

油 試 驗 装 置 (一)

富士電機製造株式會社

御 代 日 出 生

I. 序

變壓器油、開閉器油等の礦油が、使用上良好な状態に在るか否かの問題の重大なことは、今更贅言を要しないのであるが、然らば如何にしてその良否を試験すべきであるかといふと、これは油の性質がその用ゐられる場所によつて、物理的或は化學的に要求せられる程度を異にするのでなかなか簡単ではないけれども、その重大さから言へば、獨り絶縁耐力あるのみである。勿論他の性質が重要でないのではない。併し絶縁耐力には較ぶべくもない。

絶縁耐力の大小は直ちに油の生命を制するに足りる。それであるから、これらの油は呼ぶにも絶縁油の名を以てせられ、Oiltester といへば、油の絶縁耐力試験装置を意味するものと解釋せられる程に、廣く通用するに至つてゐるのである。

そして又、油の一般性質なるものの多くは、其の試験が實驗室内の仕事に屬する。化學的の性質については勿論、物理的の性質でも、例へば粘度、凝固點の様なものでも簡単に決定するといふ譯には行かない。そこへ行くと絶縁耐力の問題は、事そのことが比較的簡単に決定が出來ると共に、一つにはそれが甚だ重要であるがために、愈々現場に於て簡單便宜に試験し得る装置の考案を促すに至り、以て今日見る通りの各種の油試験装置の出現を見るに至つたものである。

II. 油 試 驗 装 置 の 構 成

油の試験装置は essentially に次の三つの部分から成立つと言へると思ふ。即ち

- i) 電 極
- ii) 油 容 器
- iii) 電 源 装 置

である。i) の電極を、ii) の中に入れた供試油の中に對立せしめ、これに iii)) によつて發生せられた電壓を加へると、その放電電壓と間隙距離とから、油の絶縁耐力を決定することが出来る。

また i) ii) を合して油試験器と稱することがあり、或は油試験器として上の iii) までを含ませる場合もあるようであるが、茲では内容を判然させるため、三者を合したものを油試験装置、

i) 及 ii) のみを含むものを油試験器として、言葉を區別しておく。

電 極

電極の形は實驗的には色々なものが試みられた。二個の球、二個の圓板、二個の並置した圓筒、二個の同心圓筒、球と圓板、球と針、針と圓板、圓筒と平板、角筒と平板、二個の角筒、二個のアンクル等、その寸法を變へ、比例を換へ、角度を替へて實驗せられた。そして今尚ほ實驗は頻りに進められてゐる。

併し實用的に油の良否を判斷する目的に採用せられてゐるのは、二個の球及び二個の圓板であつて、殊に大部分のものは二個の球（對立した同大の球）である。試みに主な國々の標準を見ても、獨り米國が圓板である外、英國、獨逸、フランス、日本等、何れも皆、球である。その大さ距離等の關係に就いては後に掲げる。

また電極相互の配列の位置は、水平なものと垂直のものと二つがあるが、各國の仕様中、此の位置は明記してゐないものが多い。

油 容 器

これは試験すべき油を收容するもので、材料は硝子、陶器、エポナイト等の絶縁物である。

容積には、その國の標準規定で制限のあるのがあり、無いのがある。

電 源 装 置

電壓の種類も、實驗的には行はれたものでは色々あつた。常用周波數の交流電壓、高周波電壓、衝擊電壓等である。併しこれも實用的に専ら用ゐられてゐるものは、常用周波數の交流電壓であつて、普通は容量の小さな試験變壓器からとつてゐる。

電壓の波形は勿論純正弦波が標準である。けれども既に實際上の手段として、變壓器を使つてゐるのであるから、絶対に純正弦波である譯には行かなく、出来るだけ此の標準に近いことが望ましいといふことになる。

