

SEC 汉变

变压器知识特辑

(二)

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

目 录

| | |
|-----------------------|----|
| 超赞图文详解，全面认识变压器！ | 1 |
| 变压器冷却系统原理及控制 | 10 |
| 关于变压器的一些基本了解 | 18 |
| 变压器中性点间隙接地保护 | 21 |
| 变压器冷却系统最全讲解 | 28 |
| 配电变压器超级详细的讲解！ | 32 |

超赞图文详解，全面认识变压器！

一、变压器的种类和功能特点

变压器是一种用来变换电压、电流或阻抗的电气部件，是电力系统中输配电力的主要设备，其实物外形如图 1-1 所示。



图 1-1 变压器的实物外形

在远距离传输电力时，可使用变压器将发电站送出的电压升高，以减少在电力传输过程中的损失，以便于远距离输送电力；在用电的地方，变压器将高压降低，以供用电设备和用户使用。变压器的分类方式有很多种，根据其电源相数的不同，主要可以分为单相变压器和三相变压器。

1、单相变压器的功能特点



图 1-2 单相变压器的结构特点

单相变压器是一种初级绕组为单相绕组的变压器。如图 1-2 所示，单相变压器的初级绕组和次级绕组均缠绕在铁芯上，初级绕组为交流电压输入端，次级绕组为交流电压输出端。次级绕组的输出电压与线圈的匝数成正比。

单相变压器可将高压供电变成单相低压，供各种设备使用，例如可将交流 6600V 高压经单相变压器变为交流 220V 低压，为照明灯或其他设备供电，如图 1-3 所示。单相变压器有结构简单、体积小、损耗低等优点，适宜在负荷较小的低压配电线路（60Hz 以下）中使用。

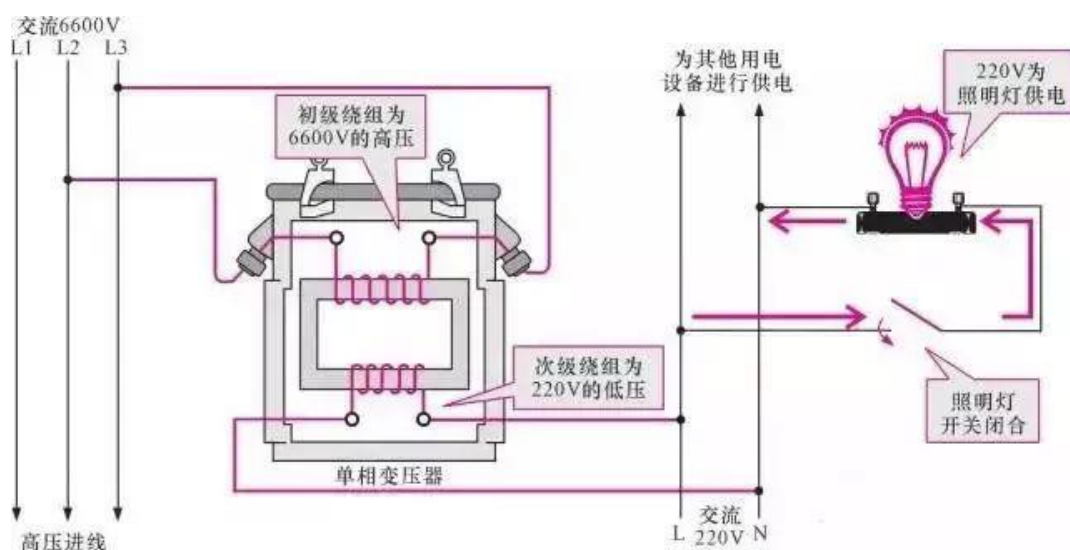
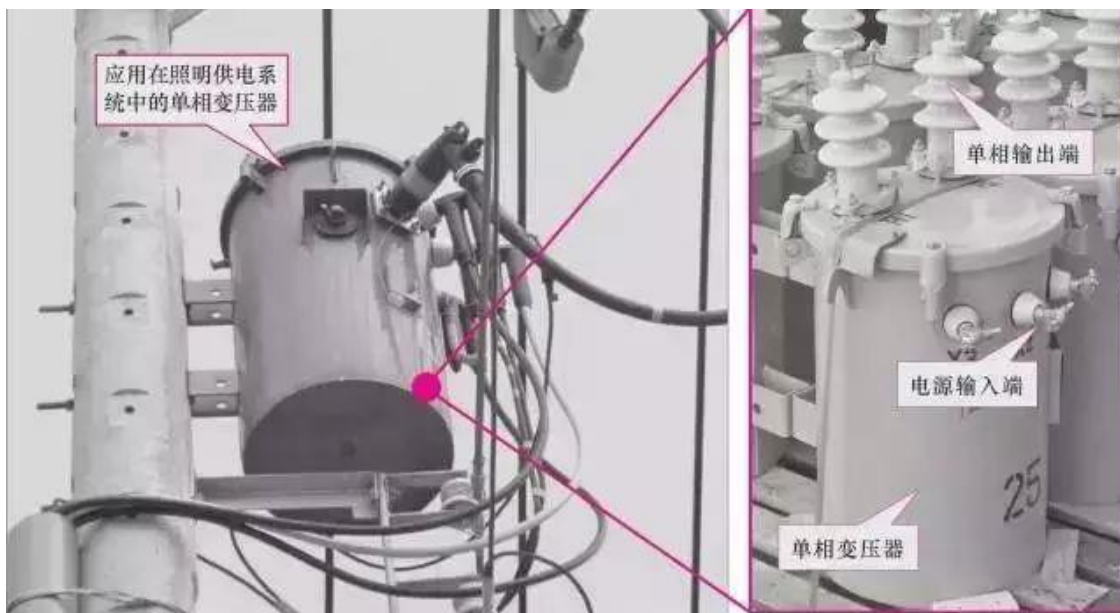
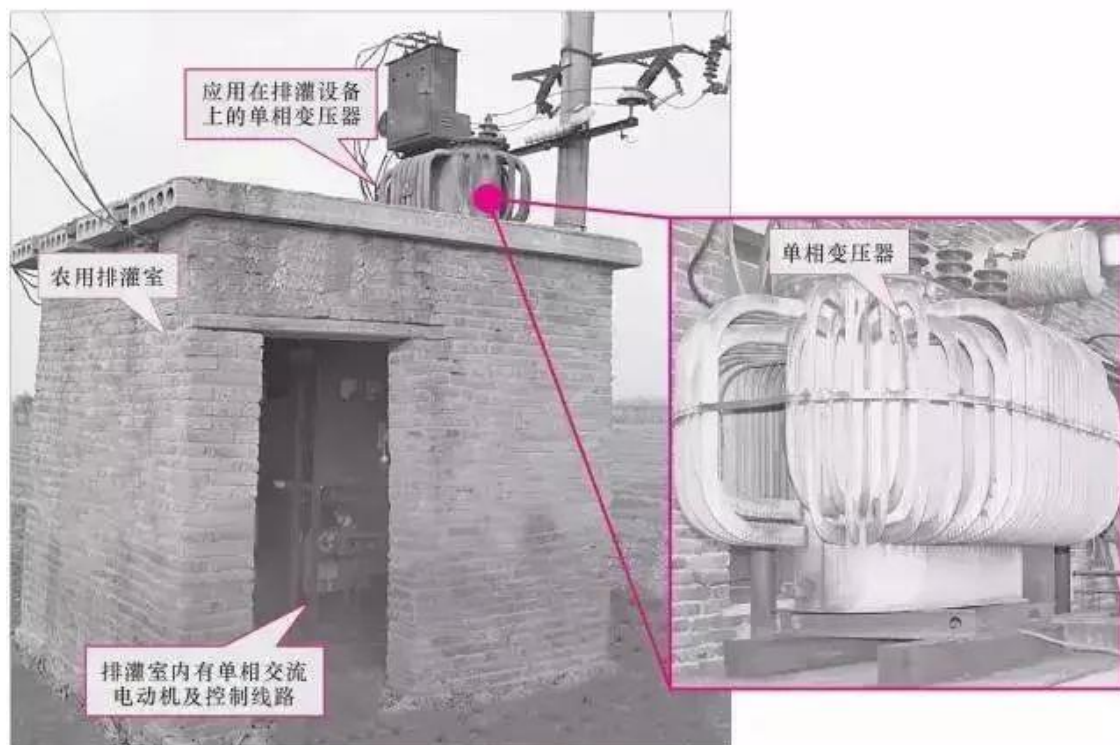


图 1-3 单相变压器的功能示意图

单相变压器多用于农村输配电系统中，以及一些照明或小型电动机的供电中，其应用实例如图 1-4 所示。此外在很多电子电气设备中，它也可作为电源变压器使用。



(a) 应用在照明供电系统中的单相变压器



(b) 应用在农村排灌供电系统中的单相变压器

图 1-4 单相变压器的应用实例

2、三相变压器的功能特点

三相变压器是电力设备中应用比较多的一种变压器。三相变压器实际上是由3个相同容量的单相变压器组合而成的，初级绕组（高压线圈）为三相，次级绕组（低压线圈）也为三相，如图1-5所示。

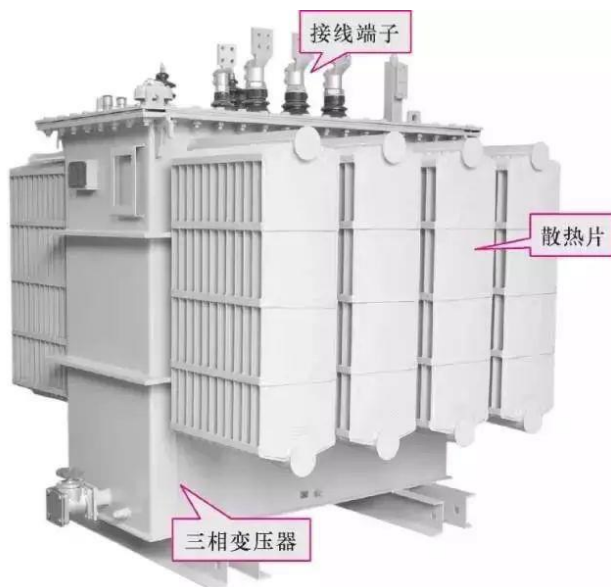


图 1-5 三相变压器的结构特点

三相变压器主要用于三相供电系统中的升压或降压，比较常用的就是将几千伏的高压变为380V的低压，为用电设备提供动力电源，如图1-6所示。

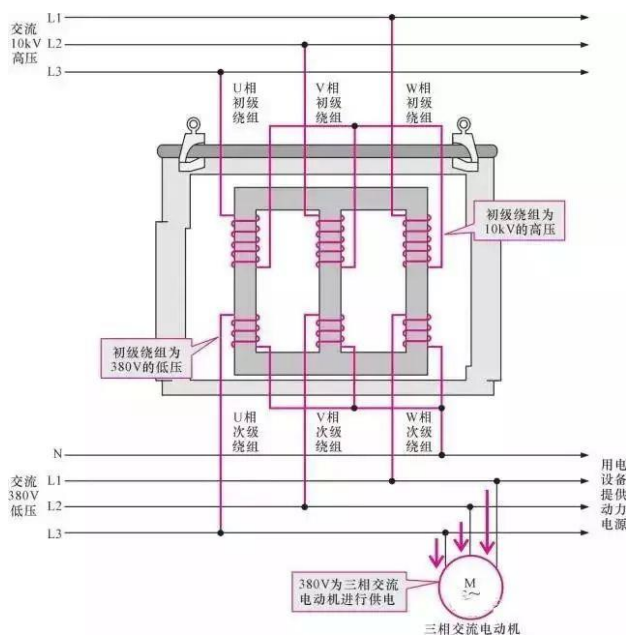


图 1-6 三相变压器的功能示意图

三相变压器的应用范围比较广泛，例如变电站、工矿企业、建筑工地、排灌设备、邮电、纺织、铁路、学校、医院、国防、电梯等，同时也适用于一些电源电压低、波动较大的低压配电网路中。其应用实例如图 1-7 所示。

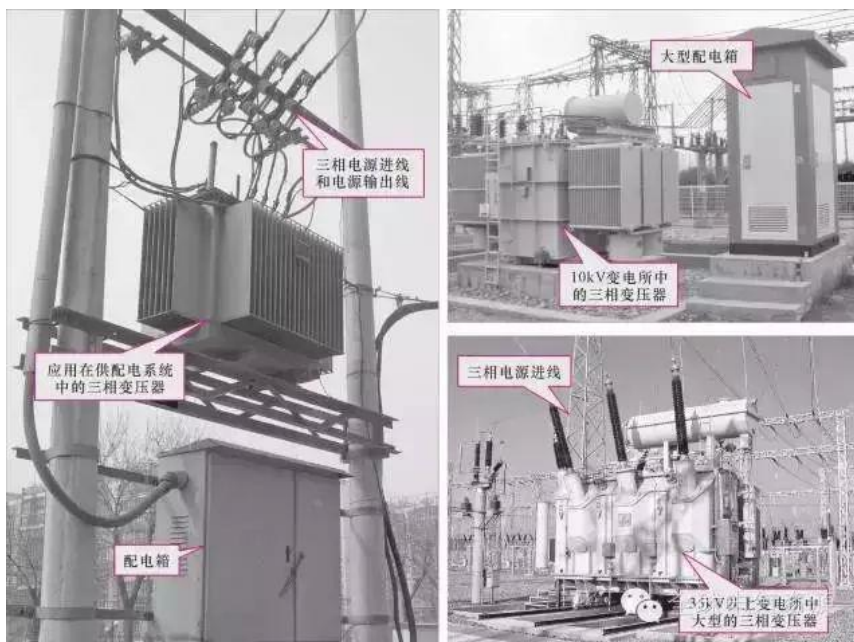


图 1-7 三相变压器的应用实例

二、变压器的型号与技术参数

电气系统中应用最多的就是电力变压器，由于电力变压器的种类很多，其型号的标识以及参数也有所不同，因此常常将这些型号与参数标识在变压器的铭牌上，以便于在安装和检修时进行查看。图 1-8 所示为典型电力变压器的铭牌标识。

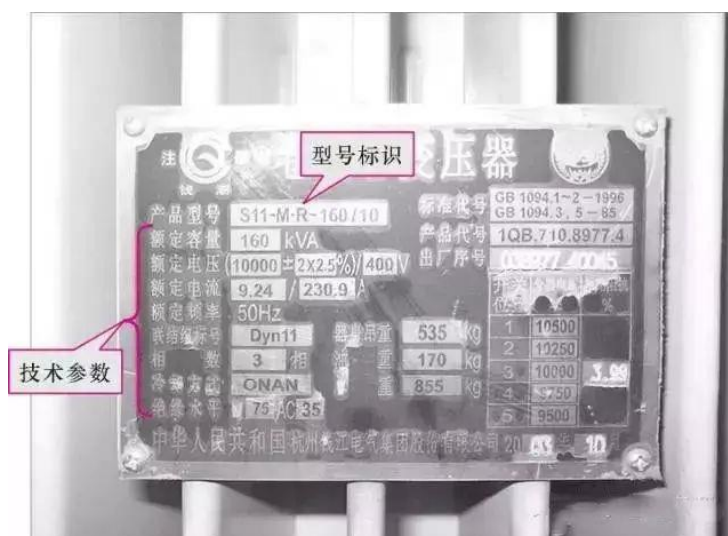


图 1-8 典型电力变压器的铭牌标识

在变压器的铭牌上，标识有该变压器的型号以及技术参数等内容，下面分别介绍一下变压器的型号含义和技术参数。

1、变压器的型号含义

变压器的种类有很多，为了便于区别各种不同类型的变压器，通常使用字母或数字对变压器的型号命名进行标识。变压器的型号通常是由字母和数字组成的，用来表示变压器的相数、冷却方式、调压方式、绕组线芯材料、绕组连接方式等内容，如图 1-9 所示。

