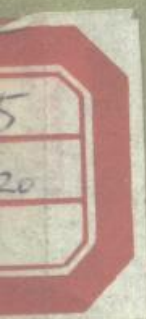


儀器互用儀

鄭景清 顧榮保 編著

科學技術出版社



儀 用 互 感 器

鄭 景 清 顧 榮 保

編 著

科 学 技 術 出 版 社

內 容 提 要

本書專述儀用互感器的原理、应用、設計、試驗及制造，并介紹檢地用的零序互感器及特种互感器十余种。本書可作为电机設計人員、發電厂配电站維護人員及中高等技術学校电机制造專業的参考用書。

儀 用 互 感 器

編著者 鄭景清 顧榮保

*

科学技術出版社出版

(上海建國西路 336 弄 1 号)

上海市書刊出版業營業許可証出〇七九号

上海新華印刷厂印刷 新華書店上海發行所总經售

*

統一書号：15119·61

(原大東版印 1,500 冊)

开本 850×1168 耗 1/32·印張 5 11/16·插頁 3·字數 133,000

一九五六年三月新一版

一九五六年六月第二次印刷·印數 1,021—2,520

定价：(10)一 元

目 錄

第一章 儀用互感器概說	1
(1·1)定義 (1·2)儀用互感器之型式 (1·3)普通儀用互感器之使用條件及應用注意點 (1·4)介紹幾種蘇聯製造的儀用互感器	
第二章 儀用互感器應用	18
(2·1)在什麼場合需用儀用互感器 (2·2)怎樣選擇一具儀用互感器 (2·3)電壓互感器之連接法 (2·4)電流互感器之連接法 (2·5)電流互感器和電壓互感器之聯用 (2·6)儀用互感器之保護 (2·7)儀用互感器之校正	
第三章 儀用互感器原理	35
(3·1)空載電流 (3·2)電壓比與電流比 (3·3)比差和相差 (3·4)電流互感器的向量圖 (3·5)那些因素影響電流互感器的比差、相差 (3·6)電壓互感器向量圖	
第四章 電壓互感器設計	46
(4·1)每圈電壓 (4·2)鐵芯 (4·3)磁通密度及空載損耗 (4·4)高低壓絕緣 (4·5)線捲設計 (4·6)電流密度 (4·7)電阻 (4·8)電抗 (4·9)比差、相差的計算 (4·10)設計實例〔一〕 (4·11)設計實例〔二〕 (4·12)標么值方法計算電壓互感器性能實例	
第五章 電流互感器設計	70
(5·1)電流互感器設計要點 (5·2)總安培匝及原副線捲匝數 (5·3)導線的電流密度 (5·4)副線捲感應電壓 (5·5)鐵芯截面 (5·6)絕緣內容 (5·7)鐵芯尺寸及空載電流 (5·8)副線捲電抗 X_{ws} (5·9)比差、相差計算 (5·10)十分之一負荷的計算 (5·11)熱限度計算 (5·12)機限度計算 (5·13)設計實例 (5·14)設計單	

✓ 第六章 特種儀用互感器	93
(6·1)複比多捲式電壓互感器 (6·2)V形接法之電壓互感器 (6·3)三相參差接法之電壓互感器 (6·4)疊接式電壓互感器 (6·5)複比多圈式電流互感器 (6·6)高電流之電流互感器 (6·7)用並聯負荷作補償之電流互感器 (6·8)雙芯反激磁補償式電流互感器 (6·9)自耦變流器 (6·10)直流電流互感器	
✓ 第七章 零序儀用互感器	110
(7·1)孤立中點制和零序互感器 (7·2)零序電壓互感器 (7·3)零序電流互感器的基本原理和構造	
第八章 儀用互感器製造	123
(8·1)鐵芯 (8·2)儀用互感器銅導體的選擇 (8·3)線捲的繞製 (8·4)線捲的絕緣處理 (8·5)裝配	
✓ 第九章 儀用互感器試驗	141
(9·1)概言 (9·2)儀用互感器之極性試驗 (9·3)比差及相差 (9·4)溫升耐壓試驗及其他	
附 錄	174
I. 蘇聯線規直徑、截面及每公里重量電阻表 II. 蘇聯規格扁銅線尺寸及截面表 III. 數種絕緣材料的電介特性 IV. 在空氣中高壓電器最小電氣距離的試用值 V. 兼有電壓及電流互感器之相角校正因數	

第一章 儀用互感器概說

儀用互感器即指電壓互感器和電流互感器兩種：電壓互感器俗稱表用變壓器；電流互感器俗稱變流器。這都是發電廠、配電站，以及較大電力用戶常備的電器。用了互感器能使高低壓電源分開，減少測量的危險；又能用小額電表量高電壓高電流及巨額電能。譬如用110伏的電壓表，就能量6600伏以至66仟伏或較之更高的電壓；利用5安的電流表就能量度100安甚至1000安或較之更高的電流。此外又能使繼電器作用，以保護或控制原電路。所以輸配電線路上儀用互感器的應用是非常廣泛的。本章就儀用互感器常用的各種型式及專用名詞作一般的介紹，使讀者對儀用互感器有初步的了解和認識。

