富士變壓器の技術的特徴IV*

計器用變成器

目良篤
椎原千幸
富士電機技術部

内容梗概　當社の計器用變成器に就いて綜合的紹介を行ひ、特性優秀にして且つ資材節約を達成する變成器を得るため、交叉線輪型、段絶縁及特殊絶縁方式、碍子型構造等を採用せる點を力説し、又製品に對し Hohle 式試驗器により嚴密なる試驗を行つてゐることを述べてゐる。

I 緒　　言

超高壓大送電系統の電力、電壓、電流等の測定並びに系統の種々の保護に對して、計器用變成器の必要なことは、今更喋々する迄も無いが、大東亞戰爭の戰果擧りその需要量の劃期的なる增加を目前に控えて、こゝに今迄弊社の努力して來た道を振返つて考察し、大方諸賢の御叱正を仰ぐ次第である。

計器用變成器の設計並びに製作に於ては、與へられたる材質の材料を最小量に使用して、最大の精密度を有さしめるといふ事がその根本觀念である。其他に大なる絶縁强度、耐短絡性等を要求される場合には、その目的に沿ふ如き製品を設計製作することは當然であるが、根本觀念は上記に盡きる。與へられた材質の材料と特に斷つたのは、鐵心には總て普通の硅素鋼板を使用すると云ふ意味である。例へばパーマロイの如きは計器用變成器の鐵心には量的に見て不適であるが、他に適當なる高導磁率を有する鐵心材料が商用に供されるならば、直にそれを使用して現在よりも更に一段と材料の節約を計ることは勿論可能である。

以下先づ弊社製品の特徴に就き說明し更に各々の變成器の構造に就き述べることにする。

II 材料の節約

計器用變成器の需要量の劃期的な增大によつて、限られたる資材を持つ吾々にとつて與へられた精密度、例へば規程 JEC—45 に規定せられたる範圍内に誤差を收め乍ら、使用する材料を極力節約することが絶對に必要になつて來たのは、一般電氣機器と同樣に、計器用變成器に在つても申す迄も無い事である。

弊社が精度を確保しつゝ使用材料の節約を達成する方策として行つてゐるものゝうち特記すべき重點は次の三つである。

（1） 交叉線輪型の採用（變流器）
（2） 段絶縁及特殊絶縁方式の採用（變壓器）
（3） 碍子型構造の採用

次に此等特徴の各々について說明を試みる。

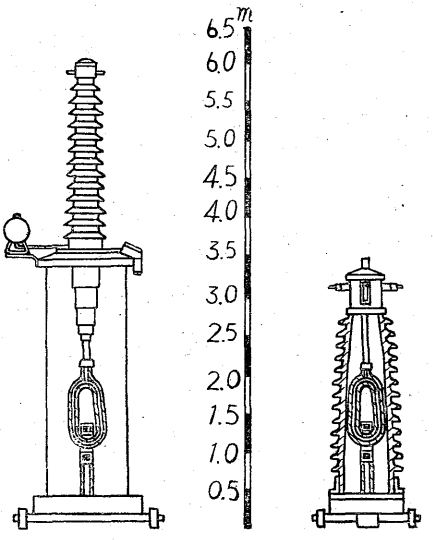
（1） 交叉線輪型の採用（變流器）

鎖の2箇の環を想像し、1箇が圓形の一次卷線にして、他の1箇が鐵心で、その圓形鐵心の上に一樣に二次卷線が卷かれてゐるのが、交叉線輪型構造である。回路電壓に相當する適當な厚さの紙絶縁を一次卷線の上に或は兩卷線の上に等分に入念に卷き、然る後眞空乾燥處理に依つて絶縁油の完全含浸を行つて居る。此の絶縁油の眞空含浸による紙絶縁の優秀性は、既に昨年11月號富士時報の本集錄第1編に於て詳述された通りであつて此所に再述を省略するが、心ある御推奬の向きも在るやに聞及んで居る事を附言する。

弊社は公稱電壓 40kV 以上の變流器にはこの型を使用してゐる。回路電壓が上昇するに從つて、内鐵型構造に較べて使用材料、占有面積は著しく小さくなり、且つ强度が後述の如く增大する。

（2） 段絶縁及特殊絶縁方式の採用（變壓器）

公稱電壓 100kV 以上の計器用變壓器は大部分星形に結線して中性點を直接々地する。從つて所謂段絶縁を採用して絶縁空間を節約してゐる。更に鐵心を高壓卷線の中央部と電氣的に結んで、鐵心に回路電壓の ½ の電位を有せしめ、鐵心全體を大地に對して、回路電壓の ½ の電壓に相當する絶縁を施してゐる。之により卷線と鐵心との間の電氣的ストレスを半減し、必要材料を減少せしめ得る。



第1圖　230kV 計器用變流器、碍子型と鐵槽型との比較

（3） 碍子型構造の採用

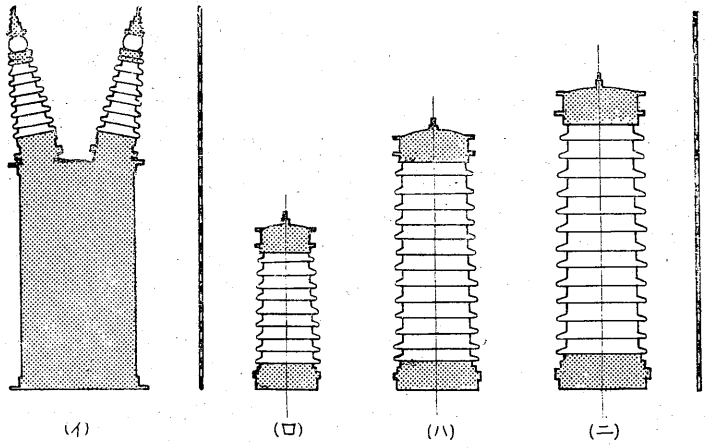
弊社は夙に公稱電壓100kV以上の變成器に對し、碍子型構造を採用し來り江湖の好評を戴いて居るが、更に昨年に到り鮮滿地方に200kV超高壓送電系統が出現するや、各所に納入据付たる多數の製品は好調に其使命を果して居る。

* Mera Atusi and Siihara Tiyuki: Technical Features of Fusi Transformers IV Instrument Transformers.

