浅析油浸式电力变压器的组成结构和优缺点

摘要：油浸式变压器具有散热好、损耗低、容量大、价格低等特点。目前电网上运行的电力变压器大部分为油浸式变压器，其中80%以上是采用自然油循环的冷却方式。自然油循环变压器线圈中设置导向板是现在普遍采用的一种冷却结构。本文着重分析油浸式电力变压器的结构，油浸式变压器的性能特点，还有油浸式变压器的分类。并且具体分析了油浸式电力变压器的油系统，简要的分析了油浸式电力变压器的故障。以及油浸式电力变压器的优缺点。希望可以加大了解分析我国的油浸式电力变压器。

关键字：油浸式电力变压器；铁芯；油系统

1、油浸式变压器结构

变压器主要由铁芯、绕组、油箱、油枕、绝缘套管、分接开关和气体继电器等组成。

1.1铁芯

铁芯是变压器的磁路部分。运行时要产生磁滞损耗和涡流损耗而发热。为降低发热损耗和减小体积和重量，铁芯采用小于0.35mm导磁系数高的冷轧晶粒取向硅钢片构成。依照绕组在铁芯中的布置方式，有铁芯式和铁壳式之分。

在大容量的变压器中，为使铁芯损耗发出的热量能够被绝缘油在循环时充分带走，以达到良好的冷却效果，常在铁芯中设有冷却油道。

1.2绕组

绕组和铁芯都是变压器的核心元件。由于绕组本身有电阻或接头处有接触电阻，由I2Rt知要产生热量。故绕组不能长时间通过比额定电流高的电流。另外，通过短路电流时将在绕组上产生很大的电磁力而损坏变压器。其基本绕组有同心式和交叠式两种。

变压器绕组主要故障是匝间短路和对外壳短路。匝间短路主要是由于绝缘老化，或由于变压器的过负荷以及穿越性短路时绝缘受到机械的损伤而产生的。变压器内的油面下降，致使绕组露出油面时，也能发生匝间短路；另外有穿越短路时，由于过电流作用使绕组变形，使绝缘受到机械损伤，也会产生匝间短路。

匝间短路时，短路绕组内电流可能超过额定值，但整个绕组电流可能未超过额定值。在这种情况下，瓦斯保护动作，情况严重时，差动保护装置也会动作。

对外壳短路的原因也是由于绝缘老化或油受潮、油面下降，或因雷电和操作过电压而产生的。除此以外，在发生穿越短路时，因过电流而使绕组变形，也会产生对外壳短路的现象。对外壳短路时，一般都是瓦斯保护装置动作和接地保护动作。

1.3油箱

油浸式变压器的器身（绕组及铁芯）都装在充满变压器油的油箱中，油箱用钢板焊成。中、小型变压器的油箱由箱壳和箱盖组成，变压器的器身放在箱壳内，将箱盖打开就可吊出器身进行检修。

漏油是油箱常见的问题

1.4油枕

油枕又叫油柜，是一种油保护装置，它是由钢板做成的圆桶形容器，水平安装在变压器油箱盖上，用弯曲管与油箱连接。油枕的一端装有一个油位计（油标管），从油位计中可以监视油位的变化。油枕的容积一般为变压器油箱所装油体积的8％～10％。

当变压器油的体积随着油的温度膨胀或缩小时，油枕起着储油及补油的作用，从而保证油箱内充满油。同时由于装了油枕，使变压器油缩小了与空气的接触面，减少了油的劣化速度。

大型变压器为防止油与大气接触的机会，其油枕常用隔膜式油枕和胶曩式油枕。

1.5呼吸器

呼吸器又称吸湿器，通常由一根管道和玻璃容器组成，内装干燥剂（硅胶或活性氧化铝）。当油枕内的空气随变压器油的体积膨胀或缩小时，排出或吸入的空气都经过呼吸器，呼吸器内的干燥剂吸收空气中的水分，对空气起过滤作用，从而保持油的清洁。浸有氯化钴的硅胶，其颗粒在干燥时是钴蓝色的，但是随着硅胶吸收水分接近饱和时，粒状硅胶将转变成粉白色或红色，据此可判断硅胶是否已失效。受潮后的硅胶可通过加热烘干而再生，当硅胶颗粒的颜色变成钴蓝色时，再生工作就完成了。