また高壓變壓器の高壓側の電壓を加減するには、低壓側の電壓を加減するのであるが、その低壓側電壓を加減する手段に用ゐられるものは、普通

- a. 誘導電壓調整器
- b. 調整變壓器
- c. 調整抵抗器

中の何れかである。

III. 油 試 驗 法 の 分 類

油の絶縁耐力は一般絶縁物と同様、一極當りのキロヴォルト數 (KV/cm) で表はす。

併し商品納入の際などに行はれる合格試験に於ては、上述の如き KV/cm の値を以て其の絶縁耐力を指示せられる場合の外に、或る特定の試験器を用ゐたときにその電極間に加へられる電圧が幾 KV 以上と、その KV の値を以て指示せられる場合がある。若しそのような場合、その指定せられた試験器を所持してゐないときは、その絶縁耐力が幾 KV/cm に相當するのであるか、或は他の試験器を用ゐたなら幾 KV に相當するのであるか、それを是非とも知つておく必要があらうと思ふ。

次に油試験装置を用ゐて油の絶縁耐力を測定するとき、その方法に二つの種類がある。一つは

a) 電圧を一定にしておいて、電極間の距離を加減して行き、終に絶縁破壊の電界強に至らしめるもの

他の一つは

b) 電極間の距離は一定にしておき、これに加へる電圧を漸次に高めて行つて、終に絶縁破壊の電界強に至らしめるもの

である。目下行はれてゐるものは、大抵 b) の方式のものであるが、獨逸に於ては a) の方式も亦認められてゐる所である。

IV. 各國の油試験用標準電極及び試験装置

大抵の國には油の試験規定があつて、油の試験に用ゐる電極の形、距離、其の他を定めてゐる。

次にその主なるものを挙げる。

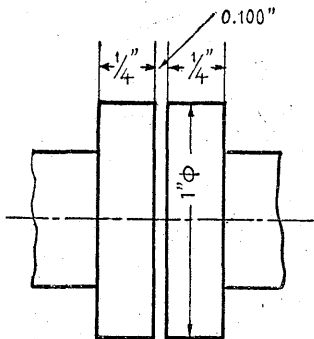
米 國

電極二個の對立した同大の平圓板

寸法 直徑 1 吋、厚さ 1/4 吋

距離 100 ミル (第一圖)

位置 水 平



第一圖 米國の標準電極

油の絶縁耐力の最低限は此の試験器で測つたときに 22 KV⁽¹⁾

此の規定を制定した團隊は A.S.T.M. (American Society for Testing Materials)

いま其の國の代表的な製品を例に挙げると

例、G.E. 製、油試験装置⁽²⁾

(1) N.E.L.A. Rule. (これは使用狀態に於ける最低限である)

(2) G.E. Instruction Book 89901 A of June 1921, 89707A of October 1924.

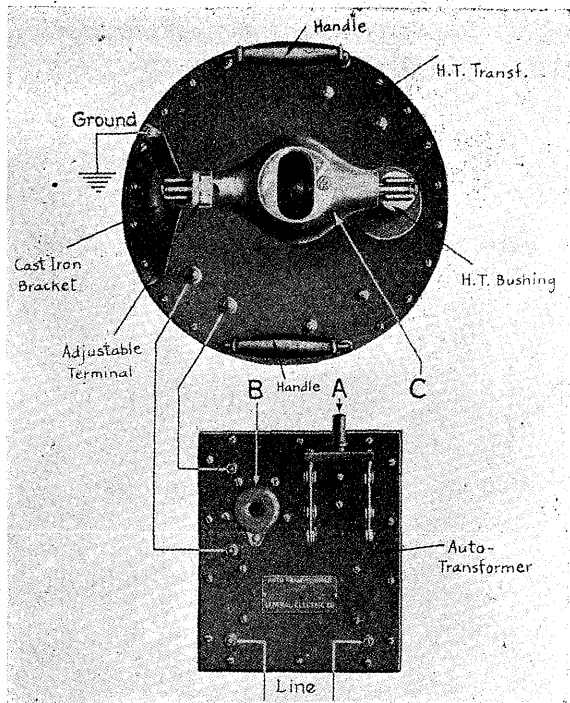
G.E. 會社製の油試験装置には、次の二種類がある。

1. G-E portable oil testing set.
2. Oil and insulation testing set.

1) この中第一の G.E. portable oil testing set は第二圖に示したようなもので、油試験器、携帯型の小さな油入高圧變壓器、これも小さな單捲變壓器の三部とから成り立つて居る。