	鐵槽型	碍子型
油　量	100%	23%
總重量	100%	48%

第1表　230kV 計器用變流器、碍子型と鐵槽型との比較

計器用變流器に於ける、碍子型と鐵槽型との寸法及所要材料の比較を示せば、**第1圖**及**第1表**の如く、計器用變壓器のそれは**第2圖**及**第2表**の如くになり、如何に碍子型が寸法及所要材料の小なるかがうかがはれる。



第2圖　計器用變壓器、碍子型と鐵槽型との比較
(イ) 110kV 鐵槽型　(ロ) 110kV 碍子型
(ハ) 154kV 碍子型　(ニ) 220kV 碍子型

		鐵槽型	碍子型		
		110kV	110kV	154kV	220kV
容積	高	100%	45%	68%	83%
	床面積	100%	74%	100%	110%
重量	銅	100%	35%	75%	130%
	鐵(鐵心及鐵部分)	100%	25%	48%	60%
	油　量	100%	10%	27%	38%
	全重量	100%	24%	55%	82%

第2表　計器用變壓器、碍子型と鐵槽型との比較

特に鐵材及油量を殆んど極限に達する迄に減少して、之に替ふるに日本古來の自給出來る材料なる磁器を以つてしたる點に注目を要する。又油量の減少により不慮の災害を極限し得る點も特筆に價すると思はれる。

更に碍子型構造にすることにより、例へば膨脹遮斷器と組合せ膨脹遮斷器の支持碍管をして、變流器の收藏用碍管を兼ねしめ得る等の利點もある。

III　變成器の精度と試驗裝置

計器用變成器は使用目的によりその要求される精密度には自ら相違がある。電動機電流値の目安を得やうと云ふ如き目的のみにて、且つ艦船に乘せると云ふ様なものは、占有面積極めて少く、輕量、且つその使用目的を滿足するものが望ましく、斯様な變成器を電力の賣買に使用する變成器に適用する規程 JEC—45で一律に縛る如きは愚策と云ふべく、又試驗設備或は實驗設備に使用されるものでは、規程 JEC—45 より更に精密度の高いことが要求される場合もある。從つて電力用計器用變成器に對しては、規程 JEC—45 を適用すること論を俟たぬが、其他の特殊な用途のものに對しては、現行規程は尙不備と云はねばならぬ。故に弊社に於ては現行規程 JEC—45 と共に VDE 規程を參照し、電力用計器用變成器以外の特殊使用目的の變成器の精度を定めて居る。VDE 規程は**第3表**に示す如くで、規程 JEC—45 はその1%級に相當する。

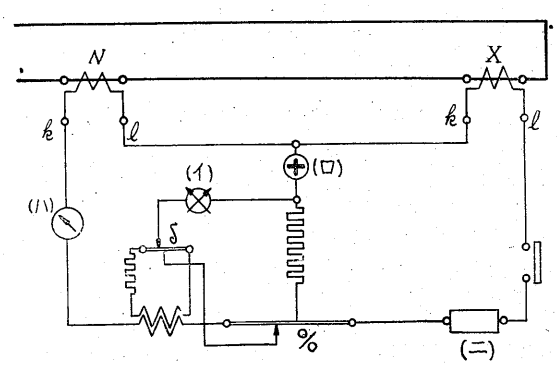
級別	比誤差(%)			位相角誤差(分)		
	100%定格電流	20%定格電流	10%定格電流	100%定格電流	20%定格電流	10%定格電流
0.2	0.2	0.35	0.5	10′	15′	20′
0.5	0.5	0.75	1.0	30′	40′	60′
1	1.0	1.5	2.0	60′	80′	120′
3	3.0	—	—	—	—	—
10	10.0	—	—	—	—	—

注意　0.2 0.5 1級では 120% に於ても 100% 定格電流に對する誤差範圍内に在るべし
3. 10級では 50% に於ても 100% 定格電流に對する誤差範圍内に在るべし

第3表　VDE 規程に於ける誤差の限界

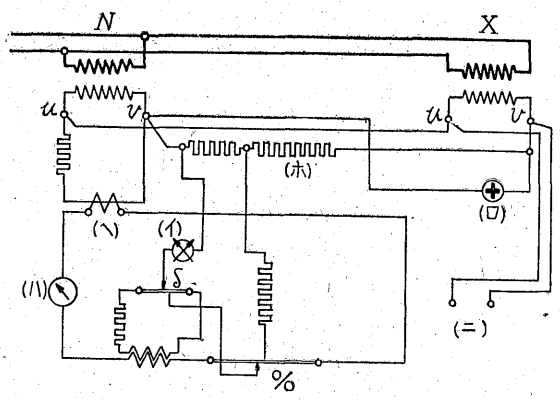
最少の材料を使つて、最大の精密度を有する計器用變成器を製作する爲には、優秀なる試驗裝置を以て、個々の製品を精密に試驗することが必要である。弊社はこの意味に於て、操作簡單にして正確なこと、電力用の變成器に限らず、特殊用途の變成器をも試驗し得る爲に、Hohle 式試驗器を備へて、製品の一つ一つに對して嚴格なる試驗を行つてゐる。

Hohle 式試驗器は、試驗される變流器と標準變流器とを直列に結線せるとき、兩者の二次電流のヴエクトル和の有効分が比誤差に、無効分が位相角に相當するといふ原理を利用したものであ

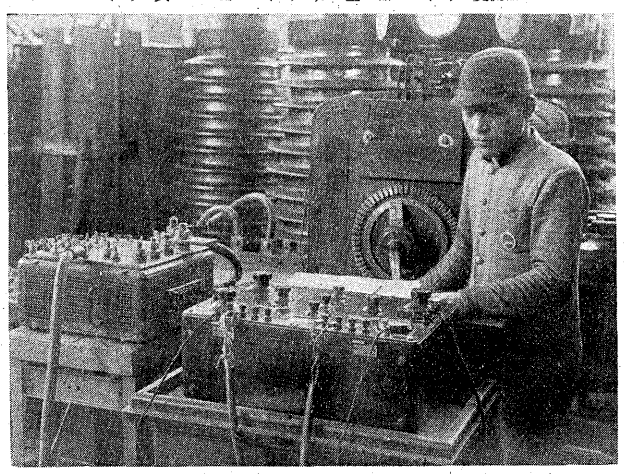


第3圖　變流器試驗回路
(イ) 振動檢流計　(ロ) 極性轉換器
(ハ) 電流計　(ニ) 負擔

る。變壓器の場合には、試驗される變壓器と標準變壓器とを並列に接續し、二次側の差電流を取出して變流器の場合と同じ原理により、比誤差及び位相角を測定する。變流器を試驗する場合の接



第4圖　變壓器試驗回路
（イ）振動檢流計　（ロ）極性轉換器　（ハ）電流計
（ニ）負　　擔　（ホ）分　壓　器　（ヘ）變流器



第5圖　Hohle 式試驗器

續は**第3圖**の如く、變壓器を試驗する場合は**第4圖**の如くである。**第5圖**は試驗器を示す。此の試驗裝置の感度は、測定された比誤差の値に、0.01% の誤差が有ると、振動檢流計は 50mm も振れる位であつて頗る優秀なものである。

Ⅳ　其の他の特徴

（1）絕　緣　强　度

超高壓變成器は雷衝擊波を受ける機會非常に多く、充分の衝擊絕緣耐力を保有して居なければならぬ。弊社は衝擊波に對する强度には深甚なる注意を拂ひ、諸種の研究を進めて萬全を期してゐる。

昭和十六年春には遞信省電氣試驗所の多大なる御援助により同所田無分室の衝擊電壓試驗裝置に依つて、弊社の 230kV 計器用變流器の衝擊電壓特性の研究試驗を行つた。その結果は碍子表面の閃絡電壓は、標準正波 1,100kV、負波 1,200kV であつて、衝擊電壓試驗規程草案の試驗値を滿足したが、其の電壓時間特性試驗に當つて最高 2,000 kV に及ぶ數十回の衝擊波が印加されたが、それに對して變成器中身の絕緣は何等異狀を示さず苛酷な試驗に耐へ、遂に內部絕緣を破壞し得るに至らなかつた。計器用變成器の實地使用の場合、內部の絕緣破壞は致命的であるが、碍子の閃絡は之に比して問題は輕微であるから、上記の試驗結果は弊社の計器用變流器の內部絕緣方式の優秀性を實證したものといへよう。