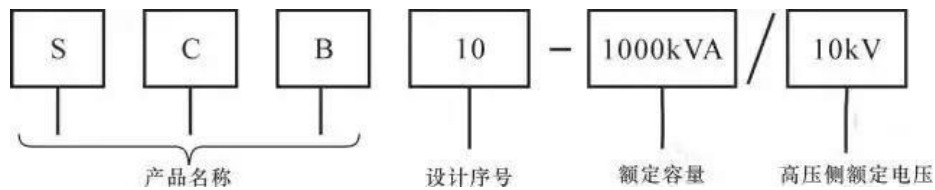


图 1-9 变压器的型号命名方法

产品名称：变压器的产品名称通常用字母来表示，表示产品的线圈耦合方式、相数、冷却方式、线圈数、线圈导线材质、调压方式以及特殊用途等内容，见表 1-1 所列。

| 型号中符号排列顺序 | 含义 | | 代表符号 |
|-----------|--------|-------------|------|
| | 内容 | 类别 | |
| 第一位或未位 | 线圈耦合方式 | 自耦降压（或自耦升压） | O |
| 第二位 | 相数 | 单相 | D |
| | | 三相 | S |
| 第三位 | 冷却方式 | 油浸自冷 | J |
| | | 干式空气自冷 | G |
| | | 干式浇注绝缘 | C |
| | | 油浸风冷 | F |
| | | 油浸水冷 | S |
| | | 强迫油循环风冷 | FP |
| | | 强迫油循环水冷 | SP |
| 第四位 | 线圈数 | 双线圈 | — |
| | | 三线圈 | S |
| 第五位 | 线圈导线材质 | 铜 | — |
| | | 铝 | L |
| 第六位 | 调压方式 | 无励磁调压 | — |
| | | 有载调压 | Z |

表 1-1 变压器的产品名称含义

| 型号中符号排列顺序 | 含义 | | 代表符号 |
|-----------|------|----|------|
| | 内容 | 类别 | |
| 第七位 | 加强干式 | | Q |
| | 干式防火 | | H |
| | 移动式 | | D |
| | 成套 | | T |

续表

设计序号：也称技术序号，用数字表示，表示同类产品中的不同品种，以区分产品的外形尺寸和性能指标等，有时会被省略。

额定容量：变压器的额定容量用“kVA”来表示，可以读作“千伏安”。变压器使用 kVA 作单位，原因是在负载没有确定的情况下，是不能得到有功功率（符号 P，单位 kW）和无功功率（符号 Q，单位 kvar）的大小的，只能使用 kVA 为单位表示功率，例如 1kVA 的变压器的输出功率约为 1kW。

高压侧额定电压：变压器的高压侧额定电压即为初级绕组输入端输入的额定电压值，一般用字母“kV”表示，例如 10kV 表示变压器初级绕组可输入 10kV 的电压。

2、变压器的主要技术参数

变压器的主要技术参数一般都标注在变压器的铭牌上，一般包括额定容量、额定电压、额定电流、冷却方式、额定频率、绝缘电阻、绕组联结组、相数、阻抗电压等，如图 1-10 所示。



图 1-10 变压器铭牌上的技术参数标识

此外，变压器的技术参数还有空载损耗、负载损耗、温升方式、空载电流、吊重、油重、总重、运输重、油箱耐受真空能力等，如图 1-11 所示。

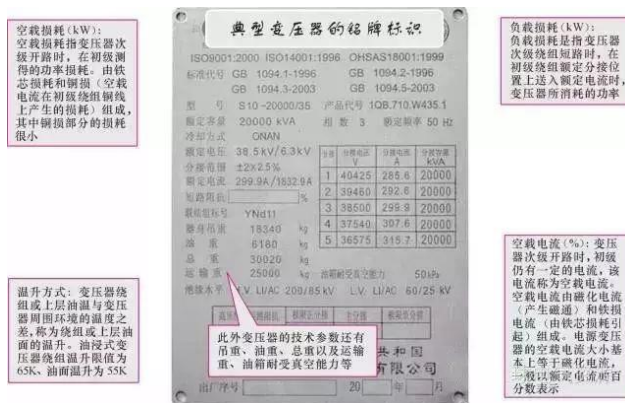


图 1-11 变压器的其他技术参数

三、变压器在线路中的符号标识

变压器一般用于电气设备的控制线路以及配电线路中，是电气设备控制线路中比较常用的设备之一，因此了解变压器在线路中的符号标识也是非常重要的。变压器在线路中一般用字母“T”表示，并使用图形符号进行标识，如图 1-12 所示。

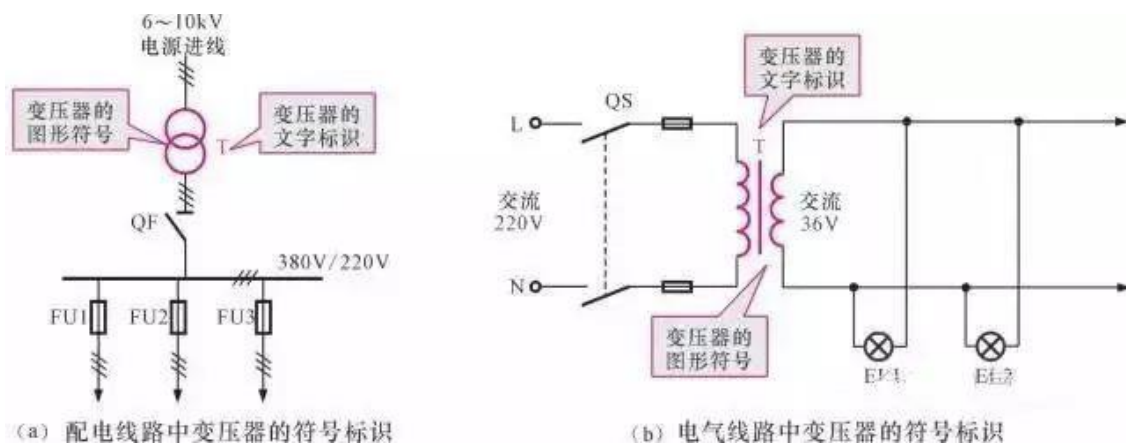


图 1-12 变压器在线路中的符号标识

变压器的一般图形符号有两种，分别用于配电线路和电气线路中，其中电压输入端为变压器的初级绕组，电压输出端为变压器的次级绕组。此外带有磁芯或中心抽头的变压器，在其图形符号中也有所表示，如图 1-13 所示。

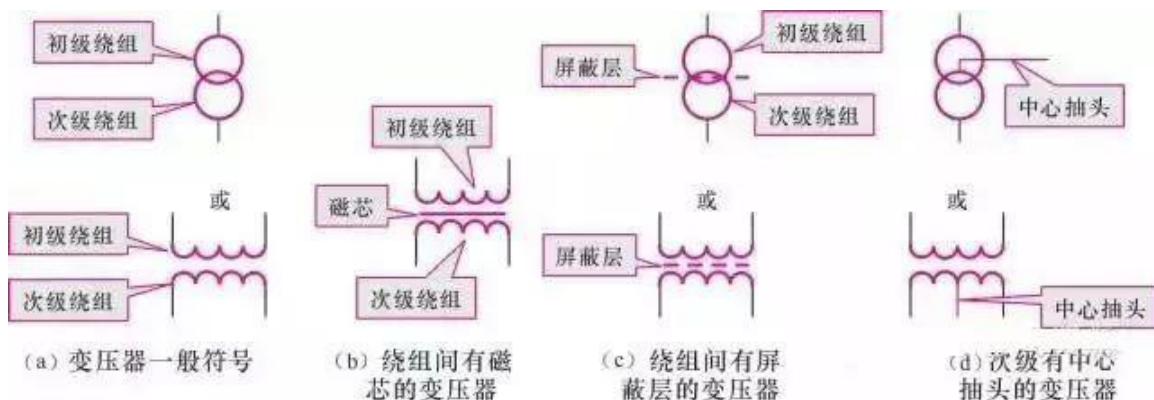


图 1-13 变压器的图形符号



图 1-14 三绕组变压器的图形符号

有些三相变压器在图形符号中还可以体现出变压器的连接方式，如图 1-15 所示。

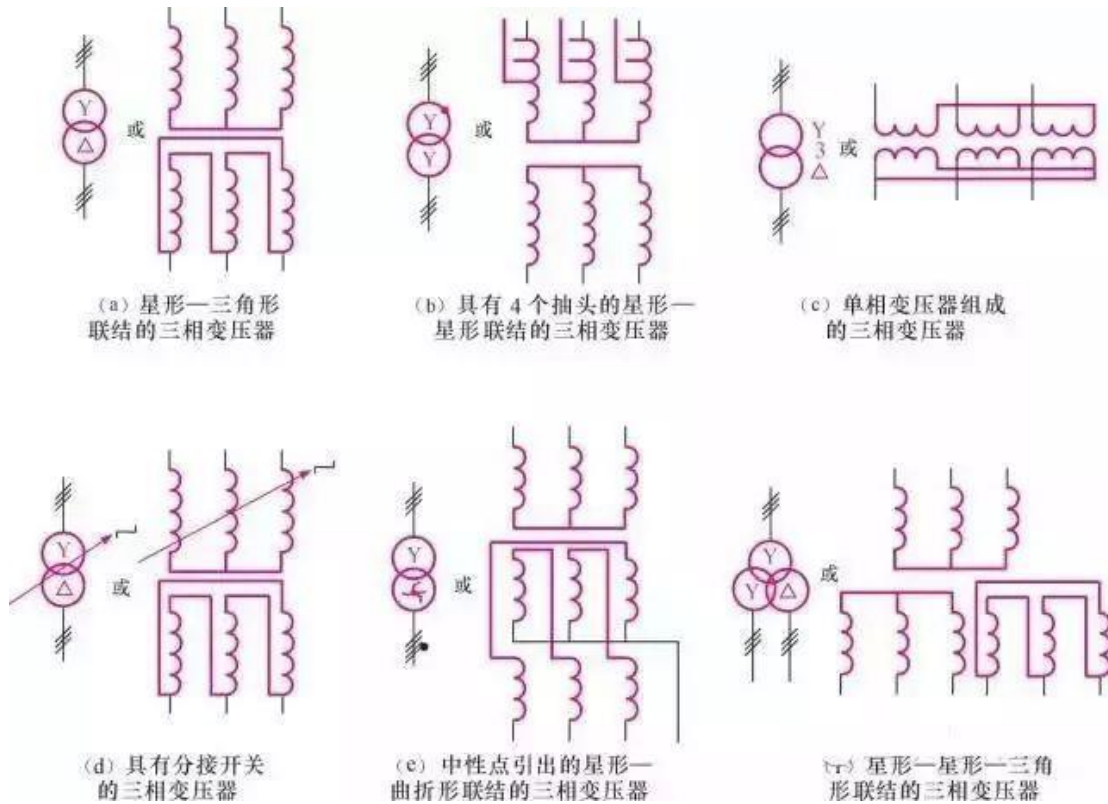


图 1-15 三相变压器图形符号表示的连接方式

在实际的线路中，单相变压器的连接方式有两种，分别为串联方式和并联方式，如图 1-16 所示。变压器经串联可以得到较大的额定电压，而并联可以得到较大的额定电流。

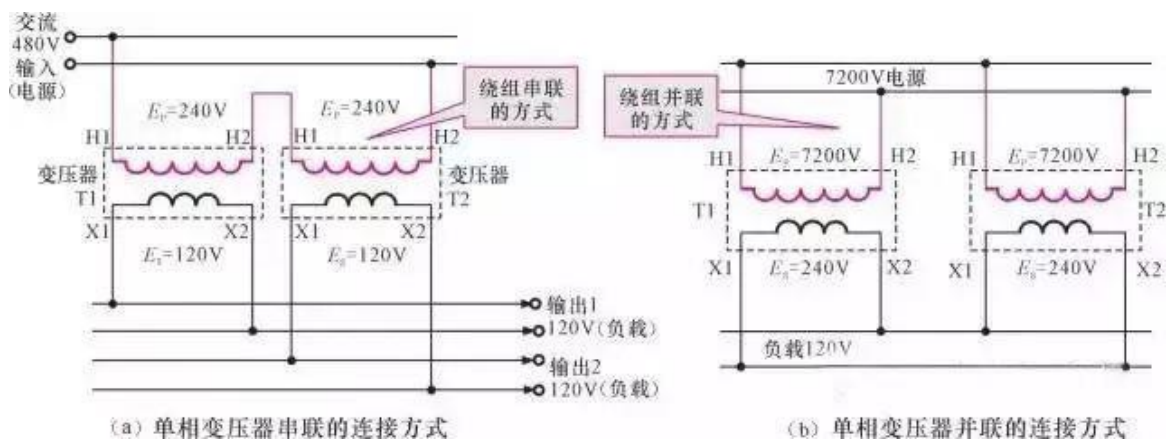


图 1-16 单相变压器在线路中的连接方式

三相变压器内部的绕组较多，最常用的就是星形（Y 形）的联结方式，这种结构是指三相变压器的初级绕组以 Y 形进行联结，即每个绕组的末端连接到中性点上，绕组的另一端与相应的线

路进行连接，如图 1-17 所示。

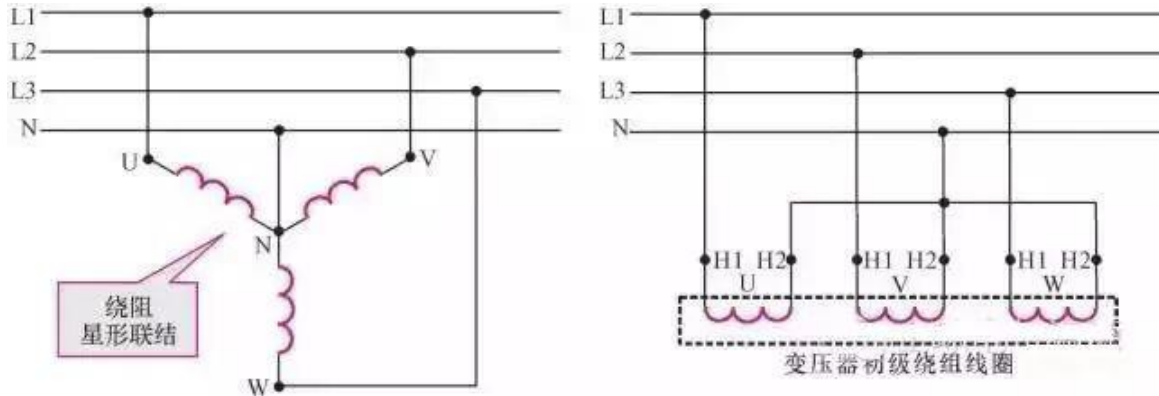
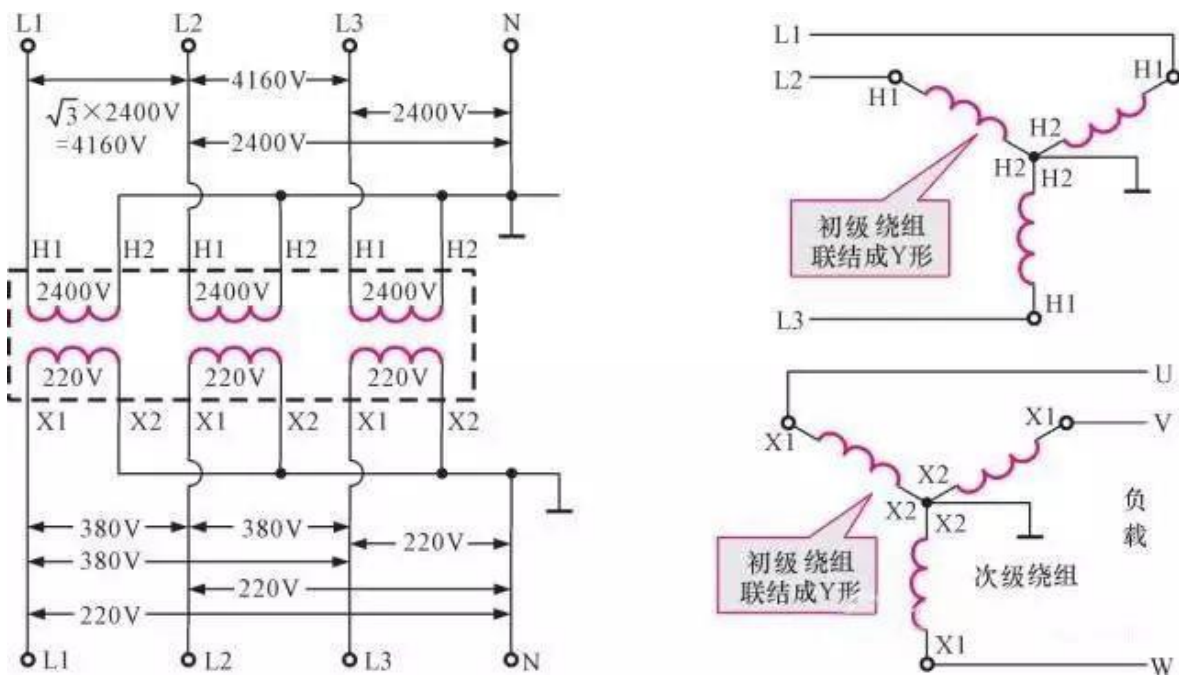


