

53640



變壓器檢修

蘇聯 普·阿·多林著



燃料工業出版社

5051

5/274

K.4

53640

變 壓 器 檢 修

蘇聯 普·阿·多林著

黃 長 敬譯

燃 料 工 業 出 版 社

內 容 提 要

本書詳細地敘述了容量在550千伏安和電壓在10千伏以下的普通新舊型油冷式三相雙捲變壓器的檢修，包括鐵芯、線捲、外殼、油枕、套管等項；並敘述了變壓器在安裝及檢修後的驗收，以及在運行及檢修期間的一系列的試驗工作。

本書是城市供電網和電廠運行人員的實用參考書。

*
*

變 壓 器 檢 修

РЕМОНТ ТРАНСФОРМАТОРОВ

根據蘇聯公用事業部出版社 (ИЗДАТЕЛЬСТВО МИНИСТЕРСТВА
КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА РСФСР) 1951年莫斯科俄文第一版翻譯

蘇聯П. А. ДОЛИН 著

黃 長 徵譯

燃料工業出版社出版

地址：北京東長安街燃料工業部
北京市書刊出版業登記證出字第012號

北京市印刷一廠排印 新華書店發行

編輯：陳惟清 校對：李翔雲

書號170電76

787×1092 $\frac{1}{2}$ 開本*55印張*130千字*印8,201—10,250冊

一九五四年三月北京第一版第一次印刷

一九五五年九月北京第二版第二次印刷

定價(8)九角

目 錄

原著者序	3
第一章 變壓器檢修總則	5
第1節 檢修的作用及種類	5
第2節 計劃檢修進行的期限	5
第3節 計劃檢修內容	6
第4節 變壓器檢修停用時間	7
第5節 計劃外的檢修	8
第6節 變壓器檢修前的準備工作	9
第7節 變壓器小修	12
第8節 變壓器大修	13
第二章 變壓器吊出部分的解體和鐵芯的檢修	16
第9節 吊出部分解體的條件和程序	16
第10節 鐵芯的型式	17
第11節 拆卸轆鐵和取下線捲	18
第12節 鐵芯的拆卸	20
第13節 鋼片間絕緣的損壞	21
第14節 穿釘絕緣的損壞	24
第15節 不正常的鳴聲	25
第16節 鐵芯接地斷線	26
第17節 鐵芯失火	27
第三章 線捲的損傷和檢修	28
第18節 線捲的類型	29
第19節 匝間短路	32
第20節 線捲的變形	34
第21節 變壓器主要絕緣及線捲絕緣的擊穿和閃絡	35
第22節 點狀放電	38
第23節 絕緣的損壞	39
第24節 線捲導線的修理	40
第25節 變壓器線捲的纏繞	45
第四章 變壓器各部的檢修	54
第26節 外殼的檢修	54

第27節	油枕的檢修	56
第28節	蓋部的檢修	58
第29節	套管的檢修及安裝	59
第30節	襯墊的檢修及製造	66
第31節	引線的檢修	67
第32節	線端板及分接開關的檢修	68
第五章	變壓器安裝及檢修後的驗收	71
第33節	變壓器鐵芯的安裝	71
第34節	變壓器鐵芯之烘烤	82
第35節	變壓器的裝配	87
第36節	變壓器檢修後驗收及加入運行	89
第六章	變壓器的試驗	91
第37節	變壓器檢修時之各種試驗	91
第38節	線圈中匝數的校對	92
第39節	外殼及油枕的試驗	93
第40節	變壓器油的試驗	94
第41節	軋鐵穿釘絕緣電阻的測量及其絕緣強度的測定	93
第42節	高阻計測量線捲絕緣電阻	100
第43節	變壓器主絕緣及套管的耐壓試驗	100
第44節	線匝絕緣耐壓試驗	103
第45節	線捲歐姆電阻的測量	104
第46節	變壓比的校驗	108
第47節	線捲結線組的校驗	111
第48節	無負荷電流及損耗的測定	113
第49節	短路電壓及損耗的測定	115
附錄		118
參考書目		144