（2）耐　短　絡　性

系統電力の大なる箇所に使用される變流器は、線路短絡時に莫大なる短絡電流が一次卷線へ流れ込む。此の短絡電流により、變流器は熱的の脅威及び强大なる電磁的歪力の脅威を受ける。短絡電流により卷線內に急激に發生する熱は、時間が短い爲に外部へ放散される暇なく專ら導體の溫度を高め、此れが或値を越すと絕緣物を燒損し、或は更に導體自體が熔斷するに至る。又急激なる電流の增加に依る電磁的歪力は、卷線の絕緣物を機械的にも破壞する事になり、送電系統の大故障になる虞がある。從つて之等を防ぐ爲に、變流器は起り得べき短絡電流の値を總ての角度より檢討し、短絡時に於ける充分なる耐熱性と充分なる機械的强度をも保有し、充分之等の脅威に耐える樣に設計されて居らねばならぬ。

變流器が短絡時に於て强力なる機械的歪力を受ける部分は其の端子間及び卷線である。從つて變流器の耐短絡强度は、一次卷線が1本の棒狀をなす貫通型が最大である。然し電壓の高い回路に使用するものとか、或は變流比が小さいものは、一次卷線が1本ではアンペヤ・ターンが過少の爲に誤差が大き過ぎるので、一次卷回數を適當な値に選ばねばならぬ。此の場合一次卷線は圓形が有利である。何となれば、短形線輪へ短絡電流を流すと電磁的歪力により圓形に變形せんとする力を受ける。卽ち圓形は變形の最後の形であるから、最初から圓形にしておけば、變形の心配はなく、卷線絕緣を損傷せられる事もない譯である。

弊社の交叉線輪型の公稱電壓 70kV 級以下のものゝ一次卷線は完全に圓形であり、鐵心及び二次卷線に對し磁氣的に平衡を保つ如き位置に配置構成せられてゐるから、耐短絡性より見て理想的な構造である。

公稱電壓 100kV 級以上のものは構造上、多少圓形からずれて楕圓形になつてゐるが、强大な機械力の働らく部分は圓形に構成されて居り、機械的に充分堅牢に製作されて居る。正負兩端子は機械的にリベットして一體とし、且堅牢なる金屬保護管を通じて外部に導出されて居り、完全なる耐短絡性變流器と云ふべきである。過去に於て交叉線輪型の變流器が、線路の短絡電流に依り損傷を蒙つた經驗を持たないのは之を實證するものといへよう。

以下弊社標準型計器用變成器個々に就いて、其の構造の特色の概略を述べる。

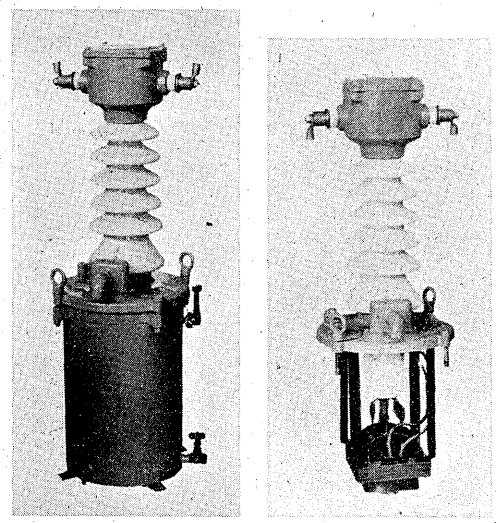
Ⅴ　構　　造

（1）計器用變流器

イ）CT 4（內鐵型變流器）

定格電壓 30kV 以下にして、10kV 以下に於ては 定格一次電流 1,500 A 以下、20 kV, 30 kV では 600 A 以下の變流器には**第6圖**に示す型のものを標準とし、定格負擔は 40V A である。

巻線は絶縁ボビンに巻かれ、30kV 用には特に一次巻線にL型リングを使用して巻線の大地絶縁及び一次二次間絶縁を強化して居



（イ）　（ロ）

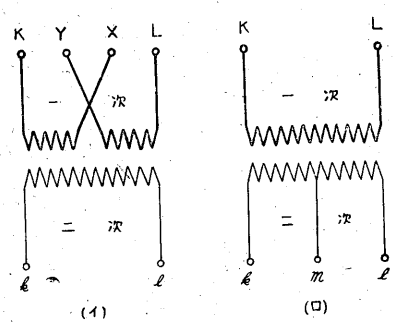
第6圖　内鐵型變流器（CT4）（屋外用）

る。鐵心は單相三脚鐵心を採用して居る。小型變流器に於て特に注意すべきは、線路短絡時に於ける一次端子間に生ずる强大なる機械力に依る端子絶縁破壊で、之に對應する爲弊社に於ては、一次端子には平銅帶を使用しその正負兩端子を適當に絶縁し、强力にリベット締に依り一體とし、口出套管内を貫通せしめ、線路短絡時に於ける强大なる正負兩端子間の機械力が磁器套管に及ぶ事を避けてゐる。又定格電流 750 A 以上のものにあつては、正負兩端子は二重銅管端子式を採用し、端子間の機械力を完全に相殺し短絡時に於ける套管の破壊を防止して居る。

變流器は輕負荷に備へて二重比、例へば 600—300/5A とする事が多いが、此の場合變流比の切換は、一次側端子の直並列接續切換にて行ひ、套管頂部の直並列切換函内にて簡單に切換へられる。定格負擔が減少しても差支へない場合には、二次卷線側に中間タップを設け、二次端子の繋ぎ替えに依り行ふ事が出來る。**第7圖**は二重比變流器の接續を示す。定格負擔の減少が許される場合第7圖（ロ）は（イ）に比し構造簡單で廉價となるは勿論である。

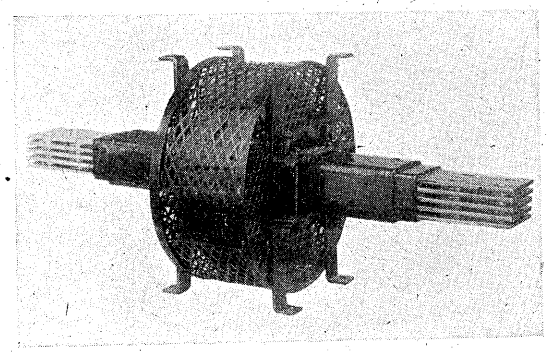
ロ）　LCT 5（乾式變流器）

定格電壓 10kV 以下の屋内用變流器に使用されるもので、屋内

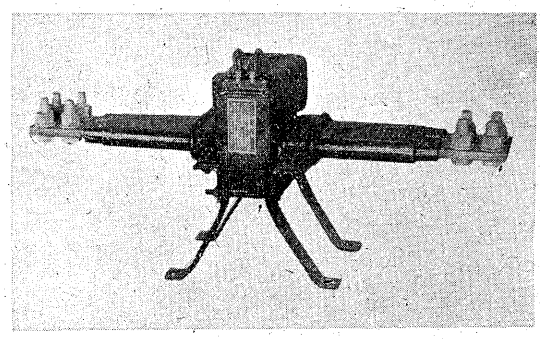


第7圖　二重比變流器接續圖

に使用される場合 CT4 に比し構造簡單となり、取扱も便利な型で、定格負擔は 40VA, 100VA の二種がある。第8, 9, 10圖は LCT5 の外形を示す。**第8, 9圖**は定格電流 1,000 A 以上に使用される。一次導體は棒狀即ち卷數一回で其の外側に回路電壓に應じて絶縁を施し絶縁物電位傾度調節環を設置し、此の外側に二次卷線を施した鐵心を支持枠に固定せしめてゐる。一次卷線は一



