

SEC 汉变

变压器知识特辑

(一)

汉中新环干式变压器有限责任公司
HANZHONG XINHUAN DRY-TYPE TRANSFORMER CO.,LTD.

目 录

为什么变压器投运前必须进行 5 次冲击试验?	1
Equi=Tech 的隔离变压器你了解多少?	2
变压器高压侧电流长期超过 90%运行会有什么后果?	4
变压器 Dyn11 和 Yyn0 接线的区别和原理是什么?	5
变压器知识问答.....	8
变压器铁芯出现故障怎么办?	16
变压器油知识详解.....	19
这些变压器的冷知识你知道了没有?	24
变压器投运前为啥要做冲击试验?“冲击”的是啥?	28
变压器嗡嗡的声音从哪里来? 如何根据声音判定变压器的故障状态?	30
变压器电流超过 90%, 长期运行会怎么样?	32
变压器何时出现励磁涌流?	34

为什么变压器投运前必须进行 5 次冲击试验？

变压器冲击试验

新变压器或大修后的变压器在正式投运前要做冲击试验的原因如下：

(1) 检查变压器及其回路的绝缘是否存在弱点或缺陷。拉开空载变压器时，有可能产生操作过电压。在电力系统中性点不接地或经消弧线圈接地时，过电压幅值可达 4—4.5 倍相电压；在中性点直接接地时，过电压幅值可达 3 倍相电压。为了检验变压器绝缘强度能否承受全电压或操作过电压的作用，故在变压器投入运行前，需做空载全电压冲击试验。若变压器及其回路有绝缘弱点，就会被操作过电压击穿而加以暴露。

(2) 检查变压器差动保护是否误动。带电投入空载变压器时，会产生励磁涌流，其值可达 6—8 倍额定电流。励磁涌流开始衰减较快，一般经 0.5—1s 即可减到 0.25—0.5 倍额定电流，但全部衰减完毕时间较长，中小型变压器约几秒，大型变压器可达 10—20s，故励磁涌流衰减初期，往往使差动保护误动，造成变压器不能投入。因此，空载冲击合闸时，在励磁涌流作用下，可对差动保护的接线、特性、定值进行实际检查，并作出保护可否投入的评价和结论

(3) 考核变压器的机械强度。由于励磁涌流产生很大的电动力，为了考核变压器的机械强度，需做空载冲击试验。



按照规程规定，全电压空载冲击试验次数，新产品投入，应连续冲击 5 次；大修后投入，应

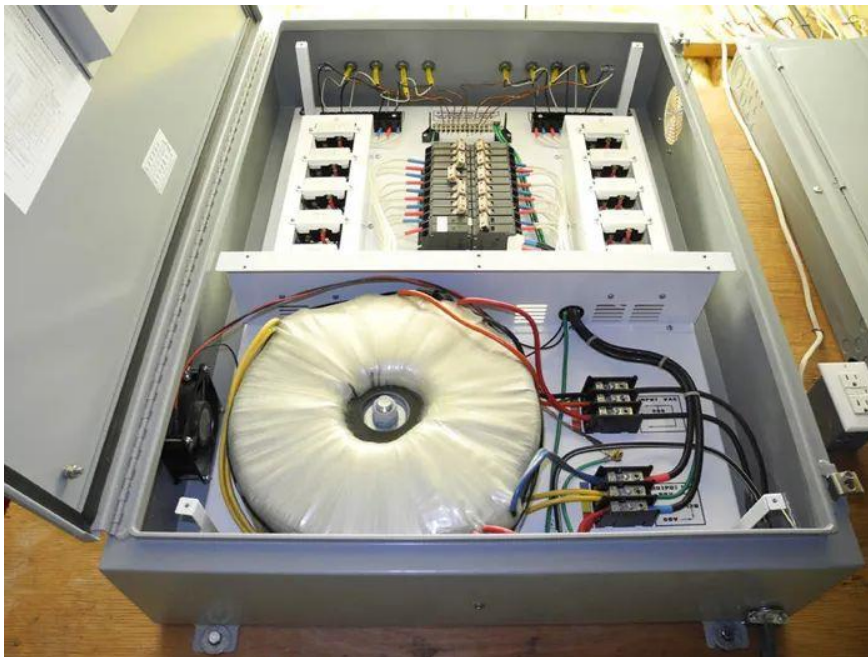
连续冲击 3 次。每次冲击间隔时间不少于 5min，操作前应派人到现场对变压器进行监视，检查变压器有无异状，如有异常应立即停止操作。

第一次冲击后 要持续运行 10 分钟以上后面冲击要等待 5 分钟以上再进行下一次冲击。

至于为什么设置成 5 次是规程规定的 具体估计是对机械强度 过电压 励磁涌流的综合考虑而得出的结论吧

Equi=Tech 的隔离变压器你了解多少？

Equi=Tech 隔离变压器的工程和设计特点是一个不断发展的过程。在过去的 10 年里，隔离



变压器的底层设计已经进行了 15 次以上的修改，并且在不断变得更加强劲。随着对平衡电源应用的研究和更好的理解，我们不断努力改进我们的产品。我们经常从客户那里听到我们的产品表现如何，并取得了令人瞩目的结果，而其它的类似产品却大都失败了。我们对我们的

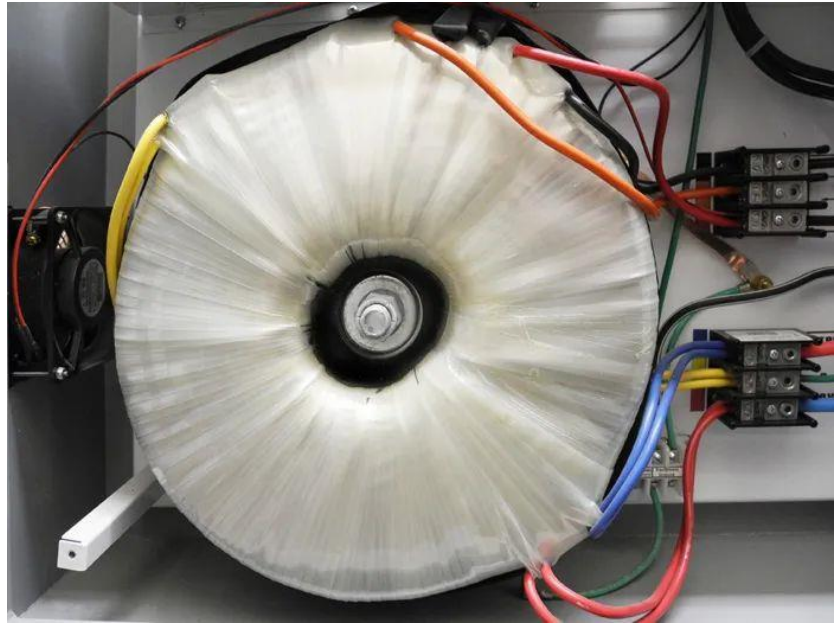
设计和规格一丝不苟，并且我们常年提供一流的客户支持。

从我们提供的最小的 650VA 环形线圈到最大的 500kVA 三相 E 框架型号，每台变压器都按照最高标准和最严格的规格进行设计和制造，这使 Equi=Tech 平衡隔离变压器在质量和卓越性能方面享有顶级专业人士的高度评价。目前我们使用的技术已经是世界最顶尖的技术了，毕竟如果有更好的制作方法，我们肯定早就在做了。

我们专有的变压器技术可提供现代制造方法的最精确平衡的隔离变压器。特殊的绕组设计和

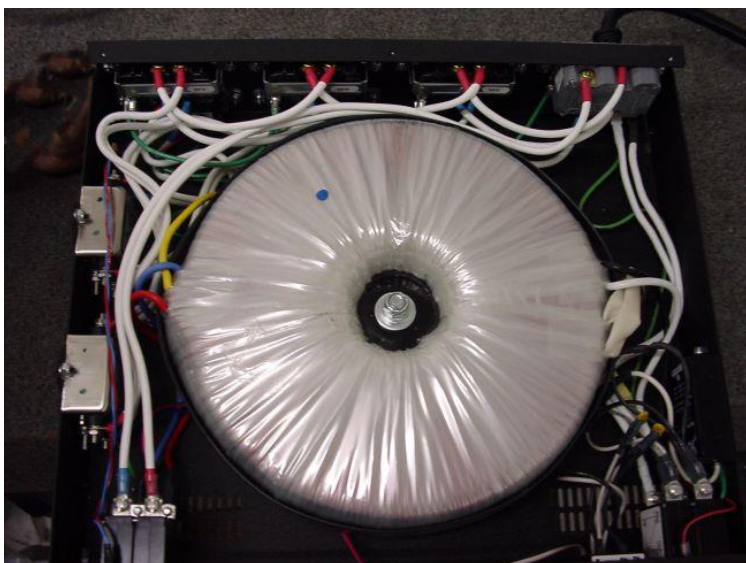
制造程序可以确保次级阻抗的各个方面尽可能完美平衡。这提供了最小的相移，同时也因此提供了最宽的共模噪声衰减带宽。有些型号在变压器的漆包线中使用了专有合金，有些型号具有独特的磁芯成分。这意味着敏感的电子信号处理设备将比以往任何时候都更清晰、数字错误更少。这些是为当今最敏感的电子设备设计和制造的真正精密仪器。

每台变压器都经过制造商的测试，以确保多年的可靠品质。而且，只有 Equi=Tech 为其销售的每个系统提供全面的技术支持，以确保在任何情况下都能获得最佳结果。没有人比 Equi=Tech ——“平衡电源的先驱”更有经验或更了解平衡电源变压器。



Equi=Tech 提供全系列的变压器，经过最严格的标准测试，可将商业电力转换为单相和三相位置的平衡技术电力。**Equi=Tech 提供三种平衡技术电源隔离变压器：**

1、环形“盒装变压器”——壁挂式机柜（尺寸范围从 1 到 12.5 kVA）。单相环形变压器安装在冷却风扇（根据需要）NEMA 12 的外壳中，并以重型接地片端接，以便于电气连接。这些是迄今为止最有效的隔离变压器，包括 Equi=Tech 最先进的平衡电力变压器技术。



2、用于大型单相技术电力系统的单相干式变压器（尺寸从 15 到 250 kVA）。Equi=Tech “Spec Series” 单相隔离变压器为精确完美的输出对称性和平衡设定了标准。15kVA 及更大的变压器安装在标准 NEMA 落地式外壳中。