原著者序

革命前的俄羅斯，在電力生產方面，是世界上最落後的國家之一。自蘇維埃政權成立，由於蘇俄國家電氣化計劃及斯大林五年計劃的勝利完成，我國已在電力生產方面，進至歐洲第一和全世界第二的地位。

蘇聯政府關於在伏爾加河上建設世界最大的古比雪夫和斯大林格勒水力發電站，同樣的，關於在第聶伯河、阿姆河和頓河上建設大水力發電站的具有歷史意義的決定，在蘇聯力源面前開闢了偉大的前途。

與發電廠發展的同時，增長着輸電線路、變電所和配電線路。變壓器——幾乎是每種電氣設備所必需的變電設備——的數量也在激劇地增加。

變壓器是1876年發明「電燭」的有名的俄羅斯電工技師雅布羅奇科夫(Л.Н. Яблочков)所發明。

現今廣泛使用的三相芯式變壓器的構造，是在1891年俄羅斯學者多利掘得布羅握里斯基(М.О. Доливо-Добровольский)所提出。

在城市配電網中的變壓器，實際上即是電能用戶的力源樞紐。

運行人員的任務是使這些樞紐能不斷的工作。這就必須使變壓器能正確地運行，及時並良好地進行定期的小修和大修。

除新變壓器外，在城市配電網中，有許多用過15年或15年以上的舊變壓器。

此等變壓器型式繁多，其備用配件缺少出品廠家。這就使檢修複雜化，並要求檢修人員對拆卸變壓器及更換其主要部分有足够的技術和了解；能修理和配製零件，並進行必要的試驗。

本書是專為這些問題而編寫的，書中敘述容量至560千伏安、電

壓至10千伏的普通新舊型的油冷式三相雙捲國產變壓器，此種變壓器為城市配電網所常用者。

在本書編寫的過程中曾參考過蘇聯電業部所頒布的「電廠及電網技術管理法規」、「電力變壓器運行須知」及許多其他的指導資料。

第一章 變壓器檢修總則

第1節 檢修的作用及種類

變壓器在運行期間，和其他機器一樣，須進行預防性檢修，有時（發生事故時），須進行事故檢修。

預防性檢修，按計劃定期進行，因此叫做定期檢修。它是運行監察的一部分。其主要內容是變壓器的檢視（內部或外部）。

比起運行檢查來，這種檢視有很大的優點：它是在變壓器停電後進行的，因此可縝密考察其各部狀況，且可消除所發現的缺陷。

此外，在預防性檢修中進行的試驗，可以判明普通檢視中不能發現的嚴重損傷。

變壓器如能在使用中進行正確的檢查並及時進行定期（預防性的）檢修，可以完全保證許多年無事故運行。相反地，不進行簡單的維護、違反檢修期限或無理由的減少檢修內容，可減低變壓器壽命並引起事故。

發電廠和供電網技術管理法規定了變壓器的定期小修和定期大修。定期大修又稱檢查。

定期檢修在一定期間進行，並有一定的內容，其內容可視變壓器的狀況減少或增加。

除必要的計劃檢修外，變壓器得因事故損傷或改製進行非常檢修。

第2節 計劃檢修進行的期限

按照現行規程，容量在560千伏安、電壓在10千伏以下的變壓器，按下列期限進行計劃檢修：小修——每年一次，大修——1935年以前出廠的變壓器每五年一次，1935年以後的出品每七年一次。

容量在 320 千伏安以下，裝在城市變壓器塔內，且無過負荷的變壓器，每十二年大修一次（電業部技術處，1949 年 4 月 6 日電字 46 號決定）。

按照變壓器技術情況及其運行條件，上開期限可以縮短很多：例如使用年限超過十五年或經過長時間過負荷的變壓器，又如有損壞絕緣、構造有缺陷或在當地修理工場大修（恢復鐵芯絕緣、換線捲）過的變壓器，應較上開期限縮短 $\frac{1}{2}$ 進行檢修。容量在 320 千伏安以下，大修期限規定為每十二年一次的變壓器，如發現變壓器油酸價昇高、油內有水份、漏油等，應進行非常檢修。

