 4 に於てコ

試料番號	變壓器油 (cc)	ステアリン酸含有量		酸 價
		重量(gr)	重量 %	
# 1	1000	約 0.2	約 0.022	0.182
# 2	〃	〃 0.5	〃 0.055	0.252
# 3	〃	〃 1.0	〃 0.111	0.343
# 4	〃	〃 1.5	〃 0.166	0.425
# 5	〃	〃 2.0	〃 0.222	0.538
# 6	〃	〃 2.5	〃 0.278	0.661
# 7	〃	〃 0	〃 0	0.142

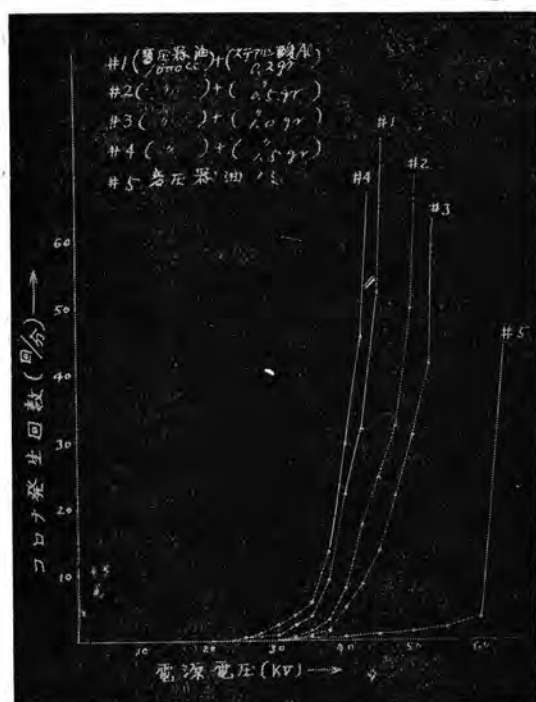
第 5 表

試料番號	變壓器油 (cc)	ステアリン酸アルミニウム 含有量	
		重量(gr)	重量 %
# 1	1000	約 0.2	約 0.022
# 2	〃	〃 0.5	〃 0.055
# 3	〃	〃 1.0	〃 0.111
# 4	〃	〃 1.5	〃 0.166
# 5	〃	〃 0	〃 0

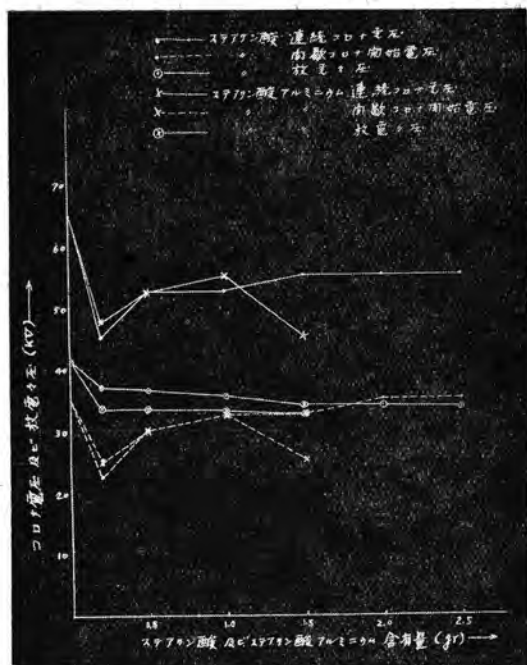
第 6 表



第9圖 電源電圧とコロナ回数
(ステアリン酸の影響)



第10圖 電源電圧とコロナ回数
(ステアリン酸アルミニウムの影響)



第11圖 ステアリン酸及びステアリン酸アルミニウムの含有量とコロナ及び放電電圧

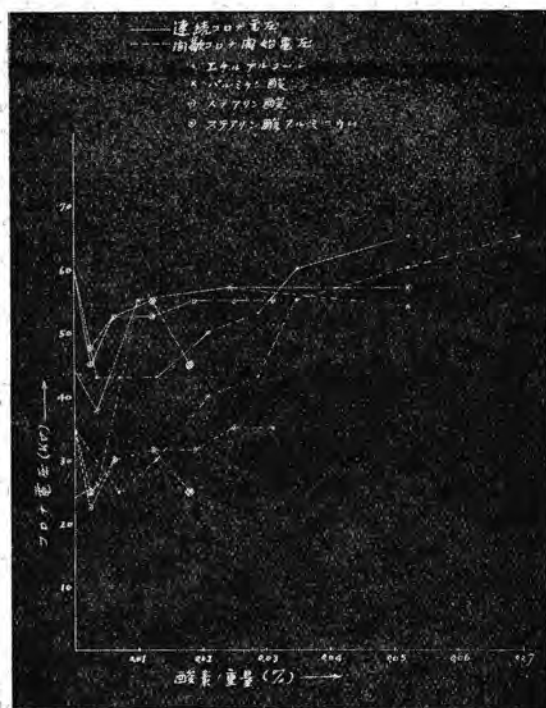
コロナ電圧が急激に降下してゐるが、之は變壓器油に對しステアリン酸アルミニウムの混合量が多きに過ぎた爲と思はれる。この事は實驗後同試料を一晝夜放置した後明かに沈澱物が認められた事からも云い得る。即ちステアリン酸アルミニウムがスラツジの状態にて混合してゐたわけである。この場合コロナ電圧は急激な變化があるに關らず放電々壓は大した變化を認められない事は、コロナ電圧はスラツジに依り影響を受け易いといふ事が云える。又逆に放電々壓が不安定な事の一つの裏着けとも云えると思ふ。

2. 2. 油中に於ける酸素の重量と コロナ電圧及び放電々壓との關係

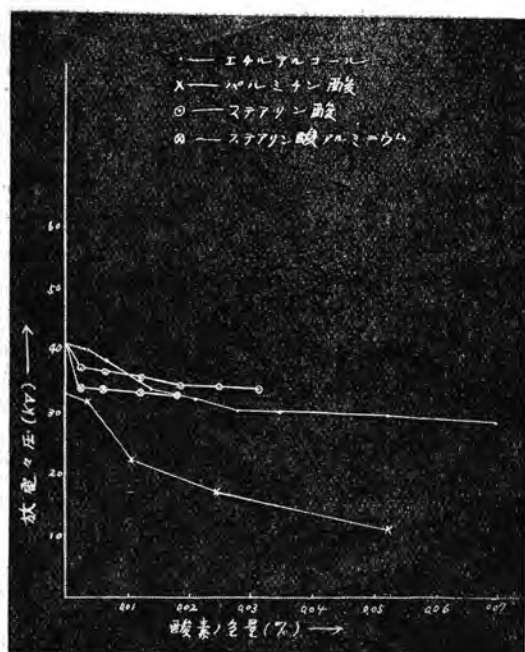
今迄述べたバルミチン酸、エチルアルコール、ステアリン酸、及びステアリン酸アルミニウムが油中に混合された場合そのコロナ電圧及び放電々壓に及ぼす影響が極めて類似して居り、これら不純物の含有量の増加と共に放電々壓は低下しコロナ電圧は一度降下して谷を形成したる後次第に上昇する事は前にも述べたが、かかる現象は油中に於ける酸素の量に何等かの關係があるのではないかと思ひ、第12圖及び第13圖に酸素の重量%に對するコロナ電圧及び放電々壓の關係を示した。

之は勿論使用した變壓器油が充分に精製されたものでなくかかる油を基準とした實驗であり、電極棒も之等不純物の影響を比較的受け易いと思はれる銅を使用した爲

に第12及び13圖より直ちに判決を下す事は極めて危険であるが、變壓器油は同じものを基準としてゐるので各不純物中に含まれる酸素の重量%に對するコロナ電壓及び



第12圖 酸素の重量%とコロナ電壓



第13圖 酸素の重量%と放電電壓

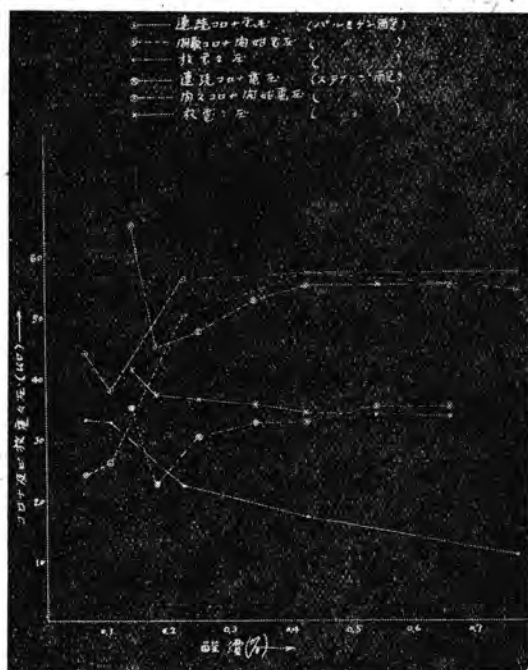
放電電壓の變化の比較は可能なわけである。

第12圖より分る如くコロナ電壓の谷の部は酸素の重量%が約 0.002 乃至 0.004 の附近に生じて居り比較的一致して居る。勿論かゝる數字は基準の變壓器油及び電極等の理由で斷定は出来ないがコロナ電壓と酸素の重量%の間には何等かの關係があるものゝ如くである。