3、用于 3 相系统的 3 相至 6 相“星形”变压器（尺寸从 15 到

500 kVA) Equi=Tech 革命性的“海王星系列”隔离变压器通过三个三相电源均匀地分配来自典型三相电源的平衡的 120 伏输出电路。Equi=Tech 的专利 3 相到 6 相“星形”设计在电力项目中获得了顶级电气工程师的青睐，并注定在未来许多年都是行业标准。

变压器高压侧电流长期超过 90%运行会有什么后果？



变压器高压侧的运行电流占额定电流的 90%多，这样说应该更好理解。这种情况我们还要考虑变压器的运行制，如果这个企业只有白天生产，晚上休息的话还好。如果是 24 小时工作制的那么一定要小心注意用电安全了。

具体超 90%超了多少这个也很重要，因为正常变压器的负载率最好不要超过 85%。到了 90%多的时候，意味着变压器是接近满载运行的。还有，

用电设备的负荷是会随时波动的，向下波动还好，但是有非常大的可能会经常波动到额定值甚至超过额定值，因为正常运行的负荷已经 90%多，没有剩余的裕量来应对一些有冲击性设备的冲击电流了，比如大型电焊机，行车，冲床，大功率电动机的启动等动态负荷。

可能会经常出现短时间的过载现象，虽然变压器运行短时间过载运行，但是比较频繁的过载还是会对变压器的寿命有影响。各种运行数据接近变压器的额定限值，加上长期运行，该变压器势必会出现以下几个问题：

1、绕组、线夹、引线、绝缘及变压器油的温度将会升高，且有可能达到不可接受的程度；



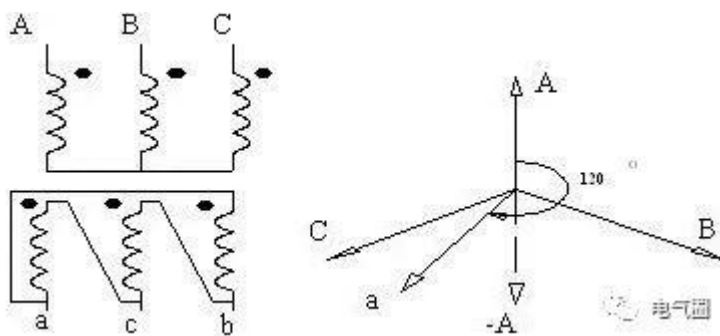
- 2、铁芯外的漏磁通密度将增加，从而使次漏磁通耦合金属部件由于涡流效应而发热；
- 3、随着温度变化，绝缘和油中的水分和气体含量将会发生变化；
- 4、套管、分接开关、电缆终端接线装置和电流互感器等也将受到较高的热应力，从而使其结构和安全裕度受到影响。
- 5、主磁通与增加的漏磁通合在一起，会使铁芯过励磁能力受到限制。

因此，随着电流和温度的升高，增加可变压器过早损坏的危险性。

那针对以上情况我们可以做以下的措施：

- 1、要合理配置负荷，优化生产工序，让用电设备有序使用，减少同时使用率。
- 2、适当调高一档（+2.5%）低压侧输出电压。由于变压器接近满载，势必会导致变压器输出端电压降低，从而使得末端的用电设备电压可能会更低，由此导致有功电流过高，增大电能损耗，提高电压可以减小电流。
- 3、提高功率因数。高负荷率也会导致无功补偿能力不足，要定期的更换已经容量衰减的电力电容器，在大型感性负荷就地安装无功补偿装置，来提高功率因数，从而提升变压器的有功输出能力，以此来降低工作电流降低电能损耗，可以有效的降低负荷电流和电能损耗，进而降低变压器的负荷率。
- 4、做好变压器降温工作。变压器在高负荷率工作下回导致温度变高，可以安装空调或者增加强制排风措施给变压器进行降温，从而降低损耗提升效率并保护变压器。
- 5、安排值班人员定时定期巡视变压器的运行状况，记录变压器的运行电流，测量变压的温度，做到隐患早发现，早处理！

变压器 Dyn11 和 Yyn0 接线的区别和原理是什么？



变压器 Dyn11 接法：高压侧三角形，低压侧星形且有中性线，高压与低压有一个 30 度的相位差

变压器 Yyn0 接法：高压侧星形，低压侧星形且有中性线，高压与低压没有相位差

Yyn0: 意思是高压 Y 接, 也就是星形接, 低压也是 y 接, 低压中性点引出, 高低压侧相位角为时钟上面的 0 时。

Dy11: 意思是高压 D 接, 也就是三角形接, 低压也是 y 接, 高低压侧相位角为时钟上面的 11 点钟方向的角度, “11” 表示变压器二次侧的线电压滞后一次侧线电压 330 度 (或超前 30 度)。

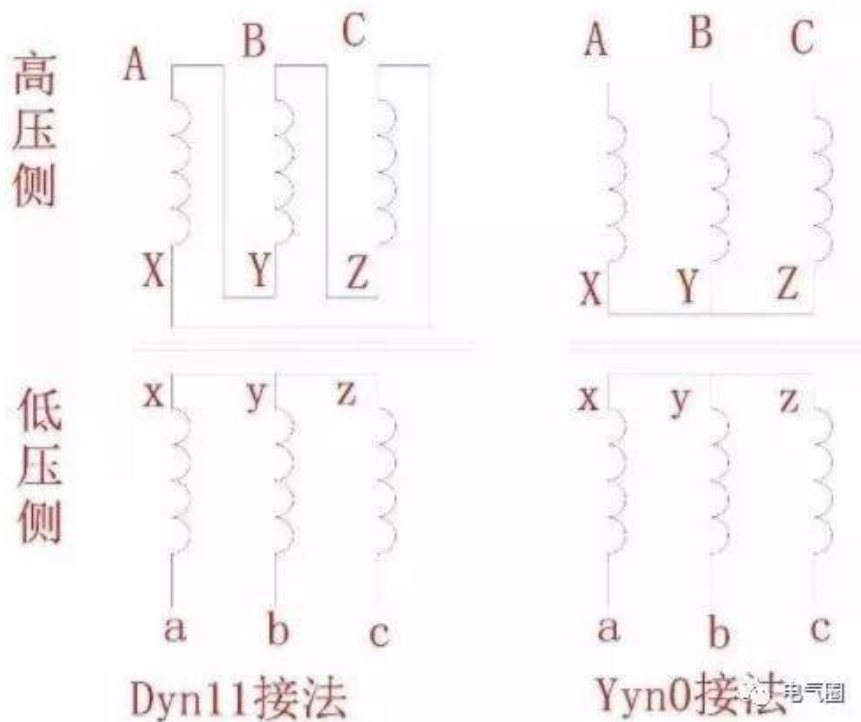
另外补充如下知识:

变压器高低压有 3 种连接方式: 星型、三角形和曲折形联结。对高压绕组分别用符号 Y、D、Z (大写) 表示; 对中压和低压绕组分别用 y、d、z (小写) 表示。有中性点引出时分别用 YN、ZN (高压中性点) 和 yn、zn (低压中性点) 表示。

数字采用时钟表示法, 用来表示一、二次侧线电压的相位关系, 一次侧线电压相量作为分针, 固定指在时钟 12 点的位置, 二次侧的线电压相量作为时针。

自耦变压器有公共部分的两绕组中额定电压低的一个用符号 a 表示。变压器按高压、低压绕组联结的顺序组合起来就是绕组的联结组。

例如: 高压为 Y, 低压为 yn 联结, 那么绕组联结组为 Yyn。加上时钟法表示高低压侧相量关系就是联结组别。



变压器二个绕组组合起来就形成了 4 种接线组别: “Yy”、“Dy”、“Yd” 和 “Dd”。由于 Y 连接时还有带中性线和不带中性线两种, 不带中性线则不增加任何符号表示, 带中性线则在字母 Y 后

面加字母 n 表示。n 表示中性点有引出线。Yn0 接线组别，UAB 与 uab 相重合，时、分针都指在 12 上。“12”在新的接线组别中，就以“0”表示。

常用的三种联结组别不同的特征：

1. Y 联结：星形接线的特点是高压绕组最为经济。星形接线允许降低中点处的绝缘，使变压器高压绕组采取分级绝缘，从而降低成本。星形接线绕组电压等于线电压的 $1/\sqrt{3}$ ，绕组电流等于线电流。星形接法的中性点引出线还可以用来直接接地，或经消弧线圈接地，如果不接地也可接避雷器，防止操作过电压和雷电过电压。另外，中性点引出接地，也可以用来实现四线制供电。这种联结的主要缺点是没有三次谐波电流的循环回路。

2. D 联结：三角形接线对电压低、电流大的变压器低压绕组而言最经济。因为三角形接线必须做成等绝缘，不能做成分级绝缘，对于低压绕组而言，因为电压较低，这一点不会有什么影响。三角形接线各相绕组中的电流仅为引出线电流的 $1/\sqrt{3}$ 。三角形接法在绕组里可以流通零序电流和三次谐波电流，产生平抑零序磁通和三次谐波的反磁通，使变压器的感应电动势避免发生畸变。

3. Z 联结：Z 联结具有 Y 联结的优点，匝数要比 Y 形联结多 15.5%，成本较大。其零序阻抗较小，适合于制造接地变压器。由于能减小中性点位移，因此，适合于制造需要带三相不平衡负荷的中小容量变压器低压绕组。另外，对防止雷电过电压也有一定作用。

Dyn11 和 Yyn0 联结的区别：

Dyn11

由于高压侧为三角形接线，当变压器铁芯中出现零序磁通或三次谐波磁通时，在三角形绕组中感应产生零序电动势或三次谐波电动势，由于此感应电动势为三相同相位，在三角形绕组中串联叠加，并产生相应电流。此零序（三次谐波）循环电流产生一个反磁通，使铁芯中的零序（三次谐波）磁通削弱到最小，因而减小了低压侧星形接线绕组的中性点电压位移。同时也使高压侧绕组中零序（三次谐波）感应电动势减到最小，从而避免了由于低压侧负荷电流波形畸变引起高压侧电源电网中的电压波形受到污染。所以，具有三角形接线的变压器可以防止三次谐波或零序磁通对高压侧电源电压波形的影响。此外，这种联结方法对防止雷电侵入波的过电压也有良好的作用。因为三相雷电侵入波也是同方向的，这种状况与零序电流相似，三角形绕组中产生的循环电流，对雷电流在变压器三相铁芯中产生的磁通也有抑制作用。

GB/T13499-2002《电力变压器应用导则》规定：由于 Yyn 变压器零序阻抗高达 60%，中性线电流不宜大于 10%的额定电流；Dyn 变压器零序阻抗仅为正序短路阻抗的 0.9 倍，中性线可以带额