1.6压力释放装置

压力释放装置在保护电力变压器方面起着重要作用。充有变压器油电力变压器中，如果内部出现故障或短路，电弧放电就会在瞬间使油汽化，导致油箱内压力极快升高。如果不能极快释放该压力，油箱就会破裂，将易燃油喷射到很大的区域内，可能引起火灾，造成更大破坏，因此必须采取措施防止这种情况发生。压力释放装置有防爆管和压力释放器两种，防爆管用于小型变压器，压力释放器用于大、中型变压器。

1.6.1防爆管（又称喷油管）

防爆管装于变压器的顶盖上，喇叭形的管子与大气连接，管口有薄膜封住。当变压器内部有故障时，油温升高，油剧烈分解产生大量气体，使油箱内压力剧增。当油箱内压力升高至5×104Pa时，防爆管薄膜破碎，油及气体由管口喷出，防止变压器的油箱爆炸或变形。

1.6.2压力释放器

压力释放器与防爆管相比，具有开启压力误差小、延迟时间短（仅2ms）、控制温度高、能重复动作使用等优点，故被广泛应用于大、中型变压器上。

压力释放器也称减压器，它装在变压器油箱顶盖上，类似锅炉的安全阀。当油箱内压力超过规定值时压力释放器密封门（阀门）被顶开，气体排出，压力减小后，密封门靠弹簧压力又自行关闭。可在压力释放器投入前或检修时将其拆下来测定和校正其动作压力。

压力释放器动作压力的调整，必须与气体继电器动作流速的整定相协调。

压力释放器安装在油箱盖上部，一般还接有一段升高管使释放器的高度等于油枕的高度，以消除正常情况下油压静压差。

1.7散热器

散热器形式有瓦楞性、扇形、圆形、排管等，散热面积越大，散热的效果就越好。当变压器上层油温与下部油温有温差时，通过散热器形成油的对流，经散热器冷却后流回油箱，起到降低变压器温度的作用。为提高变压器冷却效果，可采用风冷、强迫油风冷和强迫油水冷等措施。散热器的主要故障是漏油。

1.8绝缘套管

变压器绕组的引出线从箱内穿出油箱引出时必须经过绝缘套管，以使带电的引线绝缘。绝缘套管主要由中心导电杆和磁套组成。导电杆在油箱内的一端与绕组连接，在外面的一端与外线路连接。它是变压器易出故障的部件。

绝缘套管的结构主要取决于电压等级。电压低的一般采用简单的实心磁套管。电压较高时，为了加强绝缘能力，在瓷套和导电杆间留有一道充油层，这种套管称为充油套管。电压在110kV以上，采用电容式充电套管，简称为电容式套管。电容式套管除了在瓷套内腔中充油外，在中心导电杆（空心铜管）与法兰之间，还有电容式绝缘体包着导电杆，作为法兰与导电杆之间的主绝缘。

变压器套管漏油是最常见的故障，套管漏油的原因是套管上部算盘珠状橡胶密封圈和套管底部橡胶平垫老化引起。

1.9分接开关（又称切换器）

分接开关是调整变压比的装置。双绕组变压器的一次绕组及三绕组变压器的一二次绕组一般有3、5、7个或19个分接头位置，分接头的中间分头为额定电压的位置。3个分接头的相邻分头电压相差5％，多个分头的相邻分头电压相差2.5％或1.25％。操作部分装于变压器顶部，经传动杆伸入变压器的油箱。根据系统运行的需要，按照指示的标记来选择分接头的位置。

变压器的高压装置分为无载调压和有载调压两种。无载分接开关，是在不带电情况下切换，其结构简单。有载分接开关，是在不停电情况下切换，在带负荷下进行，故在电力系统中被广泛采用。

分接开关发生事故时，一般是瓦斯保护装置动作。

变压器分接头一般都从高压侧抽头，主要原因在于：①变压器高压绕组一般在外侧，抽头引出连接方便；②高压侧电流小，因而引出线和分接头开关的载流部分导体截面小，接触不良的问题易于解决。

1.10气体继电器

气体继电器构成的瓦斯保护是变压器的主要保护措施之一，它可以反映变压器内部的各种故障及异常运行情况，如油位下降、绝缘击穿、铁芯、绕组等受潮、发热等放电故障等，且动作灵敏迅速，结构连线简单，维护检修方便。

气体继电器装设于变压器油箱与油枕之间的连管上，继电器上的箭头方向应指向油枕并要求有1％～1.5％的安装坡度，以保证变压器内部故障时所产生的气体能顺利地流向气体继电器。 (图片1)(图片2)(图片3)