第14圖にパルミチン酸及ステアリン酸を混合せる場合の酸價とコロナ電壓及び放電電壓の關係を示したが、第12圖に於ける酸素の重量%に對する關係の如くコロナ電壓の谷の部に於て近似性なき事は、油中に於けるコロナ電壓が酸價に依るよりも寧ろ酸素の重量%により影響を受けるものであると云える。尙この事は今後のより精密な多くの實驗により判斷せねばならぬと思う。

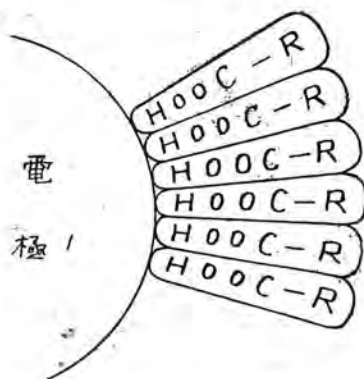
コロナが酸の重量%と上記の如き關係にある事は油中に於けるコロナ發生に對し次の如き考えをなし得るのではなからうか即ち油、及び油中に比較的一般に存在する不純物を構成する分子としては C, H, O の三つが考えられるが、油中に電壓が加えられると油の分子は電離を起し陽イオン及び電子は活動を始める。この場合 Dipole Moment の大きい酸分子は油中に於てはその運動が比較的自由的な爲、酸基となるべき分子要素 R を外向きに COOH の H を電極に近く配列され第15圖の如く吸着される事が考えられる。

酸の含有量が十分大きい時(電極表面積に比し)は、



第14圖 酸素の重量とコロナ及び放電電壓

酸の分子で電極が一樣に覆われる事が考えられ、Rが平面的に並んで居て、丁度絶縁被膜を一枚置いた様な事になりコロナ電圧が高くなる事が考えられる。間歇コロナは油中に浮遊するコロナの出易い部分が高電位差の爲油中を激しく運動し時々間歇的に電極に接觸して間歇コロナを発生せしめ、酸素の重量%が約0.002乃至0.004の附近でコロナ電圧が下るのは上の如き絶縁皮膜を構成する程、酸の含有量が充分に多くない爲に局部的に酸の分子が吸着され却つて針端を尖鋭ならしめる効果となつてコロナ電圧が下つたものと考えられる。



第15圖 電極附近に於ける酸分子の配列

之等の推測は今後種々の實測によつて確め度いと考へてゐる。

2. 9. 油中に於ける鹽素の影響

油中に於けるアルコール、石鹼等の影響が前記の如く極めて類似した特性を有し、油中に於けるコロナ電圧は之等不純物中の酸素の重量と何等かの関係があるものゝ如く認められ、又鹽素ガス、鹽化水素ガス等の發生する電氣分解等の化學工場に於て變壓器の絶縁油が從來の放電式油試験に於ては何等異常を認められないに係らず絶縁劣化の爲破損した例があるので、今度は油中に於ける鹽素の影響を調査する爲に新しい變壓器油に鹽化デフエニール

ール $\left[\text{Cl} \begin{array}{c} \diagup \text{Cl} \\ \diagdown \end{array} \text{C} \begin{array}{c} \diagup \text{Cl} \\ \diagdown \end{array} \text{C} \begin{array}{c} \diagup \text{Cl} \\ \diagdown \end{array} \right]_n$ を、第7表の如く適當

量混合し放電々壓及びコロナ電壓に及ぼす影響を調べた放電々壓は10回の放電試験の平均値であり電極棒は銅を使用した。

第16圖は各試料に於ける電源電壓とコロナ發生回数の關係を示し、第17圖は鹽化デフエニールの含有量と放電々壓及びコロナ電壓の關係を示す。

第16圖及び17圖より鹽素の影響を検討するとその特性

は先に述べた酸、アルコール、石鹼の場合と甚しく異なる。即ち間歇コロナ開始電壓は酸、アルコール、石鹼に比し鹽素の場合は極めて低く前三者が25KV乃至35KVで發生し始めるのに反し、後者は10KV乃至20KVに於て間歇コロナ發生する。又後者は間歇コロナの發生範圍が比較的廣く第16圖より分る如く#3を除き電源電壓20KV乃至35KVの範圍でコロナ發生回数は一度急激に増加し再び又急に降下して谷を形成したる後更に電壓の上昇と共に急に増加して連續コロナに至つてゐる。

連續コロナ電壓より電壓を次第に降下する時は上昇部の前記谷に相當する電壓附近でコロナは消滅する、かゝる間歇コロナが極めて不安定である現象は酸、アルコール、石鹼の場合とは著しく異なる特徴でこれは鹽素の分子が20KV乃至35KV附近で急に電離を起してコロナ回数は増大するが、同時に之を抑制する如き何等かの作用の爲又急に降下し更に電壓を上昇するとこの抑制する力に打勝つて急に連續コロナに近づくのではないかと考えられる。

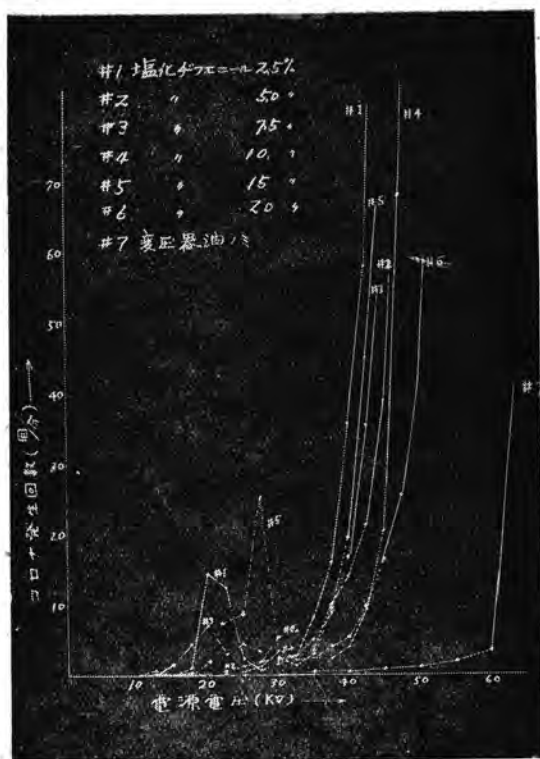
又第17圖より見るに放電々壓及びコロナ電壓は鹽化デフエニールの含有量と一連の關係はなく、酸、アルコール、石鹼の場合その含有量の増加と共に放電々壓は低下しコロナ電壓は上昇した特性と大なる相違があり鹽素の場合には放電々壓には殆んど影響なく、コロナ電壓はコロナ開始電壓は低下するがその含有量の増加に従つて酸素の場合の如き或る決つた特性はない。

前述の化學工場に於ける變壓器破壊の原因は、本實驗結果より、油中に於ける鹽素の影響が放電々壓には影響なきもコロナ開始電壓を極めて低下せしめるものである事から考えると、前記變壓器の絶縁油は、變壓器の使用狀態位の低電壓でコロナを發生してゐた爲に、何等かのChanceにこれが放電に移行したものと考えられる。この事實は油試験にコロナ式を併用する事により早期に絶縁油の劣化を知り得る事の一例と云える。

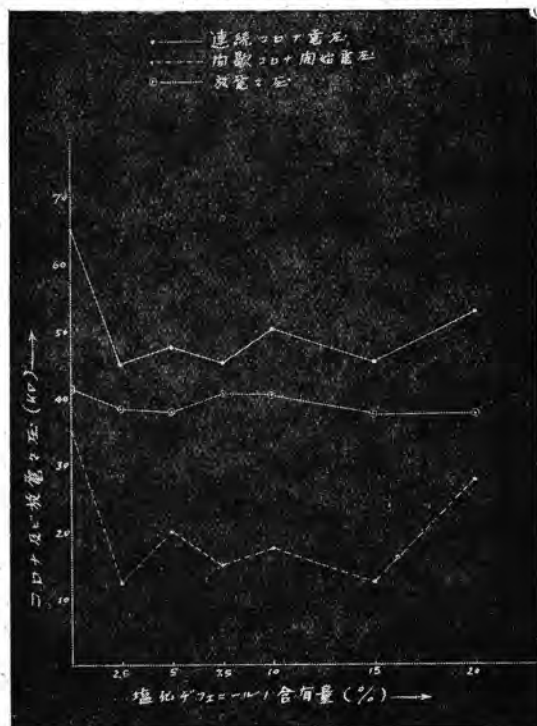
上述の如き諸特性は或いは鹽化デフエニールそのものの性質であるやも知れず今後種々の鹽素の化合物につき實驗を進める考へである。