定电流。

但是，Dyn11 联结方式的变压器电源侧如用跌落式熔断器作为过载和短路保护，出现一相熔丝熔断，即高压侧单相断线，这时低压侧有两相的相电压其数值为额定电压的 1/2，即从 220V 降低到 110V，这时，电冰箱等家用电器会因无法启动而导致烧损。这时，Dyn11 联结方式的变压器低压侧必须加装可靠的低电压保护。

Yyn0

这种连接组合方式，低压侧有中性线，低压负荷中的三次谐波电流和三相不平衡负荷中的零序电流可以通过中性线在变压器绕组中流通。如果铁芯为三相三柱，则有零序电流和三次谐波电流在绕组中产生的磁通不能再铁芯中形成闭合回路（因为三相铁芯柱中的三次谐波电流磁通和零序磁通是同方向的），只能越出铁芯经变压器绝缘介质（变压器油）及箱体铁质金属等再回到铁芯。由于铁芯外的绝缘介质磁阻较大，因此零序磁通和三次谐波磁通较小。但是由其感应产生的零序电动势和三次谐波电动势，叠加在相电压上，使三相电压不对称，引起中性点位移，有的相电压升高，有的相电压降低。为了防止三相相电压严重不对称，影响用户正常用电，行业标准 SD-292-1988《架空配电线路及设备运行规程（试行）》对三相负荷的不平衡程度规定不应大于 15%。允许三相变压器中带少量单相负荷，但中性线电流不应超过额定电流的 25%。所以做出这一规定，是为了把中性点位移电压限制在 5%左右。

如果 Yyn0 联结方式的变压器，其铁芯为三相五柱结构，这时铁芯中的零序（或三次谐波）磁通能经过边柱流通，比经过箱体流通时磁阻要小得多，因此，零序（或三次谐波）磁通比三相三柱式变压器大得多，在绕组中感应产生的零序（或三次谐波）电动势大得多，使中性点电压位移严重，三相电压不平衡度增加，因此，Yyn0 联结组的变压器不采用三相五柱结构或三个单相变压器联结方式。

变压器知识问答

1、电力变压器的种类有哪些？主要部件有哪些？

答：随着电力系统的发展，对电力变压器需求越来越高，种类繁多。按相数分，有单相和三相的；按绕组和铁芯的位置分有内铁芯式和外铁芯式；按冷却方式分，有干式自冷、风冷，强迫油循环风冷和水冷等；按中性点绝缘水平分，有全绝缘和半绝缘；按绕组材料分，有 A、E、B、F、

H 等五级绝缘。不同类型的变压器，对运行有不同的要求；按调压方式可分为有载调压和无载调压。

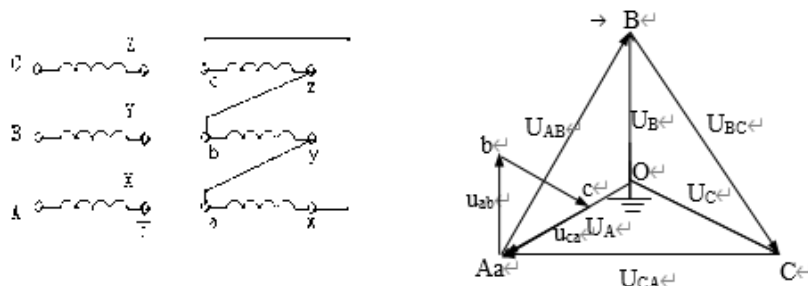
一般电力变压器的主要部件有：铁芯、绕组、套管、油箱、油枕、散热器及其附属设备。

2、变压器绕组的接线组别常见有哪几种？

一台双卷三相变压器，其组别为高压线卷 A-X，B-Y，C-Z，低压线卷为 a-x，b-y，c-z，请连接 Y0/Δ11 的接线方式并绘出高低压侧的电势向量图。

答：电力系统中，变压器常见的连接组别有 Y_0/Δ_{-11} ， Y/Δ_{-11} ， Y/Y_{0-12} ，三卷变压器的连接方式有 $Y_0/Y/\Delta_{-12-11}$ ， $Y_0/Y_0/Y_{0-12-12}$ 。也有特殊的连接方式：如 Y_0/Z 曲线连接，和两台单相变压器作为三相降压运行的 V/V 连接方式。

双卷 Y_0/Δ_{-11} 连接方式：



电势、电压向量图

电力知识课堂

3、何谓励磁涌流？产生的原因是什么？

答：变压器励磁涌流是：变压器全电压充电时在其绕组中产生的暂态电流。

变压器投入前铁芯中的剩余磁通与变压器投入时工作电压产生的磁通方向相同时，其总磁通量远远超过铁芯的饱和磁通量，因此产生较大的涌流，其中最大峰值可达到变压器额定电流的 6-8 倍。励磁涌流随变压器投入时系统电压的相角、变压器铁芯的剩余磁通和电源系统阻抗等因素有关。最大涌流出现在变压器投入时电压经过零点瞬间（该时磁通为峰值）。变压器涌流中含有直流分量和高次谐波分量，随时间衰减，其衰减时间取决于回路电阻和电抗，一般大容量变压器约为 5-10 秒，小容量变压器约为 0.2 秒左右。

4、新变压器或大修后的变压器为什么正式投运前要做冲击试验？一般冲击几次？

答：新变压器或大修后的变压器在正式投运前要做冲击试验的原因如下：

(1) 检查变压器绝缘强度能否承受全电压或操作过电压的冲击。

当拉开空载变压器时,是切断很小的激磁电流,可能在激磁电流到达零点之前发生强制熄灭,由于断路器的截流现象,使具有电感性质的变压器产生操作过电压,其值除与开关性能、变压器结构等有关外,变压器中性点的接地方式也影响切空载变压器过电压。一般不接地变压器或经消弧线圈接地的变压器,过电压幅值可达 4-4.5 倍相电压,而中性点直接接地的变压器,操作过电压幅值一般不超过 3 倍相电压。这也是要求做冲击试验的变压器中性点直接接地的原因所在。

(2)投入空载变压器时会产生励磁涌流,其数值可达额定电流的 6-8 倍。由于励磁涌流会产生很大的电力,所以做冲击试验又是考核在大的励磁涌流作用下变压器的机械强度以及继电保护是否会误动作。

冲击试验的次数:新变压器投入需冲击五次。大修后的变压器需冲击三次。

5、变压器并联运行的条件是什么?

答:变压器并联运行必须满足以下三个条件:

- (1)所有并联运行的变压器变比相等;
- (2)所有并联运行的变压器短路电压相等;
- (3)所有并联运行的变压器绕组接线组别相同;

6、变压器并联运行变比不等有何后果?

答:变压器并列运行,变压比不同时,变压器二次侧电压不等,在绕组的闭合回路中产生均衡电流,二次绕组中均衡电流的方向取决于二次输出电压的高低,从二次输出电压高的变压器流向输出电压低的变压器。该电流除增加变压器的损耗外,当变压器带负荷时,均衡电流叠加在负荷电流上。均衡电流与负荷电流方向一致的变压器负荷增大;均衡电流与负荷电流方向相反的变压器负荷减轻。

7、变压器并联运行短路电压不等有何后果?

答:按变压器并列运行的三个条件并列运行的变压器容量能得到充分利用,当各台并列运行的变压器短路电压相等时,各台变压器复功率的分配是按变压器的容量的比例分配的,各台变压器容量的总和就是它们能承受的系统总变压器容量的利用率 100%;若各台变压器的短路电压不等,各台变压器的复功率分配是按变压器短路电压成反比例分配的,短路电压小的变压器易过负荷,变压器容量不能得到合理的利用。

8、变压器并联运行连接组别不同有何后果?

答:将不同连接组别的变压器并联运行,二次侧回路将因变压器各副边电压不同而产生电压

差 ΔU_2 ，因在变压器连接中相位差总量是 30° 的倍数，所以 ΔU_2 的值是很大的。如并联变压器二次侧相角差为 30° 时， ΔU_2 值就有额定电压的 51.76%，若变压器的短路电压 $U_k=5.5\%$ ，则均衡电流可达 4.7 倍的额定电流，可能使变压器烧毁。

较大的相位差产生较大的均衡电流，这是不允许的。故不同组别的变压器是不能并列运行的。

9、三台具有相同变比和连接组别的三相变压器，其额定容量和短路电压分别为：

$$S_a=1000\text{KVA} \rightarrow \rightarrow \rightarrow \rightarrow \rightarrow U_{ka}\%=6.25\%$$

$$S_b=1800\text{KVA} \rightarrow \rightarrow \rightarrow \rightarrow \rightarrow U_{kb}\%=6.6\%$$

$$S_c=3200\text{KVA} \rightarrow \rightarrow \rightarrow \rightarrow \rightarrow U_{kc}\%=7\%$$

将它们并联运行后带负载 5500KVA，问：

①每台变压器分配的负荷？

②三台变压器在不允许任何一台过负荷的情况下能担负多少最大总负荷？

③变压器总的设备容量的利用率？

答：

$$\textcircled{1} \sum \frac{S_n}{U_k\%} = \frac{1000\text{KVA}}{0.0625} + \frac{1800\text{KVA}}{0.066} + \frac{3200\text{KVA}}{0.07} = 88987$$

每台变压器的分配比例：

$$P_a = \frac{S_a}{U_{ka}\%} * (\sum \frac{S_n}{U_k\%})^{-1} = \frac{5500}{0.0625 \times 88987} = 0.989$$

$$P_b = \frac{S_b}{U_{kb}\%} * (\sum \frac{S_n}{U_k\%})^{-1} = \frac{5500}{0.066 \times 88987} = 0.936$$

电力知识课堂

$$P_c = \frac{S_c}{U_{kc}\%} * (\sum \frac{S_n}{U_k\%})^{-1} = \frac{5500}{0.07 \times 88987} = 0.883$$

各台变压器分配的实际负荷：

$$A \text{ 台变分配} = 1000\text{KVA} \times 0.989 = 989\text{KVA}$$

$$B \text{ 台变分配} = 1800\text{KVA} \times 0.936 = 1685\text{KVA}$$

$$C \text{ 台变分配} = 3200\text{KVA} \times 0.883 = 2826\text{KVA}$$

②具有最小短路电压的变压器达到满负荷时，三台最大共同可担负的负荷是：

$$S_{\max} = \frac{5500}{0.989} = 5561\text{KVA}$$

③变压器总的设备利用率：

$$\frac{5561}{1000 + 1800 + 3200} = 0.927$$

电力知识课堂

10、自耦变压器与普通变压器有什么不同？

答：自耦变压器与普通变压器不同之处是：

(1) 其一次侧与二次侧不仅有磁的联系，而且有电的联系，而普通变压器仅是磁的联系。

(2) 电源通过变压器的容量是由两个部分组成：即一次绕组与公用绕组之间电磁感应功率，和一次绕组直接传导的传导功率。

(3) 由于自耦变绕组是由一次绕组和公用绕组两部分组成，一次绕组的匝数较普通变压器一次绕组匝数和高度及公用绕组电流及产生的漏抗都相应减少，自耦变的短路电抗 X 自是普通变压器的短路电抗 X 普的 $(1-1/K)$ 倍， K 为变压比。