图 1-17 三相变压器星形联结方式

三相变压器在线路中最常用的就是Y-Y形联结，即初级绕组和次级绕组均用Y形的联结方式，如图 1-18 所示。



变压器冷却系统原理及控制

一、变压器冷却系统的作用和方式

1、作用

当变压器的上层油温与下层油温产生温差时，形成油温对流，并经冷却器冷却后流回油箱，

起到降低变压器运行温度的作用，防止变压器长期处于高温状态，造成绝缘老化，影响设备的供电可靠性。

绝缘寿命的六度法则：当变压器绕组温度在 80~140℃ 范围内，温度每升高 6℃ ，其绝缘老化速度将增加一倍，即温度每升高 6℃ ，其绝缘寿命就降低 1/2。

2、变压器冷却方式

(1)油浸式自冷：将变压器的铁芯和绕组直接浸入变压器油中，经过油的对流和散热器的辐射作用，达到散热的目的。

(2)油浸式风冷：在油浸式自冷的基础上，散热片上加装风扇，在变压器的油温达到规定值时，启动风扇，达到散热的目的。

(3)强迫油循环式：

①强迫油循环风冷式：这种方式是用油泵强迫油加速循环，经散热器风扇使变压器的油得到冷却。

②强迫油循环水冷式：这种方式是用油泵强迫油加速循环，通过水冷却器散热，使变压器的油得到冷却。

③强迫油循环导向冷却式：以强迫油循环的方式，使冷油沿着一定路径通过绕组和铁心内部以提高散热效率的冷却方法。

(4)水内冷式：水内冷变压器的绕组是用空心铜线或铝线绕制成的，变压器运行时，将水打入绕组的空心导线中，借助水的循环，将变压器中产生的热量带走。(5)风冷式：风机冷却一般用于室内干式电力变压器。

3、变压器冷却方式字母意义

变压器的冷却方式是由冷却介质和循环方式决定的；由于油浸变压器分为油箱内部冷却方式和油箱外部冷却方式，因此油浸变压器的冷却方式是由四个字母代号表示的。

O F A F：

O：与绕组接触的冷却介质：O-矿物油或燃点大于 300℃ 的绝缘液体

F：内部冷却介质的循环方式：N-冷却设备和绕组内部是热对流循环；F-冷却设备中是强迫循环，绕组内部是热对流循环；D-冷却设备中是强迫循环，主要绕组内是强迫导向循环

A：外部冷却介质：A-空气；W-水

F：外部冷却介质的循环方式：N-自然对流；F-强迫循环（风扇、泵等）

ONAN：冷却方式为内部油自然对流冷却方式，即通常所说的油浸自冷式

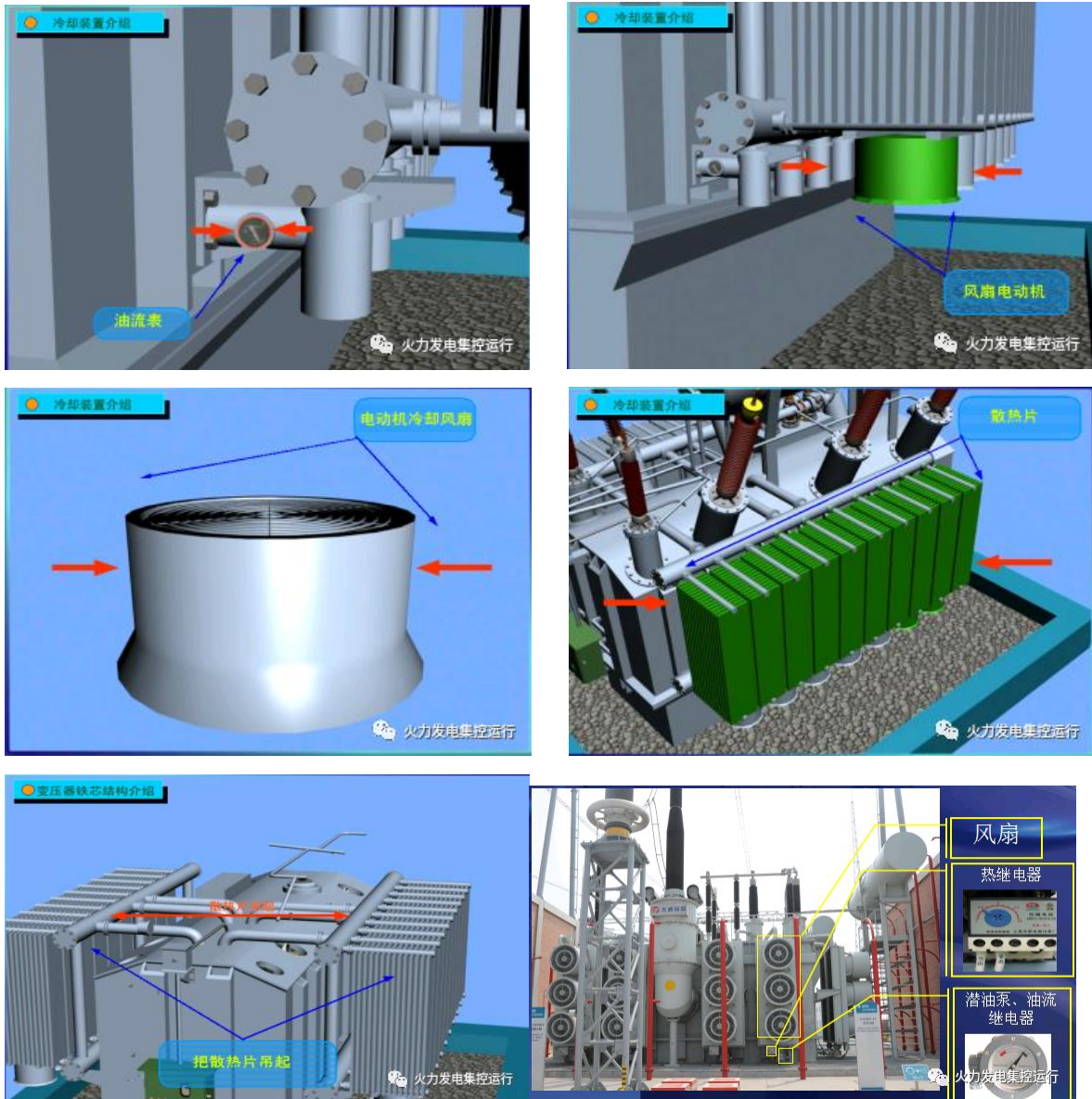
ONAF：油浸强迫风冷

OFAF：强迫油循环强迫风冷

ODAF：强迫油导向循环强迫风冷

4、强油风冷变压器冷却器组成

热交换器、风扇、电动机、气道、油泵、油流指示器



二、变压器冷却系统运行技术规定

1、电源的自动控制：

冷却系统采用两个独立电源供电，其中一个工作，一个备用。当工作电源发生故障时，备用

电源自动投入；当工作电源恢复时，备用电源自动退出。工作或备用电源故障均有信号。

2、工作冷却器控制：

每个冷却器都可用控制开关手柄位置来选择冷却器的工作状态，即工作、辅助、备用、停运，运行灵活，易于检修每个冷却器。

3、冷却器的油泵和风扇电动机回路设有单独的接触器和热继电器，能对电动机过负荷及断相运行进行保护。另外每个冷却器回路都装设了自动开关，便于切换和对电动机进行短路保护。

4、备用冷却器的控制：当运行中的工作、辅助冷却器发生故障时，能自动启用备用冷却器。

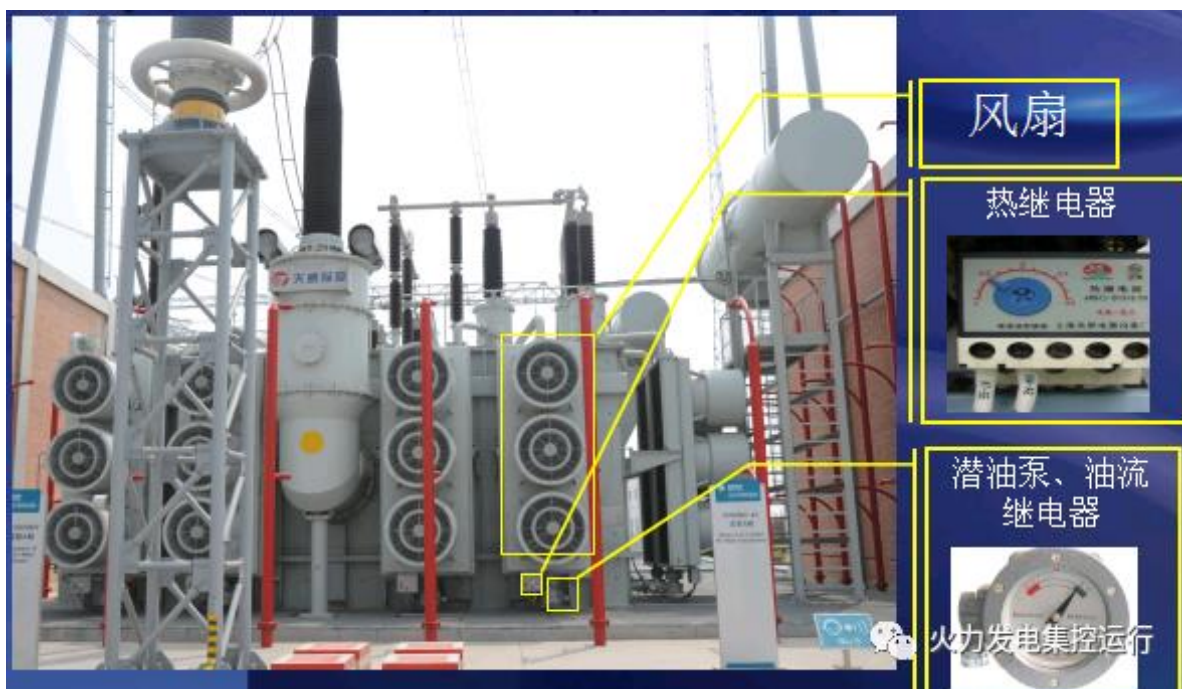
5、辅助冷却器的控制：变压器上层油温或绕组温度达到一定值时，自动启动尚未投入的辅助冷却器。

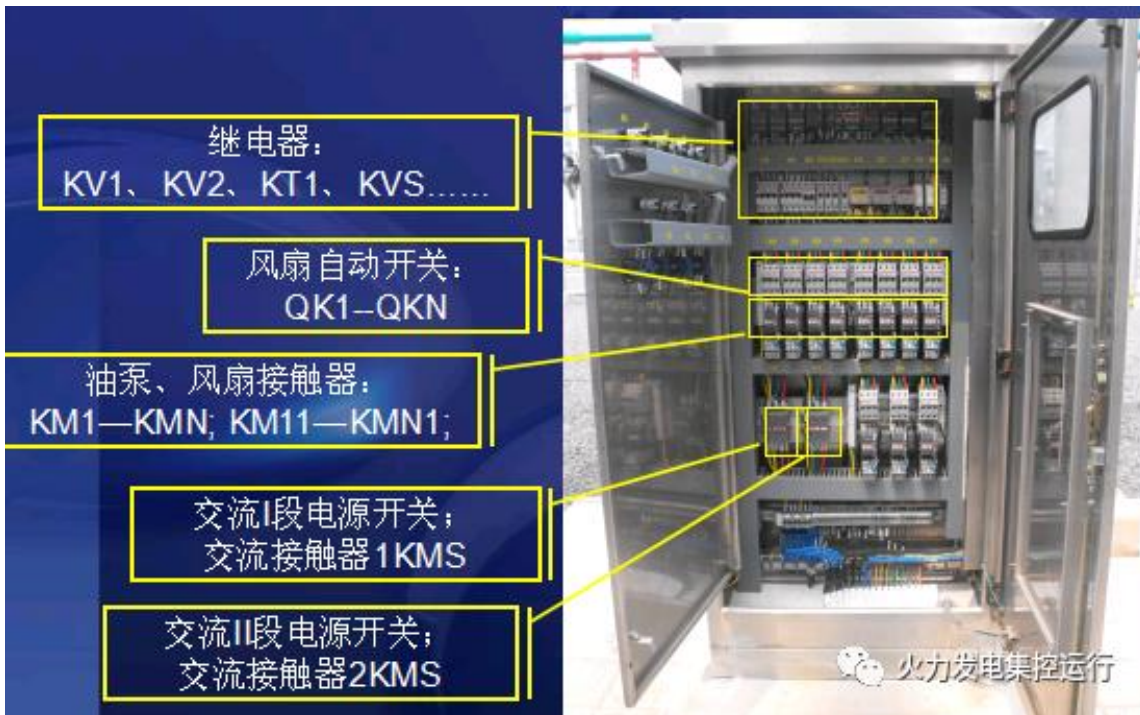
6、变压器投入电网时，冷却系统可按负荷情况自动投入相应数量的冷却器；切除变压器及减负荷时，冷却系统能自动切除全部或相应数量的冷却器。