試料番號	變壓器油 (cc)	鹽化デフエニール含有量	
		容積(cc)	容積%
#1	975	約25	約2.5
#2	950	〳50	〳5
#3	925	〳75	〳7.5
#4	900	〳100	〳10
#5	850	〳150	〳15
#6	800	〳200	〳20
#7	1000	0	0

第7表



第16圖 電源電圧とコロナ回数
(鹽化デフェニールの影響)



第17圖 鹽化デフェニールの含有量と
コロナ及び放電電壓

2. 10. 今後の実験方針

a. 電極棒の銀鍍金

銀鍍金したものがコロナ式油試験器の電極棒として最適である事は既に 2. 1. に述べた通りで今後コロナ式油試験器の標準電極棒としてこの銀鍍金したものを使用する積りである。

b. 整流された直流に於けるコロナ発生

先に油中のコロナ発生を Dipole Moment の考へ方によつて推測したが先に実験せる電源は 60 \sim の交流電源であり、油中コロナ発生の理論を探究するには、直流或は整流された正波又は負波に於けるコロナ発生を実験する必要があるので、60 \sim の交流電源を半波整流せる正波及び負波に就きコロナの発生状態を調査する積りである。

今迄に得られた二、三の実験では負波の場合は正波に比し遙かにコロナ発生回数は少く同一電圧の正波及び負波に於けるコロナ回数の和は、同じ電圧の交流コロナの発生回数より極めて少い事が知られてゐる(電圧値は最大値で比較する)が今後更に実験を進め度い。

c. 宇宙線の影響の有無

油中コロナ発生に宇宙線の影響が考えられる事は屢々述べたがコロナ試験器を鉛で遮蔽した場合のコロナ回数を調査する積りである。鉛の厚さ約33極の遮蔽を用いた実験では大體宇宙線の影響が考えられそうである。更に計數管を用いコロナ試験器と併行に実験する事によりこの問題も解決し度いと考へてゐる。

d. 精製された油に對する不純物の影響

3. 5. 乃至 3. 9. に述べた油中の不純物の影響は基準に使用した變壓器油が充分に精製されたものでない爲、今後は變壓器油を白土處理、或は眞空處理を施した充分に精製したものを基準にして実験を進める積りである。

又發、アルコール、石鹼の影響が鹽化デフェニールの影響と甚しく異なる事等から不純物の種類及びその分子構造により異なる事も考えられる(鹽化デフェニールは環状であり他は連鎖状である)ので、今後は酸素の化合物で分子構造が環状のもの或ひは酸素の化合物で分子構造が連鎖状のもの等、種々の不純物に就き系統的な実験を進め油中に於ける不純物が放電電圧及びコロナ電圧に及ぼす影響を系統的に究明し度い考へである。

3. 現場的應用

3. 1. 絶縁油試験

昭和二十一年十一月中旬、日發廣島地區電力所の依頼に依り廣島地區の各發變電所で現在使用中の C. T. 及び P. T. より採集した 94種類の各絶縁油につきコロナ式油

試験及び放電式油試験を行つた結果を第8表に示す。表中 A は 5 回の放電試験の平均値で B はこの放電試験に依る放電電圧の最大値と最小値との差である。又 C はコロナ開始電圧で D は連続コロナ電圧値である。表より明かな通り放電電圧は 94 種類の中、丁度半数に相當する 47 種類が 30KV 以下であり日本標準規格による 30KV 以上のものは 50% に過ぎなかつた。又放電電圧の最大値と最小値の差は 20KV 以上甚だしきは 34KV にも達するものがあり、これを見ても油の放電電圧の平均値で絶縁油の良否を判定する事が好ましくない事が解る。

コロナ開始電圧 C 及び連続コロナ電圧 D の値は未だ資料少き爲に何ボルト以上たるべき事と判然たる判決は茲には云えないが、少くもコロナ開始電圧 C は 30 乃至 35KV 以上、連続コロナ電圧 D は 40KV 以上はあるべきで連続コロナ電圧が 35KV 以下の油は明かに不良な絶縁油である事が云える。

従来絶縁油の試験に於てその良否の判決には放電電圧の平均値 A のみを以てして居たが、それに放電電圧の最大値と最小値の差 B、及びコロナ開始電圧 C、連続コロナ電圧 D の三つの要素を合せ考える事により、従来より更に適格なる判決を與える事が出来るものと確信する。

3. 2. 絶縁劣化試験

昭和二十一年十一月月中旬及び十二月中旬の二回にわたり日發廣島地區で又昭和二十二年一月中旬大阪地區及び兵庫地區の各發變電所で實施せる、主變壓器、C.T. P.T. 等の絶縁劣化試験の結果を報告する。

A 放電電圧の平均値		B 放電電圧の最大値と最小値の差	
電圧値 (KV)	個 数	電圧値 (KV)	個 数
20以下	12	0 ~ 5	34
20.1~25	22	5.1~10	30
25.1~30	13	10.1~15	13
30.1~35	7	15.1~20	7
35.1~40	13	20.1~25	7
40.1~45	9	25.1~30	2
45.1~50	4	30以上	1
50以上	14		
計	94	計	94
C コロナ開始電圧		D 連続コロナ電圧	
電圧値 (KV)	個 数	電圧値 (KV)	個 数
25	12	25	1
30	40	30	1
35	32	35	7
40	9	40	30
		45	29
		50	25
計	93	計	93

第 8 表 日發廣島地區に於ける絶縁油試験

試験方法はコロナ式油試験器のマイクロホンを變壓器の排油口に直接取付け實際使用状態に於けるコロナ發生の有無を調べた。

第 9 表は廣島地區に於ける第 1 回目の試験結果で 110 KV 系統の主變壓器、C.T. P.T. 等合計 25 臺の供試變壓器の中コロナ音の認められたのは 5 臺で、内 3 臺は連続コロナ、2 臺は間歇コロナが發生して居た。同じ廣島地區の第 2 回目の試験結果は第 10 表に示す通りで 110 KV 系統で 59 臺、66KV 系統で 25 臺、55 KV 系統で 27 臺、總計 111 臺の各種變壓器、O. C. B. を試験した結果、110 KV 系統の C.T. 6 臺、55 KV 系統の C.T. 1 臺、計 7 臺連続コロナを發生してゐるのが認められた。

この 7 臺の變壓器は現場で不良と見做されて居たものによく適合して居た事は仲々面白いと思う。第 11 表は大阪及び兵庫地區の各發變電所に於ける試験結果で 154 KV 系統にはコロナ音のあるものなく、77 KV 系統では總計 96 臺の中コロナ音の認められたものは主變壓器に 2 臺 (間歇コロナ)、P. T. に 4 臺 (何れも間歇コロナ)、O. C. B. に 3 臺 (連続コロナ)、計 9 臺であつた。直接變壓器にマイクロホンを取付け使用状態に於いてコロナ音を聴取出来た事は、今後かかる機器の劣化状態を知る上に極めて有効な事で重要視すべき事である。使用状態に於ける線路電圧でコロナが發生してゐた事は寧ろ豫期しなかつた事であり、本試験に依りコロナ音を認められた、變壓器や遮斷器の大部分が相當長年月の間その絶縁油を一回も濾過しないもの或は取換へを行なかつたものである事など考え合せると、機器の保守上成る可く早急にかゝる方法により絶縁油の劣化状態を知り災害を未然に防止せねばならぬと考える。

主變壓器の試験では變壓器コアの振動音、唸音等の爲確實にコロナ音を判別する事が困難であつたが、現在製作中の濾波器を改良した増幅器に依れば更に確かな試験結果が得られると思う。

4. 結 言

戦時中或は戦後の材料入手難から電力機器の保守は全國

電圧(KV)	種 別	供試臺數	コロナ音あるもの(臺)
110	主變壓器	2	0
	C.T.	21	5 (3台連続コロナ 2台間歇コロナ)
	P.T.	1	0
	P.C.T.	1	0
合 計		25	5

第 9 表 廣島地區に於ける絶縁劣化試験

電圧 (KV)	種 別	供試臺數	コロナ音のあるもの (臺)
110	主變壓器	23	0
	O.C.B.	12	0
	C.T.	23	6 (連續コロナ)
	P.C.T.	1	0
66	O.C.B.	25	0
55	主變壓器	3	0
	O.C.B.	9	0
	C.T.	12	1 (連續コロナ)
	P.T.	2	0
	所内用變壓器	1	0
合 計		111	7

第 10 表 廣島地區に於ける絶縁劣化試験

電圧 (KV)	種 別	供試臺數	コロナ音のあるもの (臺)
154	主變壓器	58	0
	O.C.B.	1	0
77	主變壓器	9	2 (間歇コロナ)
	所内用變壓器	5	0
	P.C.T.	14	0
	C.T.	4	0
	P.T.	52	4 (間歇コロナ)
	O.C.B.	12	3 (連續コロナ)
合 計		155	9