(4) 若自耦变压器设有第三绕组，其第三绕组占用公用绕组容量。影响自耦变运行方式和交换容量。

(5) 由于自耦变压器中性点必须接地，使继电保护的整定和配置复杂化。

(6) 自耦变压器体积小，重量轻，便于运输，造价低。

11、自耦变压器运行中注意些什么问题？

答：自耦变压器运行中应注意的问题：

(1) 由于自耦变压器的一、二次侧有直接电的联系，为防止由于高压侧单相接地故障而引起低压侧的电压升高，用在电网中的自耦变压器的中性点必须可靠的直接接地。

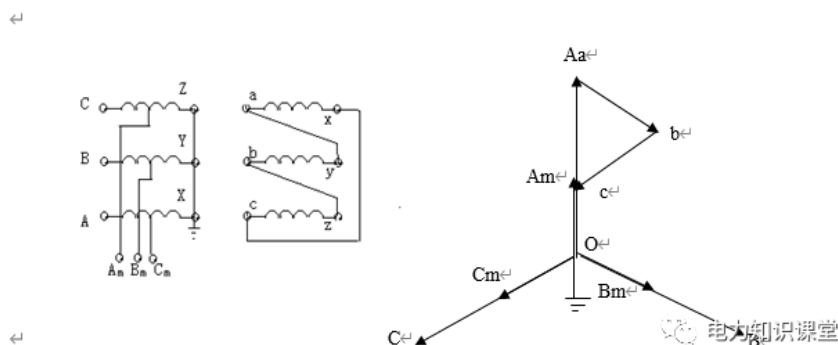
(2) 由于一、二次侧有直接电的联系，高压侧受到过电压时，会引起低压侧的严重过电压。为避免这种危险，须在一、二次侧都加装避雷器。

(3) 由于自耦变压器短路阻抗较小，其短路电流较普通变压器大，因此在必要时需采取限制短路电流的措施。

(4) 运行中注意监视公用绕组的电流，使之不过负荷，必要时可调整第三绕组的运行方式，以增加自耦变压器的交换容量。

12、画出有第三绕组的自耦变压器 0- Y0/Δ-12-11 的接线图和向量图

答：..... 接线图 → → → → → → → → 电势向量图



13、变压器调压有哪几种？变压器分接头为何多在高压侧？

答：变压器调压方式有有载调压和无载调压两种：

有载调压是指变压器在运行中可以调节其分接头位置，从而改变变压器变比，以实现调压目的。有载调压变压器中又有线端调压和中性点调压二种方式，即变压器分接头在高压绕组线端侧或在高压绕组中性点侧之区别。分接头在中性点侧可降低变压器抽头的绝缘水平，有明显的优越性，但要求变压器运行时其中性点必须直接接地。

无载调压是指变压器在停电、检修情况下进行调节变压器分接头位置，从而改变变压器变比，以实现调压目的。

变压器分接头一般都从高压侧抽头，其主要是考虑：

- (1) 变压器高压绕组一般在外侧，抽头引出连接方便；
- (2) 高压侧电流小些，引出线和分头开关的载流部分导体截面小些，接触不良的影响好解决。

原理上，抽头在哪一侧都可以，要进行经济技术比较，如 500kV 大型降压变压器抽头是从 220kV 侧抽出的，而 500kV 侧是固定的。

14、什么是变压器的过励磁？变压器的过励磁是怎样产生的？

答：当变压器在电压升高或频率下降时都将造成工作磁通密度增加，变压器的铁芯饱和称为变压器过励磁。

电力系统因事故解列后，部分系统的甩负荷过电压、铁磁谐振过电压、变压器分接头连接调整不当、长线路末端带空载变压器或其他误操作、发电机频率未到额定值过早增加励磁电流、发电机自励磁等情况都可能产生较高的电压引起变压器过励磁。

15、变压器的过励磁可能产生什么后果？如何避免？

答：当变压器电压超过额定电压的 10%，将使变压器铁芯饱和，铁损增大。漏磁使箱壳等金属构件涡流损耗增加，造成变压器过热，绝缘老化，影响变压器寿命甚至烧毁变压器。

避免方法：

- (1) 防止电压过高运行。一般电压越高，过励情况越严重，允许运行时间越短。
- (2) 加装过励磁保护：根据变压器特性曲线和不同的允许过励磁倍数发出告警信号或切除变压器。

16、变压器本体构造有哪些安全保护设施？其主要作用是什么？

答：变压器本体构造中保护设施有：

(1)油枕:

其容量约为变压器油量的 8-10%。作用是: 容纳因温度的变化而使变压器油体积的变化, 限制变压器油与空气的接触, 减少油受潮和氧化程度。油枕上安装吸湿器, 防止空气进入变压器。

(2)吸湿器和净油器:

吸湿器又称呼吸器, 内部充有吸附剂, 为硅胶式活性氧化铝, 其中常放入一部分变色硅胶, 当由兰变红时, 表明吸附剂已受潮, 必须干燥或更换。

净油器又称过滤器, 净油缸内充满吸附剂, 为硅胶式活性氧化铝等, 当油经过净油器与吸附剂接触, 其中的水份、酸和氧化物被吸收, 使油清洁, 延长油的使用年限。

(3)防爆管(安全气道):

防爆管安装在变压器箱盖上, 作为变压器内部发生故障时, 防止油箱内产生高压力的释放保护。

现代大型变压器已采用压力释放阀代替安全气道。当变压器内部发生故障压力升高, 压力释放阀动作并接通触头报警或跳闸。

此外, 变压器还具有瓦斯保护, 温度计、油表等安全保护装置。

17、电压互感器和电流互感器在作用原理上有什么区别?

答: 电压互感器主要用于测量电压, 电流互感器用于测量电流。

(1)电流互感器二次侧可以短路, 但不能开路; 电压互感器二次侧可以开路, 但不能短路。

(2)相对于二次侧的负载来说, 电压互感器的一次内阻抗较小, 以至可以忽略, 可以认为电压互感器是一个电压源; 而电流互感器的一次内阻很大, 以至认为是一个内阻无穷大的电流源。

(3)电压互感器正常工作时的磁通密度接近饱和值, 系统故障时电压下降; 磁通密度下降, 电流互感器正常工作时磁通密度很低, 而系统发生短路时一次侧电流增大, 使磁通密度大大增加, 有时甚至远远超过饱和值, 会造成二次输出电流的误差增加。因此, 尽量选用不易饱和的电流互感器。

18、什么叫变压器的等值老化原则? 正常过负荷能力?

答: 变压器的额定容量即铭牌容量, 其含义是如果在规定的环境温度下, 长时间地按这种容量连续运行, 就能获得经济合理的效率和具有正常使用年限(约 20~30 年)。变压器的负荷能力, 则是指在较短时间内所能输出的功率, 在一定条件下, 它可能超过额定容量。

经证明, 变压器绕组最热点的温度维持在 98. C 时, 变压器能获得正常使用年限。

等值老化原则：变压器在一部分时间内，根据运行要求容许绕组温度大于 98。C，而在另一部分时间内使绕组温度小于 98。C，只要使变压器在温度较高的时间内所多损耗的寿命（或使用年限）与变压器在温度较低时间内所少损耗的寿命相互补偿，这样变压器的使用年限可以和恒温 98。C 运行时等值，此即所谓等值老化原则。

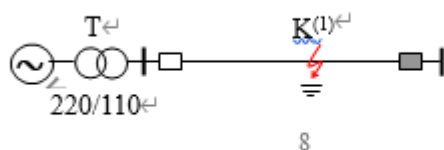
19、变压器的正常过负荷和事故过负荷有何规定？

答：变压器的正常过负荷能力以不牺牲变压器正常寿命为原则，即在整个时间间隔内变压器绝缘老化率小于或等于 1。同时还规定过负荷期间绕组最热点的温度不得超过 140。C，上层油温不得超过 95。C，变压器最大过负荷不得超过额定负荷的 50%。

当系统发生事故时，保证不间断供电是首要任务，变压器绝缘老化加速是次要的，所以事故过负荷和正常过负荷不同，它是以牺牲变压器寿命为代价的。但事故过负荷时绕组最热点的温度不得超过 140。C，负荷电流不得超过额定值得两倍。

20、110KV 及以上的长距离输电线停、送电操作，送电端必须有变压器中性点接地？

！ ←



电力知识课堂

答：如图，如 T 的 110KV 侧中性点不接地，则形成小接地电流系统。K(1) 时，T 的其它两相绕组出线端对地（T 的外壳）电压升为线电压，中性点电压升为相电压，危及变压器及线路绝缘。（为什么强调送电端？）

21、什么叫全绝缘变压器？什么叫半绝缘变压器？

答：半级绝缘（又称分级绝缘）就是变压器的绕组靠近中性点部分的主绝缘，其绝缘水平比绕组端部的绝缘水平低，而与此相反，一般变压器首端与尾端绝缘水平一样的叫全绝缘。

22、自耦变压器和带负荷调压变压器为什么其中性点一定要接地？

答：自耦变的一、二次线圈间有着电的联系，若中性点不接地，高压侧发生接地故障时，中性点的位移电压可达高压侧的相电压，这种电压会直接传到低压端，造成低压侧的严重过电压，而损坏低压侧的电气设备，为防止这种过电压的传递，而将中性点直接接地。

我国生产的带负荷调压变压器，其调压分头放在中点处，其绝缘水平很低，220KV 变压器只

有 35KV 绝缘水平，故要求必须接地。

23、运行中变压器，哪些情况要将重瓦斯改接信号？

答：（1）运行中进行滤油、加油及换硅胶时；

（2）需要打开放气或放油塞子、阀门、检查吸湿器、净油器、油流继电器、潜油泵或进行其他工作时；

（3）瓦斯继电器及其回路进行检查时，保护回路有直流接地时，变压器严重漏油，可能造成误动的。

24、变压器冷却系统电源发生故障时允许运行时间是如何规定的？

答：强迫油循环风冷式和水冷式变压器，当冷却系统电源发生故障使冷却器全停（油泵及风扇或油泵及循环水全停）时，允许继续带负荷的时间应按制造厂的规定执行，一般允许带额定负荷运行时间如下：