1.11净油器（又称温差过滤器）

净油器是一个充满吸附剂（硅胶或活性氧化铝）的容器，它安装在变压器油箱的侧壁或强油冷却器的下部。在变压器运行时，由于上、下油层之间的温差，变压器油从上向下经过净油器形成对流。油与吸附剂接触，其中的水分、酸和氧化物等被吸收，使油质清洁，延长油的使用寿命

**2、油浸式变压器的油系统**

　　油浸式变压器有几个互相隔离的独立油系统。在油浸式变压器运行时，这些独立油系统内的油是互不相通的，油质与运行工况也不相同，要分别做油中含气色谱分析以判断有无潜在故障。

2.1 主体内油系统

与绕组周围的油相通的油系统都是主体内系统，包括冷却器或散热器内的油，储油柜内的油，35kV 及以下注油式套管内油。

　　注油时必须将这个油系统内存储的气体放气塞放出，一般而言，上述部件都应有各自的放气塞。主体内油主要起绝缘与冷却作用。油还可增加绝缘纸或

　　绝缘纸板的电气强度。在真空注油时，如有些部件不能承受与主体油箱能承受的相同真空强度时，应用临时闸隔离，如储油柜与主油箱间的闸阀。冷却器上潜油泵扬程要够，以免由于负压而吸入空气。这个油系统要有释压装置的保护系统，以排除器身有故障时所产生的压力。

2.2 [有载分接开关](http://baike.baidu.com/view/3825944.htm" \t "_blank)切换开关室内的油

这部分油有本身的保护系统，即流动继电器、储油柜、压力释放阀。这个开关室内的油起绝缘与熄灭电流作用。油会在切换开关切断负载电流时产生的油中去，这个油系统要良好的密封性能，即使在切换过程中产生电弧压力也要保护密封性能。

　　有载分接开关切换开关室内的油虽与主体内油隔离，但在真空注油时，为避免破坏切换开关室的密封，应与主体内油同时真空注油，在真空注油时，使这两个系统具有相同的真空度，必要时也应将这个系统的储油柜在抽真空时隔离。为结构上方便，主体的储油与切换开关室的储油柜设计成一互相隔离的整体。

2.3 60kV 及以上电压等级的全密封

这个油系统内的主要起绝缘作用，或增加油电容式套管内绝缘纸的电气强度。在主体内注油时，应将套管端部接线端子密封好，以免进气。

2.4 高压出线箱内油、或点气出线箱内油

三相 500kV 变压器的高压出线通过波纹绝缘隔离油系统。这个油系统主要起绝缘作用。

　　为简化结构，这个油系统也可通过连管与主体内油系统相联或设计成单独的油系统。

2.5 在对油浸式变压器进行各种绝缘试验

首先是放气 , 通过放气塞释放可能存储的气体。可通过分析各个系统的油中含气色谱分析可预判有无潜在故障。每一油系统都要满足运行的要求，如吸收油膨胀与收缩时油体积的变化，放油用阀门、放气塞、冷却器与散热器与主油箱的隔离阀等。每一油系统具有良好的密封性能，有载分接开关切换开关室内的油应能单独更换而不放出主体内油，运输时主体内油可放出而充干燥氮气

**3、油浸式变压器性能特点**

油浸式变压器低压绕组除小容量采用铜导线以外，一般都采用铜箔绕抽的圆筒式结构；高压绕组采用多层圆筒式结构，使之绕组的安匝分布平衡，漏磁小，机械强度高，抗短路能力强。

铁心和绕组各自采用了紧固措施，器身高、低压引线等紧固部分都带自锁防松螺母，采用了不吊心结构，能承受运输的颠震。

线圈和铁心采用真空干燥，变压器油采用真空滤油和注油的工艺，使变压器内部的潮气降至最低。

油箱采用波纹片，它具有呼吸功能来补偿因温度变化而引起油的体积变化，所以该产品没有储油柜，显然降低了变压器的高度。

由于波纹片取代了储油柜，使变压器油与外界隔离，这样就有效地防止了氧气、水份的进入而导致绝缘性能的下降。

根据以上五点性能，保证了油浸式变压器在正常运行内不需要换油，大大降低了变压器的维护成本，同时延长了变压器的使用寿命。

**4、油浸式变压器分类**

　　按照单台变压器的相数来区分,可以分为[三相变压器](http://baike.baidu.com/view/1432600.htm" \t "_blank)和单相变压器。在[三相电力系统](http://baike.baidu.com/view/3641003.htm" \t "_blank)中,一般应用三相变压器，当容量过大且受运输条件限制时，在三相电力系统中也可以应用三台单相式变压器组成变压器组。