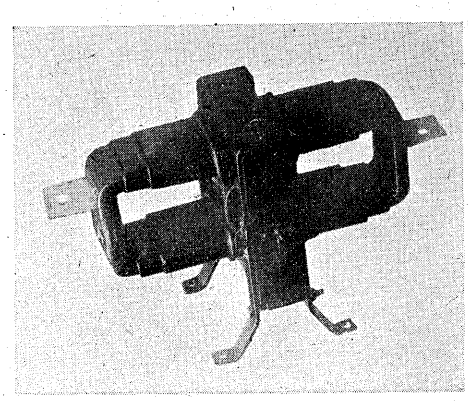
第8圖　乾式變流器（LCT5）（棒型A）



第9圖　乾式變流器（LCT5）（棒型B）

直線狀の銅帶で電流に應じて一枚或は數枚を使用して居るから、放熱作用よく絶縁の施行容易であり、線路短絡時に於ても機械的歪力を受ける事がない。完全な耐短絡型變流器と云へる。又此の型では一個の一次卷線に對し、容易に二個又は數個の獨立した鐵心及び二次卷線を有せしめる事が出來、鐵心の斷面を適當に撰擇する事に依り、種々の過電流特性を持つた數種の二次電流が得られる。

定格電流が小さく、誤差及び定格負擔に條件がある場合一次卷回數を一回に限定する事は困難で、かゝる場合一次卷線は卷線型



第10圖　乾式變流器（LCT 5）（卷線型）

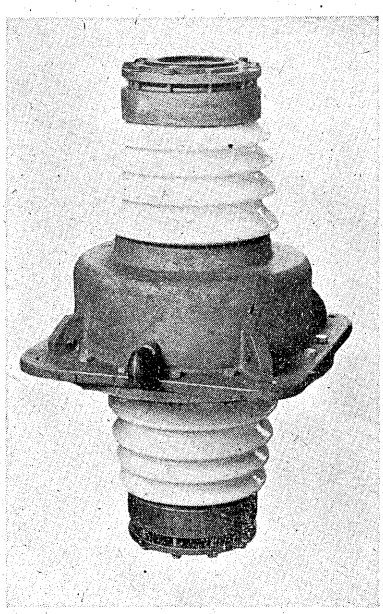
とし、或必要なアンペアターンを有せしむる必要がある。**第10圖**は定格電流 750A 以下の乾式變流器である。此の巻線型乾式變流器は、アンペアターンを任意に大きく取り得る特徴はあるが、耐短絡性が第8,9圖のものに比し劣る事となる爲め、系統電力の大きな重要個所への使用には考慮を要する。

ハ） BLCT 5 （挿入型乾式變流器）

變流器が系統電力數十萬 kVA 或は、百數十萬 kVA にも及ぶ發變電所に使用せられ、一次定格電流が數千Aに及ぶ場合は大電流に對し特に考慮を要する。定格電流の增大により一次導體の斷面積を增す必要がある事は當然であるが、導體の直徑を增す場合其の斷面積は直徑の自乘に比例して、增大するに比しその放熱面積たる外周長は直徑に比例してしか增大しない。從つて溫度上昇を或一定限度に止める爲、導體の斷面積は電流の增加以上に增す必要がある。又單一丸導體では 2,000A 程度になれば電流の表皮作用が增大し、導體の徑を益々大きくする必要が生ずる。從つて 2,000 A 以上の變流器の一次端子構造は非常に複雜となり、過熱の原因となるばかりでなく、屋外用に於ては、四季の溫度差に依つてさへ導體と碍管との熱膨脹の差に依り防水防濕構造にも困難を來し、屢々故障の原因を釀成する事がある。

此等の缺陷を巧に除去した完全なる耐短絡型屋外用變流器として使用されるものが BLCT 5 型であつて、**第11圖**に示される。防塵、防濕型として屋內の重要個所に於ても使用される。定格電壓 20 kV 迄、定格電流 1,000A 以上で定格負擔は 40 VA, 100 V Aの二種がある。

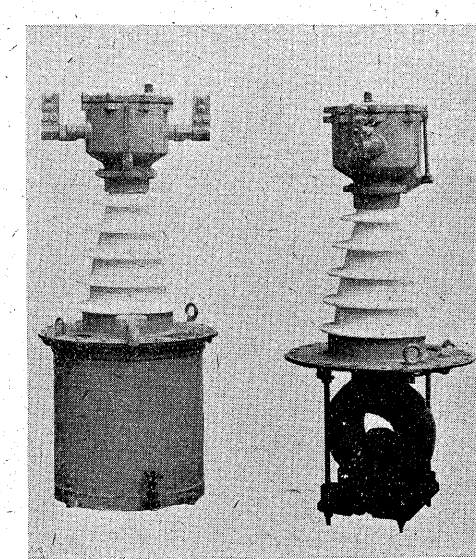
二次巻線を均一に施した圓形鐵心の內側と、鐵心外部の非磁性ケースの上下兩側とを碍管に依つて一次導體より絶縁し、鐵心、ケース及び絶縁碍管は、ケースを中心として一體に構成されて居る。鐵心及び二次巻線は內側碍管の兩端に於て、雨水及び外氣に對し氣密を保たれてゐる。一次導體は二次巻線及び鐵心には機械的に何等關聯なく內部碍管內に貫通設置され、一次母線支持碍子に依り支持される。從つて一次導體は、數本の銅帶をリベットにて締付けたる裸導體を使用出來、碍管內は外氣の流通自由で一次導體の放熱作用よく、電流の表皮作用をも防止する事が出來る。絶縁碍管は一次導體の短絡時機械的衝撃も受ける事なく、短絡時等に於ける一次導體の熱膨脹の影響をも受けない。從つて大電流屋外用變流器の最大の弱點たる絶縁碍管の機械的衝撃、或は熱膨脹の影響に依る破損は完全に回避せられて居る。中部ケース及び上下端の保護金具等は、總て非磁性輕合金を使用し、6,000/5 A と云ふ大電流屋外用變流器に於ても、非常に輕量小型に製作せられて居る。此の型に於ても LCT 5 同樣、容易に多重鐵心とする事が出來る。