第 11 表 兵庫地區に於ける絶縁劣化試験

的におろそかにされて居り、特に變壓器其の他の絶縁油は相當劣化したものも使用されて居るのが現状でこの儘放置する時は將來大なる問題を惹起する事は必定である

と考えられる。かゝる際絶縁油の劣化状態を知り早期に災害を防止する手段を講ずる事は極めて必要で、幸いにコロナ式油試験器に依りこの目的が達成されれば幸甚である。

又絶縁油の試験も從來の放電々壓の平均値のみでその良否を判決する事は好ましくなく前にも述べた如く放電々壓の最大値の差、及びコロナ開始電壓、連續コロナ電壓の三つの要素を合せ考える事により絶縁油の良否はより適格な判決が與えられ、將來絶縁油試験規格には從來の放電々壓の平均値以外に、上記の新なる三つの要素を取り入れた、新しい絶縁油試験規格を提唱するものである。

以上コロナ式油試験器に就き實驗した種々の報告をなしたが實驗室的研究に於ては未だ不明な點も多々あり、今後もこの種實驗を續ける積りであるが、讀者諸氏の御指導と御批判を得られれば甚だ幸である。

終りに臨み廣島及び兵庫地區に於ける現場試験並びに實驗室的研究實驗に御協力賜つた伊丹製作所技術部、堀、村上技師、研究所電氣課、山田、安藤、蔭山技師、並びに化學的御助言を賜り實驗に御協力下さつた、研究所化一課、白井技師に對し深甚なる感謝の意を表する次第である。

文 獻

- (1) 木村、三菱 (昭14—7)
- (2) 木村、三菱 (昭15—8)
- (3) 木村、電學誌 62, 653. (昭17—12)
- (4) 木村、津村、横須賀、電學誌 59, 116. (昭14—11)
- (5) 木村、17回聯合大會豫稿 14 (昭15—10)

新製品紹介

三菱 1 馬力アイスキャンデー機

寫眞は御覽の通りスマートな外觀と、比類ない能力を持つた當社の新製品 1 馬力アイスキャンデー機である。

特 徴

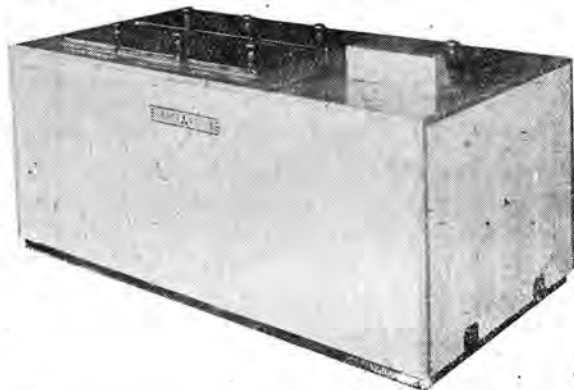
- (1) ケースには機械部、製造部、貯藏部、が理想的に纏めてある。
- (2) 可搬式ケースにより電源と冷却水源とを意用すれば、何處へでも容易に設置運轉が出来る。
- (3) 電動機は 1 馬力 3 相 220 V 誘導電動機で、冷凍機の冷媒はクロールメチルを用い、水冷式を採用してある。
- (4) 全自動運轉方式により、冷凍機の知識のない素人でも容易に運轉が出来る。

能 力

大きさ 14 mm×40 mm×70 mm のキャンデーを 1 時間に約 300 本製造出来る。

寸 法

長さ 2 m 幅 1 m 高さ 0.85 m



熱起電力による鍍金の厚み測定について

研 究 所 上 野 郁 郎

1. 緒 言

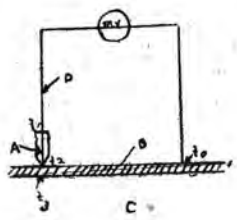
鍍金層の厚みの測定方法としては、顕微鏡による方法、滴下試験方法(1)、噴射試験法(2)、電解剥離法(3)、班點試験法(4)、重量減より求むる方法(5)、機械的方法磁氣的方法(6)、X線による方法(7)、熱起電力による方法(8)、等種々有るが試験品を全然破損又は損傷することなくして行うことが出来る方法はX線による方法、磁氣的方法、及び熱起電力による方法の三通り有り、今此等の方法の内熱起電力による方法を三菱重工業の水谷技師の行つた方法に基づき實驗した結果を報告す。

2. 原 理

(イ) 第1圖に於てAは一定温度に加熱されてるものとし其の上下兩端の温度 t_1, t_2 ,
B, 鍍金層, C, 地金.
 t_3 , Aなる接觸片を鍍金層に接觸させたために 鍍金層と地金との境界面の温度.
 t_0 他の點の温度 (常溫).
鍍金層の厚さが地金に比し非常に小なればミリボルト計に表われる熱起電力は大略次式にて示される。

$$E = P_{DA} + \int_{t_1}^{t_2} \sigma_A dt + P_{AR} + \int_{t_2}^{t_3} \sigma_R dt + P_{RC} + \int_{t_3}^{t_0} \sigma_C dt + P_{CD} + \int_{t_0}^{t_1} \sigma_D dt \dots \dots (1)$$

上式に於て P_{DA} は DA なる兩金屬間に於ける温度 t_1

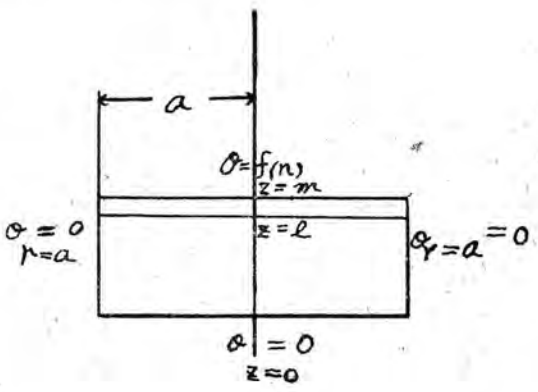


第 1 圖

なるときのペルチエ常數, $\int_{t_1}^{t_2} \sigma_A dt$ は t_1 より t_2 なる温度上昇によるトムソン効果による電位の上昇を示す。
1) 式より

$$E = \left\{ P_{DA} + P_{AC} + P_{CD} + \int_{t_2}^{t_3} \sigma_c dt + \int_{t_0}^{t_1} \sigma_D dt \right\} + \left\{ 1 P_{RC} + \int_{t_2}^{t_3} (\sigma_R - \sigma_c) dt \right\}$$

この式に於て前項は t_1, t_2, t_0 , が一定にして導線(D)接觸片(A)地金(C)の材質が一定なれば一定と考えられる。
第二項は t_3 なる温度により變化せる値を示す。
故に熱起電力 E は t_3 により變化する値を示す。
(ロ) 鍍金層に一定温度の接觸片を接觸するときの温度分布を考えるため第2圖に示される如き境界條件なるときの温度分布を求む、即ち $Z=0$ 及び $Z=m$ の温度が 0 及び $f(r)$ であり $r=a$ の温度が 0 で與えられているときの定狀的熱傳導を求む。
 $Z=0$ より l までの部分 O_1, K_1, C_1, P_1 で表はし $Z=l$ より m までの部分 O_2, K_2, C_2, P_2 で表わせばこの場合に次式が成立す。



第 2 圖

$$\frac{\partial^2 O_1}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial O_1}{\partial r} + \frac{\partial^2 O_1}{\partial z^2} = 0 \quad \dots\dots(1)$$

$$\frac{\partial^2 O_2}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial O_2}{\partial r} + \frac{\partial^2 O_2}{\partial z^2} = 0 \quad \dots\dots(2)$$

$$z=0 \text{ に於て} \quad O_1=0 \quad (z<l) \quad \dots\dots(3)$$

$$r=a \text{ に於て} \quad O_1=0 \quad (z<l) \quad \dots\dots(4)$$

$$r=a \text{ に於て} \quad O_2=0 \quad (l<z<m) \quad \dots\dots(5)$$

$$\left. \begin{aligned} z=l \text{ に於て} \quad O_1 &= O_2 \\ z=l \text{ に於て} \quad K_1 \frac{\partial O_1}{\partial z} &= K_2 \frac{\partial O_2}{\partial z} \end{aligned} \right\} \quad \dots\dots(6)$$

(1) 式に於て $O_1 = R_r Z_z$ とすれば

$$\frac{1}{R_r} \frac{\partial^2 R_r}{\partial r^2} + \frac{1}{R_r r} \frac{\partial R_r}{\partial r} = -\frac{1}{Z_z} \frac{\partial^2 Z_z}{\partial z^2} \quad \dots\dots(7)$$