高壓變壓器は其 捲線比 110: 25,000V、高壓側端子の一方は套管、他方は鑄鐵製の軸承で、兩者の間には C なる油容器を掛け渡させるようになってゐる。鑄鐵製軸承は油槽と共に接地せられる。

油試験器の電極は鋼鐵製、寸法は前述のものであるが、油容器は型に入れて作ったエボトナイの cup で、上面は油を注入するための口である。試験が終つて油を取出すには此の cup を反転する。電極は鑄鐵製軸承の側のものが、可動電極になつて居て、ゲージで間隙距離を加減し、set screw で固定する。



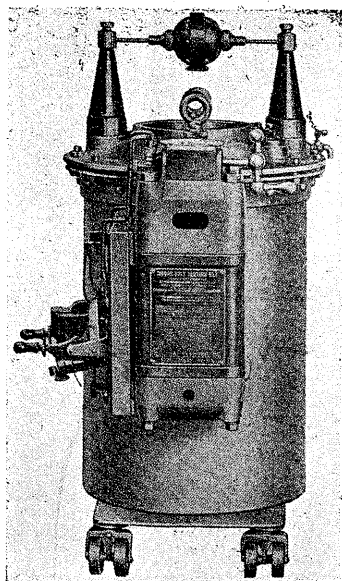
第二圖 G-E portable oil testing set の平面圖

- A=主開閉器
B=二次電壓切替用廻轉開閉器
C=油容器

單捲變壓器は、その一次に 110V を加へた時、B なる dial switch の位置により、高壓變壓器の二次端に 15, 17.5, 20, 22.5, 25 KV の高壓を發生する事が出来るようになってゐる、その中間の電壓は任意に發生せしめることが出来ない。従つて良否の程度を決定するとき、或る tap では飛ばず、次の tap で火花が飛んだといふように、順々に Yes か No かで試験して行く。又電源の電壓が正確に 110V でない場合は、別に電壓計を持つて來て、その發生電壓に補正を加へる必要がある。これはこの装置には電壓計が附屬してゐないからである。

2) 次に Oil and insulation testing set であるが、これは第三圖に見られるような外觀のもので、油試験器、高壓變壓器、誘導電壓調整器等より成る。

油試験器の電極の形は標準通りのものであるが、前の Portable oil testing set のものと異なる所は、兩極共 1 吋當り 20 threads の螺糸により加減する事が出来、その距離は index notch で讀みとれることである。調整を終へた距離は lock nut で固定する。電極の材料は眞鍮である。



第三圖 G.E. 製 Oil and insulation testing set の外觀

30000 VOLT TESTING SET TRANSFORMER
 NO. [] TYPE K FORM E
 CYC. [] CAPACITY 3 KV-A.
 VOLTS 30000-200/400
 PAT'D AUG. 25, 1908 FEB. 6, 1917

REGULATOR
 NO. [] TYPE MIRS FORM LK
 CYC. [] CAPACITY 1 KV-A.
 VOLTS 100/200-100/200

1 GROUND 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16

TRANSFORMER WINDING REGULATOR WINDING

SUPPLY VOLTS	SUPPLY LINES ON	CONNECT	HIGH VOLTAGE	LINES ON	PERMANENT CONNECTIONS
100	A AND D	6 TO 8, 7 TO 9 A TO B, E TO F C TO D, G TO H	30000	1 AND 5	6 TO A H TO D
200	A AND D	7 TO 8 B TO C G TO F	30000	1 AND 5	9 TO E

HIGH VOLTAGE	VOLTMETER CONNECTIONS
15000	2 AND 4
30000	2 AND 3

THE CAPACITY OF THE VOLTMETER COIL IS 0.5 AMPERES
 TRANSFORMER SHIPPED FILLED WITH NO. 10 TRANSIL OIL
CAUTION! BEFORE INSTALLING OR OPERATING
 READ INSTRUCTION BOOK 89707