(1.1) 定 義

關於儀用互感器的各種名詞之定義，逐點解釋如下：

(1) 電流互感器之**額定電流**。每具電流互感器通常至少有兩個線捲：其一串聯於線路之上，另一串聯於電表。二者均有一定的負載電流通過，超過此負載電流就稱為“過負荷”。線捲就反常的發熱，比例也就不準確了。所以這額定電流應該標明於互感器的銘牌上，以便使用者查視。這標明於銘牌上之原電流及副電流數值就稱為電流互感器的額定電流值；但是副電流規定為5安，以便於一般電流表之量度。不過特殊情況下，也有將副電流設計為1安的，也有特地設計為50安的。

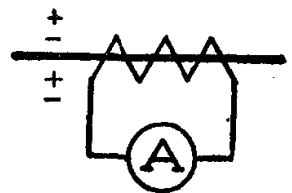


圖 1.1 電流互感器必須串聯於線路

(2) 電壓互感器之**額定電壓**。電壓互感器和電流互感器一樣，至少也應由兩個線捲構造而成。主要不同點是電流互感器原線捲必須串

聯於線路，副線圈串聯至電流表或副電路，如圖 1.1；電壓互感器却必須並聯於線路，副線捲跨接電壓表，如圖 1.2。此外，電壓互感器跨接之線路電壓也有一定數值，不能過高；過高則線捲絕緣不夠，鐵芯飽和就不能安全使用。譬如 3300/110 伏之電壓互感器，就只能應用在 3300 伏之原電路上，如不慎用在 6600 伏線路上，電壓互感器就要損壞。所以在使用前，必須仔細查看互感器上額定電壓，方可保證使用安全。每具電壓互感器在銘牌上都標明着原電路及副電路的電壓，這些數值就稱為電壓互感器的額定電壓。參照蘇聯標準副電壓用 100 伏或 $100/\sqrt{3}$ 伏；我國以前則採用 110 伏。

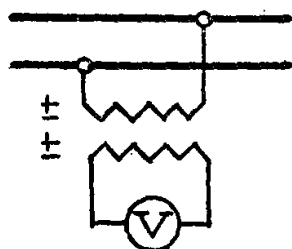


圖 1.2 電壓互感器
必須並聯於線路

(3) 電流互感器之標稱電壓。電流互感器不單要注意額定原電流，其使用原電路之額定電壓對電流互感器之使用安全關係亦甚密切，此原電路電壓應標明於互感器之銘牌上，稱為電流互感器之標稱電壓。標稱電壓高，絕緣質量要好，所以在使用電流互感器之前，先得認清其標稱電壓。簡言之，我們絕對不能將標稱電壓低之電流互感器用於電壓較高之線路上。

(4) 儀用互感器之原線捲。即儀用互感器中與原電路聯接之線捲，俗稱初級線捲或一次線捲。

(5) 儀用互感器之副線捲。儀用互感器中與副電路聯接之線路，如聯接於電表及替續器等等，俗稱次級線捲或二次線捲；在三線捲之電壓互感器中，副線捲有兩個，分別接於儀表及繼電器上。

(6) 儀用互感器之負荷。為儀用互感器副線捲所聯接之負載，以伏安或歐姆表示。標明於銘牌上之負荷數值，即為互感器之額定負荷。這負荷係指儀用互感器依據標準情況下副線捲所能連續負載之伏安或歐姆數，該項負荷之功率因數，亦有規定，通常應用者在 0.5 到 1.0 之間。

(7) 相差。(甲)電流互感器之相差為原電流向量與副電流負向量間之相位差，當副電流負向量越前時為正，滯後時為負(圖 1.3)。相差

在學理上，以弧度為單位，一弧度等於 57.3 度，但是弧度單位太大，所

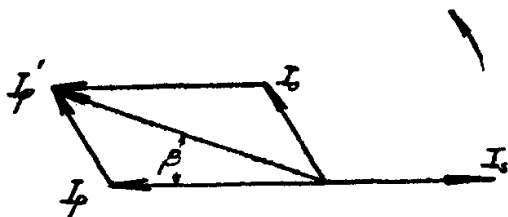


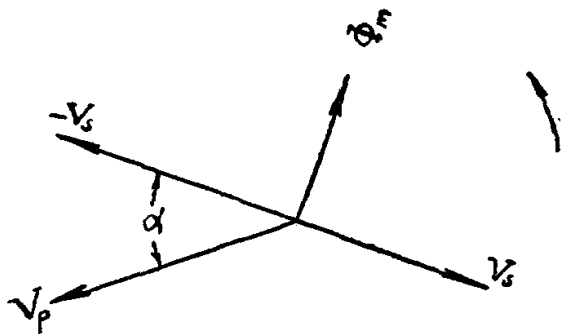
圖 1.3 電流互感器簡單的相差關係(β 為正值)