第11圖　挿入型乾式變流器
（BLCT 5）（屋外用）

ニ） CT 8（交叉線輪型變流器）

此の型は、弊社變流器の特徴を端的に具現せる型の一つで、定格電壓 30 kV 以下で定格負擔 100 VA、及び 40 kV 以上 70 kV 迄の定格負擔 40, 100 V A の變流器に適用される。前にも述べた通り變流器一次巻線と圓形鐵心は、鎖の一環の如く巧に鎖交配置せられ鎖交したる圓形鐵心に均一に二次巻線が施されてゐる。一次、二次巻線間の絶縁は一次、二次側に均等に分布絶縁され、絶縁の偏重に依る加工難を除き、乾燥處理を容易ならしめて居る。鎖交した鎖の一環を爲す鐵心は、下部絶縁枠に固定され、他の一環たる一次巻線は正負一體としてリベット締されたる口出導體、或は正負同心配置をなす圓形口出導體によつて、變流器碍管頂部フランヂへ吊上げ固定されて居る。從つて前述の如く巻線に於ても、口出端子に於ても耐短絡强度甚だ大で、短絡時に於ても機械的損傷の虞なく信賴度高き變流器である。**第12圖**は此の型の外觀及び內部を示す。



第12圖　交叉線輪型變流器（CT 8）（屋外用）

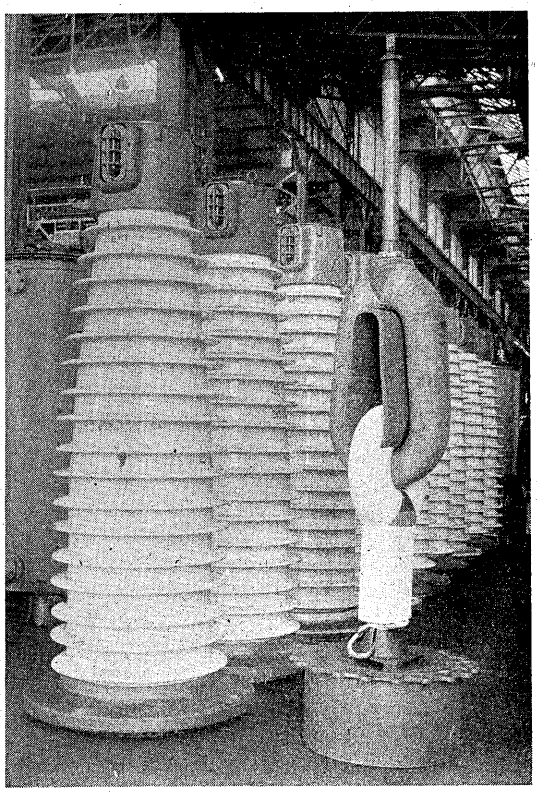
一次巻線は鐵心及び二次巻線と鎖交配置されて居る爲、其の電氣的結合よく、變流器內部リアクタンス甚だ小さく電氣的特性も甚だ優秀である。

ホ） CTSO （碍子型變流器）

ＣＴ８型は、弊社設計の優秀なる特異性を持つ交叉線輪型を採用し非常に小型に纏つて居る爲、外函には鐵槽を用ひて居るにも拘らず其の使用資材は極度に節約されて居るが、交叉線輪型變流器に於ても、其の定格電壓が 100 kV 以上になると、鐵槽部分の鐵材及び油量は急激に增加の傾向を持つ。從つて ＣＴ８型の資

材を更に一層節約する爲めに計畫されたものがCTSO型で、CT8型の鐵槽を廢し口出套管を擴大延長して油槽を兼ねしめたものである。碍子型油槽は油槽自身絶緣物であるため變流器本體を收納する丈の內徑を有すれば充分で、鐵油槽の場合の如くに本體と油槽間の絶緣距離は考慮する必要がなくなり、碍子型油槽の高さは端子の大地絶緣距離即ち回路電壓相當の油入套管の外部碍管と同程度の高さがあればよい事になり、變流器は全體として非常に小型となる。斯くすることにより鐵材及び絶緣油を極度に節約出來る譯で、所要資材、寸法の比較は、第1表及び第1圖に示す通りである。**第13圖**は、CTSO型の外觀及び變流器本體を示す。

CTSO型は、第13圖に依つても明らかに想像し得る如く、前述の多重鐵心、即ち1個の一次卷線に對し、數個の獨立鐵心及び二次卷線を設置し、任意の特性を持つ二次電流が得られる型とする事が出來る。即ち一個の變流器で各特性の異つた變流器數臺を設置したと同樣の効果を持たせ得るにも拘らず、其の外形は一個の碍子型變流器として小型に纏められて居る。弊社の特製品の一つである膨脹遮斷器が採用されて居る發變電所に於ては、膨脹遮斷器絶緣支持碍管內に變流器を收納し得てかゝる場所に於ては變流器は、油槽碍管さへも節約されたものと云ひ得る。此の意味に於ては第1表の總重量比率は48%が更に22—23%程度に節約された事となる。100kV以上の變發電所に獨占的に膨脹遮斷器の普及を見たる今日、送電線の保護又は計量用に使用される100kV以上の變流器は、殆んど膨脹遮斷器の絶緣支持碍管內に收納され、獨立の變流器の影を見ない實狀である。吾がCTSO型變流器が我國今日の重大時局下に重要資材節約の責を果しつゝ、其の優秀なる特性をもつて重要送電線路の保護に又は計量に貢獻せる功績はけだし大なるものありと云ふべきであらう。

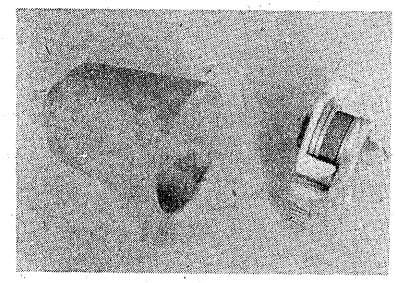


第13圖　碍子型變流器（CTSO）

（へ）　變流器保護裝置

變流器は、送電線回路に直接直列に接續される。從つて變流器卷線は送電線路の雷擊に依る進行波、或は其他の送電線異常電壓、異常電流の脅威を直接受け、其の絶緣を脅かされる機會が非常に多いので、變流器卷線の絶緣强度及び機械的强度に對しては、充分の對策が講ぜられて居る事は既に述べた通りである。然し屢次の雷衝擊に對し絶對安全なる絶緣をなすことは技術的に困難な場合もあり、經濟的にも得策でない。從つて重要變流器に於ては、雷衝擊波に對しての保護裝置が必要となる。

第14圖は異常電壓放電保護間隙を示す。此の保護間隙は角狀小間隙と、之に直列に接續せられたる直列抵抗とよりなり、變流



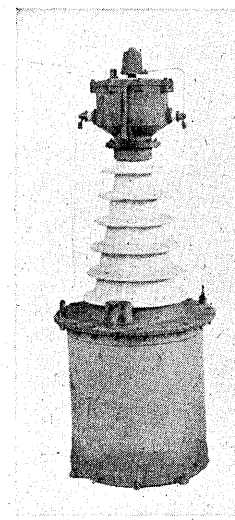
第14圖　變流器保護裝置

器一次端子間に卷線と並列に設置し、雷衝擊波の卷線への進入を防止する。CT4, CT8型等に需要家の要求に應じ設置して居る。**第15圖**は、CT8, 60kV變流器に保護間隙を設置したる外觀を示す。