左邊は獨立變數 r のみの函數であり右邊は獨立變數 z のみの函數であるため上式が等しきためには各々 $-\alpha^2$ に等しきと置き次の微分方程式を求む。

$$\frac{\partial^2 R_r}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial R_r}{\partial r} + \alpha^2 R_r = 0 \quad \dots\dots(8)$$

$$\frac{\partial^2 Z_z}{\partial z^2} - \alpha^2 Z_z = 0 \quad \dots\dots(9)$$

(8) 式に於て $\alpha r = \rho$ とおけば (8) 式は

$$\frac{\partial^2 R_r}{\partial \rho^2} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial R_r}{\partial \rho} + R_r = 0$$

$$R_r = A_1 J_0(\alpha r) + B_1 Y_0(\alpha r)$$

$Y_0(\alpha r)$ は $r=0$ に於て $Y_0(\alpha r) = \infty$ なる故 $B=0$ なり

$$R_r = A_1 J_0(\alpha r)$$

$$A_1 = f_1(\alpha)$$

(9) 式より $Z_z = c_1 e^{\alpha z} + D_1 e^{-\alpha z}$

$$c_1 = f_1(\alpha) \quad D_1 = f_2(\alpha)$$

$z=0$ に於て $O_1=0$ なる故 $C_1 = -D_1$

故にこの問題に適する特解として

$$O_1 = R_r \cdot Z_z = A_2 J_0(\alpha r) \cdot (e^{\alpha z} - e^{-\alpha z}) \quad \dots\dots(10)$$

$\alpha a = \lambda$ とすれば

$$O_1 = A_2 J_0\left(\frac{\lambda}{a} r\right) \cdot \left(e^{\frac{\lambda}{a} z} - e^{-\frac{\lambda}{a} z}\right)$$

而して λ は $J_0(\lambda) = 0$ の根なり

上式の根は $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \dots, \lambda_n$ とおけば

$$O_1 = \sum_{n=1}^{\infty} A_{2n} J_0\left(\frac{\lambda_n}{a} r\right) \left(e^{\frac{\lambda_n}{a} z} - e^{-\frac{\lambda_n}{a} z}\right) \quad \dots\dots(11)$$

同様に (2) 式より

$$O_2 = \sum_{n=1}^{\infty} J_0\left(\frac{\lambda_n}{a} r\right) \left(C_2 e^{\frac{\lambda_n}{a} z} + D_2 e^{-\frac{\lambda_n}{a} z}\right) \quad \dots\dots(12)$$

(6) 式より

$$D_2 = \frac{A_2 (K_2 e^{\frac{2\lambda n l}{a}} - K_1 e^{\frac{2\lambda n l}{a}} - K_1 - K_2)}{2K_2}$$

$$C_2 = \frac{A_2 (K_1 + K_2 + K_1 e^{-\frac{2\lambda n l}{a}} - K_2 e^{-\frac{2\lambda n l}{a}})}{2K_2}$$

故に (12) 式は

$$O_2 = \sum_{n=1}^{\infty} A_n J_0\left(\frac{\lambda_n}{a} r\right) \left\{ \frac{(K_1 + K_2 + K_1 e^{-\frac{2\lambda n l}{a}} - K_2 e^{-\frac{2\lambda n l}{a}})}{2K_2} e^{\frac{\lambda n z}{a}} + (K_2 e^{\frac{2\lambda n l}{a}} - K_1 e^{\frac{2\lambda n l}{a}} - K_1 - K_2) \times e^{-\frac{\lambda n z}{a}} \right\}$$

$f(r)$ にベッセル展開を施せば

$$f(r) = B_1 J_0\left(\frac{\lambda_1}{a} r\right) + B_2 J_0\left(\frac{\lambda_2}{a} r\right) + \dots\dots$$

$$B_n = \frac{\int_0^a r f(r) J_0\left(\frac{\lambda_n}{a} r\right) dr}{\int_0^a r \left[J_0\left(\frac{\lambda_n}{a} r\right)\right]^2 dr} = \frac{2}{a^2} \frac{\int_0^a r f(r) J_0\left(\frac{\lambda_n}{a} r\right) dr}{[J_1(\lambda_n)]^2}$$

$$\therefore f(r) = \frac{2}{a^2} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{J_0\left(\frac{\lambda_n}{a} r\right) \int_0^a r f(r) J_0\left(\frac{\lambda_n}{a} r\right) dr}{[J_1(\lambda_n)]^2} \\ = \sum_{n=1}^{\infty} B_n J_0\left(\frac{\lambda_n}{a} r\right) \left\{ \frac{(K_1 + K_2 + K_1 e^{-\frac{2\lambda n l}{a}} - K_2 e^{-\frac{2\lambda n l}{a}})}{2K_2} e^{\frac{\lambda_n z}{a}} + \frac{\frac{\lambda_n m}{a} + (K_2 e^{\frac{2\lambda n l}{a}} - K_1 e^{\frac{2\lambda n l}{a}} - K_1 - K_2) e^{-\frac{\lambda_n z}{a}}}{2K_2} \right\}$$

$$\therefore O_2 = \frac{2}{a^2} \sum_{n=1}^{\infty} J_0\left(\frac{\lambda_n}{a} r\right) \frac{(K_1 + K_2 + K_1 e^{-\frac{2\lambda n l}{a}} - K_2 e^{-\frac{2\lambda n l}{a}}) e^{\frac{\lambda_n z}{a}}}{[J_1(\lambda_n)]^2} + \frac{(K_2 e^{\frac{2\lambda n l}{a}} - K_1 e^{\frac{2\lambda n l}{a}} - K_1 - K_2) e^{-\frac{\lambda_n z}{a}}}{[J_1(\lambda_n)]^2} \left\{ \int_0^a r f(r) J_0\left(\frac{\lambda_n}{a} r\right) dr - K_2 e^{-\frac{2\lambda n l}{a}} \times e^{\frac{\lambda_n m}{a}} + (K_2 e^{\frac{2\lambda n l}{a}} - K_1 e^{\frac{2\lambda n l}{a}} - K_1 - K_2) e^{-\frac{\lambda_n m}{a}} \right\}$$

今 $f(r)$ を $r=0$ より $1mm$ まで T^0 とすれば上式は

$$O_2 = 2T \sum_{n=1}^{\infty} \frac{J_0\left(\frac{\lambda_n}{a} r\right) [J_1(\lambda_n)]^2}{\lambda_n [J_1(\lambda_n)]^2} \left\{ (K_1 + K_2 + K_1 e^{-\frac{2\lambda n l}{a}} - K_2 e^{-\frac{2\lambda n l}{a}}) \times e^{\frac{\lambda_n z}{a}} + (K_2 e^{\frac{2\lambda n l}{a}} - K_1 e^{\frac{2\lambda n l}{a}} - K_1 - K_2) e^{-\frac{\lambda_n z}{a}} \right\} \\ + \frac{\frac{2\lambda n l}{a} + (K_2 e^{\frac{2\lambda n l}{a}} - K_1 e^{\frac{2\lambda n l}{a}} - K_1 - K_2) e^{-\frac{\lambda_n m}{a}}}{[J_1(\lambda_n)]^2} \dots\dots(13)$$

上式を數値計算せる結果次表の如き結果が得られた。

$(m-l)$ mm	$r=0$ mm	$r=0.5$ mm	$r=1$ mm	$r=2$ mm
0.1	91.7	91		
0.2		82.5	43.0	6.2
0.3	79.2	74.0	38.0	5.9
0.5	63.9	57.4	32.3	5.8
1.0	35.3	30.8	20.9	5.6
2.0	11.9	11.1	9.4	5.3
3.0	5.3	4.6	4.5	2.8
4.0	2.9	2.7	2.4	1.6

但し

$$K_1 = 0.013 \text{ cal/Cmm sec}$$

$$K_2 = 0.022 \text{ cal/C mm sec}$$

$$n = 16 \quad \text{まで計算す}$$

$$T = 100^\circ \text{C}$$

$$L = 10\text{mm}$$

$$a = 4\text{mm}$$

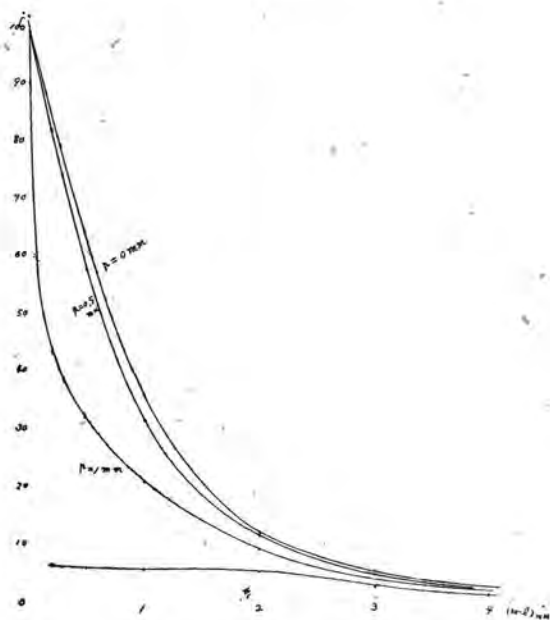
($m-l$)=0.1mmに於ては n の増加に対する収斂は非常に遅く $n=16$ までの値にては誤差大にして計算困難なるため實際は $r=2\text{mm}$ に於ては數度の溫度であるが $a=2\text{mm}$ に於て0度なると假定し計算す。