以平常將弧度化成分數，所謂相差若干分即是。在換稱時，一弧度相等於 3438 分。(乙)電壓

互感器之相差為原電壓向量與副電壓負向量間之相位差，當副電壓負向量越前時為正，滯後時為負(圖 1.4)。單位亦經常以分表示之。

(8) 額定比值，符號(K_n)。

(甲)電流互感器之額定比值為額定原電流對額定副電流之比，譬如 100/5 安之互感器，原電流為 100 安，副電流為 5 安，額定比值為 $100 \div 5 = 20$ 。



(乙)電壓互感器之額定比值

圖 1.4 電壓互感器簡單的相差關係(α 為負值)

為額定原電壓對額定副電壓之比，譬如 6000/100 伏之互感器，原電壓為 6000 伏，副電壓為 100 伏，額定比值為 $6000 \div 100 = 60$ 。

(9) 比差。通常以誤差率表示，為儀用互感器之額定比值 K_n 與真實比值 K_c 之差，對真實比值的百分率，額定比值大於真實比值時為正，小於真實比值時為負：

$$\text{誤差率 } D = \frac{K_n - K_c}{K_n} \times 100\%$$

譬如一具 100/5 安電流互感器之額定比值為 20，但製造完畢不可能完全與額定比值相符，設其真實比為 19.9，則：

$$\text{誤差率 } D = \frac{20 - 19.9}{20} \times 100\% = +0.5\%$$

(10) 電流互感器之飽和倍數。以超過額定原電流若干倍之過載電流進入互感器，但比差仍不超過 -10% 時，此原電流之倍數稱為飽和倍數。

(11) 熱限度(熱穩定度)。電流互感器是串聯於原電路,每當線路通過故障的時候電流是極大的。如果電流互感器原線捲所用的電流密度太高的話,常會因產生高熱而熔化,或將絕緣燒毀;爲了避免這種事故,所以一具互感器必須要附合熱限的要求,即當原電路瞬時短路時,電流互感器之最高溫度在一秒鐘內 A 級絕緣不得超過攝氏 250°C , B 級絕緣不得超過 350°C ,其開始的溫度爲正常使用時之最高溫度,此可容許之瞬時電流限度,即爲該電流互感器之熱限電流。

(12) 機限度(機動穩定度)。有時候因電流互感器之結構不堅固,所以線路發生短路的時候,因電磁作用而發生的機械力,會因此損壞了互感器,所以一具電流互感器除了熱限度之外,還要附合機限度的要求;即原電路在瞬時短路時在十分之一秒鐘內,受電磁作用產生之機械力不致損傷電流互感器,此瞬時電流限度爲該電流互感器之機限電流。

(1.2) 儀用互感器之型式

(1) 儀用互感器依其所用絕緣材料之不同可分爲三種,即:乾式、膏封式、油浸式。

(甲)乾式 乾式儀用互感器所用之絕緣材料不外乎棉紗、絲綢、絕緣紙、絕緣膏、瓷料等等。這種互感器的外圍並沒有用油類或其他絕緣質固封,其帶電部分與鐵芯隔離的憑藉就是瓷料或空氣。

但以空氣或瓷料作爲絕緣,則互感器之帶電部分與鐵芯之間必須有較大的空間距離;如果額定電壓較高,互感器之構造因此笨重而浪費材料,所以此式以用於電壓在 15 仟伏以下者爲宜。

圖 1.5 爲一額定電壓 500 伏及 3000 伏乾式互感器之構造圖。

(乙)膏封式 爲了加強絕緣,互感器之帶電部分與鐵芯之間可用絕緣膏隔離之,絕緣膏不但緊密固封於線捲外圍,並且還填塞其內部空間,含有絕緣及防潮雙重意義,這種絕緣膏大多從瀝青中提鍊而成。選擇這種絕緣物質的標準條件有兩點:第一要耐高壓,第二要耐高溫。耐壓強度每公厘厚應在 11.8 仟伏以上,熔點應爲攝氏 $71-93^{\circ}\text{C}$ 度;閃

點應在攝氏 232°C 度以上；傾點應在攝氏 150°C 以上，且自高溫跌至低溫時，並無顯著的收縮現象。

尚有一種耐油絕緣膏，不但絕緣性強，且不為變壓器油所侵蝕，其熔點應在 $80-85^{\circ}\text{C}$ 之間，閃點在 170°C 以上，視需要而採用之。