7、信号回路：所有运行中的冷却器发生故障时，均能发出故障信号。

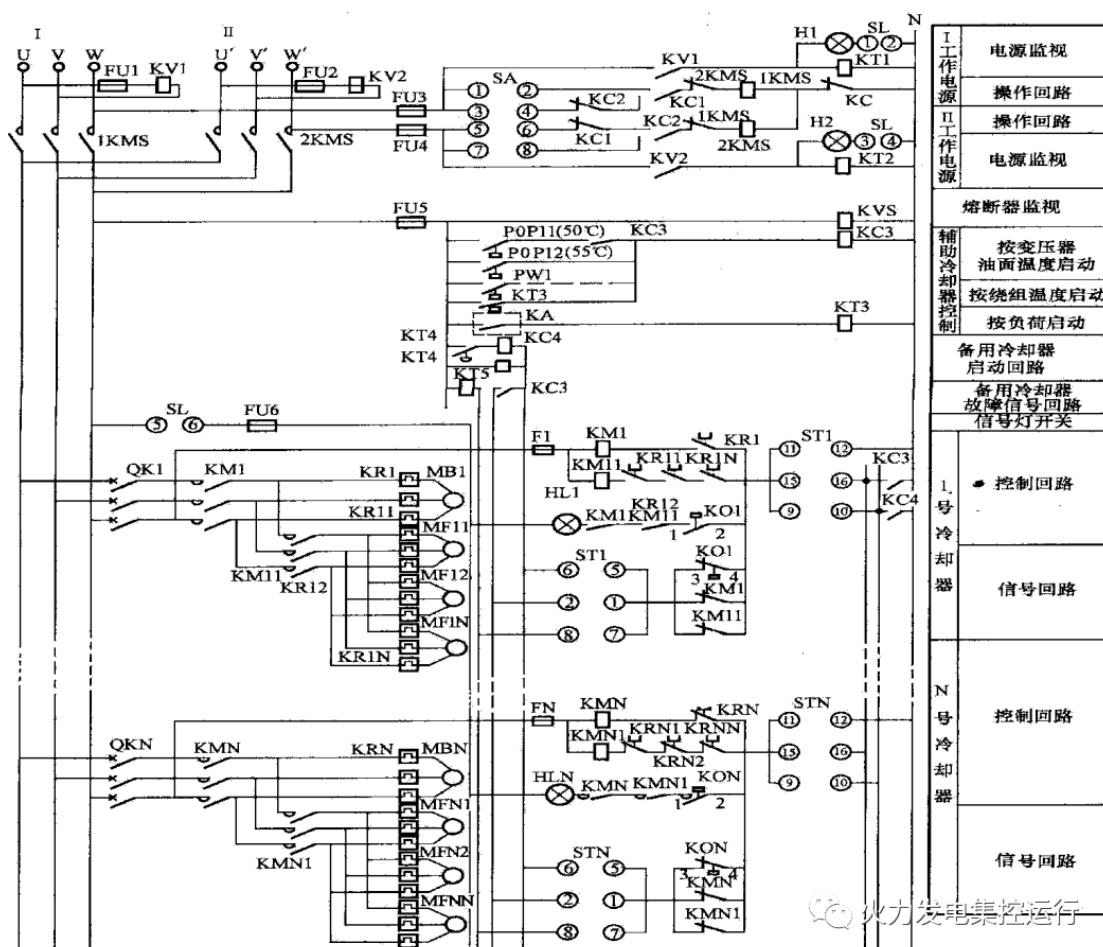
8、冷却器全停时主变的保护回路：当两电源全部消失，冷却装置全部停止工作时，可根据变压器上层油温的高低，经一定时限作用于跳闸。

三、强油循环风冷却器控制回路





变压器风冷控制回路



变压器强迫油循环风冷设备表

| | | | | |
|----|---------|---------------|---------------|------------------------|
| 名称 | 电压继电器 | 直流时间继电器 | 交流时间继电器 | 直流中间继电器 |
| 符号 | KV1 KV2 | KT11 KT12 | KT1~KT5 KVS | KC KC1 KC2 KC5 |
| 名称 | 交流中间继电器 | 热继电器 | 油流继电器 | 绕组温度控制器触点 |
| 符号 | KC3 KC4 | KR1~KRN | KO1~KON | PW1 |
| 名称 | 电流继电器触点 | 油温度指示控制器触点 | 熔断器 | 交流接触器 |
| 符号 | KA | POP11 POP12 | FU1~FU9 F1~FN | 1KMS 2KMS KM1~KMN KM11 |
| 名称 | 自动开关 | 转换开关 | 变压器风扇 | 变压器油泵 |
| 符号 | QK1~QKN | SA SL SA1 ST1 | MF11~MFN | 火力发电集控运行 |

1、电源自动切换回路技术要求：(1)采用两个独立电源供电，一个工作，一个备用；(2)当工作电源发生故障时，备用电源自动投入；(3)当工作电源恢复时，备用电源自动退出。

2、工作冷却器控制回路技术要求：(1)变压器投入电网时，自动投入冷却器；切除变压器时，自动切除全部冷却器。冷却器的油泵和风机回路有单独的接触器和热继电器，能对电动机过负荷及断相运行进行保护。(2)当运行中的工作冷却器发生故障时，能自动启用备用冷却器。

3、辅助冷却器控制回路技术要求：(1)变压器上层油温或绕组温度达到一定值时，自动启动尚未投入的辅助冷却器。(2)当运行中的辅助冷却器发生故障时，能自动启用备用冷却器。

4、备用冷却器控制回路技术要求：当工作冷却器或辅助冷却器出现故障时，从而停止工作冷却器或辅助冷却器，同时接通备用冷却器电源，使备用冷却器投入运行，保证变压器的油温在合格范围内。

5、信号回路技术要求：当运行中的工作电源、操作电源发生故障时，发就地指示灯信号和遥信信号。当运行中的工作、辅助、备用冷却器发生故障时，发就地指示灯信号和遥信信号。

6、冷却器全停跳闸回路技术要求：当两段电源全部消失，冷却装置全部停止工作时，可根据变压器上层油温的高低，经一定时限作用于跳闸。

四、冷却系统投切操作

强油循环变压器冷却系统投切原则：

冷却器在变压器投运前先投入运行，其提前投入时间及变压器运行后空载和不同负荷情况下应投入的台数，按该变压器的产品说明书执行。变压器停运时应先停变压器，冷却装置运行一段时间再停，使变压器油和绕组温度充分降低。

主变冷却器的运行方式：

强油循环：3+2，模式 3 组运行，1 组辅助，1 组备用。

油浸风冷：奇偶模式。达到 55 度启动奇数冷却器风扇，45 度返回；达到 70 度启动偶数冷却器风扇，65 度返回。

冷却器投入数量的控制

由于在油温 40℃左右时，油流带电倾向性最大，因此变压器可通过控制油泵运行数量来尽量避免变压器绝缘油运行在 35℃~45℃温度区域。

油流带电：在强迫油循环的大型，由于变压器油流过绝缘纸及绝缘纸板的表面时，会发生油流带电力变压器中静电现象，简称油流带电。

投入：

- 1、合上交流室站用电馈线屏“主变冷却系统电源 I、II”开关；
- 2、将冷控操作箱中的“冷却器信号灯开关 SL”切到“投入”位置；
- 3、检查冷控操作箱中的“冷却器投入方式开关 SA2”在“试验”位置；
- 4、将冷控操作箱中的“冷却器电源开关 SA”切到“I 工作 II 备用”或“II 工作 I 备用”位置；进行冷控电源 I、II 的切换操作，检查电源切换回路完好。
- 5、将各冷却器的“工作方式开关 ST1--STN”按运行规程切至“工作”、“辅助”、“备用”位置；检查工作冷却器运转正常；

切除：

- 1、检查主变三侧开关确在停用位置；
- 2、将各冷却器的“工作方式开关 ST1--STN”切至“停用”位置；3、将冷控操作箱中的“冷却器电源开关 SA”切至“停用”位置；4、断开交流室站用电馈线屏“主变冷却系统电源 I、II”开关。

五、冷却器全停事故处理

1、冷却器全停变压器运行的一般规定：DL/T572-1995《电力变压器运行规程》中明确规定：“强油循环风冷和强油循环水冷变压器，当冷却系统故障切除全部冷却器时，允许带额定负载运行 20min。如果 20min 后顶层油温尚未达到 75℃，则允许上升到 75℃，但在这种状态下运行的最长时间不得超过 1h”。

2、发生冷却器全停时，变电运行值班人员应进行的检查和处理工作：

- (1) 检查故障变压器的负荷情况，密切注意变压器绕组温度、上层油温情况。
- (2) 立即检查工作电源是否缺相，若冷却装置仍运行在缺相的电源中，则应断开连接。
- (3) 立即检查冷却控制箱各负荷开关、接触器、熔断器、热继电器等工作状态是否正常，若有问题，立即处理。
- (4) 立即检查冷却控制箱内另一工作电源电压是否正常，若正常，则迅速切换至该工作电源。
- (5) 若冷却控制箱电源部分已不正常，则应检查所用电屏负荷开关、接触器、熔断器，检查所用变高压熔断器等情况，对发现的问题作相应处理。
- (6) 检查变压器油位情况。

关于变压器的一些基本了解

什么叫变压器？

在交流电路中，将电压升高或降低的设备叫变压器，变压器能把任一数值的电压转变成频率相同的我们所需的电压值，以满足电能的输送，分配和使用要求。

例如发电厂发出来的电，电压等级较低，必须把电压升高才能输送到较远的用电区，用电区又必须通过降压变成适用的电压等级，供给动力设备及日常用电设备使用。



变压器是怎样变换电压

变压器是根据电磁感应制成的。它由一个用硅钢片(或矽钢片)叠成的铁芯和绕在铁芯上的两组线圈构成，铁芯与线圈间彼此相互绝缘，没有任何电的联系。

将变压器和电源一侧连接的线圈叫初级线圈(或叫原边)，把变压器和用电设备连接的线圈叫次级线圈(或副边)。当将变压器的初级线圈接到交流电源上时，铁芯中就会产生变化的磁力线。

由于次级线圈绕在同一铁芯上，磁力线切割次级线圈，次级线圈上必然产生感应电动势，使线圈两端出现电压。因磁力线是交变的，所以次级线圈的电压也是交变的。而且频率与电源频率完全相同。

经理论证实，变压器初级线圈与次级线圈电压比和初级线圈与次级线圈的匝数比值有关，可用下式表示： $\text{初级线圈电压} / \text{次级线圈电压} = \text{初级线圈匝数} / \text{次级线圈匝数}$ ，说明匝数越多，电压就越高。因此可以看出，次级线圈比初级线圈少，就是降压变压器。相反则为升压变压器。

变压器设计有哪些类型？

按相数分有单相和三相变压器

按用途分有电力变压器，专用电源变压器，调压变压器，测量变压器(电压互感器、电流互感器)，小型电源变压器(用于小功率设备)，安全变压器。

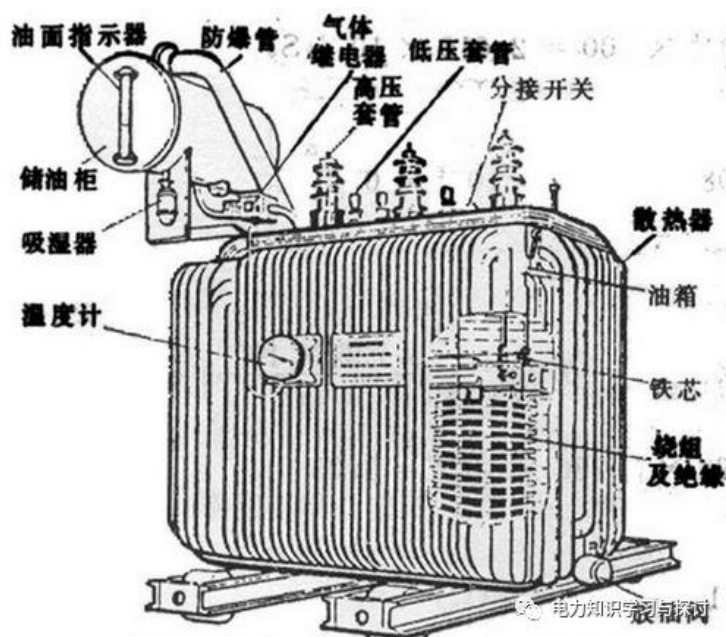
按结构分有芯式和壳式两种。线圈有双绕组和多绕组，自耦变压器。

按冷却方式分有油浸式和空气冷却式。



变压器部件组成？

变压器部件主要是由铁芯、线圈组成，此外还有油箱、油枕、绝缘套管及分接开头等。



变压器油有何用处？

变压器油的作用是：

- (1)、绝缘作用
- (2)、散热作用
- (3)、消灭电弧作用

什么是自耦变压器？

自耦变压器只有一组线圈，次级线圈是从初级线圈抽头出来的，它的电能传递，除了有电磁感应传递外，还有电的传送，这种变压器硅钢片和铜线数量比一般变压器要少，常用作调节电压。

调压器是怎样调压的？

调压器的构造与自耦变压器相同，只是将铁芯做成环形线圈就绕在环形铁芯上。

次级线圈抽头用一个可以滑动的电刷触头，使触头沿线圈表面环形滑动，达到平滑的调节电压作用。



什么是电压变化率？

调压器的电压变化率是变压器的主要性能指标之一。当变压器向负载供电时，在变压器的负载端的电压必然会下降，将下降的电压值与额定电压值相比，取百分数即电压变化率。

变压器中性点间隙接地保护

变压器中性点接地属于工作接地。

三相交流电力系统中性点与大地之间的电气连接方式，称为电网中性点接地方式。中性点接地方式涉及电网的安全可靠性、经济性；同时直接影响系统设备绝缘水平的选择、过电压水平及继电保护方式、通讯干扰等。一般来说，电网中性点接地方式也就是变电所中变压器的各级电压中性点接地方式。

中性点间隙保护装置全称为变压器中性点间隙接地保护成套装置。主要用于 110KV 和 220KV 变压器中性点过电压保护。原理：利用空气在高电压下会被电离击穿的现象，将两个金属针尖中间隔着空气隙安装起来，两个金属针尖一个接地，一个接保护设备。当设备上电压急剧升高到危险程度时，针尖之间的空气隙会电离击穿，导致放电电流流过，从而将过电压降低，当过电压降低后，空气隙的绝缘强度恢复，放电电流被截止。这种现象可以保护设备不受过电压击穿的威胁。

间隙保护的优点是结构简单、可靠、运行维护量小。在工频、操作和雷电过电压下都可对变压器进行保护。

缺点是在工频、操作和雷电此三种过电压这样大范围保护配合参数确定较为困难，放电分散性大，保护特性一般，工频续流较大，灭弧能力较差，而且间隙动作会产生截波，对变压器本身的绝缘也不利。靠继电保护切除故障，在系统的不对称接地端路故障时有较大和较长时间的工频零序电流冲击主变压器。为了防止过电压！所以都采用分级绝缘变压器。

一、主变中性点放电间隙的知识

(1) 当雷击电压超过避雷器所能保护的数值时，为防止避雷器被击穿损坏，装设放电间隙。当有很高的雷击电压时，间隙被击穿放电，从而保护了避雷器。至于之间如何配合，要依避雷器的防雷电压而定。

(2) 防止接地变跳闸后，高压侧故障中性点出现危险过电压。

(3) 110kV 及以上系统中性点的间隙保护主要是：为了防止过电压！因为这种电压等级的设备都采用分级绝缘，在靠近中性点的地方绝缘等级比较低。如果发生过电压的话会造成设备损坏，间隙保护可以起到作用，但是由于中性点接地的选择问题，一个系统不能有太多的中性点接地，所以有的变压器的中性点接地刀闸没有合上（保护的配置原因）。如果变压器本身发生过电压，就会由间隙保护实现对变压器的保护，原理就是电压击穿，在一定电压下间隙会被击穿，把电压引

向大地。

间隙保护可以起到变压器绕组绝缘的作用，当系统出现过电压（大气过电压、操作过电压、谐振过电压、雷击过电压等）时，间隙被击穿时由零序保护动作、间隙未被击穿时由过电压保护动作切断变压器。