（2）　計器用變壓器

イ）　ET（單相油入計器用變壓器）

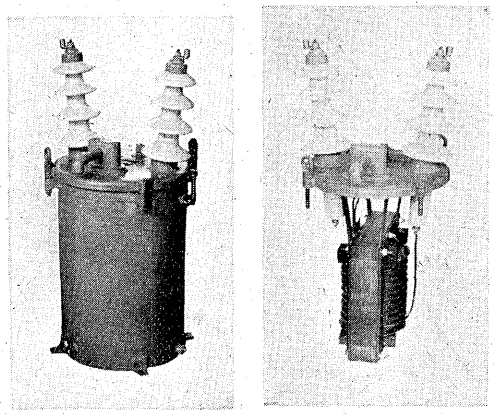
計器用變壓器は單相三脚鐵心を使用し、一次卷線は板狀線輪とし、二次卷線は圓筒狀線輪を同心圓狀配置とし、中央脚に設置して居る。



第15圖　保護裝置付變流器

巻線の巻回間、層間及び線輪間は入念な絶縁が施され、定格電壓 70kV 迄油槽には鐵槽を使用して居る。套管は 40 kV 迄乾式套管とし、50 kV 以上 70 kV 迄油入套管を使用して居る。

定格負擔は 30kV 迄 100VA, 200VA の二種とし、40kV 以上 200 VA の一種を標準として居る。**第 16 圖**は、ET 型 20 kV 單相計器用變壓器外觀及び本體を示す。

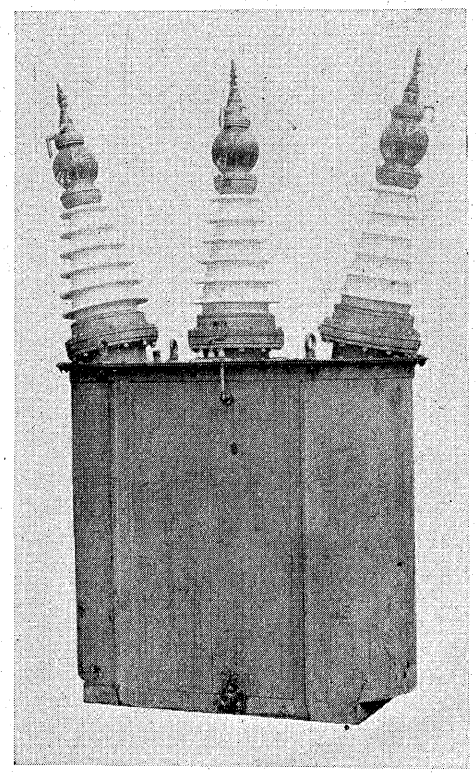


（イ）　　（ロ）

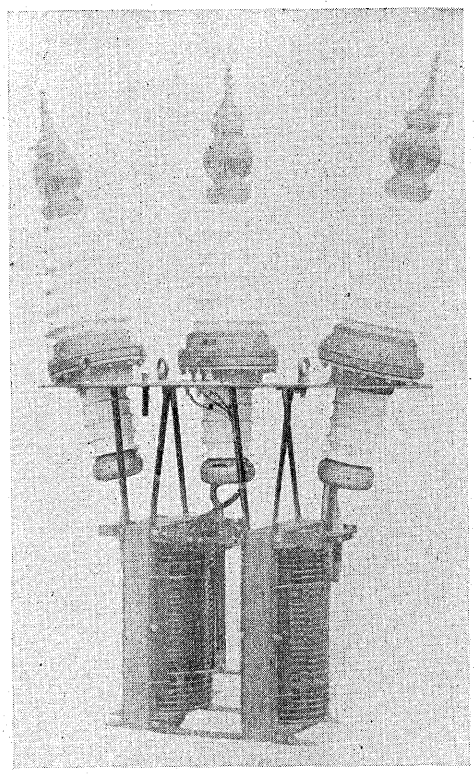
第 16 圖　單相計器用變壓器（ET）（屋外用）

ロ）　*m*ET（三相油入計器用變壓器）

此の型は、單相計器用變壓器二基をV結線とし同一油槽内に納め、三相計器用變壓器としたもので、電氣的特性は ET 型單相計器用變壓器と全く同一で、其の定格負擔は ET の場合と全く同樣で、單相二基收納せる爲め 2×100VA, 2×200VA となる。單相計器用變壓器 2 基を *V* 結線にて使用する場合に比し、口出套管、



（イ）



（ロ）

第 17 圖　三相計器用變壓器（*m*ET）（屋外用）

鐵槽及び絶縁油の節減、並に設置場所の縮減を企圖したものである。**第 17 圖**は *m*ET 60 kV 用の外觀及び中味を示す。

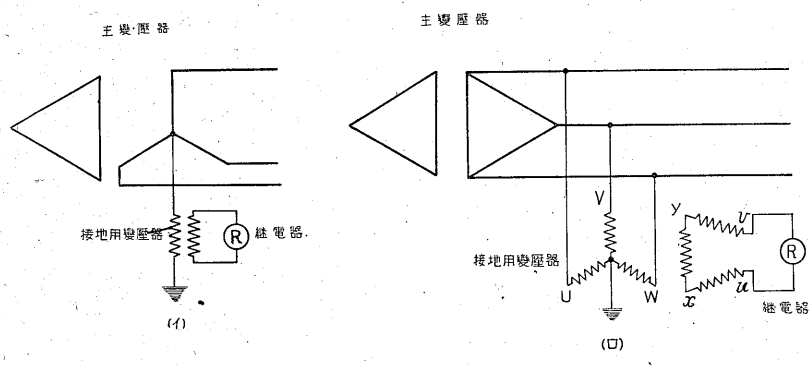
ハ）　GT（接地用變壓器）

送配電回路の接地故障に對し、選擇遮斷を行ふ接地繼電器用の變壓器で、主變壓器の結線に依り、**第 18 圖**（イ）、（ロ）の如く單相器、三相器が使用される。（イ）の場合に於ては其の構造は、ET 型と同樣であるが、圖にも明かな通り一端接地として使用せらるゝものであるから、一次側端子は、主端子と接地端子各一個を備へ、巻線は段絶縁を採用して居る。（ロ）の場合に於ける構造は外觀は *m*ET、第17圖の場合に相似であるが、*m*ET の場合單相器二基を組合せたのに對し、GT の場合は單相器三基を共通固定枠に取付け一次側を三相星形結線とし、接地端子を有する點が異り、二次巻線は開放三角結線とし、開放端子間に繼電器が接續される。

計器用變壓器としての特性は、ET の場合と同一である事は勿論である。

ニ）　ETSO（碍子型變壓器）

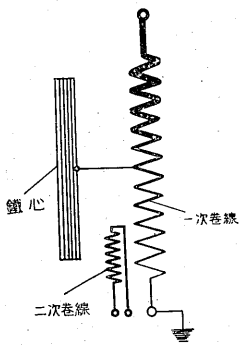
100kV 以上の超高壓計器用變壓器に、CTSO 型變流器の觀念を應用したものが ETSO 碍子型變壓器である。然し乍ら變壓器は、變流器とは根本的に異つてゐるから普通の變壓器の構造を其の儘碍子型とする事は、厖大な碍管油槽を必要とし、構造上不可能に近く、資材節約の趣旨にも徹底し得ない。構造簡單なる變流器に於てさへ、CTSO 型の完成には、在來の槪念より一大飛躍を示せる交叉線輪型巻線の考案が其の根底を爲してゐる。從つ