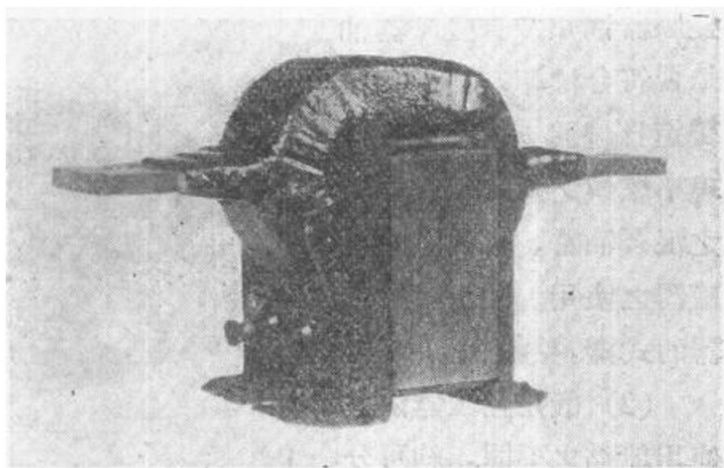


圖 1.5 a 乾式電流互感器

品質較差的絕

緣膏不耐高溫，往往因線路上偶而發生故障，絕緣膏融化，體積膨脹，甚

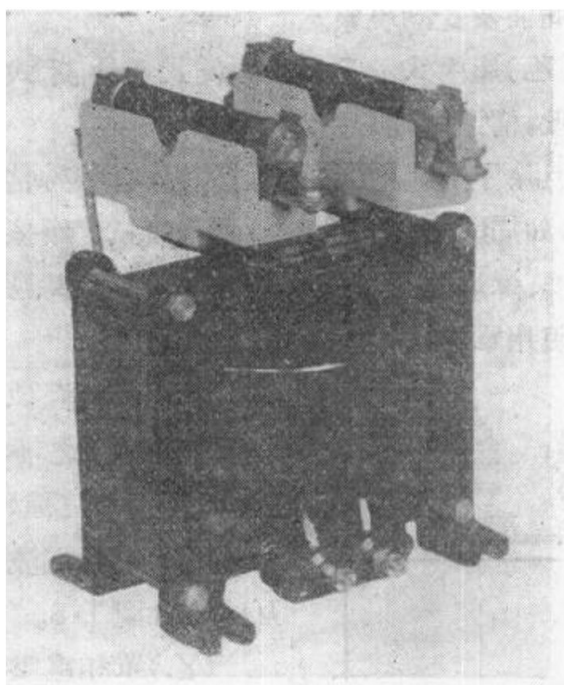


圖 1.5 b 單相電壓互感器

至因分解不燃燒氣體，在互感器內部產生氣體壓力，致使互感器外殼裂開或爆炸；並且融化的混合物質，溫度接近着火點的時候也可能引起燃燒，這種危險應在製造時，加以注意和設法避免的。避免的方法：一方面採用優良的絕緣膏，一方面只有將這種型式互感器的溫升限度設計得較乾式為低。這種膏封式互感器的外型如圖 1.6 所示。

(丙)油浸式互感器 根據製造和應用電力變壓器的經驗，覺得油類不僅是優良的絕緣物質；而且對變壓器的冷卻有極大的幫助，所以電壓較高的儀用互感器均以採用油浸式為宜。但是和膏封式

同樣必須注意的，就是普通變壓器油在高溫時亦有燃燒的危險，故選擇變壓器油須檢查變壓器油是否符合標準。最近電機製造日趨進步，蘇聯已發現不燃燒之蘇伏油及類似之混合油質，可供高壓互感器的使用。油浸式互感器的式樣，見圖 1.7。

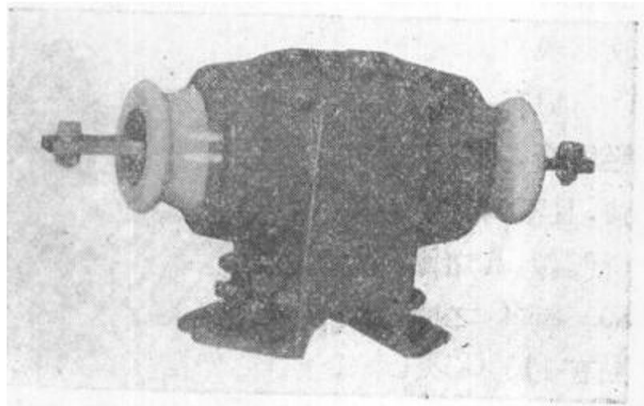


圖 1.6 膏封式電流互感器外型圖

(2) 儀用互感器依其使用地點之不同，約可分下列兩種：

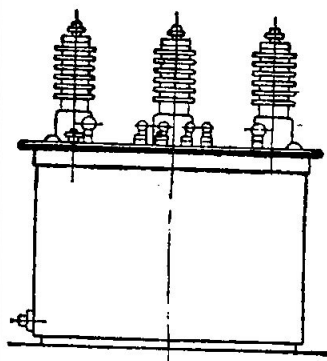
(甲)屋外式 大都為油浸式，故構造方面以裝置襯墊緊密為主，以防有漏油及受潮現象。