容量为 125MVA 及以下时，为 20min；

容量为 125MVA 及以上时，为 10min；

如到允许时间油面温度尚未达到 75. C，则允许继续运行至油面温度达到 75. C 为止，但最多不应超过 1h。

特别指出，上述情况是为了事故处理，变压器非带负荷不可。对于强迫油循环风冷和水冷的变压器，一般不允许不开动冷却装置就带负荷运行，即使是空载也不允许不开动冷却装置就带负荷运。

变压器铁芯出现故障怎么办？

导读

变压器的绕组和铁芯是传递、变换电磁能量的主要部件，保证它们的可靠运行是人们所关注的问题。统计资料表明因铁芯问题造成故障，占变压器总事故中的第三位。制造部门对变压器铁芯缺陷已引起重视，并在铁芯的金属软管不锈钢软管接地监视，以及保证一点接地方面都进行了技术改进。



运行部门也把检测和发现铁芯故障提到相当高度。然而，变压器铁芯故障仍屡有发生，其原因主要是由于铁芯多点接地和铁芯接地不良造成。现对两种故障情况的判断及处理方法作一介绍。

一、铁芯正常时需要一点接地的原因

变压器正常运行时，带电的绕组与油箱之间存在电场，而铁芯和其他金属构件处于该电场中。由于电容分布不均，场强各异，如果铁芯的金属软管不锈钢软管不可接地，则将产生充放电现象，破坏固体绝缘和油的绝缘强度，所以铁芯必须有一点可接地。

铁芯由硅钢片，金属软管不锈钢软管组成，为减小涡流，片间有一定的绝缘电阻（一般仅几欧姆至几十欧姆），由于片间电容极大，在交变电场中可视为通路，因而铁芯中只需一点接地即可将整叠的铁芯叠片电位箝制在地电位。

当铁芯或其金属构件如有两点或两点以上（多点）接地时，则接地点间就会造成闭合回路，它键链部分磁通，感生电动势，并形成环路，产生局部过热，甚至烧毁铁芯。

变压器铁芯只有一点接地，才是正常接地。即铁芯的金属软管不锈钢软管必须接地，且必须是一点接地。

铁芯故障主要由两个方面原因引起，一是施工工艺不良造成短路，二是由于金属软管不锈钢软管附件和外界因素引起多点接地。

二、铁芯多点接地

类型

(1) 安装变压器竣工后，未将油箱顶盖上运输的定位销翻转过来或去除掉，构成金属软管不锈钢软管多点接地。

(2) 由于铁芯夹件肢板距芯柱太近、铁芯叠片因某种原因翘起后，触及到夹件肢板，形成金属软管不锈钢软管多点接地。



- (3) 铁轭螺杆的衬套过长, 与铁轭叠片相碰, 构成了新的接地点。
- (4) 铁芯下夹件垫脚与铁轭间的绝缘纸板脱落或破损, 使垫脚铁轭处叠片相碰造成接地。
- (5) 具有潜油泵装置的大中型变压器, 由于潜油泵轴承磨损, 金属粉末进入油箱中, 淤积油箱底部, 在电磁力作用下形成桥路, 将下铁轭与垫脚或箱底接通, 形成金属软管不锈钢软管多点接地。
- (6) 油浸变压器油箱盖上的温度计座套过长, 与上夹件或铁轭、旁柱边沿相碰, 构成新的接地点。
- (7) 油浸变压器油箱中落入了金属异物, 这类金属异物使铁芯叠片和箱体构通, 形成接地。
- (8) 下夹件与铁轭阶梯间的木垫块受潮或表面不清洁, 附有较多的油泥, 使其绝缘电阻值降为零时, 构成了多点接地。

三、多点接地时出现的异常现象

- (1) 在铁芯中产生涡流, 铁损增加, 铁芯的金属软管不锈钢软管局部过热。
- (2) 多点接地严重时, 又较长时间未处理, 变压器连续运行将导致油及绕组也过热, 使油纸绝缘逐渐老化. 会引起铁芯叠片两片绝缘层老化而脱落, 将引起更大的铁芯过热, 铁芯将烧毁。
- (3) 较长时间多点接地, 使油浸变压器油劣化而产生可燃性气体, 使气体继电器动作。
- (4) 因铁芯过热使器身中木质垫块及夹件碳化。
- (5) 严重的多点接地会使接地线烧断, 使变压器失去了正常的一点接地, 后果不堪设想。
- (6) 多点接地也会引起放电现象。

四、多点接地故障的检测

铁芯多点接地故障判断方法通常从两方面检测:

- (1) 进行气相色谱分析. 色谱分析中如气体中的甲烷及烯烃组分含量较高, 而一氧化碳和二氧化碳气体含量和已往相比变化不大, 或含量正常, 则说明铁芯过热, 铁芯过热可能是由于多点接地所致。

色谱分析中当出现乙炔气体时, 说明铁芯已出现间歇性多点接地。

- (2) 测量接地线有无电流. 可在变压器铁芯外引接地套管的接地引线上, 用钳形表测量引线上是否有电流. 变压器铁芯正常接地时, 因无电流回路形成. 接地线上电流很小, 为毫安级(一般小于 0.3A). 当存在多点接地时, 铁芯主磁通周围相当于有短路匝存在, 匝内流过环流, 其值决定于故障点与正常接地点的相对位置, 即短路匝中包围磁通的多少. 一般可达几十安培. 利用测量接地引线上有无电流, 很准确地判断出铁芯有无多点接地故障。

五、多点接地故障的排除

(1) 变压器不能停运时的临时排除方法:

① 有外引接地线, 如果故障电流较大时, 可临时打开地线运行. 但必须加强监视, 以防故障点消失后使铁芯出现悬浮电位。

② 如果多点接地故障属于不稳定型, 可在工作接地线中串入一个滑线电阻, 使电流限制在 1A 以下. 滑线电阻的选择, 是将正常工作接地线打开测得的电压除以地线上的电流。

③ 要用色谱分析监视故障点的产气速率。

④ 通过测量找到确切的故障点后, 如果无法处理, 则可将铁芯的正常工作接地片移至故障点同一位置, 用以较大幅度地减少环流。

(2) 彻底检修措施。监测发现变压器存在多点接地故障后, 对于可停运的变压器, 应及时停运, 退出后彻底消除多点接地故障。排除此类故障的方法, 根据多点接地类型及原因, 应采取相应的检修措施. 但也有某些情况, 停电吊芯后找不到故障点, 为了能确切找到接地点, 现场可采用如下方法。

① 直流法。将铁芯的金属软管不锈钢软管与夹件的连接片打开, 在轭两侧的硅钢片上通入 6V 的直流, 然后用直流电压表依次测量各级硅钢片间的电压, 当电压等于零或者表指示反向时, 则可认为该处是故障接地点。

② 交流法。将变压器低压绕组接入交流电压 220~380V, 此时铁芯中金属软管不锈钢软管有磁通存在. 如果有多点接地故障时, 用毫安表测量会出现电流 (铁芯和夹件的连接片应打开). 用毫安表沿铁轭各级逐点测量, 当毫安表中电流为零时, 则该处为故障点。

变压器油知识详解

一、变压器油的成份

变压器油是一种矿物油, 由石油精炼而成。

变压器油含烷烃, 环烷烃和芳香烃, 在低温会凝固, 在高温会分解和燃烧。

变压器油在高温下会分解成甲烷, 乙烷, 乙烯、乙炔、氢气和水分。

变压器事故后可以通过变压器油的色谱分析, 测量各种气体的比例, 从而判断出事故点的温度。

二、变压器油的标号

变压器油是以凝点为基础命名的:

DB-XX，其中“D”代表“电力用油”，“B”代表“变压器油”，XX代表凝点。

DB-10 变压器油，表示凝点为-10℃；

DB-25 变压器油，表示凝点为-25℃；

DB-45 变压器油，表示凝点为-45℃；

10 号变压器油适用于我国的长江流域及以南的地区使用。

25 号变压器油适用于黄河流域及华中地区使用。

45 号变压器油适用在西北、东北地区使用。



变压器油分为 10#、25#、45#，三个型号

我国变压器油标准，是 60 年代仿制前苏联的果斯特标准 (Г О C T 10121) 和 IEC296 标准而制定了我国的变压器油标准 GB2536，产品以凝固点高低来划分牌号为三个牌号，分别是 10#、25# 和 45# 变压器油。

当变压器油的凝固点不高于-10℃时 (90 年修订为倾点-7℃)，就是 10# 变压器油；当凝固点不高于-25℃时 (90 年修订为倾点-22℃)，就是 25# 变压器油；当凝固点不高于-45℃时，就是 45# 变压器油。

三、变压器油的作用

绝缘作用：变压器油将不同电位的带电部分隔离开来，使不致于形成短路。冷却作用：变压器油可以把铁芯和绕组内部产生的热量吸收，然后通过油的循环使热量散发出来，从而保证设备的安全运行。

灭弧作用：在油断路器和变压器的有载调压开关上，触头切换时会产生电弧。变压器油在电弧的高温作用下能分解大量气体，产生较大压力，从而提高了介质的灭弧性能，使电弧很快熄灭。

四、变压器油的基本要求

电气设备对变压器油的基本要求是：
 具有较高的介电强度，以适应不同的工作电压，
 具有较低的粘度，以满足循环对流和传热需要，
 具有较高的闪点温度，以满足防火要求，
 具有足够的低温性能，以抵御设备可能遇到的低温环境，具有良好的抗氧化能力，以保证油品有较长的使用寿命。

五、变压器油的质量标准

项 目 牌 号	质 量 指 标			试 验 方 法
	10	25	45	
外观	透明,无悬浮物和机械杂质			目测 ¹⁾
密度(20℃),kg/m ³	不大于	895		GB/T 1884 GB/T 1885
运动粘度,mm ² /s				GB/T 265
40℃	不大于	13	13	11
-10℃	不大于	—	200	—
-30℃	不大于	—	—	1800
倾点,℃	不高于	-7	-22	报告
凝点,℃	不高于	—		-45
闪点(闭口),℃	不低于	140		135
酸值,mgKOH/g	不大于	0.03		GB/T 264
腐蚀性碱		非腐蚀性		SH/T 0304
氧化安定性 ²⁾				SH/T 0206
氧化后酸值,mgKOH/g	不大于	0.2		
氧化后沉淀,%	不大于	0.05		
水溶性酸或碱		无		GB/T 259
击穿电压(间距2.5mm交货时) ⁴⁾ ,kV	不小于	35		GB/T 507 ⁵⁾
介质损耗因数(90℃)	不大于	0.005		GB/T 5654
界面张力,mN/m	不小于	40	38	GB/T 6541
水分,mg/kg		报告		SH/T 0207