第18圖　接地用變壓器接續

て ETSO 碍子型變壓器に於ても、特殊の考案が施されて居る事は容易に想像される事と思ふ。

第19圖は碍子型變壓器の接續圖で、此の型の特異點は圖でも明かな通り、一次卷線に段絶緣を採用し、鐵心を大地より絶緣し一次卷線中位の電位を保たしめ、鐵心、一次卷線間の電位傾度を合理的に半減し、且二次卷線は鐵心電位に對する絶緣を施し一次卷線接地端子側に一次卷線と同心圓的に配置し極度に絶緣の合理化を計り、變壓器鐵心窓幅を非常に狹くする事が出來た事にある。鐵心は單相二脚鐵心で一脚に卷線が施されて居り、鐵心と卷線間及び鐵心繼鐵部等には、電位傾度調節用遮蔽壁が設けられ、絶緣支持脚により油槽碍管底部に固定されて居る。超高壓計器用變壓器一次卷線は、其の卷回數數萬回に及び、卷線導體外徑の僅の增加は直接變壓器本體の大さを支配し、導體絶緣の巧拙は直接變壓器の死命を制する。而も 200kV 級計器用變壓器に於ては、線輪の層間電壓は數百ボルトに及び、線輪間電壓は數萬ボルトにも達する。從つて變壓器一次卷線導體には特殊絶緣を施せる銅線が使用されて居り、其の層間及び線輪間絶緣は、特に充分なる考察と熟練せる技術に依り周到綿密なる工作が施されて居る。從つて第3表及び第2圖に示さるゝ如く、極度の資材節約をなせるにも拘らず、高度の耐衝撃電壓特性及び優秀なる電氣的特性を持つてゐる。**第20圖**は ETSO 型 220kV 碍子型變壓器の外觀を示す。碍管頂部に遮蔽環を有する。



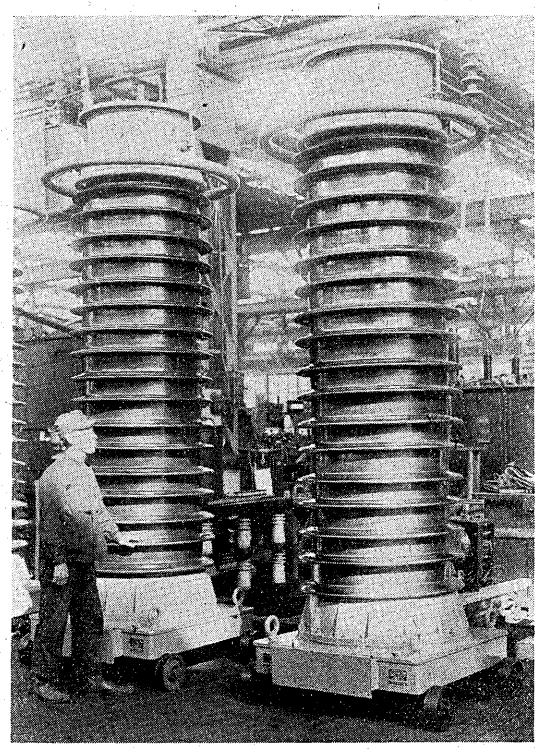
第19圖　碍子型變壓器内部接續圖

又 ETSO 型變壓器には、必要に依りては容易に三次卷線を設置する事が出來、二次卷線を指示計器用に、三次卷線を保護繼電器用に使用出來る。

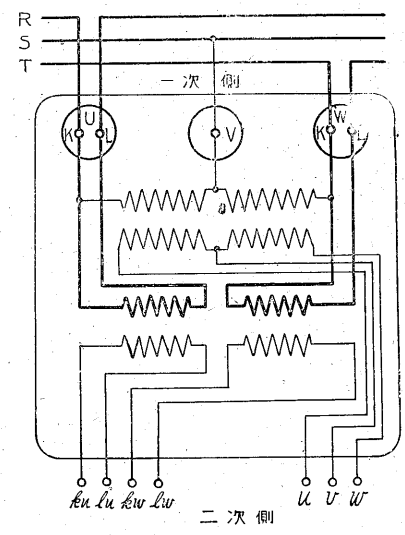
最近、套管型電位變成器が一部使用される如くであるが、重要なる超高壓送電線には、定格負擔の大きな周波數變動の影響絶無なる卷線型變壓器を用ひて、保護の完璧を期すべきであると考へる。

（3）　MT 8（計器用變壓變流器）

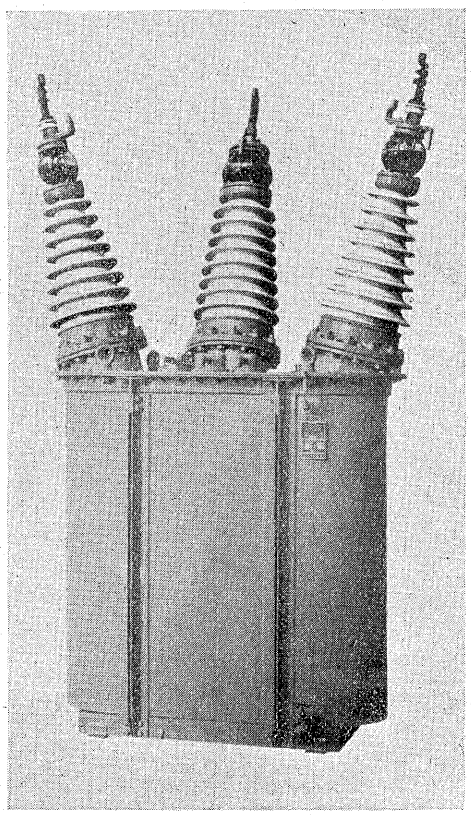
積算電力計に使用する變壓器及び變流器を個々に設置する時は、計器用機器の設置面積大となり、機器價格も高價となり、建設費增加し、資材の點に於ても不利を免れない。此の爲資材の節約及び設置面積の縮少を企圖して出現したものが計器用變壓變流器である。**第 21 圖**は其の内部結線を示し、**第22圖**は 60 kV 用 MT 8 型計器用變壓變流器の外觀及び中味を示す。第21圖に明らかな如く、MT 8 型は V に結線されたる變壓器と、2 基の變流器とよりなり、構造上より見れば *m* ET 型變壓器に二基の變流