(乙)屋內式 常用者以乾式及膏封式為多數，構造方面以防潮為主。

但除了上述兩種型式之外，如有特殊情況，例如周圍有損害性氣體或水蒸氣、摩擦性塵埃、爆炸性氣體、鹽水沫等等，設計時應參照使用單位需要而考慮。



a. 油浸式電流互感器



b. 油浸式電壓互感器

圖 1.7

(3) 儀用互感器依其相數之不同，可分下列三種：

(甲)單相電流互感器如圖 1.8。

(乙)單相電壓互感器（有壳式的和芯式的）如圖 1.9。

(丙)三相電壓互感器(有三柱足式的和五柱足式的等等)如圖 1·10。

(4) 儀用互感器依其使用時裝置的不同,可分下列兩種:

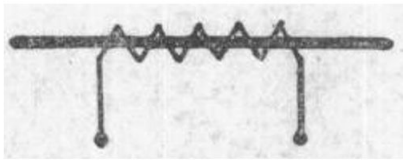


圖 1·8 a 簡化電流互感器線路之一

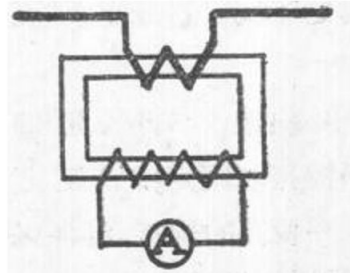


圖 1·8 b 簡化電流互感器線路之二

(甲)可攜式 適用於出外校驗及實驗室使用,常用的爲複比多捲

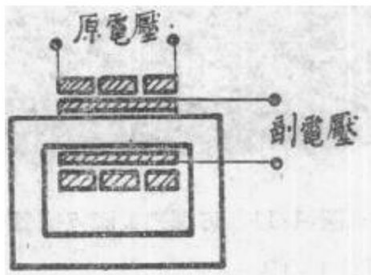


圖 1·9 a 芯式電壓互感器

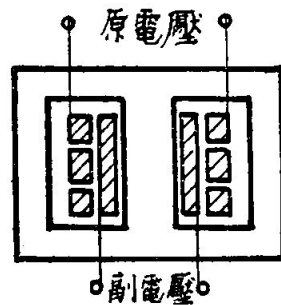


圖 1·9 b 殼式電壓互感器

式儀用互感器,取其原副線捲的比例有幾種可供調節,則線路上任何電

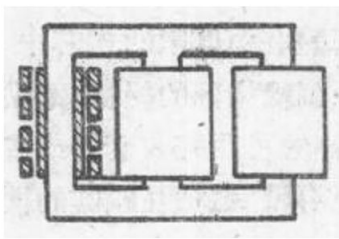


圖 1·10 a 三柱足式三相電壓互感器

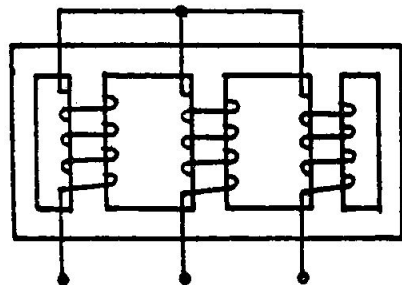


圖 1·10 b 五柱足式三相電壓互感器

流或電壓均可量讀。在設計時應考慮便於攜帶,重量較輕,準確度要較高,一般採用鎳鋼片製造,方可符合這兩點要求。可攜式電流互感器如圖 1·11。

(乙)固定式 適用於配電盤及其他固定位置上。

(5) 電流互感器依其機械結構之不同，可分下列五種：

(甲)線捲式 此式原線捲與副線捲均固定繞於鐵芯上；電壓較高的線捲，浸漆之前，一般以經過真空處理者為宜。原線捲與副線捲中間必須以絕緣隔開，例如空氣隙、黃蠟布、紗帶、瓷管等等，絕緣間距視額定電壓大小而定。原線捲部往往電流較大，所以用數根銅線或銅帶併繞，經絕緣包紮處理後，套在副線捲外面，其結構見圖 1·12。