GENERAL ELECTRIC CO.
 SCHENECTADY, N. Y., U. S. A.
 N.P. 13364

第四圖 G.E. 製 Oil and insulation testing set の銘板

油容器はエポナイト製の半球を二つ、中央でボルトで締めつけたもので、内部に満し得る供試油の量約 150 c.c., 油試験器を取除いて外の電極を設ければ、油以外の材料の試験も出来る。

高圧変圧器、電圧調整器等の主なる要項は、第四圖から判る。これは該装置に附された銘板である。

英 國

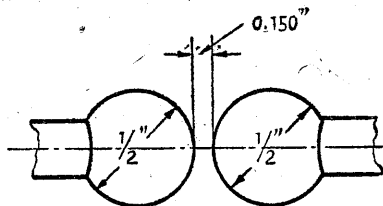
電極 二個の對立した同大の半球

寸法 直径 $\frac{1}{2}$ 吋

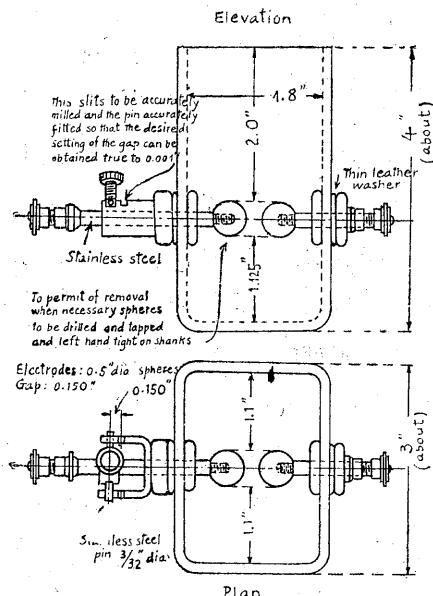
距離 150 ミル (第五圖)

絶縁耐力最低限 此の試験器で 22 KV

制定者 B.E.S.A. (British Engineering Standards Association) (2)



第五圖 英國の標準電極

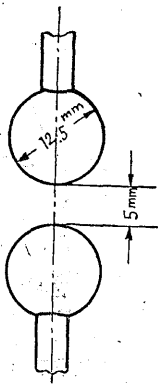


第六圖 英國の油試験器

(2) B.E.S.A. Specification 148, 1923, Clause 8.

例

第六圖⁽³⁾に掲げたものは、その油試験器の全形である。圖から見られるように一方の電極(左)は螺糸で距離を加減することが出来、スリットとピンとで間隙距離 150 ミルを 1 ミル迄正確に固定することが出来る。尚ほ必要があつて電極の球を取外すときは、左に廻はしてとる。



佛 國

電極 二個の對立せる同大の全球

法寸 直徑 12.5 mm

距離 5 mm (第七圖)

絶縁耐力最低限 此の試験器で 40 KV

制定者 Union des Syndicats de l'Électricité⁽⁴⁾

例

第八圖は此の規定に據る油試験器の寫眞である。下方の電極は固定して

第七圖 佛國の電極 みて、金屬製の筒で被はれてゐる。この筒にはゴム製の環狀のパツキングがあつて、その上に硝子の油容器を載せたとき、油が漏らないようにしてある。上部の電極は螺糸によつて上下に位置を調整することが出来、距離を測るために、マイクロメーターゲージがついてゐる。そして其の最上部は導線を接続するための端子になつてゐる。

日 本

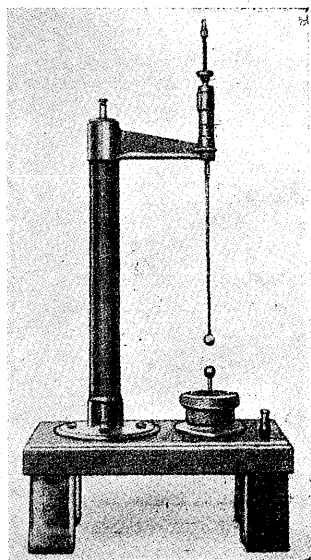
日本では電氣協會關東支部がその仕様書⁽⁵⁾で油の試験規定を與へてゐるのが唯一のものである。それによれば、電極の直徑 12.5 mm, 間隙距離 3.8 mm であつて、位置は與へない。最低合格電壓は變壓器油、開閉器油共 3,5000 V 以上といふことになつてゐる。

併し其の外に米國式、英國式、獨逸式等の標準が行はれてゐるために可なり混雜してゐて不便である。

獨 逸

電極 對立した二個の同大球の一部

寸法 半径 25 mm (第九圖)



第八圖 佛國の油試験器

(3) C.C. Garrard, "Electric Switch and Controlling Gear", 3rd Edition, 1927, p. 22-23.