（4）满足保护的灵敏度要求。

（5）防止合闸不同期等情况造成的过电压，损害绝缘。

保护间隙定义：

是由两个金属电极构成的一种简单的防雷保护装置。其中一个电极固定在绝缘子上，与带电导线相接，另一个电极通过辅助间隙与接地装置相接，两个电极之间保持规定的间隙距离。在正常情况下，保护间隙对地是绝缘的，并且绝缘强度低于所保护线路的绝缘水平，因此，当线路遭到雷击时，保护间隙首先因过电压而被击穿，将大量雷电流泄入大地，使过电压大幅度下降，从而起到保护线路和电气设备的作用。

二、补充

（1）在大电流接地系统中，为满足零序网络的需要，一般接入同一系统的多台主变只有一台的中性点是直接接地的，也就是说，主变的中性点接地刀闸合上或者断开是两种不同的运行方式。

（2）现在的变压器多采用分级绝缘，一般中性点绝缘较低，在小电流接地系统和大电流接地系统的主变中性点不接地时，为保护主变中性点绝缘不被击穿，设置了放电间隙，并配置间隙零序电流保护。它和中性点接地装置及中性点避雷器三者的作用都是保护变压器中性点绝缘，防止过电压。

1) 当中性点刀闸接地时，放电间隙与避雷器均不起作用。

2) 当中性点刀闸断开后，放电间隙与避雷器有一个互相配合关系。

也就是当中性点电压逐渐升高到一定电压值时放电间隙先击穿，如此时电压降低，则避雷器就无需动作了，如电压继续升高，则避雷器就要动作。放电间隙的作用就是防止避雷器的频繁动作，以延长避雷器的寿命。

三、某事故案例分析

事故发生在某市 220kV 变电站，内部情况是一条 220kV 进线，带 2 台主变压器，其中 1 号主变压器 220kV 中性点接地运行，2 号主变压器中性点经间隙并联避雷器接地，间隙距离为 250mm。

某日，220kV 线路因鸟害发生了单相接地故障，线路出口断路器跳闸重合成功，2 号主变压器间隙放电击穿放电，零序保护动作跳到了 2 号主变压器，造成了低压侧 5 条 66kV 线路停电。

经过分析，中性点间隙成套厂家找到了线路录波器，B 相发生接地后产生 129kV 的零序暂态过电压，将间隙击穿，击穿后的零序稳态电压是 80kV，经 100ms 后 B 相跳闸，线路处于非全相运行，跳主变压器，到 900ms 时重合成功，故障线路恢复正常。

事故主要原因：主变压器中性点间隙距离太小，造成间隙击穿，应该调整为 290~320mm

四、规程规定

DL/T 620-1997 过电压保护和绝缘配合

4.1.1 应避免在 110kV 及 220kV 有效接地系统中偶然形成局部不接地系统，并产生较高的工频过电压。对可能形成这种局部系统、低压侧有电源的 110kV 及 220kV 变压器不接地的中性点应装设间隙。因接地故障形成局部不接地系统时该间隙应动作；系统以有效接地方式运行发生单相接地故障时间隙不应动作。间隙距离的选择除应满足这两项要求外，还应兼顾雷电过电压下保护变压器中性点标准分级绝缘的要求(参见 7.3.5)。

DL/T 5222-2005 导体和电器选择设计技术规定

条文说明 20.1.9 当采用棒型保护间隙时，可用直径为 12mm 的半圆头棒间隙水平布置。间隙距离可采取下列数值：

220kV (250~350) mm

110kV (90~110) mm

二十五项反措 2014 版

14.3.2 为防止在有效接地系统中出现孤立不接地系统并产生较高工频过电压的异常运行工况，110~220kV 不接地变压器的中性点过电压保护应采用棒间隙保护方式。对于 110kV 变压器，当中性点绝缘的冲击耐受电压不大于 185kV 时，还应在间隙旁并联金属氧



工程设计交流

化物避雷器，间隙距离及避雷器参数配合应进行校核。间隙动作后，应检查间隙的烧损情况并校核间隙距离。

变压器中性点的保护接地方式有很多种，比如直接接地，还比如间隙接地。这些都反映的是接地故障。

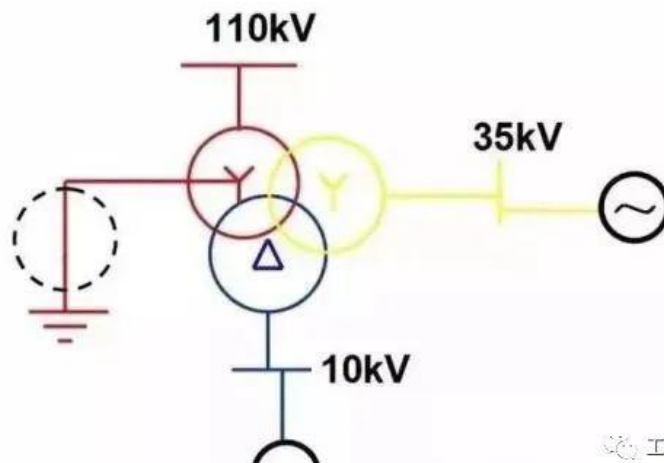
我们举例子来说明，如如在电力系统中，要是出现了接地故障的话，中性点接地的变压器是应该安装零序电流保护装置的。该装置往往可以由两段构成的，每一段都带有两个时限。短的时限主要主要是动作于断开母联或分段断路器，可以实现将故障影响范围减小的目的。长时限与前者不同，因为它主要动作于断开变压器的各侧断路器。

除此之外，在系统出现接地故障的时候还有另一种情况，即中性点接地的变压器跳开后，就会致使电网零序电压升高，或者是谐振过电压等会危及中性点不接地的变压器中性点绝缘。所以，那些变压器未进行中性点接地的应该考虑安装零序电压保护装置，或者是安装间隙零序电流保护装置。

我们的日常用电都离不开变压器，而大型变压器是电力系统输配电中最为重要与核心的设备之一。因为大型变压器的成本不低，因此，在不低于 110 千伏的中性点直接接地的电网中，大部分是采用的是分级绝缘的变压器。

什么是分级绝缘变压器呢？即中性点部分的主绝缘，且绝缘性能与线圈端部相比的话，水平要低一些。因此该类变压器在工作运行中一定要把握好以下问题：

- 1、务必在该类变压器中性点上加装避雷器以及防止过电压间隙。
- 2、若可以的话，此类变压器务必要中性点接地运行。
- 3、若中性点不接地运行，它的过电压保护务必要可靠投入。



五、变压器中性点过电压的形式

接下来我们说下变压器中性点过电压的几种形式，你们知道有几种吗？答案是3种，即大气过电压、单相接地故障引起的过电压、断路器非全相分合闸引起的过电压。

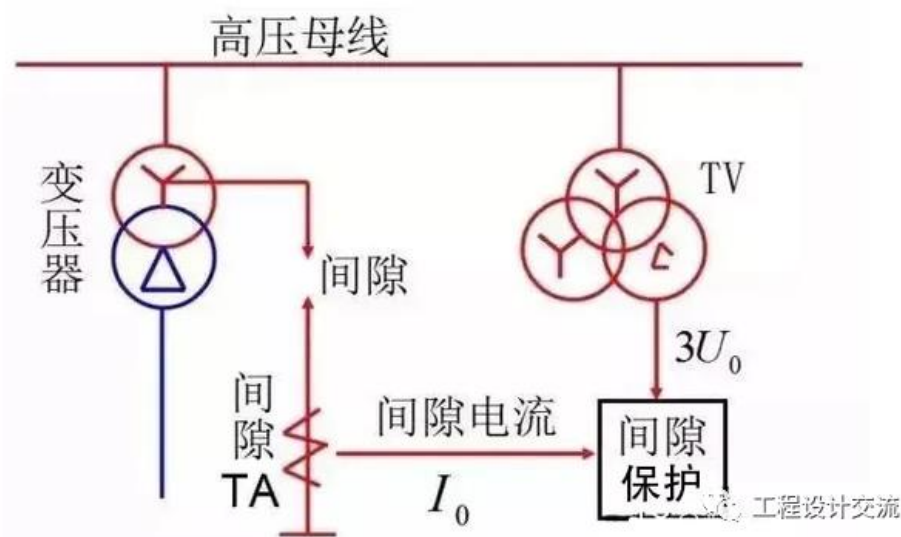
六、变压器中性点间隙保护的方式

变压器中性点间隙保护通常有三种方式，分别是间隙、避雷器及避雷器联合放电间隙。期中避雷器联合放电间隙是最为常用的方式，它的优势也很明显，比如可以与变压器中性点实现互为保护的功能。



七、变压器中性点间隙过流保护

如下图所示，为了避免由于过电压从而将变压器中性点绝缘性能损坏，所以，对于主变压器中性点当下最常采用的是装设放电间隙的方法。此外，还在放电间隙回路装设独立的电流互感器，如此一来就组成了一个变压器中性点放电间隙零序过电流保护。



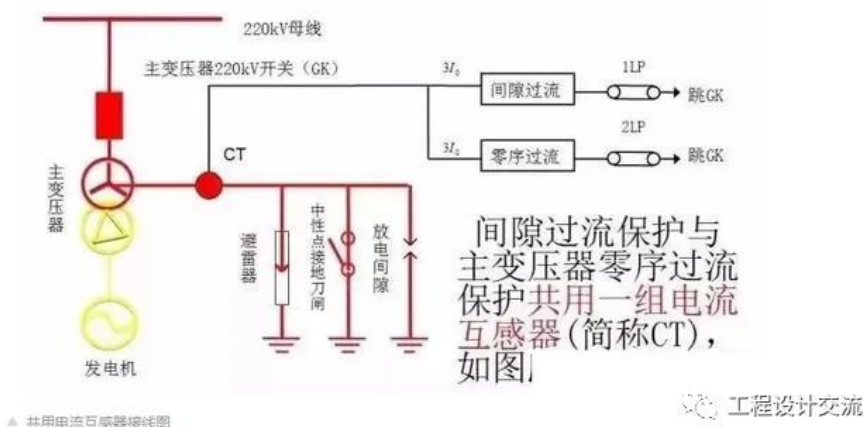
那有的小伙伴就会发出疑问了，对于放点间隙的方法我们应该具体在什么时候投入使用，并且又应该在什么时候推出呢？

由于该保护不可以和中性点都处于运行的状态下，因此，我们应该在中性点接地刀闸合上上前退出，在中性点接地刀闸拉开后投入。值得注意的是，若不这样做的话，将会致使间隙过流保护误动。

八、变压器中性点间隙过流保护的三种接线方式：

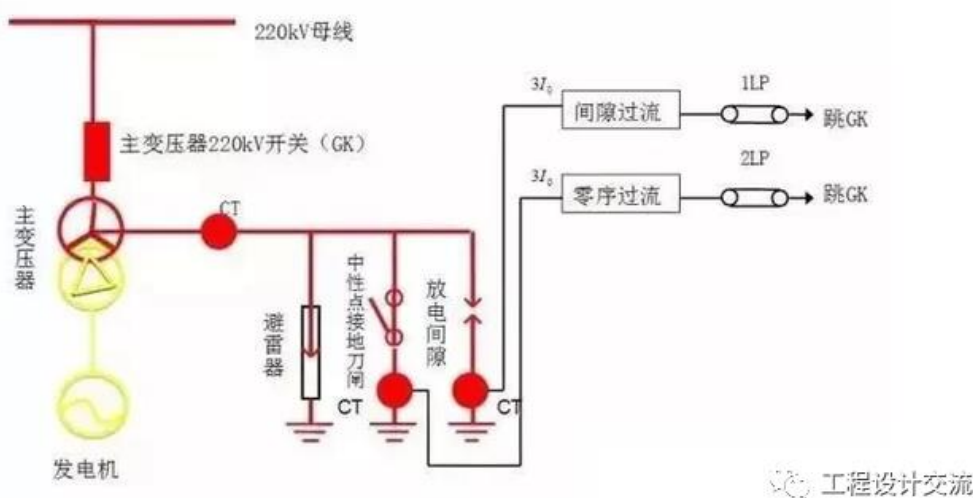
(1) 共用电流互感器接线图

两个电流继电器动作值是不一样的，并且它们的接地电流性质也是不一样的。零序过流主要是工频量。间隙过流具有间隙、分段发展的性质，间歇时间和电流幅值也全部都是不定且具有随机性的，还含有不少的谐波分量。



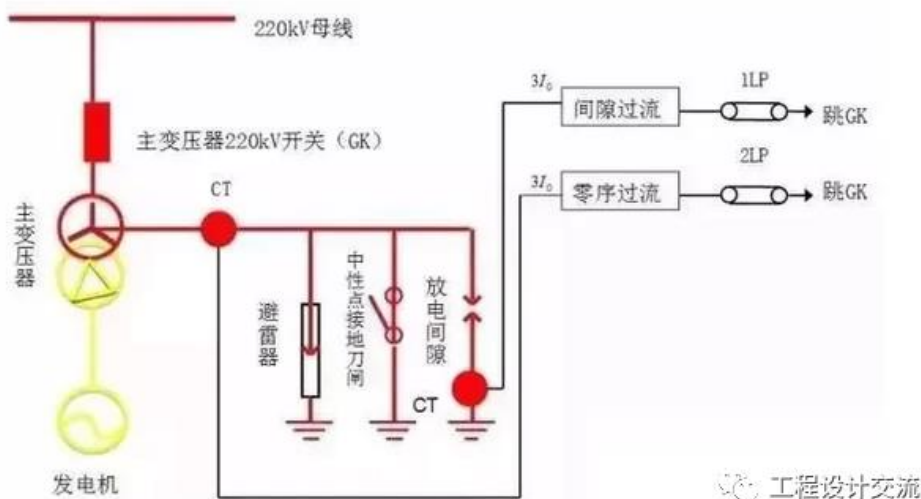
(2) 电流互感器相互独立接线图

这种接线方式是这三种中最为合理的，但是也有弊端，如费用比较高。如果把交流回路分开的话，那么两套保护的电流互感器就会互为独立且分别接在了各自正确的地方。



(3) 综合接线示意图

通常情况下，当一台变压器生产完毕且在出厂前都会装设有中性点 CT，那么我们为了达到降低钱财消耗的目的，零序过流就采用的是这个自带的中性点 CT，而间隙过流则采用的是单独 CT 的综合接线。



九、变压器零序电压保护

中性点放电间隙不是一种比较精细的设备，由于它的放电电压是受到很多外在因素影响的，比如气象条件、调整精度以等，这些都可能是该动作不能动作。所以，我们还应该装设零序电压保护，以此作为放电间隙拒动时的一个后备保护。



中性点放电间隙、中性点接地装置、中性点避雷器，都是什么用？

回答一：三者的作用都是保护变压器中性点绝缘，防止过电压，它们的关系是：

- 1、当中性点刀闸接地时，放电间隙与避雷器均不起作用；
- 2、当中性点刀闸断开后，放电间隙与避雷器有一个互相配合关系，也就是当中性点电压逐渐升高到一定电压值时放电间隙先击穿，如此时电压降低，则避雷器就无需动作了，如电压继续升高，则避雷器就要动作。
- 3、放电间隙的作用就是防止避雷器的频繁动作，以延长避雷器的寿命。

回答二：

- 1、在大电流接地系统中，为满足零序网络的需要，一般接入同一系统的多台主变只有一台的中性点是直接接地的，也就是说，主变的中性点接地刀闸合上或者断开是两种不同的运行方式。
- 2、回答一的表述有点问题，放电间隙并不是为了保护避雷器，现在的变压器多采用分级绝缘，一般中性点绝缘较低，在小电流接地系统和大电流接地系统的主变中性点不接地是，为保护主变中性点绝缘不被击穿，设置了放电间隙，并配置间隙零序电流保护。