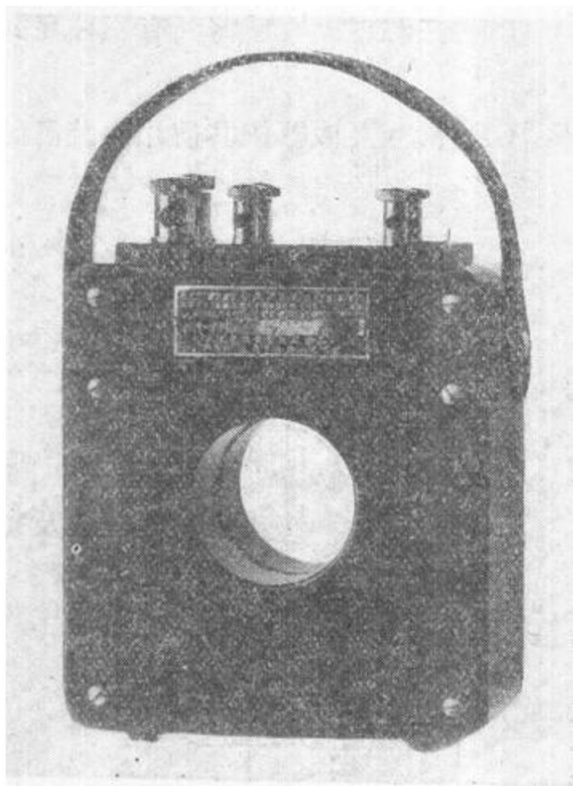


圖 1·11 可攜式電流互感器

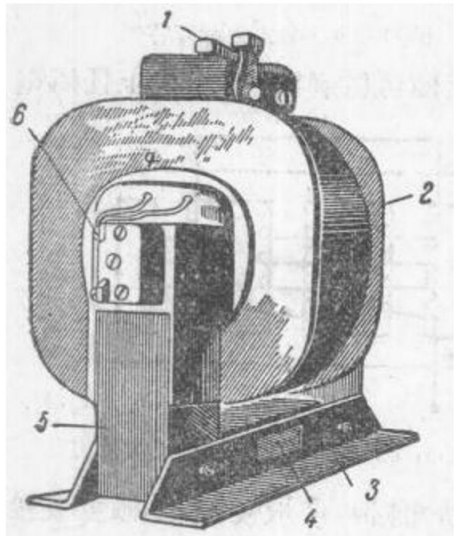


圖 1·12 線捲式電流互感器

1. 原線捲出頭 2. 瓷套管 3. 互感器底腳 4. 銘牌 5. 鐵芯 6. 副線捲出頭

(乙)排式 電流互感器最簡單的結構型式，為一個環形或方形鐵芯，副線捲即順繞在鐵芯上，原線圈部分只有一單根的導體在這開敞的鐵芯中央通過。至於原副線捲間的絕緣：電壓低的用紙；電壓高的可用瓷質套管或電容式套管裹住原導體。這類互感器的機械結構非常堅固，製造型式如圖 1·13。