修復後重裝的變壓器，第一次小修宜經六個月後施行，第一次大修——經三年。

第 3 節 計劃檢修內容

甲、小修內容

定期小修（變壓器外部檢視）是不吊出鐵芯只將變壓器從線路上斷開，進行修理。

小修按章在安裝地點進行，有下列各手續：

1. 斷開電路，準備進行檢修；
2. 檢查線捲的絕緣電阻；
3. 檢視變壓器外部及全部附屬零件，並糾正發現的缺點；
4. 消除油枕油垢；
5. 加油（必要時）；
6. 檢查油標；
7. 檢查放油閥和盤根墊，擰緊螺釘；
8. 檢查低壓側的擊穿保險器（中性點不接地的變壓器）；
9. 清掃變壓器的絕緣套管及外殼的塵垢；
10. 檢查外殼接地狀況；
11. 填寫大修時應行消除及糾正的缺陷明細表；
12. 變壓器接入電路。

乙、大修內容

定期大修是將鐵芯吊出，進行變壓器的內部檢視。

大修在屋內進行，以便預防吊出部分着雨或污穢，房屋應寬敞，並有吊芯和檢修的設備。

大修工作內容，由下列手續集成：

1. 斷開電路，準備進入檢修；
2. 運至修理場；
3. 外部檢視及試驗；
4. 銷開變壓器蓋，吊出鐵芯，檢視及試驗鐵芯；
5. 吊出部分的檢修（鐵芯、線捲、分接器、引線）；
6. 蓋部檢修；
7. 套管清擦及檢修；
8. 檢修、清擦及油漆（必要時）外殼和油枕；
9. 濾油或換油；
10. 烘乾絕緣（必要時）；
11. 裝配變壓器；
12. 試驗；
13. 變壓器接入電路。

除以上工作外，照例在變壓器大修時應進行表計、二次配線、信號和保護設備的校驗，以及一次配線（電纜、絕緣套管、開關等）的檢修和試驗。

第4節 變壓器檢修停用時間

變壓器檢修常須停供電能，因此檢修常在年負荷最低日期，及日負荷最低時間進行（夏天、不工作期間、休息日等）。減少檢修停用時間是檢修人員重要任務之一。

容量不滿1800千伏安的變壓器檢修停用時間，按蘇聯電業部「電力變壓器運行須知」規定，小修不應超過6小時，大修——1—3晝

夜。

〔公用電廠及電網設備檢修標準定額時間手冊〕^①規定變壓器大修的工作時間如下：

變壓器容量（千伏安）	工作時間（小時）
50及以下	19.0
75—135	24.5
180	31.0
240—320	40.0
420—560	60.0

準備工作和檢修工作組織得好，對檢修有很大的作用。在很多情況下，上列時間可能大為減低：例如，當準備工作組織良好時，容量為 560 千伏安的變壓器，可在 24 小時內完成全部大修工作。

第 5 節 計劃外的檢修

如上所述，變壓器可能因消除事故而施行非常檢修；此時，變壓器照例視為因事故被迫檢修。

變壓器除有顯明損傷情況（如保護設備動作切斷負荷時，有火災損傷時，有顯明的機械損傷情況等）外，在下列情況下須進行檢修：

1. 各相有變動激劇的不等電壓；
2. 鳴聲不正常；
3. 變壓器內有炸裂聲；
4. 在正常冷卻及正常負荷下變壓器溫度不正常地上昇；
6. 油自油枕中噴出；
6. 嚴重漏油；
7. 油標管中無油；
8. 套管上發現裂痕、潛行放電或閃路痕跡；
9. 油質嚴重劣化（變色、發見炭或水、閃點較前次試驗降低 5°C

以上等）。

^① 1941 年俄羅斯蘇維埃聯邦社會主義共和國 HKKX 印行第四版

非常檢修內容依損傷情況各有不同，往往較計劃檢修內容為多，因在進行計劃外的檢修時，照例須將規定檢修內容全部實行。

在大多數情況下計劃外的檢修包括變壓器主要部分（線捲、鐵芯）的檢修工作，並需拆卸鐵芯，修理或換裝其損傷部分。

拆卸吊出之鐵芯以消除其缺陷或換裝其主要零件的檢修，稱為大修。

第 6 節 變壓器檢修前的準備工作

甲、將變壓器從線路斷開，以備檢修

在將變壓器從線路斷開之前，應編製檢修技術明細表，其中填寫應行完成的工作。為此利用變壓器工作中運行監察所發現的不正常情況的記錄、前次檢修技術明細表、變壓器檢修驗收書、試驗記錄等；此外，明細表中列入每次檢修時應進行的項目（見第 3 節）及防止事故與改變變壓器的特殊工作項目。