(4) Réveu générale de l'Électricité, Tome VII, N° 22, p. 727. (29 Mai 1920)

(5) 電氣協會關東支部、電氣用材料仕様書(昭和三年一月)

距離 この國の規定には前に述べたように、絶縁破壊電壓を決定する方式として

定電壓可變距離式のもの

可變電壓定距離式のもの

の二者が認められることになつてゐるが、後者に於てはその距離 3 mm である。

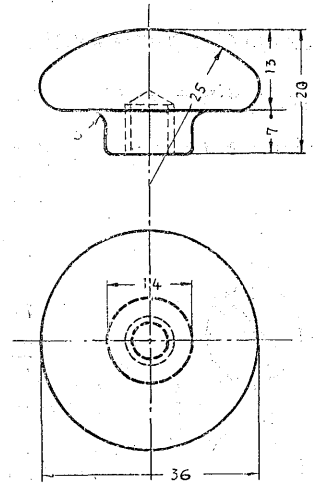
絶縁耐力最低限 80 KV/cm

制定者 VDE (Verband Deutscher Electrotechniker)⁽⁶⁾

例一、定電壓可變距離式

シーメンス製油、試験装置

第十圖に掲げたものはその試験装置⁽⁷⁾である。高壓變壓器はその變壓比 110/220 : 30,000 ヴォルトで、低壓側で二種の電壓

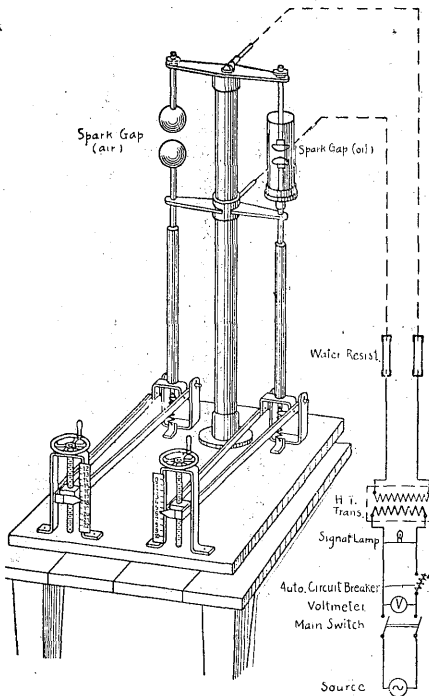


Dimension in mm.

第九圖 獨逸の標準電極

に切替へられるようになってゐる。此ものは油用の間隙と、空氣用の間隙との二種の電極を持つて居り、その各々の下部電極は、圖に見える挺子仕掛によつて前方から調整する事が出来る。前方の把手を回轉して上下した距離が傍の尺度で讀取れるのであるが槓杆の比例は、把手の心軸螺糸上に於ける上下運動距離の $\frac{1}{10}$ が、電極の實際運動距離であるように出来て居る。従つて可なり細密に間隙距離を前方から加減し得る譯である。左右兩方の電極を支へてゐる中央の太い柱は Repelit⁽⁸⁾ 製で、下部電極を支へてゐる横木を手で上下すれば、把手を回す事なく、下部電極を上部電極に對して全體的に上下する事が出来る。一度油の破壊試験を行つた後、數回急激にこの上下をやつて油の新陳代謝を行ふのである。

空氣用の電極は、油の絶縁破壊電壓の最大値を正確に決定したい爲に設けてあるもので、球の直径各



第十圖 シーメンス製、可變距離式油試験装置

(6) Vorschriften für Transformatoren-und Schalteröle, ETZ 1927, S. 473, 858, 1089.