但是排式電流互感器原線捲只有一匝，所以總安培匝等於原電流數值，因之排式電流互感器在設計上就被原電流大小所限制了。假使要設計 15 伏

安 0.5 級精確度的互感器,原電流如在 500 安培以下,由經驗所得,就很難用矽鋼片來製造;原電流如在 300 安培以下,即使要達到 1.0 級的

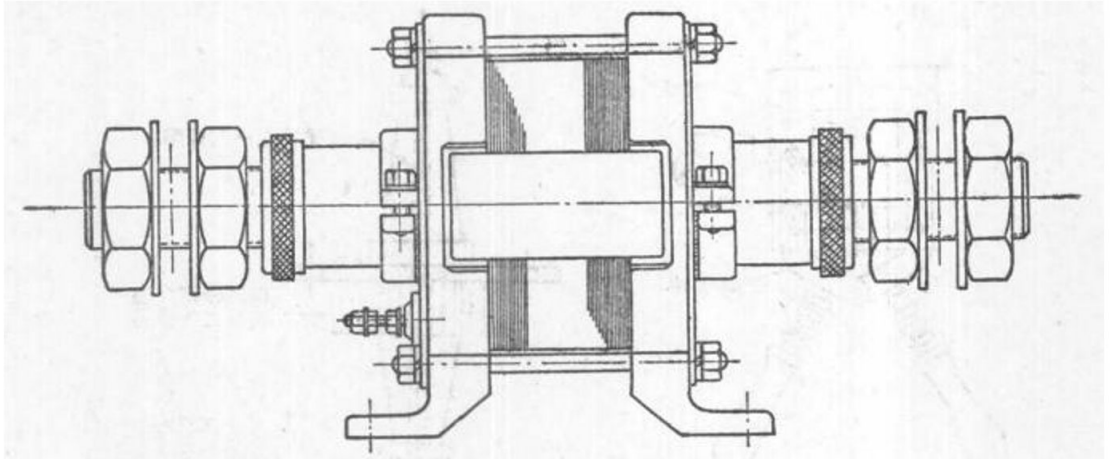


圖 1-13 排式電流互感器

精確度已有很大的困難。

爲了排式互感器不能應用於原電流較低的線路上,最近已有利用鎳鐵合金及其他特種矽鋼片作爲互感器鐵芯。鎳鋼片的磁導率較高,可以將原電流的限度降低到 50 安培左右。

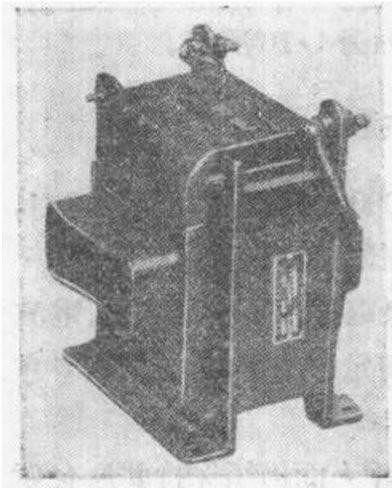


圖 1-14 穿心式電流互感器

(丙)穿心式 排式電流互感器通常固定裝置在原電路之匯流排上面,而穿心式同排式的不同點,即穿心式的原線捲就利用了匯流排穿入互感器的絕緣體中間,這樣構造就更形簡化,並且節省了製造費用。

低壓的穿心式互感器僅有方形的鐵芯,外圍繞以線捲,包以絕緣,中間即可容許原電路導體穿入,如圖 1-14。

(丁)閉合式 此式的原理與排式相同,副線捲固定繞於鐵芯上並無原線捲;但其鐵芯之構造可開可合,以便夾入導體,這種型式最適宜於配電工人隨時測量各電路電流之用。

圖 1·15 爲一具新型的閉合式電流互感器，上面並且置有電流表。副線捲如有幾個測量範圍，使用時就更感方便。

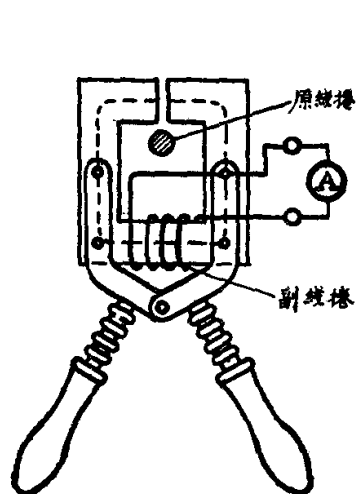


圖 1·15 閉合式電流互感器

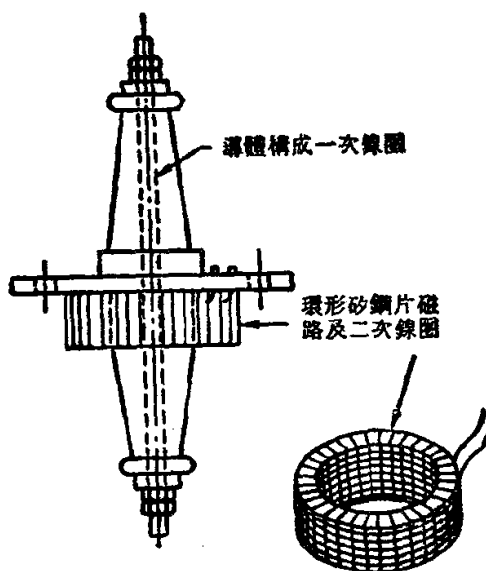


圖 1·16 套管式電流互感器

（戊）套管式 此式之副線捲固定繞於鐵芯上，並無原線捲，該互感器常附裝於其他電器套管部分而成一整體，如圖 1·16 所示。

（1·3） 普通儀用互感器之使用條件及應用注意點

- ✓（1）儀用互感器應使用在海拔不超過 1000 公尺之處，海拔越高，空氣密度較低，對流的散熱小，故其溫升限度標準應降低。
- ✓（2）儀用互感器應使用於標準週率，不良電波及不平衡電壓、電流均足以影響互感器之準確性，如不得已非在額定週率下使用，則應考慮下列幾點：

（甲）電流互感器如使用週率低於額定週率，而仍須保持其原有額定準確等級，其額定負荷應予減低；額定負荷之減低，視電流互感器之設計而異，並無簡單方法可依循。一般而言，凡電流互感器之準確等級高，或電流比值超過 1000/5 安培者，更應減低。

（乙）如電流互感器之使用週率高於額定週率，而不超過兩倍時，其

額定負荷可略為增加。

(丙)如電壓互感器之使用週率低於額定週率時，因勵磁電流誤差增大，不能使用。

(丁)電壓互感器之使用週率如高於額定週率但不超過兩倍時，仍可使用，且不致影響其原有比差相差過鉅，但有時因負相差增加，尤其當負荷功率因數大時，負相差之增大甚為顯著，故額定負荷不宜增加。

