

## 任务二：一次设备与电气主接线

教案头：

项目	项目一 电气一次设备的运行与维护		
任务	知识点 1 电力变压器	学时	4
教学目标	知识目标	技能目标	素质目标
	①变压器的基本作用。 ②理解变压器的基本结构与工作原理。 ③掌握变压器的常规日常运行与维护事项。	①会识别变压器的铭牌。 ②能判别变压器的连接组别。 ③能进行变压器的运行与维护	①养成良好的安全意识，能够自觉按规章操作。 ②具有良好的团队协作精神，主动适应团队工作要求。 ③基本职业素养的培养。
工作任务	变压器日常的运行与维护		
教学重点	变压器的日常运行与维护事项；		
教学难点	变压器的工作原理。		
教学策略	“教、学、练、做”一体化		
教学条件	高低压成套电气装置生产性实训中心		
作业	变压器连接组别的判别		
备注			

教学内容：

### 一、任务概述

在电力系统中，为经济有效地输送电能，以满足用户对电能的需求，安装有电力变压器，使得发电机发出的电能经升压变压器升压，变为输电线路上较高电压、电流较小的电能，**高压电能**在被传输至负荷区时，需再经变电所**降压变压器**降压，变为用电设备所需要的较低电压的电能，然后经配电装置和配电线路将电能送至各个用户。本任务要求学生熟悉变压器的结构和作用，理解变压器的工作原理，了解变压器的分类；学会做变压器投运前的各项检查；熟悉变压器的常见故障现象，分析故障产生的原因，学会处理几种常见故障。

### 二、知识准备

电力变压器是变电所中最关键的一次设备，其功能是将电力系统中的电力电压升高或降低，以利于电力的合理输送、分配和使用。

#### （1）变压器的类型

变压器种类很多，可按用途、相数、结构、调压方式、冷却方式等不同进行分类。

按用途分类：升压变压器、降压变压器；  
按相数分类：单相变压器、三相变压器；  
按线圈数分类：双绕组变压器、三三绕组变压器和自耦变压器；  
按铁心结构分类：心式变压器、壳式变压器；  
按调压方式分类：无载调压变压器、有载调压变压器；  
按冷却介质和冷却方式分类：油浸式变压器、干式变压器等；  
按容量大小分类：小型变压器、中型变压器、大型变压器和特大型变压器。

## （2）变压器的结构

电力变压器的基本结构，包括铁心和一、二次或一、二、三次绕组两大部分。



图 2.1 变压器外形

三相油浸式电力变压器的外形，铁心和绕组是变压器的主要部件，称为器身。器身放在油箱内部。

### 1) 铁心

铁心的材料：采用高磁导率的铁磁材料，由 0.35~0.5mm 厚的硅钢片叠成。

为了提高磁路的导磁性能，减小铁心中的磁滞、涡流损耗。变压器用的硅钢片其含硅量比较高。硅钢片的两面均涂以绝缘漆，这样可使叠装在一起的硅钢片相互之间绝缘。

### 2) 绕组

绕组的材料：铜或铝导线包绕绝缘纸以后绕制而成。

绕组的形式：圆筒式、螺旋式、连续式、纠结式等结构。为了便于绝缘，低压绕组靠近铁心柱，高压绕组套在低压绕组外面，两个绕组之间留有油道。

### 3) 油箱及其他附件

#### ①油箱

变压器油的作用：加强变压器内部绝缘强度和散热作用。

要求：用质量好的钢板焊接而成，能承受一定压力，某些部位必须具有防磁化性能。

形式：大型变压器油箱均采用了钟罩式结构；小型变压器采用吊器身式。

#### ②储油柜

作用：减少油与外界空气的接触面积，减小变压器受潮和氧化的概率。

在大型电力变压器的储油柜内还安放一个特殊的空气胶囊，它通过呼吸器与外界相通，空气胶囊阻止了储油柜中变压器油与外界空气接触。。

### ③呼吸器

作用：内装硅胶的干燥器，与油枕连通，为了使潮气不能进入油枕使油劣化。

硅胶对空气中水份具有很强的吸附作用，干燥状态为兰色，吸潮饱和后变为粉红色。吸潮的硅胶可以再生。

### ④冷却器

作用：加强散热。

装配在变压器油箱壁上，对于强迫油循环风冷变压器，电动泵从油箱顶部抽出热油送入散热器管簇中，这些管簇的外表受到来自风扇的冷空气吹拂，使热量散失到空气中去，经过冷却后的油从变压器油箱底部重新回到变压器油箱内。

### ⑤绝缘套管

作用：使绕组引出线与油箱绝缘。

绝缘套管一般是陶瓷的，其结构取决于电压等级。1kV 以下采用实心磁套管，10~35kV 采用空心充气或充油式套管，110kV 及以上采用电容式套管。为了增大外表面放电距离，套管外形做成多级伞形裙边。电压等级越高，级数越多。