(7) 獨逸特許 (DRP) No. 382300 (vom 21. V. 1922). Siemens-Zeitschrift 1922, Heft 11, S. 614. 但し此のものは現在は製品として賣出されてゐない。

(8) Siemens-Schuckert-Werke 製造の人造絶縁材料、碍子、碍管等任意の形狀に製出し得、絶縁耐力陶製品に匹敵す。室内用、曲げ應力 500 kg/cm² 以上。

々 50 mm である。

又圖の右方に見える水抵抗は、空氣間隙の場合は勿論必要であるが、油間隙の場合も、その試験法が可變距離式のものである關係上、萬一電極を接近しても短絡にならぬよう、必ず挿入を要する。獨逸の規定は此の抵抗を約 3 萬オームと定めてゐる。(Erläuterung zu § 11. der Vorschriften VDE, 5. B.)

此の油用電極を用ゐて油の絶縁破壊耐力を決定するには、電極の間隙距離に應じ、第十一圖から得

た係数を其の時使用した電壓に乘するのである。例へば 30 KV の電壓(實効値)を電極間にかけた時、間隙距離 3.5 mm で絶縁が破壊したとすれば、その油の破壊耐力は $30 \times 3.0 = 90$ KV/cm である。この係數曲線は後で述べるように、球の大き 50 mm dia. のものにつき計算して得たものである。

例二、定距離可變電壓式

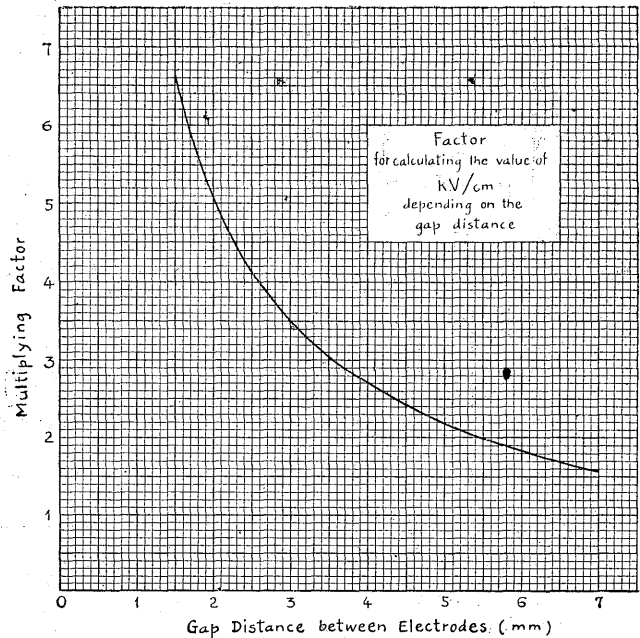
シーメンス製、油試験装置

此の方式の油試験装置は A.E.G., Koch & Sterzel, Siemens 等で作られてゐるが、何れも大同小異で、唯電壓を調整する手段が、シーメンス品は調整變壓器を用ゐて居るに反し、前二者は調整抵抗器を用ゐて居る點が少し異なるだけであるから、茲には最も古くから製作せられ、且つ最も廣く用ゐられてゐるシーメンス品を代表的に説明することとする。