工程设计交流

回答三：

110KV 及以上系统中性点的间隙保护主要是：为了防止过电压！因为在这种电压等级的设备由于绝缘投资的问题所以都采用分级绝缘，在靠近中性点的地方绝缘等级比较低。如果发生过电压的话会造成设备

损坏，间隙保护可以起到作用，但是又由于中性点接地的选择问题一个系统不要有太多的中性点接地，所以有的变压器的中性点接地刀闸没有合上（保护的配置原因）。在这时候如果由于变压器本身发生过电压的话就会由间隙保护实现对变压器的保护，原理就是电压击穿，在一定电压下他的间隙就会击穿，把电压引向大地。间隙保护可以起到变压器绕组绝缘的作用，当系统出现过电压（大气过电压、操作过电压、谐振过电压、雷击过电压等）时，间隙被击穿时由零序保护动作、间隙未被击穿时有过电压保护动作切除变压器。

工程设计交流

回答四：

- 1、所谓保护间隙，是由两个金属电极构成的一种简单的防雷保护装置。其中一个电极固定在绝缘子上，与带电导线相接，另一个电极通过辅助间隙与接地装置相接，两个电极之间保持规定的间隙距离。
- 2、在正常情况下，保护间隙对地是绝缘的，并且绝缘强度低于所保护线路的绝缘水平，因此，当线路遭到雷击时，保护间隙首先因过电压而被击穿，将大量雷电流泄入大地，使过电压大幅度下降，从而起到保护线路和电气设备的作用。

四、中性点直接接地系统比不接地系统供电可靠性低吗？为什么？

工程设计交流

变压器冷却系统最全讲解

电力变压器的冷却系统包括两部分：内部冷却系统，它保证绕组、铁芯的热量散入到周围的介质中；外部冷却系统，保证介质中的热散到变压器外。根据变压器容量的大小，介质和循环种类的不同，变压器采用不同的冷却方式。

一、冷却方式的表示

表 1 冷却种类的表示

| 介质种类 | 代号 | 循环种类 | 代号 |
|-----------|----|----------|----|
| 矿物油、可燃性液体 | O | 自然循环 | N |
| 不燃性合成绝缘液体 | L | 强迫循环油非导向 | F |
| 气体 | G | 强迫循环油导向 | D |
| 水 | W | | |
| 空气 | A | | |

变压器的冷却方式一般采用四个代号组合来表示，按照从左到右分别表示如下：

表 2 变压器的冷却方式表示方法

| 代号1 | 代号2 | 代号3 | 代号4 |
|---------------|------|-------------------|------|
| 表示与线圈相接触的冷却介质 | | 表示与外部冷却系统相接触的冷却介质 | |
| 冷却介质种类 | 循环种类 | 冷却介质种类 | 循环种类 |

例如：ONAN 表示油浸自冷式，即内部油自然循环，外部空气自然循环

二、变压器的冷却方式油浸式电力变压器的冷却方式，按其容量的大小，冷却系统可分为：油浸自冷式、油浸风冷式、强迫油循环风冷式、强迫油循环水冷式等几种。

1、油浸自冷式

油浸自冷式冷却系统没有特殊的冷却设备，油在变压器内自然循环，铁芯和绕组所发出的热量依靠油的对流作用传至油箱壁或散热器。按变压器容量的大小，又可分为三种不同的结构：

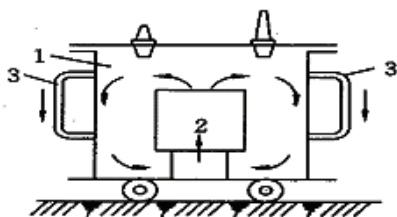
1.1、平滑式箱壁。容量很小的变压器采用这种结构，箱壳是用钢板焊接而成，箱壁是完全平滑的；

1.2、散热筋式箱壁。在平滑箱壁上焊接一些散热筋，扩大了与空气接触的面积，适合于容量稍大的变压器；

1.3、散热管或散热器式冷却。容量更大些的变压器，为了增大油箱的冷却表面，则在油箱外加装若干散热器，散热器就是具有上、下联箱的一组散热管，散热器通过法兰与油箱连接，是可拆部件。

图 1 所示为带有散热管的油浸自冷式变压器的油流路径。变压器运行时，油箱内的油因铁芯和绕组发热而受热，热油会上升至油箱顶部，然后从散热管的上端入口进入散热管内，散热管的外表面与外界冷空气相接触，使油得到冷却。冷油在散热管内下降，由管的下端再流入变压器油箱下部，自动进行油流循环，使变压器铁芯和绕组得到有效冷却。

油浸自冷式冷却系统结构简单、可靠性高，广泛用于容量 10,000kVA 以下的变压器。



电厂技术交流与创新

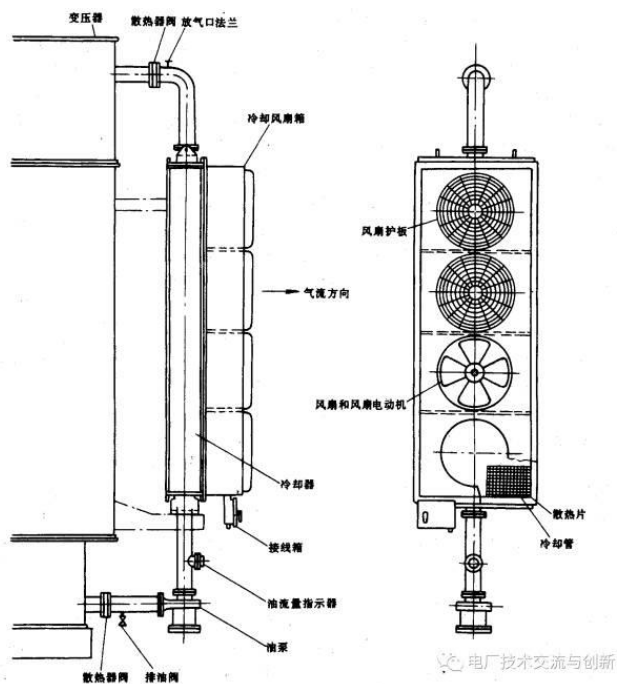
图 1 油浸自冷式变压器油流路径

1 一油箱；2 一铁芯与绕组；3 一散热管

2、油浸风冷式

油浸风冷式冷却系统，也称油自然循环、强制风冷式冷却系统。它是在变压器油箱的各个散热器旁安装一个至几个风扇，把空气的自然对流作用改变为强制对流作用，以增强散热器的散热能力。它与自冷式系统相比，冷却效果可提高 150%~200%，相当于变压器输出能力提高 20%~40%。

当负载较小时，可停止风扇而使变压器以自冷方式运行，当负载超过某一规定值，例如 70% 额定负载时，可使风扇自动投入运行。这种冷却方式广泛应用于 10,000kVA 以上的中等容量的变压器。



电厂技术交流与创新

图 2 强迫油循环风冷式冷却系统结构

3、强迫油循环风冷式

强迫油循环风冷式冷却系统用于大容量变压器。这种冷却系统是在油浸风冷式的基础上，在油箱主壳体与带风扇的散热器（也称冷却器）的连接管道上装有潜油泵。油泵运转时，强制油箱体内的油从上部吸入散热器，再从变压器的下部进入油箱体内，实现强迫油循环。冷却的效果与油的循环速度有关。如图 2 所示为大型变压器使用的强迫油循环风冷式冷却系统种的冷却结构。

4、强迫油循环水冷

强迫油循环水冷却系统由潜油泵、冷油器、油管道、冷却水管道等组成。工作时，变压器上部的油被油泵吸入后增压，迫使油通过冷油器时，利用冷却水冷却油。因此，这种冷却系统中，铁芯和绕组的热先传给油，油中的热再传给冷却水。这种冷却方式效果很好，但变压器的密封要求很高，而且冷却过程中油压必须高于冷却水的压力。如图 3 所示强迫油循环水冷式冷却系统结构。

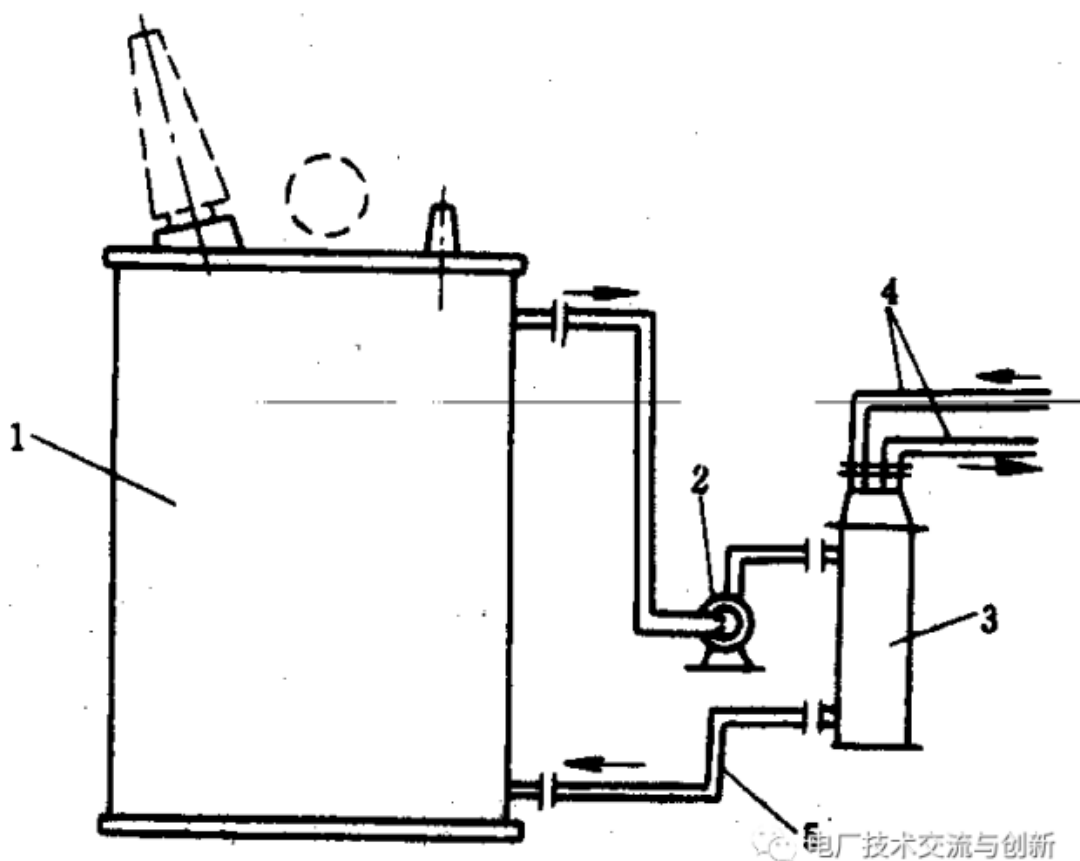


图 3 强迫油循环水冷式冷却系统结构

1—变压器；2—潜油泵；3—冷油器；4—冷却水管，5—油管道

配电变压器超级详细的讲解！

导读

配电变压器，简称“配变”。指配电系统中根据电磁感应定律变换交流电压和电流而传输交流电能的一种静止电器。配电变压器通常是指运行在配电网中电压等级为 10-35kV（大多数是 10kV 及以下）、容量为 6300KVA 及以下直接向终端用户供电的电力变压器。

1. 分类

1.1 按安装位置分类

配电变压器根据安装位置分为室内和室外。

室外安装分为台墩式、杆塔式和落地式（含预装式）。

1.1.1 杆塔式

杆塔式是将变压器安装在杆上的构架上。分为单杆式和双杆式。

当配电变压器容量在 30KVA 及以下时（含 30KVA），一般采用单杆配电变压器台架。将配电变压器、高压跌落式熔断器和高压避雷器装在一根水泥杆上，杆身应向组装配电变压器的反方向倾斜 $13^{\circ} - 15^{\circ}$ 。

当配电变压器容量在 50KVA~315KVA 时一般采用双杆式配电变压器台。配电变压器台由一主杆水泥杆和另一根副助杆组成，主杆上装有高压跌落式熔断器及高压引下线，副杆上有二次反引线。双杆配电变压器台经单杆配电变压器坚固。

杆塔式安装的优点：占地少、四周不需围墙或遮栏，带电部分距地面高，不易发生事故。缺点：台架用钢材较多，造价较高。

1.1.2 台墩式

台墩式是在变压器杆下面用砖石砌成 0.5-1m 的四方墩台，将变压器放在上面。一般安装 315KVA 以上的变压器。

让大家看看原来农村安装简易的台墩式变压器：



台墩式变压器安装应注意：

(1) 变压器四周应装设不低于 1.8m 的牢固的遮栏或砌围墙，门应加锁并由专人保管。

(2) 遮栏、围墙距变压器应有足够的安全操作距离。

(3) 应在电杆或围墙上悬挂“高压危险，不许攀登”等警告牌，防止人、畜接近。



台墩式安装的优点：造价低，便于维护检修。缺点：占地较多，周围要装设遮栏，小动物易爬到带电部分上去，易发生受外力破坏事故。

1.1.3 落地式

落地式是指将变压器直接放在地面上，高压引下线、跌落式熔断器和避雷器等均在线路终端杆上。

落地式变压器安装应注意：

(1) 变压器四周必须装设可靠的遮栏，门要加锁并由专人保管。

(2) 遮栏外须挂“高压危险，不许攀登”等警告牌。

(3) 因变压器的带电部分距地面很低，因此必须在切断电源后方可进入遮栏内。

1.2 按冷却方式分类

根据冷却方式分可分为油浸式和干式变压器。

油浸式变压器依靠油作冷却介质、如油浸自冷、油浸风冷、油浸水冷、强迫油循环等。干式变压器依靠空气对流进行自然冷却或增加风机冷却，多用于高层建筑、高速收费站点用电及局部照明、电子线路等小容量变压器。

1.2.1 油浸式变压器按外壳型式分为：

1) 非封闭型油浸式变压器：主要有 S8、S9、S10 等系列产品，在工矿企业、农业和民用建筑中广泛使用。

2) 封闭型油浸式变压器：主要有 S9、S9-M、S10-M 等系列产品，多用于石油、化工行业中多油污、多化学物质的场所。

3) 密封型油浸式变压器：主要有 BS9、S9-、S10-、S11-MR、SH、SH12-M 等系列产品，可做工矿企业、农业、民用建筑等各种场所配电之用。

1.2.2 干式变压器按绝缘介质分为：

1) 包封线圈式干式变压器：主要有 SCB8、SC(B)9、SC(B)10、SCR-10 等系列产品，适用于高层建筑、商业中心、机场、车站、地铁、医院、工厂等场所。