　　按照绕组的多少来分，可分为[双绕组变压器](http://baike.baidu.com/view/2100441.htm" \t "_blank)和三绕组变压器。通常的变压器都为双绕组变压器，即在铁芯上有两个绕组，一个为原绕组，一个为副绕组。三绕组变压器为容量较大的变压器（在5600千伏安以上），用以连接三种不同的电压输电线。在特殊的情况下，也有应用更多绕组的变压器。

　　按照结构形式来分类，则可分为铁芯式变压器和铁壳式变压器。如绕组包在铁芯外围则为铁芯式变压器；如铁芯包在绕组外围则为铁壳式变压器。二者不过在结构上稍有不同，在原理上没有本质的区别。电力变压器都系铁芯式。

　　按照绝缘和冷却条件来分，可分为油浸式变压器和干式变压器。为了加强绝缘和冷却条件，变压器的铁芯和绕组都一起浸入灌满了变压器油的油箱中。在特殊情况下，例如在路灯，矿山照明时，也用干式变压器。

　　此外，尚有各种专门用途的特殊变压器。例如，试验用高压变压器，电炉用变压器，电焊用变压器和可控硅线路中用的变压器，用于测量仪表的[电压互感器](http://baike.baidu.com/view/430142.htm" \t "_blank)与电流互感器。

**5、油浸式变压器的故障分析**

　　变压器在运行中常见的故障有绕组、套管和分接开关及铁芯、油箱及其它附件的故障等。

5.1 绕组故障

　　主要有匝间短路、绕组接地、相间短路，断线及接头开焊等。

5.2 套管故障

　　变压器套管积垢，在大雾或小雨时造成污闪，使变压器高压侧单相接地或相间短路。

5.3 严重渗漏

　　变压器运行渗漏油严重或连续从破损处不断外溢以致油位计已看不到油位，此时应立即将变压器停用进行补漏和加油，引起变压器渗漏油的原因有焊缝开裂或密封件失效，运行中受到震动外力冲撞油箱锈蚀严重而破损等。

5.4分接开关故障

　　常见的故障有分接开关接触不良或位置不准，触头表面熔化与灼伤及相间触头放电或各分接头放电。

5.5过电压引起的故障

　　运行中的变压器受到雷击时，由于雷电的电位很高，将造成变电压器外部过电压，当电力系统的某些参数发生变化时，由于电磁振荡的原因，将引起变压器内部过电压，这两类过电压所引起的变压器损坏大多是绕组主绝缘击穿，造成变压器故障。

5.6 铁芯的故障

　　铁芯的故障大部分原因是铁芯柱的穿心螺杆或铁芯的夹紧螺杆的绝缘损坏而引起的。

5.7 渗漏油现象

　　变压器油的油面过低，使套管引线和分接开关暴露于空气中，绝缘水平将大大降低，因此易引起击穿放电。

6、油浸式变压器优点

6.1 变压器油绝缘性能好、导热性能好,同时变压器油廉价。

6.2 能够解决变压器大容量散热问题和高电压绝缘问题。

7、油浸式变压器缺点

7.1 变压器油具有可燃性,当遇到火焰时可能会燃烧、爆炸

7.2 变压器油对人体有害;

7.3 变压器油需定期检查

7.4 油浸式变压器抗短路能力差;

7.5 油浸式变压器密封性能不良且宜老化,在运行场所渗漏油严重,影响设备安全运行,同时影响环境;

7.6 油浸式变压器绝缘等级低,按Ａ级绝缘设计、制造

注释：

参考文献：

赵文彬,严璋;[油浸电力变压器固体绝缘老化的诊断](http://www.cnki.com.cn/Article/CJFDTOTAL-BYQZ200212012.htm%09%09%09%09%09%09%09%09%09%09%09%09%09" \t "_blank)[J];变压器;2002年12期

李韵;[油浸式变压器移动式煤油汽相干燥设备的研究](http://cdmd.cnki.com.cn/Article/CDMD-10079-2010175274.htm%09%09%09%09%09%09%09%09%09%09%09%09%09" \t "_blank)[D];华北电力大学（河北）;2010年

致 谢

感谢我的指导教师X老师，他严谨细致、一丝不苟的作风一直是我学习中的榜样，他循循善诱的教导和不拘一格的思路给予我无尽的启迪。

在论文即将完成之际，我的心情无法平静，从开始进入课题到论文的顺利完成，有多少可敬的师长、同学、朋友给了我无言的帮助，在这里请接收我诚挚的谢意！最后我还有感谢培养我长大含辛茹苦的父母，谢谢你们！