### ⑥分接开关

作用：用改变绕组匝数的方法来调压。

一般从变压器的高压绕组引出若干抽头，称为分接头，用以切换分接头的装置叫分接开关。分接开关分为无载调压和有载调压两种，前者必须在变压器停电的情况下切换；后者可以在变压器带负载情况下进行切换。分接开关安装在油箱内，其控制箱在油箱外，有载调压分接开关内的变压器油是完全独立的，它也有配套的油箱、瓦斯继电器、呼吸器。

### ⑦压力释放阀

作用：为防止变压器内部发生严重故障而产生大量气体，引起变压器发生爆炸。

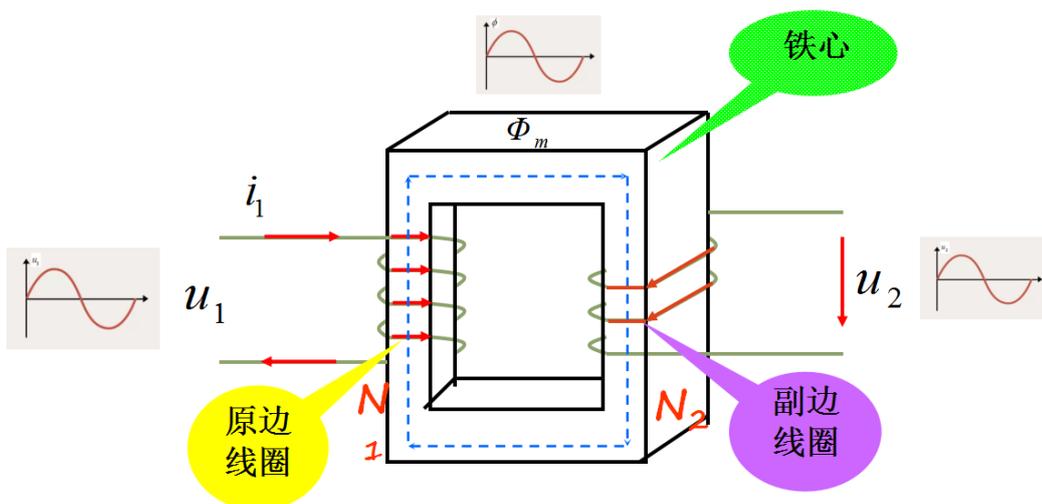
### ⑧气体继电器（瓦斯继电器）

作用：变压器的一种保护装置，安装在油箱与储油柜的连接管道中，当变压器内部发生故障时（如绝缘击穿、匝间短路、铁芯事故、油箱漏油使油面下降较多等）产生的气体和油流，迫使气体继电器动作。轻者发出信号，以便运行人员及时处理。重者使断路器跳闸，以保护变压器。

## （3）变压器的工作原理

变压器是利用电磁感应定律把一种电压等级的交流电能转换成同频率的另一种电压等级的交流电能。当原边绕组接到交流电源时，绕组中便有交流电流流

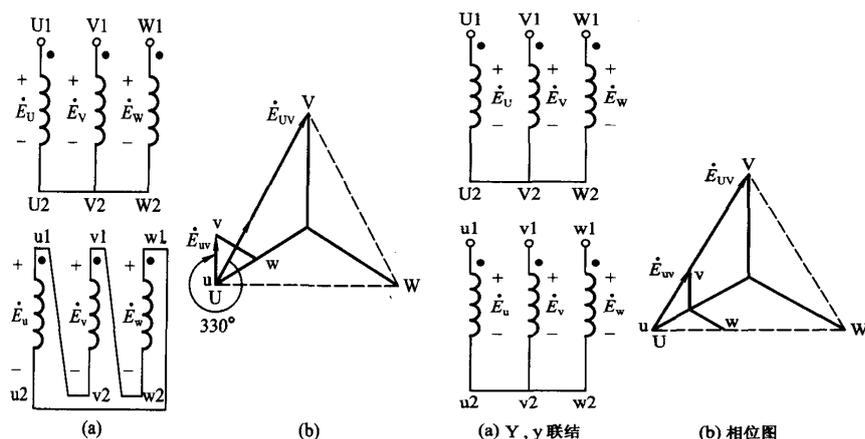
过，并在铁心中产生与外加电压频率相同的磁通，这个交变磁通同时交链着原边绕组和副边绕组。



变压器工作过程中，由于电流流过原边与副边线圈会导致导线发热，这部分损耗成为电阻损耗  $p_\Omega$ ，另外由于铁心磁畴的摩擦而产生的热能成为铁耗  $p_{Fe}$ 。正是由于电阻损耗与铁耗的同时存在，造成变压器运行效率下降的同时，会导致变压器工作时温度的升高，因此在变压器的运行与巡检过程中，要时刻检测变压器的实时温度，保证变压器的稳定运行。