2) 非包封线圈干式变压器：主要有 SG10 等系列产品，适用于高层建筑、商业中心、机场、车站、地铁、石油化工等场所。

1.3 调压方式分类

根据调压方式可分为有载调压和无载调压。

所谓无载调压和有载调压都是指的变压器分接开关调压方式。区别在于无载调压开关不具备带负载转换档位的能力，调档时必须使变压器停电。而有载分接开关则可带负荷切换档位。

1.4 相数分类

根据相数分为单相变压器和三相变压器。

单相变压器单相变压器即一次绕组和二次绕组均为单相绕组的变压器。单相变压器结构简单、体积小、损耗低，主要是铁损小，适宜在负荷密度较小的低压配电网中应用和推广。

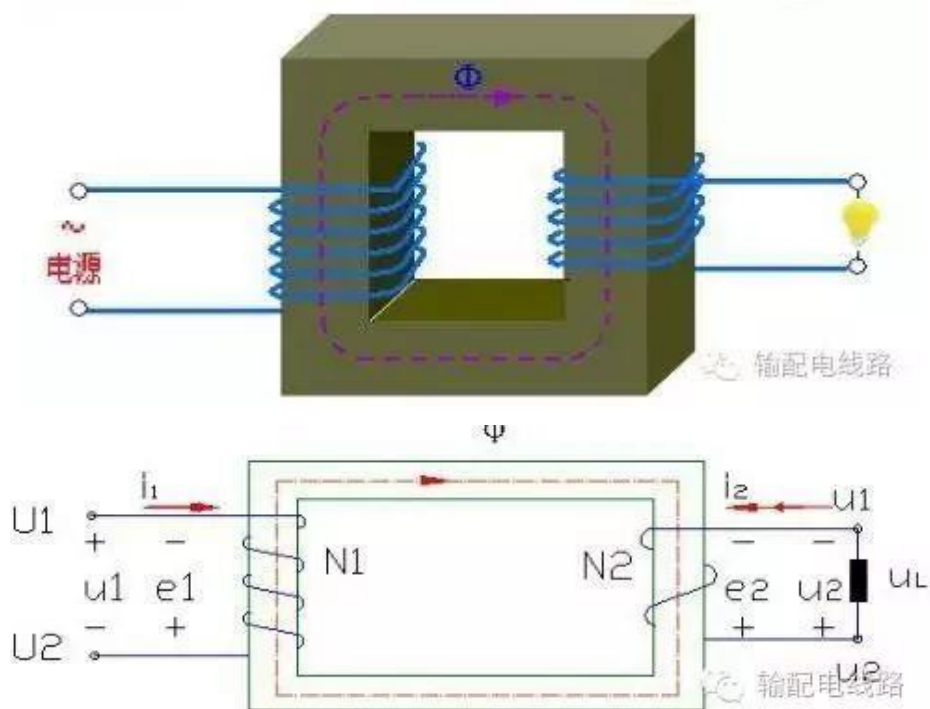
三相变压器用于三相系统的升、降电压。三相变压器，一般初级有三个绕组，其接法分为三角形和星形、延边三角形等，三个绕组上的电压相位互差 120 度，也就是常见的三相 380 伏接线方式，其铁芯传统的是三相三芯柱、三相五芯柱、渐开线形等形式。



2. 工作原理



变压器由铁芯（或磁芯）和线圈组成，线圈有两个或两个以上的绕组，其中接电源的绕组叫初级线圈，其余的绕组叫次级线圈。它可以变换交流电压、电流和阻抗。最简单的铁心变压器由一个软磁材料做成的铁心及套在铁心上的两个匝数不等的线圈构成，如下图所示。



铁心的作用是加强两个线圈间的磁耦合。为了减少铁内涡流和磁滞损耗，铁心由涂漆的硅钢

片叠压而成;两个线圈之间没有电的联系,线圈由绝缘铜线(或铝线)绕成。一个线圈接交流电源称为初级线圈(或原线圈),另一个线圈接用电器称为次级线圈(或副线圈)。实际的变压器是很复杂的,不可避免地存在铜损(线圈电阻发热)、铁损(铁心发热)和漏磁(经空气闭合的磁感应线)等,为了简化讨论这里只介绍理想变压器。理想变压器成立的条件是:忽略漏磁通,忽略原、副线圈的电阻,忽略铁心的损耗,忽略空载电流(副线圈开路原线圈线圈中的电流)。例如电力变压器在满载运行时(副线圈输出额定功率)即接近理想变压器情况。

变压器是利用电磁感应原理制成的静止用电器。当变压器的原线圈接在交流电源上时,铁心中便产生交变磁通,交变磁通用 Φ 表示。原、副线圈中的 Φ 是相同的, Φ 也是简谐函数,表为 $\Phi = \Phi_m \sin \omega t$ 。由法拉第电磁感应定律可知,原、副线圈中的感应电动势为 $e_1 = -N_1 d\Phi/dt$ 、 $e_2 = -N_2 d\Phi/dt$ 。式中 N_1 、 N_2 为原、副线圈的匝数。由图可知 $U_1 = -e_1$ 、 $U_2 = e_2$ (原线圈物理量用下角标1表示,副线圈物理量用下角标2表示),其复有效值为 $U_1 = -E_1 = jN_1 \omega \Phi$ 、 $U_2 = E_2 = -jN_2 \omega \Phi$,令 $k = N_1/N_2$,称变压器的变比。由上式可得 $U_1/U_2 = -N_1/N_2 = -k$,即变压器原、副线圈电压有效值之比,等于其匝数比而且原、副线圈电压的位相差为 π 。

进而得出:

$$U_1/U_2 = N_1/N_2$$

在空载电流可以忽略的情况下,有 $I_1/I_2 = -N_2/N_1$,即原、副线圈电流有效值大小与其匝数成反比,且相位差 π 。

进而可得

$$I_1/I_2 = N_2/N_1$$

理想变压器原、副线圈的功率相等 $P_1 = P_2$ 。说明理想变压器本身无功率损耗。实际变压器总存在损耗,其效率为 $\eta = P_2/P_1$ 。电力变压器的效率很高,可达90%以上。

3. 特征参数

额定容量

指变压器工作状态下的输出功率,用视在功率表示。用 S_N 表示,单位为KVA或VA。

额定电压

指单相或三相变压器出线端子之间施加的电压值。用 U_N 表示,单位为KV或V。一次额定电压用 U_{N1} 表示,二次额定电压用 U_{N2} 表示。

额定电流

指在额定容量和允许温升条件下，通过变压器一、二次绕组出线端子的电流，用 I_N 表示，单位 KA 或 A。一次绕组电流用 I_{N1} 表示，二次绕组电流用 I_{N2} 表示。

额定频率

批变压器设计时所规定的运行频率。用 f_N 表示，单位赫兹(HZ)。我国规定额定频率为 50HZ。

空载损耗

空载损耗也叫铁损，指当以额定频率的额定电压施加于一侧绕组的端子上，另一侧绕组出线开路时，变压器所吸取的有功功率，用 P_0 表示，单位为 W 或 KW。空载损耗主要为铁芯中磁滞损耗和涡流损耗，其值大小与铁芯材质、制作工艺密切相关，一般认为一台变压器的空载损耗不会随负荷大小的变化而变化。

空载电流

变压器次级开路时，初级仍有一定的电流，这部分电流称为空载电流。空载电流由磁化电流（产生磁通）和铁损电流（由铁芯损耗引起）组成。对于 50Hz 电源变压器而言，空载电流基本上等于磁化电流。用 I_0 表示。通常用空载电流占额定电流的百分数表示，即 $I_0(\%) = (I_0/I_N) \times 100\%$ 。变压器容量越大，数值越小。

负载损耗

负载损耗也叫短路损耗、铜损，是指当带分接的绕组接在其主分接位置上并接入额定频率的电压，另一侧绕组的出线端子短路，流过绕组出线端子的电流为额定电流时，变压器所消耗的有功功率，用 P_K 表示。单位为 W 或 KW。负载损耗的大小取决于绕组的材质等，运行中的负载损耗大小随负荷的变化而变化。

变比

批变压器高压侧额定电压与低压侧额定电压之比，即 U_{N1}/U_{N2} 。

绝缘电阻

表示变压器各线圈之间、各线圈与铁芯之间的绝缘性能。绝缘电阻的高低与所使用的绝缘材料的性能、温度高低和潮湿程度有关。

阻抗电压 (%)

把变压器的二次绕组短路，在一次绕组慢慢升高电压，当二次绕组的短路电流等于额定值时，此时一次侧所施加的电压。一般以额定电压的百分数表示。

相数

三相开头以 S 表示，单相开头以 D 表示。

联结组标号

根据变压器一、二次绕组的相位关系,把变压器绕组连接成各种不同的组合,称为绕组的联结组。为了区别不同的联结组,常采用时钟表示法,即把高压侧线电压的相量作为时钟的长针,固定在 12 上,低压侧线电压的相量作为时钟的短针,看短针指在哪一个数字上,就作为该联结组的标号。如 Dyn11 表示一次绕组是(三角形)联结,二次绕组是带有中心点的(星形)联结,组号为(11)点。

4. 产品型号

4.1 产品类别代号

0-自耦变压器,通用电力变压器不标

H-电弧炉变压器

C-感应电炉变压器

Z-整流变压器

K-矿用变压器

Y-试验变压器

4.2 相数

D-单相变压器、S-三相变压器

4.3 冷却方式

F-风冷式、W-水冷式

注:油浸自冷式和空气自冷式不标注

4.4 油循环方式

N-自然循环、0-强迫导向循环、P-强迫循环

4.5 绕组数

S-三绕组

注:双绕组不标注

4.6 导线材料

L-铝绕组

注:铜绕组不标注

4.7 调压方式

Z—有载调压

注：无载调压不标注

4.8 性能水平代号（设计序号）

| 性能水平代号 | 电压等级 kV | 性能参数 | |
|--------|------------|----------------------------|-------------------|
| | | 空载损耗 | 负载损耗 |
| 7 | 6、10 | 符合GB/T 6451组 II | 符合GB/T 6451 |
| | ≥35 | 符合GB/T 6451 | |
| 8 | 6、10 | 符合GB/T 6451组 I | 符合GB/T 6451 |
| | ≥35 | 比GB/T 6451平均下降10% | |
| 9 | 6、10 | 配电变压器符合表A2 | |
| | 6、10 | 电力变压器比GB/T 6451组 I 平均下降10% | 比GB/T 6451平均下降10% |
| | ≥35 | 比GB/T 6451平均下降20% | |
| 10 | 6、10 | 比GB/T 6451组 I 平均下降20% | 比GB/T 6451平均下降15% |
| | ≥35 | 比GB/T 6451平均下降30% | |
| 11 | 6、10 | 比GB/T 6451组 I 平均下降30% | 输配电线路 |
| | ≥35 | 比GB/T | |

4.9 特殊用途或特殊结构代号

Z——低噪声用；L——电缆引出；X——现场组装式；J——中性点为全绝缘；CY——发电厂自用变压器

4.10 变压器的额定容量

变压器的额定容量，单位为 KVA。

4.11 变压器的额定电压

变压器的额定容量，单位为 KV。

5. 常用变压器

5.1 油浸式变压器

配电变压器为工矿企业与民用建筑供配电系统中的重要设备之一，它将 10（6）kV 或 35kV 网络电压降至用户使用的 230/400V 母线电压。此类产品适用于交流 50（60）Hz，三相最大额定

容量 2500kVA（单相最大额定容量 833kVA，一般不推荐使用单相变压器），可在户内（外）使用，容量在 315kVA 及以下时可安装在杆上，环境温度不高于 40℃，不低于-25℃，最高日平均温度 30℃，最高年平均温度 20℃，相对湿度不超过 90%（环境温度 25℃），海拔高度不超过 1000m。



10kV 级 S11 系列配电变压器技术参数:

| 额定容量 (kVA) | 电压组合(kV) | | | 联结 组 标号 | 短路 阻抗 (%) | 损耗(kW) | | 空载 电流 (%) | 重量(kg) | | |
|---------------|----------|----------|--------|---------------|-----------------|--------|--------|-----------------|-------------|--------|--------|
| | 高 压 | 分接 范围 | 低 压 | | | 空 载 | 负 载 | | 器 身 重 | 油 重 | 总 重 |
| 160 | 11 | ±%5 | 0.4 | Yyn0 | 4 | 0.28 | 2.42 | 1 | 470 | 150 | 765 |
| 200 | 10.5 | | | | | 0.34 | 2.98 | 1 | 575 | 170 | 910 |
| 250 | 10 | | | | | 0.4 | 3.4 | 0.9 | 660 | 195 | 1045 |
| 315 | 6.3 | | | | | 0.48 | 4.08 | 0.8 | 775 | 215 | 1215 |
| 400 | 6 | | | | | 0.57 | 4.98 | 0.8 | 890 | 245 | 1400 |
| 500 | | | | | | 0.68 | 5.87 | 0.7 | 1070 | 285 | 1650 |
| 630 | | | | 4.5 | Yyn0 | 0.81 | 6.89 | 0.6 | 1265 | 385 | 2020 |
| 800 | | | | | 或 | 0.98 | 8.42 | 0.6 | 1570 | 440 | 2530 |
| 1000 | | | | | Dyn11 | 1.15 | 9.86 | 0.5 | 1720 | 505 | 2710 |
| 1250 | | | | | | 1.36 | 11.73 | 0.5 | 2195 | 605 | 3520 |
| 1600 | | | | | | 1.64 | 14.03 | 0.5 | 2850 | 800 | 4520 |
| 2000 | | | | | | 2.1 | 16.5 | 0.4 | 3200 | 1000 | 5450 |
| 2500 | | | | 2.31 | 20 | 0.3 | 5000 | 1200 | 5920 | | |

5.2 干式变压器

干式变压器广泛用于局部照明、高层建筑、机场，码头 CNC 机械设备等场所，简单的说干式变压器就是指铁芯和绕组不浸渍在绝缘油中的变压器。冷却方式分为自然空气冷却（AN）和强迫空气冷却（AF）。自然空冷时，变压器可在额定容量下长期连续运行。强迫风冷时，变压器输出容量可提高 50%。适用于断续过负荷运行，或应急事故过负荷运行；由于过负荷时负载损耗和阻抗电压增幅较大，处于非经济运行状态，故不应使其处于长时间连续过负荷运行。




10kV 级 SCB10 系列配电变压器技术参数:

| 额定容量 (KVA) | 电压组合 | | | 联接组号 | 空载损耗 (W) | 负载损耗 (W) 120℃ | 空载电流 (%) | 短路阻抗 (%) | 主机壳重量 (kg) | 外形尺寸 (mm) | | 规格 (mm) |
|------------|---------|--------|---------|-------|----------|---------------|----------|----------|------------|----------------|----------------|-----------|
| | 高压 (KV) | 分接 (%) | 低压 (KV) | | | | | | | 长*宽*高 (无防护外罩) | 长*宽*高 (有防护外罩) | |
| 30 | | | | | 190 | 710 | 2.4 | | 250 | 680*450*625 | 1080*850*1020 | 400*400 |
| 50 | | | | | 270 | 1000 | 2.4 | | 265 | 700*450*640 | 1100*850*1040 | 400*400 |
| 80 | | | | | 370 | 1380 | 1.8 | | 430 | 860*450*755 | 1260*850*1150 | 400*400 |
| 100 | | | | | 400 | 1570 | 1.8 | | 520 | 940*450*800 | 1280*850*1200 | 400*400 |
| 125 | | | | | 470 | 1850 | 1.6 | | 670 | 1000*450*860 | 1300*850*1260 | 400*400 |
| 160 | | | | | 550 | 2130 | 1.6 | | 805 | 1050*710*945 | 1300*1010*1340 | 550*660 |
| 200 | | | | | 630 | 2530 | 1.4 | | 930 | 1050*710*970 | 1350*1010*1370 | 550*660 |
| 250 | 6 | | | | 720 | 2760 | 1.4 | | 1070 | 1110*710*1045 | 1510*1010*1440 | 660*660 |
| 315 | 6.3 | ±5% | | Yyn0 | 880 | 3470 | 1.2 | | 1160 | 1120*710*1070 | 1520*1010*1465 | 660*660 |
| 400 | 10 | 或 | 0.4 | 或 | 980 | 3990 | 1.2 | | 1440 | 1160*870*1120 | 1560*1170*1515 | 660*820 |
| 500 | 10.5 | ±2*2.5 | | Dyn11 | 1160 | 4880 | 1.2 | | 1595 | 1160*870*1140 | 1560*1170*1540 | 660*820 |
| 630 | 11 | | | | 1360 | 5880 | 1.0 | | 1740 | 1250*870*1180 | 1560*1170*1580 | 660*820 |
| 630 | | | | | 1300 | 5960 | 1.0 | | 1745 | 1320*870*1165 | 1720*1170*1565 | 660*820 |
| 800 | | | | | 1520 | 6960 | 1.0 | | 2095 | 1370*870*1235 | 1770*1270*1635 | 820*820 |
| 1000 | | | | | 1770 | 8130 | 1.0 | | 2530 | 1440*870*1275 | 1840*1270*1670 | 820*820 |
| 1250 | | | | | 2090 | 9690 | 1.0 | 6 | 2885 | 1485*870*1370 | 1885*1270*1770 | 820*820 |
| 1600 | | | | | 2450 | 11730 | 1.0 | | 3670 | 1650*1120*1535 | 2050*1520*1930 | 820*820 |
| 2000 | | | | | 3320 | 14450 | 0.8 | | 4200 | 1700*1120*1636 | 2100*1520*2085 | 1070*1070 |
| 2500 | | | | | 4000 | 17170 | 0.8 | | 4780 | 1760*1120*1705 | 2160*1520*2100 | 1070*1070 |