六、变压器油的膨胀

变压器油会热胀冷缩，它的体积变化率为万分之七。温度每变化一度，体积增加或减少万分之七。

变压器运行时，顶层油温允许升高 55℃。由此可计算出变压器油体积变化量为 $7 \times 55 / 10000 = 3.85\%$ 。

油浸式变压器需要有 5%~8%空间让变压器油热胀冷缩。

油浸式变压器用储油柜（油枕），波纹油箱和波纹式储油柜作为热胀冷缩的空间。

七、变压器油的物理性质

1、外观颜色和透明度

(1) 颜色：新油一般为浅黄色，氧化后颜色变为深暗红色。运行中油的颜色迅速变暗，表示油质变坏。

(2) 气味：变压器油应没有气味，或带一点煤油味，烧焦味—油干燥时过热；酸味—油严重老化；乙炔味—油内产生过电

(3) 透明度：新油在玻璃瓶中是透明的，并带有蓝紫色的荧光，如果失去荧光和透明度，说明有水分、机械杂质和游离碳。

2、油的闪点：油加热时所发生的蒸气与空气所形成的混合物，在火焰接近时而闪火，此时是以温度作为闪点。闪点是表征油的蒸发度，油的闪点越低，其挥发性越高。挥发性越小越好或者说闪点越高越好，新油标准应不低于 135℃。

3、变压器油的密度：895KG/M³

4、变压器油的水分：水分会影响变压器油的电气性能导致绝缘性能下降，水分越少越好。，一般水分含量不大于 20mg/L。

八、变压器油的化学性质

1、水溶性酸 PH 值：新油 ≥ 5.4 ，运行油 ≥ 4.2

2、酸值：变压器油的酸值是指油中有机酸的数值，油的中和酸度是指氧化试验以后的数值。酸度的常用计量方法是中和所需的 KOH 的质量 (mg)，用 mgKOH / g 表示。酸性大的油会腐蚀金属设备。当油中有水分时，腐蚀性质强，酸价逐年增大，反映了油的劣化。

新油：mgKOH/g $\gt 0.03$

运行油：mgKOH/g $\gt 0.1$

九、变压器油的电气性质

绝缘强度是绝缘油在高压电场下所具有的重要电气特性指标。

变压器油在标准油杯(电极距离 2.5mm)击穿时的电压称为“击穿电压”，此时的电场强度称为绝缘油的“绝缘强度”

变压器油击穿电压：取标准油杯六次击穿电压的平均值。标准值如下：

GBT 7595-2017 运行中变压器油质量

执行。

表 1 运行中矿物变压器油质量标准

序号	检测项目	设备电压等级/ kV	质量指标		检验方法
			投入运行前 的油	运行油	
1	外观		透明、无沉淀物和悬浮物		外观目视
2	色度/号		≤2.0		GB/T 6540
3	水溶性酸(pH值)		>5.4	≥4.2	GB/T 7598
4	酸值*(以 KOH 计)/(mg/g)		≤0.03	≤0.10	GB/T 264
5	闪点(闭口) ^b /℃		≥135		GB/T 261
6	水分 ^c /(mg/L)	330~1 000	≤10	≤15	GB/T 7600
		220	≤15	≤25	
		≤110 及以下	≤20	≤35	
7	界面张力(25℃)/(mN/m)		≥35	≥25	GB/T 6541
8	介质损耗因数(90℃)	500~1 000	≤0.005	≤0.020	GB/T 5654
		≤330	≤0.010	≤0.040	
9	击穿电压/kV	750~1 000	≥70	≥65	GB/T 507
		500	≥65	≥55	
		330	≥55	≥50	
		66~220	≥45	≥40	
		35 及以下	≥40	≥35	

序号	检测项目	设备电压等级/ kV	质量指标		检验方法
			投入运行前 的油	运行油	
10	体积电阻率 ^d (90℃)/(Ω·m)	500~1 000	≥6×10 ¹⁰	≥1×10 ¹⁰	DL/T 421
		≤330		≥5×10 ⁹	
11	油中含气量 ^e (体积分数)/%	750~1 000	≤1	≤2	DL/T 703
		330~500		≤3	
		电抗器		≤5	
12	油泥与沉淀物 ^f (质量分数)/%		—	≤0.02 (以下可忽略不计)	GB/T 8926—2012
13	析气性	≥500	报告		NB/SH/T 0810
14	带电倾向 ^g /(pC/mL)		—	报告	DL/T 385
15	腐蚀性硫 ^h		非腐蚀性		DL/T 285
16	颗粒污染度/粒 ⁱ	1 000	≤1 000	≤3 000	DL/T 432
		750	≤2 000	≤3 000	
		500	≤3 000	—	
17	抗氧化添加剂含量(质量分数)/% 含抗氧化添加剂油		—	大于新油 原始值 的 60%	SH/T 0802
18	糠醛含量(质量分数)/(mg/kg)		报告	—	NB/SH/T 0812 DL/T 1355
19	二苯基二硫醚(DBDS)含量(质量 分数)/(mg/kg)		检测不出 ^j	—	IEC 62697-1

杂质和水分会降低变压器油绝缘性能。

介质损耗角 $\tan \delta$ 表示在交流电压下流过绝缘材料的有功功率与无功功率之比。它与绝缘材料的性能有关而与尺寸和体积无关。

新油的介质损耗角 $\tan \delta$ (%) ≤ 0.5

变压器油的体积电阻率 (90°C) $\geq 6 \times 10^{10}$ ($\Omega \cdot m$)

这些变压器的冷知识你知道了没有？

高频变压器与低频变压器的区别？

一般情况下，低频变压器是指“工频变压器”，它是工作在(50Hz)下，用来改变电压，**低频变压器使用的铁芯一般是高导磁率的硅钢片。**

高频变压器是指工作在高频率中的，起换能作用的变压器，因为磁场的频率很高，硅钢片中会产生涡流(硅钢片中的小磁体转换速度跟不上)，所以**高频变压器一般使用“高频铁氧体”为磁芯。**

高频变压器与低频变压器其区别在于针对频率上，其工作频率上的不同，从而导致选材上会有一些不同。低频变压器与高频变压器工作原理是一样的，不论工作频率高低，都是通过电磁感应来传输能量的。

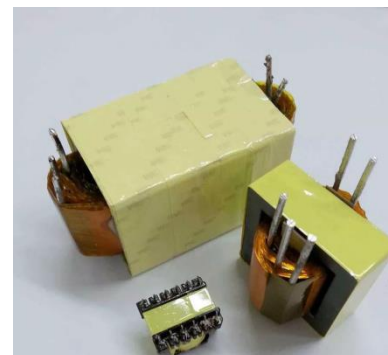
由于高频和低频的频率不同，**高频的只能用在频率高并且激励源频率与变压器频率相匹配的电路中**，而低频的则相反，不能混用，即使高频的如果频率不匹配的话一般是不能用。

如果变压器传输一定的能量，工作频率高，在一定时间内传输能量的次数多，每一次传输的能量可以少，则变压器用的材料少，结构尺寸小，因此一般的高频变压器，线圈匝数比较少，尺寸可以做的非常小，低频变压器线圈匝数比较多。

再同功率下的两种变压器，高频变压器则会比低频变压器小很多，这种情况下，高频变压器会只有低频变压器的十分之一左右。这是因为需要对低频变压器进行保护，减少 u 值，用硅钢片制作，但效率变差，所以要做大体积散热。

功放为什么要使用环形变压器？

如今，很多电子发烧友选择音响功放变压器时都是选环形变压器，音响功放采用环形变压器



是由于音频功放的特性所决定的。

与其它设备用电量基本不同，音频功放用电量不但变化快，而且变化幅度也大。这就要求变压器必须瞬间过载能力强，响应速度快，否则会容易形成噪声、声音不饱满、音质不好等。

环形变压器在同等体积中由于容量大，直耦式几乎0延迟响应，能满足音响供电特点。

环形变压器应用在音响功放中的优点：

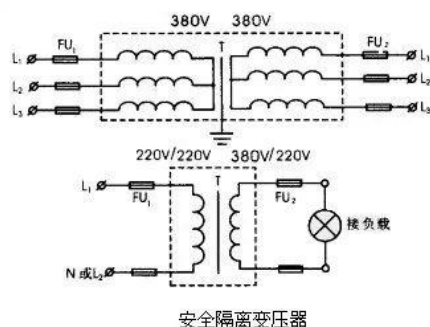
- 1、电效率高铁心无气隙，叠装系数高。
- 2、外形尺寸小，重量轻，环形变压器比叠片式变压器重量可以减轻一半。
- 3、磁干扰较小，环形变压器铁心没有气隙，绕组均匀地绕在环形的铁心上，这种结构导致了漏磁小，电磁辐射也小。
- 4、振动噪声较小，铁心没有气隙能减少铁心感应振动的噪音，绕组均匀紧紧包住环形铁心，有效地减小磁致伸缩引起的“嗡嗡”声。
- 5、运行温度低由于铁损，铁损很小，铁心温升低，绕组在温度较低的铁心上散热情况良好，所以变压器温升低。
- 6、容易安装，环形变压器只有中心一个安装螺杆，特别容易在电子设备中进行快速安装与拆卸。

隔离变压器有什么用？

隔离变压器的定义：



拥有两个或两上以上独立分开的线圈的变压器都可以叫隔离变压器，因为初级和次级已经完全分开（隔离），是通过磁场来传递能量。

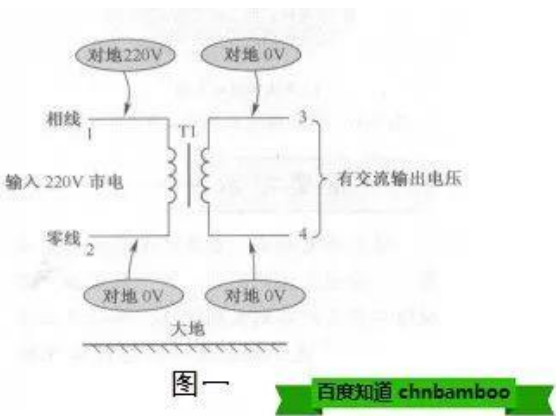
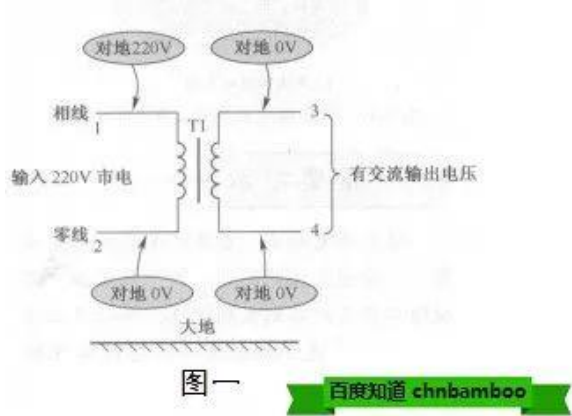