第3圖に於て前記の點は他の諸點及び $m-l=0\text{mm}$, 100°C を結ぶ曲線上にあり實際の溫度を示しているものと思ふ。

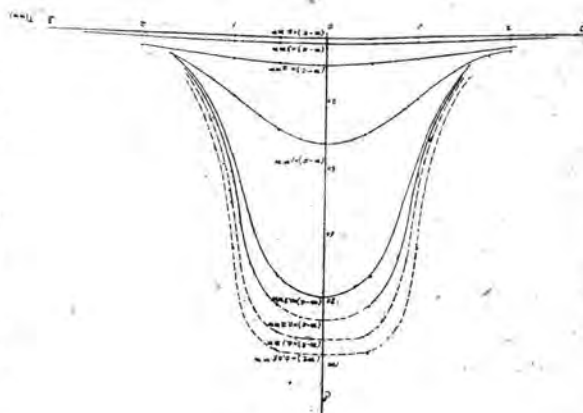
第4圖に於て $m-l=0.1\text{mm}$ を點線にて書いたのは前記の理由による。又第4圖に於ける $m-l=0.05\text{mm}$ の曲線は第3圖より求めた値で實際に數値計算より求めることは出来なかつたが大體この程度の溫度を示しているものと思ふ。

第3圖、第4圖の縦軸即ち溫度は接觸片と地金の溫度差 100°C なるときの溫度分布を示す。他の任意の溫度 θ とすれば第3圖、第4圖、の値に $\frac{\theta-0}{100}$ 倍すればよい。但し 0° は地金の溫度即ち室溫である。 $m-l$ は鍍金層の厚さを示し r は接觸片 A の中心軸よりの距離を示す。 $r=0$ 即ち接觸片の中心部直下に於ては厚さの變化に対する溫度の變化は厚さが小なるときは直線的であるが接觸片の端部に近づくに従ひ變化は大となる。 $r=0$ に於て $m-l=0.1\text{mm}$ にて約 90°C , $r=1\text{mm}$ にて約 50°C の溫度を示す。

これを云ひ換えれば鍍金の厚さが $0\sim 0.1\text{mm}$ の變化に



第3圖



第4圖

對し中心部に於て 10°C の變化が起り $r=1\text{mm}$ にて 50°C の溫度變化が起り得る。これを起電力に換算すれば鍍金 Ni , 地金 Fe , とすると中心部の溫度變化にては 0.4mv , 外部の溫度變化にては約 2mv の起電力の變化が起り得ると考えられる。

故に接觸片及び地金の溫度差 100°C なれば約 1mv 前後の起電力の變化が鍍金の厚さ $0\sim 0.1\text{mm}$ の變化により生じ得ると思うこの位の起電力の變化が起り得るものとすれば精密なる mv 計なれば充分檢出可能である。

(3) 實驗結果

第1圖の如き回路に於て實驗せる結果を示せば次の如し

供試品	$T_1\text{mm}$	$V_A\text{mv}$	$V_R\text{mv}$	$V_C\text{mv}$
No. 1	0.0625	1.17	2.00	2.36
No. 2	0.0611	1.18	2.00	2.50
No. 3	0.0410	0.84	1.46	1.78
No. 4	0.0470	1.05	1.94	2.06
No. 5	0.0676	1.63	2.66	3.5
No. 6	0.0571	1.30	2.02	3.1
No. 7	0.0325	1.04	1.74	2.0
No. 8	0.0875	2.00	3.34	4.5

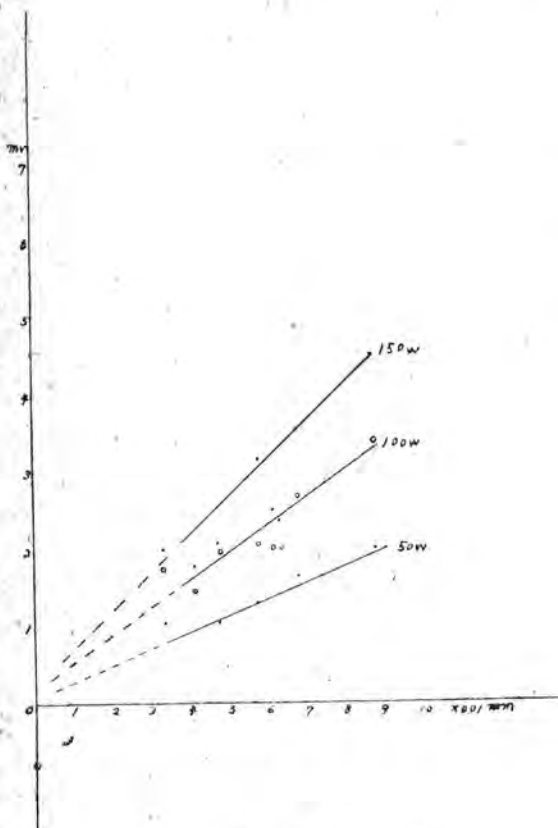
ミリボルト計 18mv計使用す

T_1 : 顯微鏡による測定値, 鍍膜に直角の方向に研磨することが困難なるため黃銅保持器により適當の大きさに切斷した試験片を挟みフレンチエメリペーパーにて磨き研磨布にて仕上げたる後400倍の顯微鏡により測定した値。

V_A } 接觸片 A を半田鍍にてこれに一定の電力を供給し
 V_R } たときの mv 計に表われる電壓
 V_C }

$$V_A \dots\dots 150\text{W}$$

$$V_R \dots\dots 100\text{W}$$



第 5 圖

\sqrt{G} 50W

供試品地金MS, 鍍金Ni

顯微鏡による値と起電力の關係を示せば第5圖の如し。

(4) 結 論

本装置により供試品を全然破損せずに比較的簡単に迅速に測定出来るが接觸片の温度を半田鍍に供給する電力を一定に保ちて一定温度とした關係上この温度變化による熱起電力の變化等もある程度まぬかれず正確に厚みを測定することは困難であつたが大體の傾向は求めることが出来た。

加熱電力が大きいと厚みの變化による起電力の變化は大となるが上記誤差のため測定困難となる。

加熱電力が小なれば厚みの變化に対する起電力の變化は小となるが前記の影響も小となり、又接觸片の酸化等のことも考慮に入れれば更に小なる電力にてより精密なるmv計にて測定すれば更によい結果が得られると思う。

又第4圖により解る如く鍍金層の温度は接觸片より3mm以上離れた所は常温であると考えられるから低温部

分の端子はごく近づけぬ限り温度の變化による起電力の變化は表われぬ。又實際に測定した結果接觸片(A)及び他の端子(低温端子)間を2cmより6cmまでに變化せる際距離による變化はみとめられなかつた。故にこの地金による抵抗の電壓降下はあまり問題にならぬ。

地金の厚みの影響も4mm以上の厚さの地金なればこの厚さの變化による鍍金層の温度の變化も生ぜず従つて熱起電力は大體一樣の地金なれば地金の厚さによる影響は無いと思う。

最後の熱傳導の式及び計算は物理課菅野技師の御指示により計算したことを附記し本實驗に種々御指導下された木村課長、國富技師に感謝の意を表す。

参 考 文 獻

- (1) 滴下試験方法 (イ) 電球口金の亜鉛カドニウム鍍金の試験法として臨時日本標準規格第十三號
(ロ) ニッケル鍍金につき中島氏の研究報告(電氣化學16年8月)
(ハ) クローム鍍金につき中島氏の研究報告(電氣化學17年4月)
- (ニ) 黄銅素地クロム及ニッケルクロム鍍金の試験法として臨時日本標準規格第102號
- (2) 噴射試験法 (イ) 黄銅素地ニッケル鍍金につき臨時日本標準規格第90號
(ロ) (2) (ニ) に依る。
- (3) 電解剝離法 (2) (ハ) に依る
- (4) 斑點試験法 (3) (イ) に依る
- (5) 重量減より求むる方法
(イ) 亜鉛メッキ鋼板につき日本標準規格第三〇二號
(ロ) 通信用亜鉛メッキ鐵線につき臨時日本標準規格第三二〇號
- (6) 磁氣的試験法 (イ) 科學測器18年12月田中普輔、那須卓也兩氏の報告
(ロ) 電氣試驗所彙報15年12月(第四卷)
- (7) X線に依る方法 科學測器 16年 11 月
- (8) 熱起電力による方法 名發研究報告第六卷第三號