在變壓器停止運行以前檢查油質。

按照檢修工作性質和內容確定必須的工具、輔助設備和材料。

檢修技術明細表和工具、輔助設備、材料等目錄，在檢修工作票批准的同時由供電網總工程師批准，然後由材料庫領用必須的材料及備件，準備工具和輔助設備（滑車、鋼絲繩、棕繩、支架等），貯油筒，濾妥和烘乾的絕緣油的儲油器等。為了進行緊急檢修，在供電網內應備有變壓器備用零件，其數量及保存和使用的規則見附錄 1。

將變壓器從高低壓兩側斷開，斷開後，用檢電器檢查各相，是否已全無電壓，並在變壓器高壓側的匯流線上裝上接地保護裝置。進行這些工作時，都必須遵守「安全規程」的規定。

在將變壓器從線路斷開以前和剛斷開以後都須進行外部檢查。

在斷開前進行檢視，其目的在於發現在運行檢視中所未發現的、當變壓器帶有電壓和負荷時所發生的毛病。此時必須檢查在套管上有無放電現象，是否所有儀表都能工作，其指示是否正確，變壓器套管接觸點及匯流線接觸點是否過熱，應細聽變壓器的響聲，以證實其內

部是否有拆裂聲（拆裂聲證明變壓器內有弧絡現象）等。

變壓器斷開後的檢視，應該查明在變壓器與線路連接時所不能發現的一些毛病。此時用手觸試套管接線端，視其是否過熱，檢視變壓器四周，並查明：蓋頂及外殼間的連接部分，套管法蘭盤部分、外殼稜部、放油閥等處有無滲油漏油現象；然後，變壓器自引線斷開，用高阻計測量線捲在熱狀態下的絕緣電阻。

將查視及測量結果填入檢修明細表內，變壓器即可進入檢修。

乙、變壓器的裝卸及搬運

變壓器小修在其安裝地點進行。檢查和大修照例裝運到修理場施行。

就地檢修，因缺少必要的房屋，且必須將工具、設備、油等運到工作地點，故常感不便。

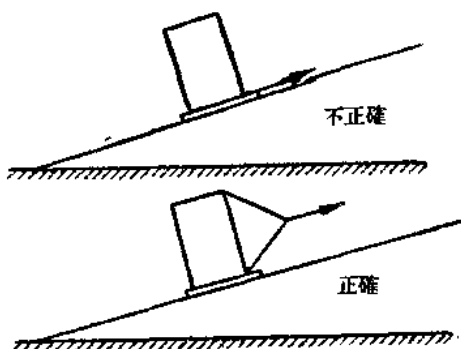
在修理場中施行檢修，既快且好；變壓器有時在安裝地點修理，主要是因為搬運到修理場和運回時裝卸困難。

變壓器應用斜板從地面上向載重車上裝車。為此，通常採用長度和斷面適當的兩塊工字形或其他形狀的鋼板。

變壓器裝車時，傾斜角度不應超出 15° 。為防止翻倒，牽引用的繩索應繫繞其機架之上下部，使其合力幾乎通過變壓器之重心（第1圖）。繩索用手動絞車牽引，在牽引反對方向應用拉繩保持之，無滑輪之變壓器應墊以鋼管。

搬運變壓器至遠距離或過不平的道路時，應以繩繫牢於車箱中，且在其下部兩面，各加兩個木楔，以防滾動，常在滑輪下墊鐵板，以防壓壞車箱，運送時容許變壓器傾斜到 15° 。