要知道为什么要用隔离变压器，首先要先了解我国的供电系统，我国的供电系统在供给低压用户时，一般采用三相四线制，中性线接地，通俗点，就是到居民家的电线，一根是相线（火线），里另一根是零线，它是和大地同地位，当人体由于触及热底板时，就会使电流通过人体，和大地构成回路，造成触电危害。

如果使用隔离变压器，就会安全些，因为初级和次级是通过磁场交换能量，没有物理上的硬连接，就算人体触及带电的物品，也会因为人体和大地同地位，而使带电部位的电位为低电位，不会引起触电危害。

使用隔离变压器要注意两点，一是变压器的次级两端都不能接地，二是人体不能同时触及次级两端，否者，仍然有触电的危险。

下图图一所示电路中的 T1 是电源变压器，输入电压是 220V 交流市电，该电压加在一次绕组 1~2 之间。



隔离特性说明:

假设电路中的变压器 T1 是一个 1:1 变压器, 即给它输入 220V 交流电压时, 它的输出电压也是 220V, 但要注意: 变压器输出的 220V 电压是指二次绕组两端之间的电压, 即 3、4 端之间的电压。

二次绕组的任一端(如 3 端)对大地端之间的电压为 0V, 这是因为二次绕组的输出电压不以大地为参考端, 而是以二次绕组另一端为参考点, 同时一次和二次绕组之间高度绝缘。

这样, 人站在大地上只接触变压器 T1 二次绕组任一端, 没有生命危险(切不可同时接触二次绕组 3、4 端), 若接触一次绕组的相线端则会触电。这便是变压器的隔离作用。

下图图二所示可以通俗地说明变压器的隔离作用, 只接触二次绕组一端时, 二次绕组不成回路, 所以没有电流流过人体。



图二

百度知道 chnbamboo

下图图三所示是人体同时接触二次绕组两端时的示意图, 这时二次绕组通过人体成回路, 便有电流流过人体, 有触电危险。



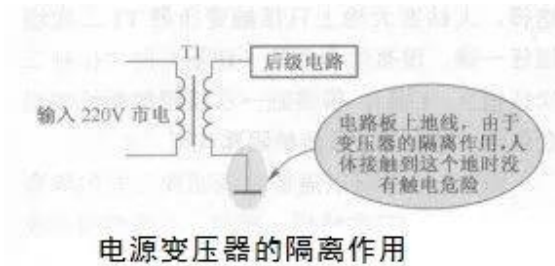
图三

百度知道 chnbamboo

电源变压器的隔离作用:

在许多电子电器中使用交流 220V 作为电源，为了保证设备使用过程中的使用者人身安全，需要将 220V 交流电源进行隔离，这时使用了电源变压器。

同时，电源变压器将 220V 交电压降低到适合的电压，如下图图四所示。电路中的 T1 是具有降压和隔离作用的电源变压器。



图四 百度知识 chnbamboo

在故障检修中，经常需要在通电状态下接触电路中的元器件，或电路中的地线。加入电源变压器之后可以防止触电的危险。

隔离变压器在交流电源输入端的特点：

1. 若电网三次谐波和干扰信号比较严重，采用隔离变压器，可以去掉三次谐波和减少干扰信号。
2. 采用隔离变压器可以产生新的中性线，避免由于电网中性线不良造成设备运行不正常。
3. 非线性负载引起的电流波形畸变（如三次谐波）可被隔离而不污染电网。

隔离变压器在交流电源输出端的特点：

防止非线性负载的电流畸变影响到交流电源的正常工作及对电网产生污染，起到净化电网的作用。

在隔离变压器输入端采样，使得非线性负载电流的畸变不影响取样的准确性，得到能反应实际情况的控制信号。

若负载不平衡，也不影响稳压电源的正常工作。

利用 DC/DC 转换器消除高频瞬态干扰。

变压器投运前为啥要做冲击试验？“冲击”的是啥？

小编经常看见这样的报道：“*月*日**时，在*****，一阵平缓有序的嗡鸣声悠然响起。

随着 5 次冲击试验的完成，***千伏**变电站成功投运。” 小编经常挠头琢磨：为啥要冲击试验？冲击的又是什么呢？

其实，冲击试验并不是一个电力系统专业术语。它一般是确定军用、民用设备在经受外力冲撞或作用时产品的安全性、可靠性和有效性的一种试验方法。而在电气工程中的冲击试验，一般包括操作冲击试验、雷击冲击试验、陡波前冲击试验，目的是考验电气设备的绝缘强度。

电力系统的冲击试验分成三种：

1、规定脉冲试验方法，采用正弦波进行试验。如正弦波振动试验机，广泛用于国防, 航天, 航空, 通讯等行业, 适应发现早期故障, 模拟实际工况考核和结构强度试验。

2、冲击谱试验方法。如冲击试验台，它能够可控模拟冲击力的大小、持续时间等，用来准确地测试产品对环境的适应性，也常被用来测试产品的包装是否能够对产品起到保护作用，避免产品在运输装卸过程中受损。

3、规定试验机试验方法。如耐碎石冲击试验机，是专为汽车材料及表面涂层的抗砂砾碰撞试验而设计。

而按照按温度来分，冲击试验分为：常温冲击试验，在常温下进行试验，一般在 23 ± 5 摄氏度的范围内；低温冲击试验；在低温介质下保存一定时间，使温度达到要求后快速取出完成冲击试验。

在电网系统，新投入运行的变压器，除按交接试验标准做一些必需的试验及保护、二次方面的试验外，在正式投入前，通常都要做空载全电压合闸



冲击试验，而对变压器进行冲击合闸试验的目的有两个。

一是不带电的情况下，拉开空载变压器时，有可能产生操作过电压，在电力系统中性点不接地或经消弧线圈接地时，过电压幅值可达 $4 \sim 4.5$ 倍相电压；在中性点直接接地时，可达 3 倍相电压。所以为了检查变压器绝缘强度能否承受全电压或操作过电压，需做冲击试验。

二是在带电的情况下，投入空载变压器时，会产生励磁涌流，其值可达6~8倍额定电流，由于励磁涌流产生很大的电动力，为了考核变压器的机械强度，同时考核励磁涌流衰减初期能否造成继电保护装置误动作，需做冲击试验。

通常，对新装的变压器一般要求空载合闸五次来全面的检测变压器的绝缘、机械强度以及差动保护的動作情况。因为每次合闸时刻合闸角不同，相应的励磁涌流也不同，有时大、有时小，第一次冲击后要持续运行10分钟以上，后面冲击要等待5分钟以上再进行下一次冲击，一次完整的冲击试验通常需要1个小时。

所以，当冲击试验完成后，就说明变电站可以投入正式运行了。

变压器嗡嗡的声音从哪里来？如何根据声音判定变压器的故障状态？

变压器正常运行时，一般有均匀的嗡嗡声，这是由于交变磁通引起铁芯振动而发出的声音。变压器在正常运行时，会发出连续均匀的“嗡嗡”声。如果产生的声音不均匀或有其他特殊的响声，就应视为变压器运行不正常，并可根据声音的不同查找出故障，进行及时处理。



一、主要有以下几方面故障

1、电网发生过电压。电网发生单相接地或电磁共振时，变压器声音比平常尖锐。出现这种情况时，可结合电压表计的指示进行综合判断。变压器过载运行。

2、负荷变化大，又因谐波作用，变压器内瞬间发生“哇哇”声或“咯咯”的间歇声，监视测

量仪表指针发生摆动，且音调高、音量大。

3、变压器夹件或螺丝钉松动、声音比平常大且有明显的杂音，但电流、电压又无明显异常时，则可能是内部夹件或压紧铁芯的螺丝钉松动，导致硅钢片振动增大。

4、变压器局部放电。若变压器的跌落式熔断器或分接开关接触不良时，有“吱吱”的放电声；若变压器的变压套管脏污，表面釉质脱落或有裂纹存在，可听到“嘶嘶”声；若变压器内部局部放电或电接不良，则会发出“吱吱”或“僻啪”声，而这种声音会随离故障的远近而变化，这时，应对变压器马上进行停用检测。



二、如何根据声音类型判定故障

声音的变化可以在一定程度上反应变压器内部或外部的异常情况。

1、变压器发出均匀较沉重的“嗡嗡”声，无杂音，可能是变压器负荷增加引起的。“嗡嗡”声大或比平时尖锐，但响声均匀，可能是由于电源电压过高所造成的。应根据具体情况酌情处理。



2、变压器发出短时的

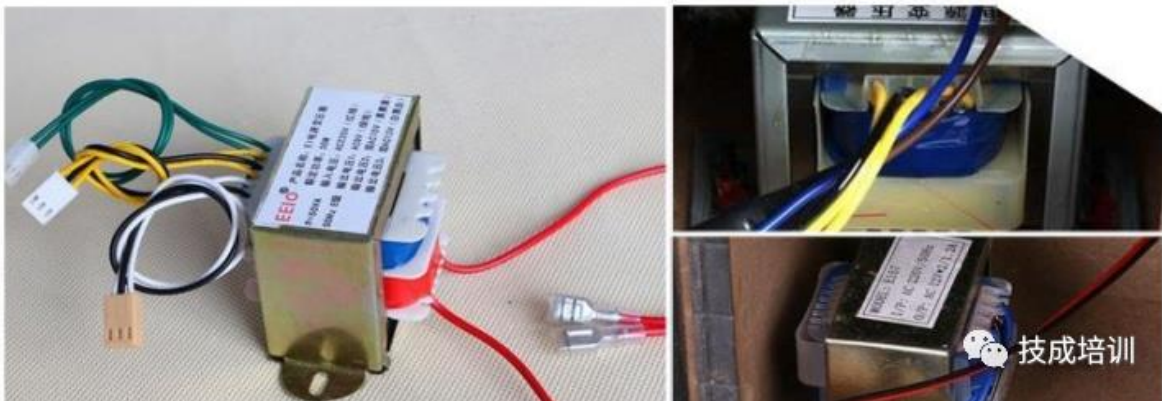
“哇哇”声，时间短，很快恢复，可能是变压器受到大电流冲击引起的，如系统故障、大动力设备启动、负荷突变等，应结合系统参数变化（如电压表、电流表数据）来判定。