熱傳導論. 川下研介著(P41, P112, P197, P255.) 参照
數學概論. 寺澤寛一著(自然科學者のための.P521) 参照

Heaviside 演算子法に對する新しい考察と その電気回路解析に於ける應用 (XII)

第 II 章に於ては、一般の二線並行送電線に關する基本方程式を演算子法を用いて解いてある。第 III 章には無限長送電線の内 $L=0$, $G=0$ の場合及び $K=0$, $G=0$ の場合の二つの例を擧げてある。

研 究 所 菅 野 正 雄

第 II 章

二線並行送電線に關する基本式

分布定數回路解析の一つの代表的例として、二線並行送電線に關する簡単な問題を取扱つて見ることにする。

先ず本章に於いては、送電線上の電壓及び電流分布を求める基本方程式とその一般解に就いて考察する。二線並行送電線に關する基本方程式はよく知られている様に

L を往復單位長當りの誘導、

R を往復單位長當りの抵抗、

C を往復二線間の單位長當りの容量、

G を往復二線間の單位長當りのコンダクタンス

とし、線上の一點 x に於ける電壓及び電流を夫々 $e(t, x)$ 及び $i(t, x)$ 、又 $x + dx$ に於ける夫等を夫々 $e(t, x + dx)$ 及び $i(t, x + dx)$ とすれば

$$\begin{aligned} -\frac{\partial e(t, x)}{\partial x} &= (LD + R) i(t, x), \\ -\frac{\partial i(t, x)}{\partial x} &= (CD + G) e(t, x) \end{aligned} \quad \left\{ \begin{array}{l} t > 0, \\ x_0 < x < x_1 \end{array} \right\} \dots (II. 1)$$

であり、これに初期條件 $e(-0, x)$ 又は $e(+0, x)$ 及び $i(-0, x)$ 又は $i(+0, x)$ 並に適當な境界條件が附随する (II. 1) 式に D - λ 變換を施せば、

$$\begin{aligned} -D_x F_e(\lambda, x) &= (L\lambda + R) F_i(\lambda, x) - L i(\pm 0, x), \\ -D_x F_i(\lambda, x) &= (C\lambda + G) F_e(\lambda, x) - C e(\pm 0, x), \end{aligned} \quad \left(\begin{array}{l} x_0 < x < x_1, \\ D_x = \frac{\partial}{\partial x} \end{array} \right) \dots (II. 2)$$

を得るが、此の式の一般解は

$$F_e(\lambda, x) = A_1(\lambda) e^{\tau(\lambda)x} + B_1(\lambda) e^{-\tau(\lambda)x} + \{ \gamma(\lambda)^2 - D_x^2 \}^{-1} H_e(\lambda, x), \dots (II. 3)$$

$$F_i(\lambda, x) = -\frac{\gamma(\lambda)}{L(\lambda + \alpha + \beta)} \left\{ A_2(\lambda) e^{\tau(\lambda)x} - B_2(\lambda) e^{-\tau(\lambda)x} \right\} + \{ \gamma(\lambda)^2 - D_x^2 \}^{-1} H_i(\lambda, x), \dots (II. 4)$$

$$(x_0 < x < x_1),$$

又は

$$F_e(\lambda, x) = A_2(\lambda) \cos h \gamma(\lambda) x + B_2(\lambda) \sin h \gamma(\lambda) x + \{ \gamma(\lambda)^2 - D_x^2 \}^{-1} H_e(\lambda, x), \dots (II. 3')$$

$$F_i(\lambda, x) = -\frac{\gamma(\lambda)}{L(\lambda + \alpha + \beta)} \left\{ A_2(\lambda) \sin h \gamma(\lambda) x + B_2(\lambda) \cos h \gamma(\lambda) x \right\} + \{ \gamma(\lambda)^2 - D_x^2 \}^{-1} H_i(\lambda, x), \dots (II. 4')$$

の如くである。茲に

$$\sigma_e(\lambda, t) = \mathbf{1} \left(\begin{array}{l} t \\ 0 \end{array} \right) e(t, x) = F_e(\lambda, x)$$

$$\sigma_i(\lambda, t) = \mathbf{1} \left(\begin{array}{l} t \\ 0 \end{array} \right) i(t, x) = F_i(\lambda, x),$$

$$H_e(\lambda, x) = \frac{\lambda}{v^2} \left\{ (\lambda + \alpha + \beta) e(\pm 0, x) - \frac{1}{C} D_x i(\pm 0, x) \right\},$$

$$H_i(\lambda, x) = \frac{\lambda}{v^2} \left\{ (\lambda + \alpha - \beta) i(\pm 0, x) - \frac{1}{L} D_x e(\pm 0, x) \right\},$$

$$v = \frac{1}{\sqrt{CL}}, \quad \gamma(\lambda) = \frac{1}{v} \sqrt{(\lambda + \alpha)^2 - \beta^2} = \sqrt{L(\lambda + R)(C\lambda + G)},$$

$$\alpha = \frac{1}{2} \left(\frac{R}{L} + \frac{G}{C} \right) = \text{減衰定數},$$

$$\beta = \frac{1}{2} \left(\frac{R}{L} - \frac{G}{C} \right) = \text{歪定數}$$

であり、 $A_1(\lambda)$ 及び $B_1(\lambda)$ 又は $A_2(\lambda)$ 及び $B_2(\lambda)$ は二つの境界條件より定めらるべき定數である。尚 $\gamma(\lambda) = \varepsilon + j\eta$ と書く時、 $\varepsilon > 0$ としておいて差支えない而して $A_1(\lambda)$ 及び $B_1(\lambda)$ 又は $A_2(\lambda)$ 及び $B_2(\lambda)$ が定められたとすれば、所要の解は

$$\begin{aligned} \mathbf{1} \left(\begin{array}{l} t \\ 0 \end{array} \right) e(t, x) &= \sigma_e(t, \lambda) F_e(\lambda, x), \\ \mathbf{1} \left(\begin{array}{l} t \\ 0 \end{array} \right) i(t, x) &= \sigma_i(t, \lambda) F_i(\lambda, x), \end{aligned} \quad \left\{ \begin{array}{l} x_0 < x < x_1 \end{array} \right\}$$

から求められるが、若し、 $L_e(t, \lambda) E_e(\lambda, x)$ 及び $L_e(t, \lambda) F_i(\lambda, x)$ が存在する時は、(多くの問題は此の場合である。)

$$\begin{aligned} \mathbf{1}_{(0)}^{(t)} e(t, x) &= L_e(t, \lambda) F_e(\lambda, x) \\ &= \{A_1(D) e^{\gamma(D)x} + B_1(D) e^{-\gamma(D)x}\} \mathbf{1}_{(0)}^{(t)} \\ &\quad + \{\gamma(D)^2 - D_x^2\}^{-1} H_e(D, x) \mathbf{1}_{(0)}^{(t)}, \dots \dots (II. 5) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mathbf{1}_{(0)}^{(t)} i(t, x) &= L_e(t, \lambda) F_i(\lambda, x) \\ &= -\frac{\gamma(D)}{L(D+\alpha+\beta)} \{A_1(D) e^{\gamma(D)x} - B_1(D) e^{-\gamma(D)x}\} \mathbf{1}_{(0)}^{(t)} \\ &\quad + \{\gamma(D)^2 - D_x^2\}^{-1} H_i(D, x) \mathbf{1}_{(0)}^{(t)}, \dots \dots (II. 6) \end{aligned}$$

($x_0 < x < x_1$),

又は

$$\begin{aligned} \mathbf{1}_{(0)}^{(t)} e(t, x) &= \{A_2(D) \cos h \gamma(D)x + B_2(D) \sin h \gamma(D)x\} \mathbf{1}_{(0)}^{(t)} \\ &\quad + \{\gamma(D)^2 - D_x^2\}^{-1} H_e(D, x) \mathbf{1}_{(0)}^{(t)}, \dots \dots (II. 5') \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mathbf{1}_{(0)}^{(t)} i(t, x) &= -\frac{\gamma(D)}{L(D+\alpha+\beta)} \{A_2(D) \sin h \gamma(D)x \\ &\quad + B_2(D) \cos h \gamma(D)x\} \mathbf{1}_{(0)}^{(t)} \\ &\quad + \{\gamma(D)^2 - D_x^2\}^{-1} H_i(D, x) \mathbf{1}_{(0)}^{(t)}, \dots \dots (II. 6') \end{aligned}$$

($x_0 < x < x_1$)

等から得られる。

併し箇々の問題に當つては、(II. 5) 及び (II. 6) 又は (II. 5') 及び (II. 6') の如き一般解を用ゐるよりも直接に境界条件を考慮して (II. 2) 式を解く方が、便利な場合もある。(第V章の問題4を参照のこと)