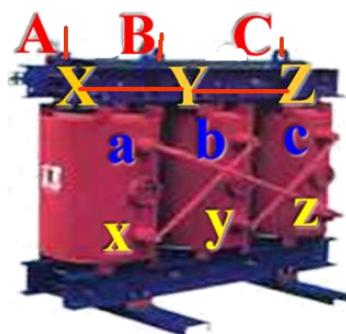
#### (4) 三相变压器

三相式电力变压器在供配电系统的适用范围非常广泛，如 Y, d11; Y, yn0;  $Y_N, d11$ ，那么如何判别变压器的连接组别，采用的方法为“时钟表示法”：

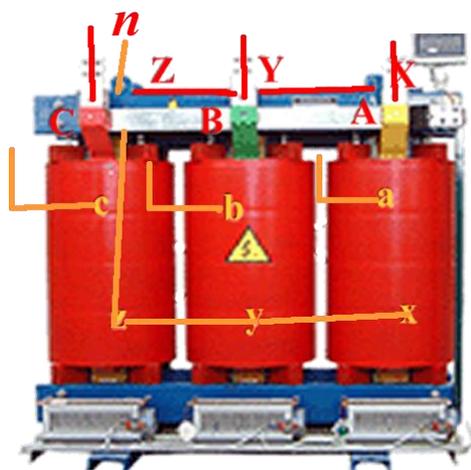


常用的几种组别变压器的适用范围：

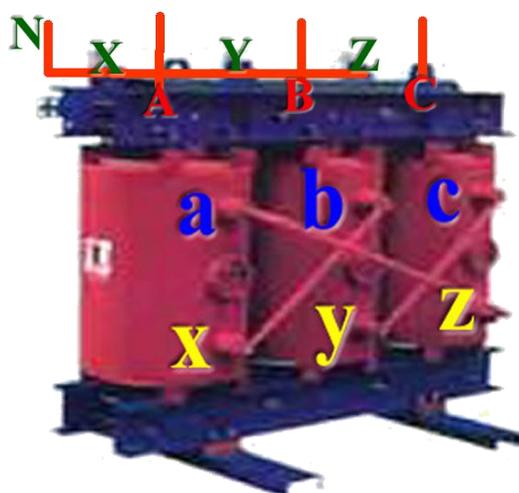
Y, d11 (Y0/Δ-11)：这种连接组别通常用于低压侧电压高于 400V，高压侧电压为 35kV 及以下的输配电系统中；



**Y, yn0 (Y/y0-12)** :这种连接组别一般用在低压侧电压为 400/230V 的配电变压器中，供电给动力和照明混合负载。三相动力负载用 400V 线电压，单相照明负载用 230V 相电压。**yn** 表示星形连接的中心点引至变压器箱壳的外面再与“地”相接：



**YN, d11 (Y0/d-11)** :这种连接组别常用在高压侧需要中心点接地的输电系统中，例如 110kV 及 220kV 等超高压系统中。此外也可以用在低压侧电压高于 400V、高压侧电压为 35kV 及以下的输配电系统中。



#### (5) 变压器运行前各项检查和试验

对变压器进行全面检查，其主要检查项目如下：

- 1) 变压器各部无漏油现象。
- 2) 油枕及导管的油位应在标准线内，油色透明。
- 3) 各导管及瓷瓶清洁无裂纹。

- 4) 分接头开关三相位置一致并在规定位置。
- 5) 压力释放装置完好，呼吸器内硅胶无潮湿现象。
- 6) 冷却器完好无损。瓦斯继电器内无气体，瓦斯继电器油枕阀门在开启位置。
- 7) 外壳接地线，中性点接地线接地牢固。
- 8) 温度计完好，指示正确。
- 9) 保护完好，指示正确。
- 10) 试验各侧开关跳合闸正常。