3、变压器发出“嘶嘶”的声音，在夜间或阴雨天气下，可看到变压器套管附近有蓝色的电晕，则可能是由于瓷件污秽严重等原因使套管表面发生电晕放电，此时应加强监视，等待时机处理。

4、变压器发出“吱吱”或“噼啪”的声音，可能内部发生放电，应注意声音的发展及变化，将变压器停电处理。若变压器内部有不均匀且响声较大的放电爆裂声，表明内部故障严重，应立即将变压器停用检查。

5、若变压器的“嗡嗡”声大而嘈杂，声音中有时会出现“叮铛”等有规律的撞击声，可能是由于铁芯紧固螺栓等内部结构松动受到振动而引起的，应减少负荷并加强监视，必要时停电检查，并进行相应处理。

6、若变压器发出尖细的忽强忽弱的“哼哼”声，可能是由于铁磁谐振造成的，可结合系统有无故障、电压表有无谐振变化等来进行判定。



7、若变压器的声音夹杂有“咕噜咕噜”的沸腾声，同时变压器温度急剧上升，油位升高，则可能是变压器内部发生短路故障，或分接开关因接触不良引起严重过热，这时应立即停用变压器进行检查处理。引起变压器发出异常声音的原因较多，而且比较复杂。为准确判断故障和异常，在发现变压器有异常声音的同时，还要注意检查变压器有无其他异常、有关表计的指示情况以及保护动作的情况等。

变压器电流超过 90%，长期运行会怎么样？

变压器高压侧的运行电流占额定电流的 90%多，这样说应该更好理解。这种情况我们还要考虑变压器的运行制，如果这个企业只有白天生产，晚上休息的话还好。如果是 24 小时工作制的那

么一定要小心注意用电安全了。

具体超 90%超了多少这个也很重要，因为正常变压器的负载率最好不要超过 85%。到了 90%多的时候，意味着变压器是接近满载运行的。还有，用电设备的负荷是会随时波动的，向下波动还好，但是有非常大的可能会经常波动到额定值甚至超过额定值，因为正常运行的负荷已经 90%多，没有剩余的裕量来应对一些有冲击性设备的冲击电流了，比如大型电焊机，行车，冲床，大功率电动机的启动等动态负荷。



可能会出现短时间的过载现象，虽然变压器运行短时间过载运行，但是比较频繁的过载还是会对变压器的寿命有影响。各种运行数据接近变压器的额定限值，加上长期运行，该变压器势必会出现以下几个问题：

- 1、绕组、线夹、引线、绝缘及变压器油的温度将会升高，且有可能达到不可接受的程度；
- 2、铁芯外的漏磁通密度将增加，从而使次漏磁通耦合金属部件由于涡流效应而发热；
- 3、随着温度变化，绝缘和油中的水分和气体含量将会发生变化；
- 4、套管、分接开关、电缆终端接线装置和电流互感器等也将受到较高的热应力，从而使其结构和安全裕度受到影响。
- 5、主磁通与增加的漏磁通合在一起，会使铁芯过励磁能力受到限制。



因此，随着电流和温度的升高，增加可变压器过早损坏的危险性。

那针对以上情况我们可以做以下的措施：

- 1、要合理配置负荷，优化生产工序，让用电设备有序使用，减少同时使用率。
- 2、适当调高一档（+2.5%）低压侧输出电压。由于变压器接近满载，势必会导致变压器输出端电压降低，从而使得末端的用电设备电压可能会更低，由此导致有功电流过高，增大电能损耗，提高电压可以减小电流。
- 3、提高功率因数。高负荷率也会导致无功补偿能力不足，要定期的更换已经容量衰减的电力电容器，在大型感性负荷就地安装无功补偿装置，来提高功率因数，从而提升变压器的有功输出能力，以此来降低工作电流降低电能损耗，可以有效的降低负荷电流和电能损耗，进而降低变压器的负荷率。
- 4、做好变压器降温工作。变压器在高负荷率工作下回导致温度变高，可以安装空调或者增加强制排风措施给变压器进行降温，从而降低损耗提升效率并保护变压器。
- 5、安排值班人员定时定期巡视变压器的运行状况，记录变压器的运行电流，测量变压的温度，做到隐患早发现，早处理！

变压器何时出现励磁涌流？

01、励磁涌流

当变压器初次通电时，会出现一种称为励磁涌流的现象。尽管浪涌电流一般不像故障电流那样具有破坏性，但励磁涌流的持续时间约为秒级（与具有故障电流的周期相比）。

励磁涌流情况也比短路发生的频率要高得多，因此这种现象值得探讨。

考虑最初为单相变压器通电时会发生什么。磁芯中的磁通等于激励电压的积分。

如果在电压通过零且初始磁通为零时电路闭合，则

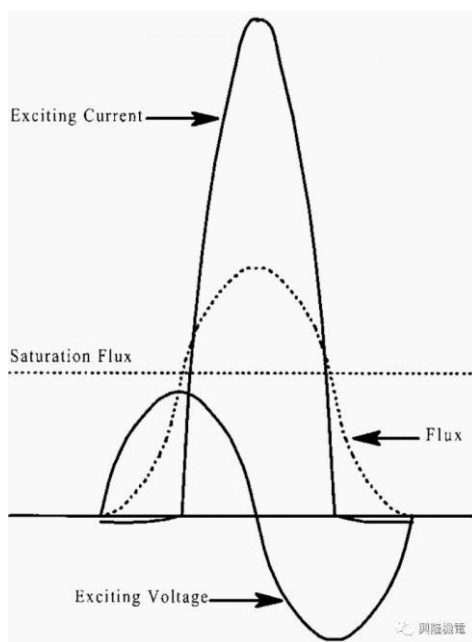
正弦磁通将完全从零偏移。全偏移通量的峰值是对称正弦波通量峰值的两倍。换句话说，全偏移



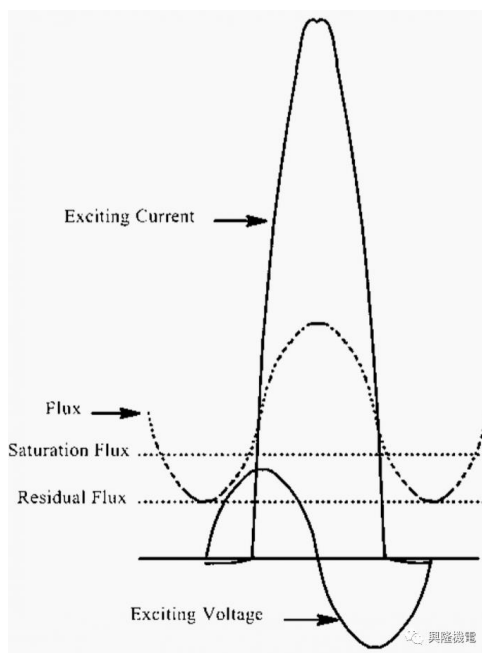
波的峰值通量可以接近正常峰值通量的两倍，这通常足以驱动磁芯进入饱和状态。

在这一点上，**唯一限制励磁电流的是绕组的空芯阻抗**，它比正常的磁化阻抗小几个数量级。

因此，在磁芯饱和的半周期内，励磁电流远大于正常励磁电流。在相反的半周期内，磁芯不再饱和，励磁电流大约等于正常励磁电流。



当磁芯中存在残留磁通且残留磁通的方向与正弦磁通波的偏移方向相同时，情况就更加极端。如下图 2 所示。请注意，图 1 和图 2 是在不同比例的电流上绘制的，因此图 2 中绘制的峰值电流实际上比图 1 中绘制的峰值电流大得多。



02、励磁涌路峰值

为了找到仅受空心电抗限制的峰值浪涌电流，使用 cgs 单位方便地计算绕组的电感：

$$L = \frac{0.4\pi N^2 A_{mt}}{l}$$

这里：

N - 线圈匝数

A_{mt} - 线圈平均直径内的面积，cm²

l - 线圈的轴向长度，cm

L - 线圈电感，μH

电感 φ_L 产生的通量等于剩余通量加上正常通量变化的 2 倍减去饱和通量，因为饱和通量在铁中。但是 φ_L 与电感和电流有关：

$$L = \frac{N\phi_L}{I}$$

因此，峰值涌入电流在 cgs 单位制中表示如下：

$$I_{peak} = \frac{(\phi_r + 2\phi_n - \phi_s)l \times 10^{-8}}{0.4\pi NA_{mt}}$$

这里：

I_{peak} 在安培和

φ_r - 剩余磁通

φ_n - 正常磁通量变化

φ_s - 饱和通量

如果电路中没有电阻，则每个连续的峰值将具有相同的值，并且电流涌入将无限期地继续。但是，在电路中存在电阻的情况下，电阻两端的压降会很大，通量的上升不必与前一个周期一样高。

电压降的积分表示支持施加电压所需的磁通量的净减少。由于 $i \times R$ 压降始终沿相同方向，因此每个周期都会减少所需的磁通量。当磁通的峰值下降到磁芯的饱和值以下时，浪涌电流消失。衰减速率不是指数级的，尽管它类似于指数衰减电流。

重要！对于大型电力变压器，浪涌电流可以持续几秒钟，直到最终消失。

通过简单地将电感添加到绕组的空芯电感中，线路电抗具有减小峰值浪涌电流的作用。浪涌电流和短路电流之间存在确定的关系，因为两者都与绕组的空芯电感有关。

请记住，短路往往会将磁通从芯中排除。

经验法则！通常，经验法则是，**峰值励磁涌流略高于峰值短路电流的 90%**。但是，由励磁涌流引起的磁力通常比短路力小得多。由于每相仅包含一个绕组，因此绕组之间没有磁排斥。

当涉及三相变压器时，分析励磁涌流的问题变得更加困难。这是因为激励电压的相角相隔 120° ，在相之间存在电流和电压的相互作用，并且开关装置的三极不完全同时闭合。

但是，可以肯定地说，**三相变压器的浪涌电流峰值接近短路电流水平**。

励磁涌流的有趣特征之一是，由于电流被完全抵消，**因此存在很大比例的偶次谐波**。在电力回路中也很少遇到偶次谐波。

03、同感涌流

还有一种现象被称为“同感涌入”，在该现象中，当附近的变压器接通时，先前通电的变压器会表现出电流的突然变化。有同感的浪涌是由第二个变压器的浪涌电流引起的线电压变化引起的。



汉中新环干式变压器有限责任公司

HANZHONG XINHUAN DRY-TYPE TRANSFORMER CO.,LTD.

公司地址：陕西省汉中市经济开发区(北区)陈仓路南侧（大坝村）

服务专线：13891633018 0916-8195256 0916-8195261