以下第V章迄の各章に於いて、種々の簡単な境界条件の下に箇々の問題を解いてみよう、但し、便宜上、線路は一線とし、歸路は大地とする、此の場合、線路定数 L, R, C, G の値はさきに定義したものと異つて來るが、文字はそのまゝ使用することとする。又電源電壓 $E(t)$ は $t=0$ (回路變革の瞬間) に於いては連続となつてゐるものとする。

第 III 章

無 限 長 送 電 線

送電線が $-\infty < x < \infty$ に亙つてゐるものとする、此の場合には $x = \pm \infty$ に於いても解が有限なるべきことから、(II. 3) 式及び (II. 4) 式に於いて

$$A_1(\lambda) = B_1(\lambda) = 0$$

でなければならない。然らば (II. 5) 式及び (II. 6) 式は

$$\begin{aligned} \mathbf{1}_{(0)}^{(t)} e(t, x) &= \{\gamma(D)^2 - D_x^2\}^{-1} H_e(D, x) \mathbf{1}_{(0)}^{(t)}, \dots \dots \\ &\dots (II. 7) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mathbf{1}_{(0)}^{(t)} i(t, x) &= \{\gamma(D)^2 - D_x^2\}^{-1} H_i(D, x) \mathbf{1}_{(0)}^{(t)}, \dots \dots \\ &\dots (II. 8) \end{aligned}$$

($-\infty < x < \infty$)

となるが、簡單の爲次の二つの場合を考える。

(1) $L=0, G=0; e(+0, x) = E(x)$ の場合

此の場合は

$$\begin{aligned} H_e(\lambda, x) &= CR\lambda E(x), \quad H_i(\lambda, x) = -C\lambda E'(x), \\ \gamma(D) &\equiv \sqrt{CRD}. \end{aligned}$$

なる故、擴張された重疊の定理 (III, § III. 3 参照) を利用すれば、

$$\begin{aligned} \mathbf{1}_{(0)}^{(t)} e(t, x) &= \frac{D}{D - \frac{D_x^2}{cR}} E(x) \mathbf{1}_{(0)}^{(t)} \\ &= \frac{t}{\epsilon \sqrt{cR}} \int_0^t \frac{1}{\epsilon - \frac{t}{cR}} E(x) \mathbf{1}_{(0)}^{(t)} \rho(t) dt \\ &= \mathbf{1}_{(0)}^{(t)} \epsilon \frac{t}{\sqrt{cR}} E(x) \\ &= \mathbf{1}_{(0)}^{(t)} \frac{1}{\sqrt{\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} E(x + \sqrt{\frac{4t}{cR}} \xi) \epsilon^{-\xi^2} d\xi, \\ &\dots \dots (II. 9) \end{aligned}$$

($-\infty < x < \infty$),

$$\begin{aligned} \mathbf{1}_{(0)}^{(t)} i(t, x) &= -\frac{D}{R(D - \frac{D_x^2}{cR})} E'(x) \mathbf{1}_{(0)}^{(t)} \\ &= -\mathbf{1}_{(0)}^{(t)} \sqrt{\frac{C}{\pi R t}} \int_{-\infty}^{\infty} E(x + \sqrt{\frac{4t}{cR}} \xi) \epsilon^{-\xi^2} \xi d\xi, \\ &\dots \dots (II. 10) \end{aligned}$$

($-\infty < x < \infty$),

として所要の解が得られる。

(2) $R=0, G=0; e(+0, x) = E(x), i(+0, x) = I(x)$ の場合
此の場合は

$$\begin{aligned} H_e(\lambda, x) &= \frac{\lambda^2}{v^2} E(x) - L\lambda I'(x), \\ H_i(\lambda, x) &= \frac{\lambda^2}{v^2} I(x) - C\lambda E'(x), \\ \gamma(\lambda) &= \frac{\lambda}{v} \end{aligned}$$

なる故、§ I. 3 の計算を利用して

$$\begin{aligned} \mathbf{1}_{(0)}^{(t)} e(t, x) &= \frac{D^2}{D^2 - v^2 D_x^2} E(x) \mathbf{1}_{(0)}^{(t)} \\ &\quad - \frac{DD_x}{C(D^2 - v^2 D_x^2)} I(x) \mathbf{1}_{(0)}^{(t)} \\ &= \mathbf{1}_{(0)}^{(t)} \frac{1}{2} \{E(x+vt) + E(x-vt) \\ &\quad - \sqrt{\frac{L}{C}} (I(x+vt) - I(x-vt))\}, \\ &\dots \dots (II. 11) \end{aligned}$$

($-\infty < x < \infty$),

$$\begin{aligned} \mathbf{1}_{(0)}^{(t)} i(t, x) &= \frac{D^2}{D^2 - v^2 D_x^2} I(x) \mathbf{1}_{(0)}^{(t)} \\ &\quad - \frac{DD_x}{L(D^2 - v^2 D_x^2)} E(x) \mathbf{1}_{(0)}^{(t)} \\ &= \mathbf{1}_{(0)}^{(t)} \frac{1}{2} \{I(x+vt) + I(x-vt) \\ &\quad - \sqrt{\frac{C}{L}} (E(x+vt) - E(x-vt))\}, \\ &\dots \dots (II. 12) \end{aligned}$$

($-\infty < x < \infty$),

の如くに所要の解が得られる。

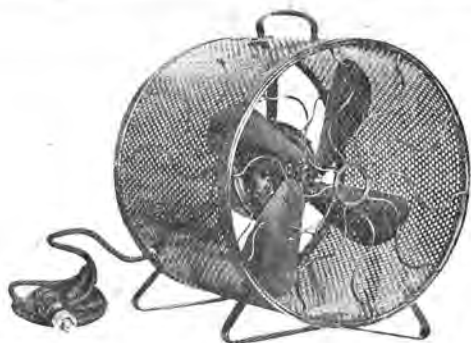
(つづく)

養蠶用三菱送風機

本機は養蠶家の切實なる希望を満たさんが爲に研究設計されたもので、その構造の特徴は次の通りである。

特徴

- (1) 外面は穴明け鐵板で製作してあるため羽根の能率を少しも害せず風速や風量を充分得られる。
- (2) モータルの構造が電氣的にも機械的にも優秀である爲使用中騒々しい音を立てない。
- (3) 外觀が優美な上に、胴體と脚部とは電氣熔接によつて一體となつて居るから大人が乗つて揺つた位では微動すらしない堅牢さである。
- (4) 6.7 疋 (約 2 貫) と云ふ輕量で且つ 外面の上部にはハンドルが取付けてあるから持ち運びに便利である。
- (5) 羽根の前部には充分な餘裕がとつてあるから誤つて指を觸れる等の危險がない。
- (6) 使用方法是簡單で送風機の挿込プラグを電燈線のコンセントに差込むだけで出来る。



本機を使用せる時の効果

- (1) 蠶作の安定 (2) 桑葉の經濟 (3) 繭質の向上
- (4) 解舒の良好 (5) 生糸生産費の低減
- (6) 收入の増加 (7) 時間及び人件費の節約

その仕様は

羽根時	電壓 V	周波數	回轉數	電力 W	風速 (米/毎分) 羽根前面 1 米の距離	風量 立方分米 毎分	重量 kg
12	100 110	50	1350	38	190	27	6.7
12	100 110	60	1450	40	200	28	0.7

「三菱電機」第21卷 第2號 3月號掲載内容

- 過渡現象直視装置に依る線路の波動抵抗の測定……………安藤 安二
- クレーマ接續水銀整流器の特性……………濱田 賢
津崎 一榮
- 超短波通信機……………馬場 文夫

新製品紹介

- 5 球スーパー「ダイヤトーン」47型ラジオ受信機
- 三菱電氣乗合自動車

「三菱電機」第21卷 第4號 7月號内容豫定

- 220 KV 幹線用變壓器に關する考察……………木村 久男
- クライドグラフ (衝擊電壓記錄器)……………蔭山長三郎
- 市街電車用多段式制御器……………龜井 祐之
- 坑内用高壓油入開閉器付變壓器に就いて……………松尾 昇
櫻本 俊
若杉 彌
茨野 郎
- 47—D 型ラジオ受信機……………槽谷 完

新製品紹介

「三菱電機」 5 月 號 第 21 卷 第 3 號

昭和 22 年 5 月 15 日 印刷

昭和 22 年 5 月 20 日 發行 (隔月 1 回 20 日 發行)

【禁無斷轉載】

定價 1 部 金 4 圓 (送料 ¥ 1.20 錢)

編輯兼發行人

小林 稻 城

印刷者

東京都中央區銀座 3 丁目 4 番地
佐藤 保 太 郎

印刷所

東京都中央區銀座 3 丁目 4 番地
文祥堂印刷株式會社

發行所

東京都千代田區丸の内 2 丁目 2 番地
三菱電機株式會社内

「三菱電機」編輯部

電話丸の内 (23) 3 3 4 4 (6)
日本出版協會會員番號 B213013