5.3 干式变压器与油式变压器比较

| | 干式变压器 | 油式变压器 |
|------|---|--|
| 定义 | 依靠空气对流进行冷却，一般用于写字楼、城市的楼、堂、馆、所等高档地区的照明、电子线路等中小容量变压器。变比为100000V/400V，用于带额定电压380V、220V的负载。 | 依靠油作冷却介质，如油浸自冷，油浸风冷，油浸水冷及强迫油循环等。一般用于火电厂升压站的主变，变比20KV/500KV，或20KV/220KV，一般发电厂用于带动自身负载（比如磨煤机，引风机，送风机、循环水泵等）的厂用变压器也是油浸式变压器，它的变比是20KV/6KV。油式变压器的额定电压3-35kV等级。 |
| 结构 | 干变常把铁芯和绕组用环氧树脂浇注封装起来，也有一种现在用得更多的是非封装式的，绕组用特殊的绝缘纸再浸渍专用绝缘漆等，起到防止绕组或铁芯受潮。 | 油变是把由铁芯及绕组组成的器身置于一个盛满变压器油的油箱中。 |
| 区别 | 1、从外观上看，干式变压器能直接看到铁芯和线圈； 2、引线形式不一样，干式变压器大多使用硅橡胶套管； 3、容量及电压不同，干式变压器一般适用于配电用，容量大都在1600KVA以下，电压在10KV以下； 4、绝缘和散热不一样，干式变压器一般用树脂绝缘，靠自然风冷； 5、从应用场所上说，干式变压器大多应用在需要“防火、防爆”的场所，一般大型建筑、高层建筑上易采用； 6、造价不一样，对同容量变压器来说，干式变压器的采购价格高； 7、干式变压器常用H级绝缘材料，即用无机材料作补强的云母制品，加厚的F级材料，复合云母，有机硅云母制品、硅有机漆、硅有机橡胶聚酰亚胺复合玻璃布、复合薄膜、聚酰亚胺漆等，其极限工作温度是180℃； 变压器的绝缘介质是树脂或纸和绝缘漆，冷却方式有自冷和风冷。优点是：结构简单，一般不需要维护，占用空间少，方便判断故障。干式变压器绕组散热是利用空气自然散热或强迫风冷（用风机强迫空气对流），因没有油，也就没有火灾、爆炸、污染等问题，属环保型产品。属国家发改委推荐使用产品。 | 1、油式变压器只能看到变压器的外壳； 2、油式变压器大部分使用瓷套管； 3、油式变压器却可以从小到大做到全部容量，电压等级也做到了所有电压； 4、油式变压器靠绝缘油进行绝缘，靠绝缘油在变压器内部的循环将线圈产生的热带到变压器的散热器（片）上进行散热。 5、油式变压器由于“出事”后可能有油喷出或泄漏，造成火灾，大多应用在室外。 6、油式变压器价格要低； 7、一般油浸式变压器是由木材、棉花、纸、纤维等天然的纺织品，以醋酸纤维和聚脂胺为基础的纺织品，以及易于热分解和熔点较低的塑料，工作于矿物油中，或经油树脂复合胶浸过，它的极限工作温度是105℃ |
| 优点 | 变压器的绝缘介质是树脂或纸和绝缘漆，冷却方式有自冷和风冷。优点是：结构简单，一般不需要维护，占用空间少，方便判断故障。干式变压器绕组散热是利用空气自然散热或强迫风冷（用风机强迫空气对流），因没有油，也就没有火灾、爆炸、污染等问题，属环保型产品。属国家发改委推荐使用产品。 | 油变造价低，油浸式变压器的绕组是浸在变压器油中的，绝缘介质就是油，冷却方式有自冷、风冷和强迫油循环冷却，其优点是冷却效果好，可以满足大容量。 |
| 缺点 | 缺点是：容量受到限制，一般容量在2000KVA以下使用，造价高。 | 缺点：得经常巡视，关注油位的变化，容易漏油造成污染。而且一旦缺油或事故状态下，易造成火灾。结构复杂，占地大，不容易判断故障，需要定期维护，而且可燃、可爆。一般不能直接安装在室内。S7系列由于耗能大，发改委要求属淘汰产品。 |
| 适应场合 | 干变的环保性，阻燃、抗冲击等等优点，而常用于室内等高要求的供配电场所，如宾馆、办公楼、高层建筑等等。 | 油浸式变压器由于防火的需要，一般安装在单独的变压器室内或室外。 |

 输配电线路

6. 箱变（组合箱式变电站）

6.1 概述

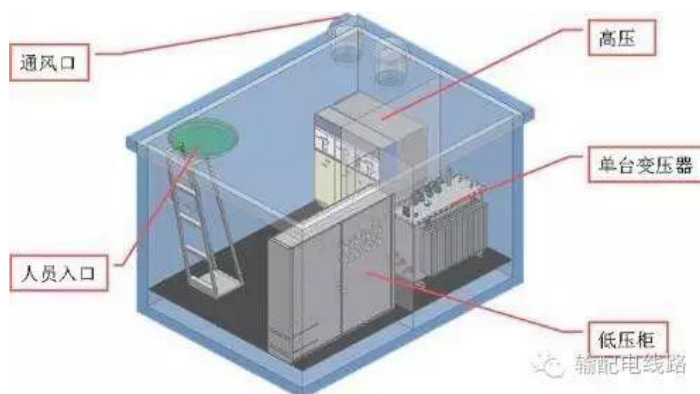
箱式变电站，又叫预装式变电所或预装式变电站。是一种高压开关设备、配电变压器和低压配电装置，按一定接线方案排成一体的工厂预制户内、户外紧凑式配电设备，即将变压器降压、低压配电等功能有机地组合在一起，安装在一个防潮、防锈、防尘、防鼠、防火、防盗、隔热、全封闭、可移动的钢结构箱，特别适用于城网建设与改造，是继土建变电站之后崛起的一种崭新的变电站。箱式变电站适用于矿山、工厂企业、油气田和风力发电站，它替代了原有的土建配电房，配电站，成为新型的成套变配电装置。

近年来，低压供电的负荷密度不断增大，对供电的可靠性和质量也提出了很高的要求。在这种情况下，如果以某一较大容量的变电所为中心，以低压向周围的用户供电，将耗费大量的有色金属，电能损耗很大，还不能保证供电质量。反之，如果以高电压深入负荷中心，在负荷中心建变电所，就能缩短低压供电半径，提高供电质量，节约有色金属，降低电能损耗。在负荷中心最适宜建设箱式变电所。

高压 / 低压预装箱式变电站(所)也称为箱式变电所或组合式变电所(组合箱式变电站)、成套变电站、可移动变电站，产生于二十世纪七十年代，国内已有若干厂家生产。其构造大体上是一个箱式结构，设有高压开关小室、变压器小室及低压配出开关小室三个部分，额定电压为 10、35kV，可安装 1600kVA 及以下变压器。其特点是：占地面积小；工厂化生产、速度快、质量好；施工速度快，仅需现场施工基础部分；外形美观，能与住宅小区环境协调一致；适应性强，具有互换性，便于标准化、系列化；维护工作量小，节约投资。

因此，箱式变电所无论国外、国内都受到重视与欢迎，可得到普遍地应用，是非常有前景的电气设备，已被广泛用于工厂、矿山、油田、港口、机场、车站、城市公共建筑、集中住宅区、机关事业单位、学校、商业大厅和地下设施等场所。

目前，国内各种不同型号的组合式变电站品种很多，其中包括户外式、户内式、全封闭型、半封闭型，带走廊型、不带走廊型，组合式、固定式、装置式，干式变压器、油浸变压器，



终端供电、环网供电等，可适应不同用户的需要。高压、变压器、低压三室的布置方式为目字形排列或品字形分隔方案。高压室设备元件选用引进、国产或进口的环网柜、负荷开关加限流熔断器、真空断路器。低压室由动力、照明、计量及无功补偿柜构成。通风散热设有风扇、温度自动控制器、防凝露控制器。箱壳大都采用普通或热镀锌钢板、铝合金板，骨架用成型钢焊接或用螺栓连接。

6.2 分类

箱变型式可分为欧式、美式和一体化式。欧式箱变是将变压器作为一个单独部件，集高压柜、变压器、低压柜三位一体，按一定的接线方案组合在一个或几个箱体而构成紧凑型成套配电装置。箱体有两种构成方式，即“目”字形布置和“品”字形布置。“目”字形布置的高低压室较宽，便于实现环网或双电源接线的环网供电方案。



欧式箱变



美式箱变

欧式箱变的高压室一般是由高压负荷开关、高压熔断器和避雷器等组成的，可以进行停送电操作并且有过负荷和短路保护。低压室由低压空气开关、电流互感器、电流表、电压表等组成的。变压器一般采用 S9 或干式的等。

美式箱式组合变压器，其结构分为前后两部分，前部为接线柜，接线柜内包括高低压端子、高压负荷开关、插入式熔断器、高压分接开关操作手柄、油位表、油温计等；后部是油箱体及散热片，变压器绕组、铁心、高压负荷开关、插入式熔断器都在油箱体内。箱体采用全密封结构。一体化箱变为最近国内厂家研制，应用还不广泛，为双层结构，高、低压室置于变压器室上面。

欧式、美式和一体化式箱变各有优缺点，欧式箱变的体积较大，高低压开关和变压器都设于一个大壳体内，散热条件差，需装机械排风装置。美式箱变由于变压器冷却片直接对外散热，散热条件相对较好，但其造型较欧式差，其外观难与住宅小区等绿化环境配合。一体化箱变占地更少，优、缺点与美式箱变相似。另外，美式、一体化式箱变国内只能制造 630kVA 容量以下的，欧式箱变却可达 1250kVA。

普通箱式变电所型号分为三类

(1) 高压开关设备型号；(2) 干式变压器柜型号；(3) 低压开关设备型号。

前三位字母符号的意义是：

Z-组合式；B-变电站；N(W)-户内(户外，可不加)；X-箱式；Y-移动式。

6.3 基本结构

箱式变电站结构与各种接线设备所需空间有关。环网、终端供电线路方案，设计有封闭、半封闭两大类，高低设备室分为带操作走廊和不带操作走廊式结构，可满足六种负荷开关、真空开关等任意组合的需要。高压室、变压器室、低压室为一字形排列，根据运输的要求设计有整体式和分单元拆装式两种。

箱体采用钢板夹层(可填充石棉)和复合板两种，顶盖喷涂彩砂乳胶。箱体具有防雨性能。为监视、检修、更换设备需要设计通用门，即可双扇开启也可单扇开启，变压器室设有两侧开门的结构。变压器小室有供变压器移动用的轨道(外壳明显处设置铭牌和危险标志)。

变电站的高低压侧均应装门，且有足够的尺寸，门向外拉，门上有把手、锁、暗闩，门的开启角度不小于 90° ，门的开启有相应的连锁。高压侧满足“五防”的要求。不带电情况，门开启后有可靠的接地装置，在无电压信号指示时，方能对带电部分进行检修。高低压侧门打开后，有照明装置，确保操作检修的安全。

外壳有通风孔和隔热措施，必要时可采用散热措施，防止内部温度过高。高低压开关设备小室内的空气温度应不致引起各元件的温度超过相应标准的要求。同时还采取措施保证温度急剧变化时，内部无结露现象发生。当有通风口时，应有滤尘装置。

箱式变电所的进出线方式可为下列 4 种之一：架空线进出、电缆进出、架空线进电缆出、电缆进架空线出。

箱式变电所高压受电设备采用高压负荷开关串接熔断器的方案，这种方案目前在海外城网配电网领域里得到了广泛的应用，特别是作为箱式变电所高压受电保护方案尤为适宜。这主要是由于：

(1) 这种保护方案基本能满足大多数箱式变电所使用场合的负荷情况，既能控制、分断正常负荷电流，又能承受和保护短路故障。

(2) 由于体积小，易于在有限的空间内实现高压环网方案，从而更好地突出箱式站体积小特点。

(3) 线路简单，维修保养工作量小，特别适合箱式变电所无人值班的实际使用情况

(4) 成本大大降低。断路器成本通常为相同额定参数负荷开关的 2~3 倍，采用高压负荷开关串接熔断器代替断路器突出了箱式站的自身特点，增加了与土建变电所的竞争能力。

目前国内几乎所有的生产厂，都在使用这种高压保护方案，它是箱式变电所高压受电设备的发展方向。

箱式变电所 10kV 配电装置常用负荷开关加熔断器和环网供电装置，从邻近架空线连接到变压器高压端。进线方式可采用电缆线或架空绝缘线。作为公用箱式变电所时，箱式变电所的低压出线视变压器容量而定，一般不超过 4 回，最多不超过 6 回，也可以一回总出线，到临近的配电室再进行分支供电。作为独立用户用箱式变电所时，可以采用一回路供电。

干箱式变电所的过电压保护，目前大多数箱式变电所内都装有避雷器，作为站内变压器和其他高压受电设备的过电压保护。

国内箱式变电所变压器低压侧主开关大致采用 DZ10、DW10、DW15 型 3 种自动开关，低压侧支路上采用的电器，大致有 BM、BT 系列熔断器和 DZ、DW 系列自动开关。在箱式变电所变压器容量为 200~630kVA 时，采用 DW10 或 DW15 作为低压主开关。当容量超过 800kVA 时，应尽量选用 DW15 开关。

6.4 常用箱式变压器介绍

美式箱式变是将变压器、负荷开关、保护用熔断器等设备统一设计，变压器的绕组和铁芯、

高压负荷开关及保护用熔断器都在同一充满油的箱体内，没有相对独立的高低压开关柜。箱体为全密封结构，采用隐蔽式高强度螺栓及硅胶来密封箱盖；而低压室另外独立设置于油箱外。美式箱式变分为前、后两个部分，前面为高、低压操作间隔，操作间隔内包括有高低压套管、负荷开关、无载调压分接开关、插入式熔断器、压力释放阀、温度计、油位计、注油孔、放油阀等；后部为箱体及散热片。

欧式箱式变(预装式变电站)是将高压开关设备、配电变压器和低压配电装置放置在三个不同的隔室内，通过电缆或母线来实现电气连接的设备。高低压开关柜相对独立紧凑组合并与变压器预装在可以吊装运输的箱体内，变压器室、高压室及低压室都装有独立的门，因而其体积比美式箱式变较大。

地埋式变压器是一种将变压器、高压负荷开关和保护熔断器等安装在油箱之中的紧凑型组合式配电设施，安装时置于地坑之中。它具有不占用空间、可以在一定时间内浸没在水中运行、免维护等特点，有利于节约城市配电设施占地面积，因此在城网改造和建设中有广泛的应用前景。



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