### (6) 变压器的故障处理

变压器常见故障的种类、现象、产生原因及处理办法：

故障种类	故障现象	故障原因	处理办法
绕组匝间或层间短路	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 变压器异常发热</li> <li>2. 油温升高</li> <li>3. 油发出特殊的“嘶嘶”声</li> <li>4. 电源侧电流增大</li> <li>5. 三相绕组的直流电阻不平衡</li> <li>6. 高压熔断器熔断</li> <li>7. 气体继电器动作</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 变压器运行年久，绕组绝缘老化</li> <li>2. 绕组绝缘受潮</li> <li>3. 绕组绕制不当，使绝缘局部受损</li> <li>4. 油道内落入杂物，使油道堵塞，局部过热。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 更换或修复所损坏的绕组，衬垫和绝缘筒</li> <li>2. 进行浸漆和干燥处理</li> <li>3. 更换或修复绕组</li> </ol>
绕组接地或相间短路	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 高压熔断器熔断</li> <li>2. 安全气道薄膜破裂、喷油</li> <li>3. 气体继电器动作</li> <li>4. 变压器油燃烧</li> <li>5. 变压器振动</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 绕组主绝缘老化或有破损等严重缺陷</li> <li>2. 变压器进水，绝缘油严重受潮</li> <li>3. 绕组内落入杂物</li> <li>4. 过电压击穿绕组绝缘</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 更换或修复绕组</li> <li>2. 更换或处理变压器油，3. 检修渗漏油部位，注油至正常位置</li> <li>4. 清除杂物</li> <li>5. 更换或修复绕组绝缘，并限制过电压的幅值</li> </ol>
绕组变形与断线	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 变压器发出异常声音</li> <li>2. 断线相无电流指示</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 制造装配不良，绕组未压紧</li> <li>2. 短路电流的电磁力作用</li> <li>3. 导线焊接不良</li> <li>4. 雷击造成断线</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 修复变形部位</li> <li>2. 拧紧压圈螺钉，紧固松脱的衬垫、撑条</li> <li>3. 修补绝缘，并作浸漆干燥处理</li> <li>4. 修复改善结构，提高机械强度</li> </ol>

铁芯片间绝缘损坏	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 空载损耗变大</li> <li>2. 铁芯发热、油温升高、油色变深</li> <li>3. 吊出变压器器身检查可见硅钢片漆膜脱落或发热</li> <li>4. 变压器发出异常声响</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 硅钢片间绝缘老化</li> <li>2. 受强烈振动，片间发生位移或摩擦</li> <li>3. 铁芯紧固件松动</li> <li>4. 铁芯接地后发热烧坏片间绝缘</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 对绝缘损坏的硅钢片重新涂刷绝缘漆</li> <li>2. 紧固铁芯夹件</li> <li>3. 按铁芯接地故障处理方法</li> </ol>
铁芯多点接地或者接地不良	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 高压熔断器熔断</li> <li>2. 铁芯发热、油温升高、油色变黑</li> <li>3. 气体继电器动作</li> <li>4. 吊出变压器器身检查硅钢片局部烧熔</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 铁芯与穿心螺杆间的绝缘老化，引起铁芯多点接地。</li> <li>2. 铁芯接地片断开</li> <li>3. 铁芯接地片松动</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 更换穿心螺杆与铁芯间的绝缘管和绝缘衬</li> <li>2. 更换新接地片或将接地片压紧</li> </ol>
套管闪络	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 高压熔断器熔断</li> <li>2. 套管表面有放电痕迹</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 套管表面积灰脏污</li> <li>2. 套管有裂纹或破损</li> <li>3. 套管密封不严，绝缘受损</li> <li>4. 套管间掉入杂物</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 清除套管表面的积灰和脏污</li> <li>2. 更换套管</li> <li>3. 更换封垫</li> <li>4. 清除杂物</li> </ol>
分接开关烧损	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 高压熔断器熔断</li> <li>2. 油温升高</li> <li>3. 触点表面产生放电声</li> <li>4. 变压器油发出“咕嘟”声</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 动触头弹簧压力不够或过渡电阻损坏</li> <li>2. 开关配备不良，造成接触不良</li> <li>3. 连接螺栓松动</li> <li>4. 绝缘板绝缘性能变劣</li> <li>5. 分接开关位置错位</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 更换或修复触头接触面，更换弹簧或过渡电阻，2. 按要求重新装配并进行调整</li> <li>3. 紧固松动的螺栓</li> <li>4. 更换绝缘板</li> <li>5. 补注变压器油至正常油位</li> </ol>
变压器油变劣	油色变暗	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 变压器故障造成变压器油分解</li> <li>2. 变压器油长期受热氧化使油质变劣</li> </ol>	对变压器油进行过滤或换新油

### 三、任务实施

#### (1) 工作准备

熟悉电气试验规程中有关变压器试验的规定；熟悉被试验变压器的规格、

有关数据和现状；将学生分组，发放试验用仪器、仪表和工具。

- 1) 做变压器绝缘电阻的的测试，绕组直流电阻的测量
- 2) 做变压器油的电压击穿试验和耐压试验
- 3) 做变压器空载和短路试验
- 4) 做差动保护继电器试验

### **三、检查评价**

以提问的方式对学习内容进行检查，老师进行点评，学生进行自评，互评。

### **四、总结**

通过本节的学习，掌握变压器的结构和工作原理，对变压器进行运行前各项检查和试验，对变压器正常工作时的性能状态进行良好掌握。