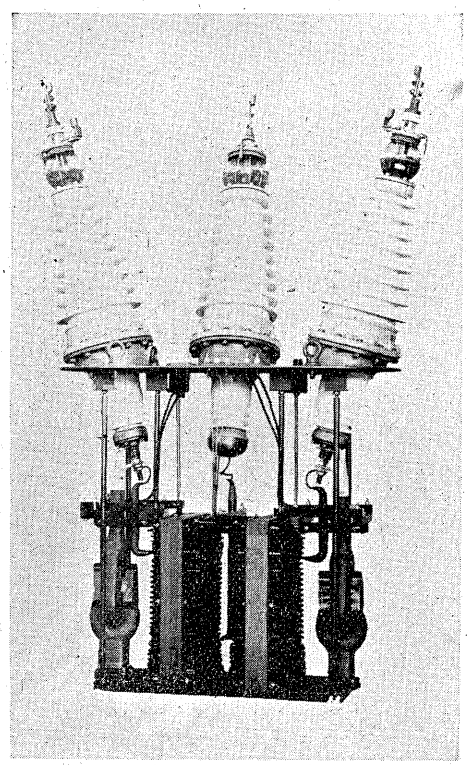
第20圖　220 kV 碍子型變壓器（ETSO）



第21圖　計器用變壓變流器内部接續圖



第22圖 (イ)



(ロ)

第22圖 計器用變壓變流器 (MT 8) (屋外用)

器を收納せるもので、變流器には交叉線輪型變流器を使用し、變壓器及び變流器は一體として固定し一つの鐵槽に納められる。變壓變流器の資材並びに設置面積の節減上の有利さは、第17圖 mET 型外觀と第22圖 MT 8型外觀とを比較する事に依り、簡單に了解されるであらう。

VI 結　　言

以上を以て弊社計器用變成器に關する技術的說明を終る。從來吾國に於ては、小型であると云ふ事から割合に等閑に附せられて居た傾が見受けられるが、送電系統が益々複雜に且つ遠距離になり、其の電壓は遂に 220kV に及び、其の電力も增大の一路を辿る折柄、其の計器用又保護用として、大電力系統の保安を司ると言ふ使命の重大さを考ふる時、決して他の電氣機器に比して等閑に附せられるべきものでなく、吾々は此點に鑑みて多年努力して來た路を省み、更に將來一層の研究を誓ふ次第である。一層の御鞭達と御支援を願つて筆を擱く。

參考文獻

1) 平田、富士時報 第16卷 (昭14) 第2號
2) 〃　〃　第18卷 (昭16) 第2號
3) 椎原　〃　第18卷 (昭16) 第4號
4) 〃　〃　第16卷 (昭14) 第5號
5) 電氣學會雜誌 59卷 611 (昭14—6) 新製品紹介
6) 目良、平田、富士時報 第18卷 (昭16) 第11號
7) 小川、法貴、高山、230kV 碍子型變流器 第19回聯合大會豫稿 昭16年9月

(附) 型式承認

最後に御使用者の便宜の爲型式承認に關し一言附加する。

(1) 型式の統合

電力の賣買に使用される變成器は、必ず遞信省檢定の封印を要し、昭和13年1月1日改正實施の電氣計器檢定法規の適用を受ける。弊社に於ては電力用變成器に對する假承認を得、引續き型式本承認の申請をして居り、既に型式の制定發表されたものもある。型式の制定に當つては、遞信省の方針に從ひ型式の合理的整理統合を行ひ、**第4表**の如き方針の下に其の手續を進行して居る。從つて本表以外の變成器に對しては、型式本承認は申請せぬ方針であるから、檢定付弊社製品で本表以外の變成器御使用の向は、型式假承認有效期限間際に今一度檢定申請をされる事をお奬めする。

(2) 型式假承認有效期限延長

昭和16年7月4日付遞信省告示第1522號に於て、昭和16年6月30日以前に檢定に合格したる電氣計器に附屬の計器用變成器に對しては、型式假承認有效期限を一律に昭和22年12月31日迄延長される事になつた。此れは既に型式假承認有效期限を經過したるもの、及び未だ有效期限內にあるもの、何れにも適用されるのであるが、檢定合格の確證(封印付のまゝ或は檢定票添付)あるものに限られてゐる。尙之等再檢定を申請する計器用變成器の銘板は、從來のものに規定の補助銘板を追加する丈でよいことになつてゐる。

(3) 定格電壓及び定格電流

計器用變成器は、前項の如く檢定付のものは其の儘再檢定を申請する事が出來るが、新規に檢定を申請するものに對しては、規程 JEC—45 記載の定格電流及び定格電壓、並に其れの五分增、一割增、及び一割五分增としたるものゝみが認められて居る。

第 4 表　計器用變成器型式承認表

計器用變流器

用途	型式	定格	本承認番號
屋內用	FCR—1	3,450V　5～3,000/5A	T—94號
	FCD—1	3,450V　2,000～5,000/5A	
	LCT—5	6,900V　11,500V　5～750/5A	T—95號
	LCT—5A	6,900V　11,500V　1,000～1,500/5A	
	LCT—5B	6,900V　11,500V　2,000～6,000/5A	T—133號
	BLCT—5	23,000V　3,000～6,000/5A	
	CT—4	6,900V　11,500V　5～1,500/5A 23,000V　34,500V　5～　600/5A　直並列　5—10/5A～300—600/A	
	CT—8	6,900V　11,500V 23,000V　34,500V　5～4,000/5A　直並列　5—10/5A～300—600/5A	
屋外用	BLCTO—5	11,500V　23,000V　3,000～6,000/5A	T—110號
	CTO—4	6,900V　11,500V　5～1,500/5A 23,000V　34,500V　5～　600/5A　直並列　5—10/5A～300—600/5A　但シ10kV.20kV.30kVハ套管一級上使用ヲ含ム	
	CTO—8b	6,900V　11,500V 23,000V　34,500V　5～4,000/5A　直並列　5—10/5A～300—600/5A　但シ10kV.20kV.30kVハ套管一級上使用ヲ含ム	
	CTO—8c	46,000V 69,000V　80,500V　5～1,000/5A　直並列　5—10/5A～500—1,000/5A　但シ40kV.60kV.ハ套管一級上使用ヲ含ム	

計器用變壓器

用途		型式	定格	本承認番號
屋內用	單相	FTW—1	400/100V　500/100V 1,000/100V　2,000/100V　3,000/100V　50VA	T—93號
		ET—50	6,000/100V　10,000/100V　15,000/100V 20,000/100V　30,000/100V　直並列　20,000—10,000/100V　50VA	
	三相	$_m$ET—50a	3,000/100V　2×50VA	
		$_m$ET—50b	6,000/100V　10,000/100V 20,000/100V　30,000/100V　直並列　20,000—10,000/100V　2×50VA	
屋外用	單相	ETO—50	6,000/100V　10,000/100V　15,000/100V 20,000/100V　30,000/100V　直並列　20,000—10,000/100V　50VA　但シ10kV.20kV.30kVハ套管一級上使用ヲ含ム	
		$_m$ETO—50a	3,000/100V　2×50VA	
	三相	$_m$ETO—50b	6,000/100V　10,000/100V 20,000/100V　30,000/100V　直並列　20,000—10,000/100V　2×50VA　但シ10kV.20kV.30kVハ套管一級上使用ヲ含ム	
		$_m$ET—200	40,000/100V　60,000/100V　70,000/100V　2×200VA　但シ　40 kV. 60 kVハ套管一級上使用ヲ含ム	

計器用變壓變流器

用途	型式	定格	本承認番號
屋外用三相	MT—8	40,000/100V 60,000/100V　5～1,000/5A　直並列　5—10/5A～500—1,000/5A　但シ 40 kV. 60 kVハ套管一級上使用ヲ含ム 70,000/100V	T—134號

＊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。