卸時或用斜板（其所需遵



第1圖 裝卸變壓器時用繩索牽引變壓器的正確方法與不正確的方法

守的條件與安裝時間)或用滑車。後法比較簡捷,且省力省地方。

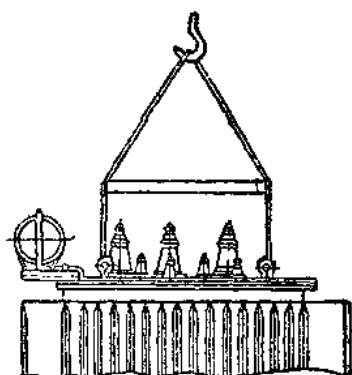
滑車吊在修理場中汽車可以開入的地方的樑上,或者懸掛在特製的架子上,該架子也可以作裝車用。

吊上或放下變壓器利用油箱架上特備的起重環或焊牢在油箱上(外殼)的把手。爲使環在吊起時不受曲力,利用木撐(第2圖)墊於起重環處,每對環墊一根。

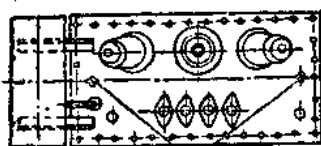
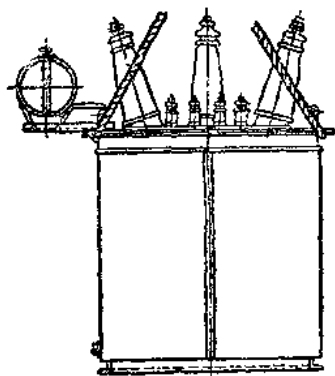
小變壓器無吊環或把手時,可用繩索繫在變壓器的上部,把它吊起(第3圖)。

不可用吊鐵芯的吊環來吊變壓器整體(第4圖)。

無滑輪的小容量變壓器水平移動時,利用小徑鋼管墊在變壓器框架之下,爲此可利用前軸可以轉動的低架平車。

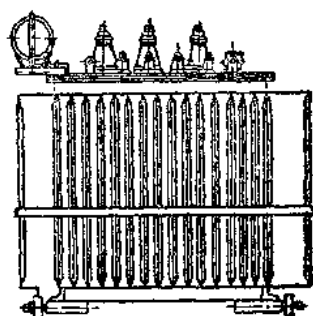


第3圖 利用木撐吊變壓器

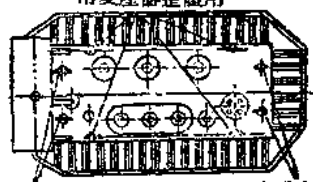


供吊出鐵心用

第3圖 無吊環時可吊變壓器的上部



吊變壓器整體用



供吊出鐵心用

供吊出鐵心用

第4圖 有吊整體用環和吊鐵芯用環的變壓器

有滑輪的變壓器放在厚木板或鋼板上移動。

移動變壓器最方便是在鍋爐鋼板上。

移動變壓器應小心，以防外殼、套管等受損。

裝卸及搬運工作，應利用絞車、滑車、平車等進行，並遵守安全規程的規定。動作應正確合宜，人工數量決定於變壓器容量和使用的工具。

裝卸用的機械及工具，應經過檢驗，確知其正確，且適合使用荷重。

第 7 節 變壓器小修

小修應由二、三電工組成之工作組執行，由領班領導。

變壓器室中有帶電部分時，應按安全規程的要求：接地、隔離、掛標幟牌、對人員加以必要的說明等。

檢修工作按批准的明細表進行：明細表在變壓器斷開電路前後加以補充。

小修的同時，也要進行與變壓器有關的一切設備（油開關、斷路器、匯流排、低壓設備、電纜及絕緣套管）的清掃，保護設備和表計的校驗等。這些工作，應按批准的明細表及特殊的規程所規定的順序進行。