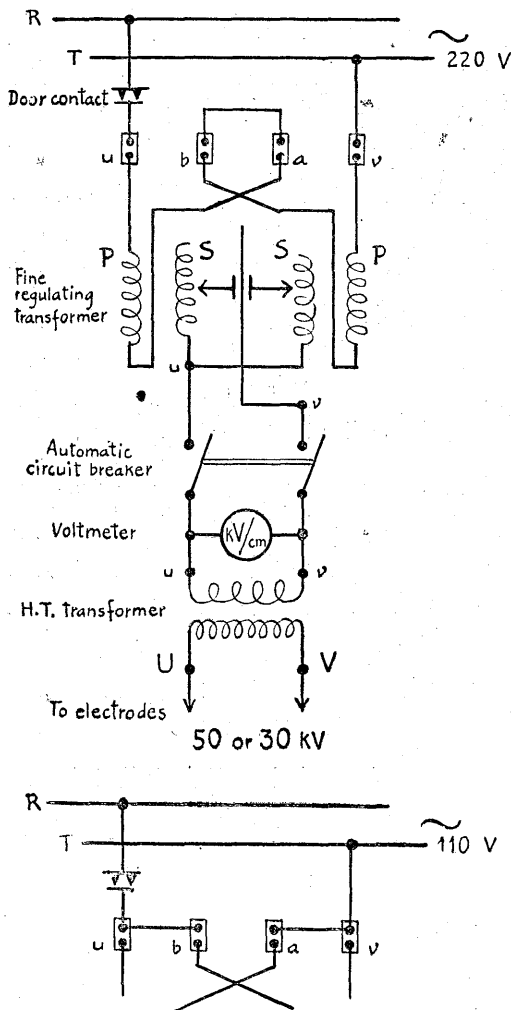
電氣的構造

第十二圖に示す通りである。Door contact と云ふのは油容器を一定場所に収納し、愈々試験を開始し得る準備が出来たその最後に容器の上の扉を閉ぢる、その扉に仕掛けられた接觸開閉器で、若し失念して此の扉を閉ぢない場合は、回路が遮斷せられてゐて電壓の發生を不可能ならしめ、以て誤つて高壓のかゝつてゐる電極に手を觸れる等の事故を防ぐようにしたものである。

端子 u, b, a, v は電源の電壓が 110 V であるか 220 V であるかに従ひ、Fish plate によつて夫々圖のように接続し替へられるようになってゐる。

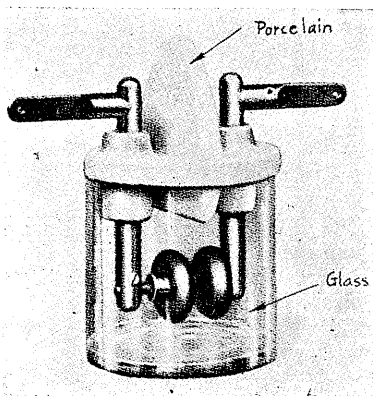


第十一圖 可變距離式試験器に於て破壊耐力を算出するために乗すべき係數の曲線圖(獨逸)



第十二圖 シーメンス製、可變電壓式油試験装置の接続圖

上 電源回路の電壓 220V の場合
下 " " 110V " "



第十三圖 105 KV/cm 用油試験器

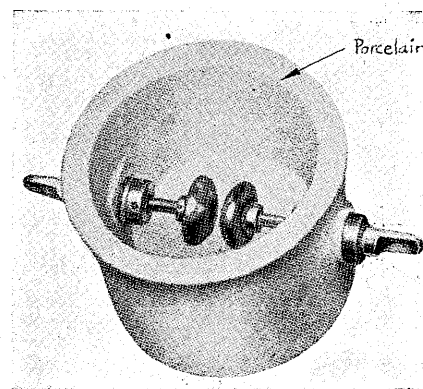
調整變壓器は二個の變壓器より成り、その外觀、普通世間に見る摺動抵抗器と類似したもので、酸化物の薄膜を用ゐて絶縁した捲線層の上を摺動子が滑るようになってゐる。そして上に述べた端子の接続の仕方により、二個の變壓器は、回路に直列或は並列に入。その最大二次電壓は二次捲線が單層に捲かれる關係上 20 ヴォルトである。

自動遮斷器は絶縁破壊が起つてから、1/10 - 1/5 秒内には完全に回路を開いて了ふ。高壓變壓器は次頁の表から見られる通り、容量は 450 VA 程度、試験用に作られた小さなものである。其の前に直列に挿入されてゐる電壓計は、線型可動鐵片式指示電壓計、端子電壓 20 ヴォルトで最大のフレをする。併しその目盛は變壓比 20/30,000V に、間隙距離 3 mm のときの係數 3.5 (第十一圖) を乗じて得た KV/cm の値で目盛つてある。