✓(3) 儀用互感器電路中不宜有直流電通過，否則鐵芯磁化而影響其準確度。

✓(4) 儀用互感器使用時的環境溫度，以不超過 $+35^{\circ}\text{C}$ 為原則。

✓(5) 電流互感器使用時，次級常應短路，一旦開路，因原線捲的激磁安培匝很大，鐵芯磁通密度激增，次級匝數很多，有引致高電壓的危險，應加密切注意。通常電流比較大的互感器上面，接有開路保護裝置，目的就在避免此種危險事件的發生。此外，鐵芯飽和對互感器的準確有關，影響以後的使用。

(1.4) 介紹幾種蘇聯製造的儀用互感器

(1) 電壓互感器：

(甲)HOM 型，是單相雙線捲電壓互感器。字母“H”代表電壓互感器，“O”指單相，“M”指油浸式；又如 HOM-10，數字“10”代表原線捲的額定電壓以仟伏為單位；副線捲額定電壓經常為 100。所以 HOM-10 即指額定比例為 10000/100 伏，單相油浸式電壓互感器。原副線捲電壓配合可見表 1.1。

HOM 型互感器外型圖，如圖 1.17 所示。

(乙)HOC 型，是單相乾式雙線捲電壓互感器。字母“O”、“H”意義已如上述外，“C”是指乾式而言。圖 1.18 為這類互感器之外型圖。

(丙)HTMK 型，為三相雙線捲電壓互感器，字母“H”代表電壓互感器，“T”意思是三相，“M”為油浸式，“K”為備有補償線捲之意思，後

面數字爲原線捲的額定電壓，以仟伏爲單位。

HTMK 型互感器的連接法爲 Y/Y_0-12 ，原線捲接成參差形，即每相線捲與另一相少數的補償線捲連接，這種做法的目的是爲了提高互感器的準確度減少誤差，副線捲接成 Y 形，並將中線引出。鐵芯由三個芯柱組成。線路圖見圖 1·19。

(丁)HTMI 型，如圖 1·20 就是零序電壓互感器；也就是三相三線捲電壓互感器。字母“H”代表電壓互感器，“T”代表三相，“M”是油浸式，“I”是三線捲式，後面如有數字就是原線捲額定電壓以仟伏爲單位。

一般製造，鐵芯應爲五柱足式，原線捲 Y_0 聯接，第一副線捲亦爲 Y_0 連接，第二副線捲接成開口三角形，將這兩端引出，在原電路一相短路時，此兩端的電壓

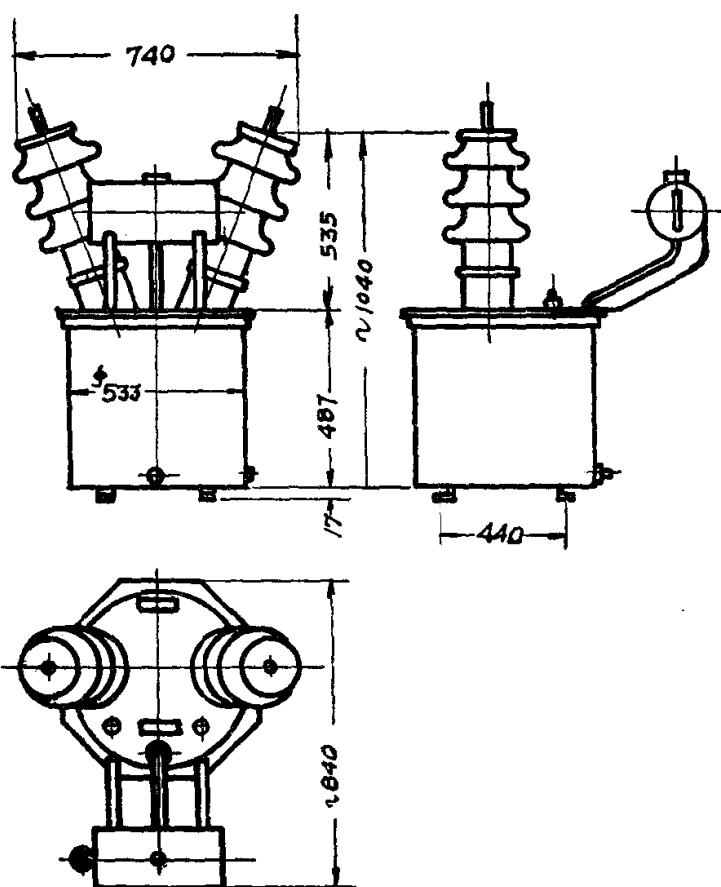


圖 1·17 HOM-35 型電壓互感器

爲 100 伏，此種互感器的用途如下：

1. 用第一副線捲接儀表以測量電壓。
2. 第二副線捲接繼電器，用以檢查線路檢地情況。

因第二副線捲的存在可以將線路上的靜電引導入地，副線捲電壓爲 100 伏，HTMI 型之第三線捲電壓爲每相 $100/3$ 伏。