清掃佔小修的大部分時間。必須清掃變壓器的全部：外殼、蓋頂、油枕、套管、連接線、器具等。清掃時使用乾燥清潔的棉紗頭。

套管的塵垢，通常用乾布揩拭，瓷軸上的塗料痕跡及黑膜層，用汽油浸過的布擦拭。套管用黏土溶液浸過的麻布擦拭，可以得到很好的結果。按這些方法作後，還須用乾布擦一遍。

外殼、蓋頂和油枕的清掃，應仔細進行，勿使表皮空隙處留有污垢。變壓器清掃後，可用浸過變壓器油的拭布擦一遍。

油枕中之泥垢與水份，由其下部特設的放洩門放出，至流出潔淨之油為止。

排除泥垢及取試油樣（如檢修明細表中列有此項工作）後，變壓

器補充絕緣油。加油用潔淨的漏斗，自油枕上部孔注入，在無油枕時，自變壓器頂蓋之專用孔灌入。油面應考慮變壓器內油溫，按其標誌決定。

多餘的油，在排除泥垢後，自變壓器下部放油閥排出。此時，按油標管中油面之變動，檢查油枕與變壓器是否連通。

如自襯墊滲油時，則將其螺釘旋緊。此時應務使頂蓋或法蘭盤四周均勻地壓緊。

第 8 節 變壓器大修

如果進行定期檢修的變壓器在正常條件下運行，且在檢視時未發現嚴重缺點，則在開蓋前僅作外部檢視，其線捲用高阻計試驗之。

若變壓器因故障而檢修，或在運行中有不正常的現象，而其缺陷並未肯定，變壓器在開蓋前（有時亦在開蓋後）應作試驗，以判斷其故障之所在及故障的性質。

在吊起變壓器鐵芯前應：

1. 以高阻計測線捲，決定高低壓間絕緣是否擊穿、接地及線捲是否斷線；

2. 測線捲之歐姆電阻，以判別有無匝間短路，各接焊處、套管接線端、出線端板及分接器等是否接觸不良；

3. 校對變壓比，以判別有無因出線端連接或分接器各段觸點連接而發生的匝間短路；

4. 耐壓試驗，藉以判斷引線故障或線捲絕緣損壞；

5. 檢視變壓器外部，補充斷開電路後的檢視，藉此可判明在運搬中可能發生的毛病。

大修須按照在開蓋前檢視和試驗後製定並批准的檢修技術明細表進行。

大修的技術明細表實例見附錄2。

為使變壓器在大修後不需要烘燥，鐵芯應防備着雨及塵垢，並不應在油外超出24小時。

照例，變壓器應在空氣正常濕度(50—60%)的場所及在乾燥天氣下啓開，在雨天或霧天如必須開啓變壓器時，應在關閉房屋中進行；且將室內溫度調整到比室外高 10°C 。

開啓時鐵芯溫度不應比周圍的空氣溫度低，否則，在開啓前變壓器應在室內放置一晝夜。

變壓器開蓋前，將油放出，並置於吊車下。

滑車、鋼絲繩或棕繩應與吊啓之變壓器重量相符合(參看附錄9、10、及11)，並按期試驗。

修理場宜備有兩具可在樑上移動的手動吊車；一爲起重5噸者，可吊560千伏安變壓器整體，一爲起重1噸者，吊小變壓器及各種零件。

吊鐵芯由兩個工人執行；一人操作吊車，另一人掌握鐵芯的正確方向，使吊出之部分，不與殼部相接觸。

當鐵芯起至相當高度時，外殼移至一旁，另置一台，鐵芯即置其上，台高約60公分，應相當堅固。

大變壓器(560—320千伏安)鐵芯應置於不高的木板上或直接放置在地板上，爲收集流下的油，鐵芯下面置一鐵盤。

變壓器經數年不開啓，在線捲上常產生沉澱層；此時應用乾淨的變壓器油沖洗。變壓器油自特製的油箱供給。線捲及鐵用軟刷蘸變壓器油刷洗。溝及凹處則用木棒裹以浸過油的布擦拭。

鐵芯清掃後，進行檢視及檢修。檢視時校對絕緣狀態，其顏色、彈性或脆度及機械強度如何(見第23節)，是否有故障處，墊子及墊圈的堅固程度怎樣，線圈有無移動，引線狀況如何，其絕緣良否，牢固否，線端板正常否，接觸點及焊接牢靠否，聯線完整否，焊接處絕緣質量如何，分接器動作正確否(各位置均加以試驗)，溝槽中有無垢塊及其他。

檢視鐵芯時，核對鋼片的裝配嚴密否(用測片或刀尖)。鋼片有沒有變色，接地是否完整，固着是否牢靠，穿心螺絲絕緣電阻(用高阻計檢驗)如何。

此外，校核絕緣套管的狀態及其裝配情況，螺絲擰固否，螺絲