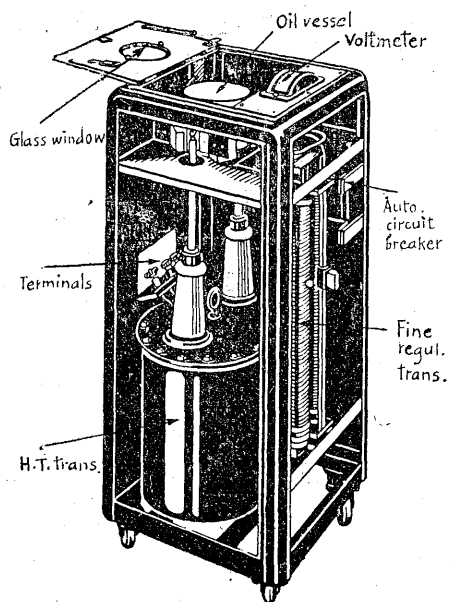
電極は前に述べた獨逸電氣工師會の標準型であるが、油容器は次の様にその製品の種類によつて異つてゐる。

製品の種類

この油試験装置には、測定範圍最高 175 KV



第十四圖 175 KV/cm 用油試験器



/cm のものと、105 KV/cm のものと二種類がある。その電氣的構造は全く同一であるが、油試験器其の他の機械的構造が多少異なる。第十三圖及第十四圖はその油試験器である。

更に此の二つのものに於ては、高壓變壓器の電壓が異り、従つて油容器の大きさ、供試油の量、試験装置全體の大きさ等が變つてゐる。第十五圖は此の 175 KV/cm 用試験装置の外観で、105 KV/cm のものも殆ど同一である。

次にその二種類のものに對する電氣的、機械的性質を一覽表にして掲げる。

第十五圖 175 kV/cm 用油試験装置の外観

シーメンス製、可變電壓式油試験装置要項一覽表

項目	名 稱	大 型	小 型
	測定範圍	0—175 KV/cm	0—105 KV/cm
	總 { 寸 法	400×400×800 mm	360×360×800 mm
	重 量	90 kgs.	78 kgs.
i)	電 極		大型用のものと全同
	材 料	銅	
	寸 法	獨逸電氣工師會(VDE)標準型	
	間隙距離	3 mm (ゲージを間に挿んで決定す)	
	位 置	水 平	
ii)	油 容 器		
	材 料	陶 器	硝 子
	寸 法	内側直徑 124 mm	内側直徑 85 mm
		高 さ 105 mm	高 さ 85 mm
	供試油の量	0.6 l	0.3 l
iii)	電源裝置		
	α. 外 函		
	材 料	葉鐵(クリスタル・エナメル塗)	同 左
	寸 法	400×400×800 mm	360×360×800 mm
	取 付 品	上面 { 電壓計 油容器取出用扉 (圓形硝子覗窓附)	上面 { 電壓計 接續用端子(一對) 接地用端子(一個)

		電壓調整用摺動子 自働遮斷器 側面 { 接續用端子 (一對) 接地用端子 (一個) 把手二個 下面 Roller 四個 二極	電壓調整用摺動子 側面 { 自働遮斷器 把手二個 下面 Roller 四個 二極
b. 自働回路遮斷器			
c. 指示電壓計			
型式	可動鐵片型、緣型、水平軸	可動鐵片型、丸型、垂直軸、	
端子電壓	20 V	20 V	
目盛	0-175 KV/cm	0-105 KV/cm	
d. 電壓調整變壓器			
型式	摺動型	摺動型	
一次電壓	110/220 V	110/220 V	
二次 "	0-20 V	0-20 V	
e. 高壓變壓器			
型式	油入自冷式	油入自冷式	
一次電壓	20 V	20 V	
二次電壓	50,000 V	30,000 V	
周波數	50/60 ~	50/60 ~	
容量	400-450 VA	400-450 VA	
f. 電源接續用端子	前掲 (a.)	前掲 (a.)	
g. 導線	一對、長さ 2 m	一對、長さ 2 m	

(つゞく)



＊本誌に記載されている会社名および製品名は，それぞれの会社が所有する
商標または登録商標である場合があります。