1 变压器可能发生的故障和不正常运行方式

变压器在电力系统中广泛地用来升高或降低电压，是电力系统不可缺少的重要电气设备。现代生产的变压器，虽然在设计和材料方面有所改进，结构上比较可靠，相当于输电线路和发电机来说，变压器故障机会也比较少。但在实际运行中，仍有可能发生各种类型的故障和异常运行情况。为了保证电力系统安全连续地供电，并将故障和异常运行情况对电力系统的影响限制到最小范围，应根据变压器的容量等级和重要程度的不同，装设必要的、性能良好及动作可靠的继电保护装置。

变压器的故障可分为内部故障和外部故障。内部故障是指变压器油箱里面发生的故障，大致可分为两类。

1)电气故障

电气故障将对变压器立即产生严重的损伤作用。在这种情况下，可通过检测其不平衡的电流和电压进行分析。通常故障原因如下：

① 高压或低压绕组相间短路;

② 中性点直接接地侧的单相接地短路;

③ 高压或低压绕组匝间短路;

④ 第三绕组上的接地故障或匝间短路。

内部短路故障产生的电弧，不仅会损坏绕组的绝缘、烧毁铁芯，而且由于绝缘材料和变压器油因受热分解而产生大量的气体，有可能引起变压器油箱爆炸。同时，短路故障还将引起系统电压降低，如延长低电压的时间，能造成旋转电机之间失去同步，失步电机引起的过渡电流将造成其他继电器动作而误跳闸。因此，在变压器内部发生电气故障时，应迅速将变压器切除。

2) “初始”故障

“初始”故障即初始局部的故障。它将对变压器产生缓慢发展的损害作用，但一般不能检测其不平衡的电量。故障原因有：

① 导体之间电气连接接触不良或铁芯故障，在变压器油中可能产生间歇性电弧;

② 冷却媒介不足将使变压器油温升高，如油位过低或油路阻塞，容易在绕组上产生局部热点;

③ 分接开关故障，并联运行变压器之间产生环流和负荷分配不合理，造成变压器绕组过热。

这种故障在初始阶段是不严重的，不会对变压器立即产生损伤，但在发展过程中可能产生各种故障，扩大事故的范围，因此，应尽可能快地消除。

变压器最常见的外部故障，是油箱外部绝缘套管及引出线上的故障，可能导致引出线的相间短路或单相接地短路。

实践证明，变压器引出线上的相间短路，单相接地短路和绕组的匝间短路是比较常见的故障形式。三台单相变压器组成的变压器组，发生内部相间短路是不可能的，在三相变压器中发生内部相间短路的可能性也小。变压器的不正常工作状态主要是：由于外部短路和过负荷引起的过电流;中性点直接接地电力网中，外部接地短路引起的过电流及中性点过电压;冷却系统故障;变压器的温度升高等。

变压器保护可以分为短路保护和异常运行保护两类。短路保护用以反应被保护范围内发生的各种类型的短路故障，作用于断路器跳闸。为了防止保护装置或断路器拒动，又有主保护和后备保护之分。异常运行保护用以反应各种可能给机组造成危害的异常工况，此保护作用于发信号。这类保护一般只装设一套专用继电器，不设后备保护。

2 变压器保护装置装设的原则

大型变压器的造价昂贵，一旦发生故障遭到损坏，其检修难度大、时间长，要造成很大的经济损失。特别是在单台容量占系统容量比例很大的情况下，发生故障后突然切除变压器，将给电力系统造成很大的扰动。因此，在考虑大型变压器继电保护的总体配置时，除了保证其安全运行外，还应最大限度地缩小故障影响范围，特别要防止保护装置误动作或拒动作。这样，不仅要求有性能良好的保护继电器，还要求在继电保护的总体配置上尽量做到完善、合理。

对大型主变压器保护，根据加强主保护、简化后备保护的原则，其主保护除瓦斯保护以往，可实现快速保护双重化;后备保护除零序保护应与线路保护配合外，相间保护只保证对变压器各侧母线短路有灵敏度，允许不作为相邻线路故障的后备保护。

根据《继电保护和安全自动装置技术规程》的规定，变压器一般应装设下列继电保护装置：

1) 反应变压器油箱内部故障和油面降低的瓦斯保护

容量为800KVA 及以上的油浸式变压器和400KVA 及以上的车间内油浸式变压器，均应装设瓦斯保护。当油箱内部故障产生轻微瓦斯或油面降低时，保护装置应瞬时动作于信号;当产生大量瓦斯时，保护装置应动作于跳闸，断开变压器各侧的断路器。对于高压侧未装设断路器的线路—变压器组，当未采取使瓦斯保护能切除变压器内部故障的技术措施时，瓦斯保护可仅动作于信号。

2) 反应变压器绕组、引出线的相间短路，中性点直接接地侧绕组、引出线和套管的接地短路，以及绕组匝间短路的电流速断保护或纵联差动保护

① 对于6300KVA 以下厂用工作变压器和并联运行的变压器，10000KVA以下厂用备用变压器和单独运行的变压器(通常是中、小型发电机组的配套设备)，当后备保护的动作时限大于0.5s时，应装设电流速断保护。

② 对于6300KVA 及以上厂用工作变压器和并列运行的变压器，10000KVA及以上厂用备用变压器和单独运行的变压器(是大型发电机组配套设备)，以及2000KVA 及以上用电流速断保护灵敏度不符合要求( )的变压器，应装设纵联差动保护。

③ 对于高压侧电压为330KV 及以上的变压器，可装设快速双重差动保护。

为满足电力系统稳定方面的要求，当变压器发生故障时，要求保护装置快速切除故障。通常变压器的瓦斯保护和纵差保护已构成了双重化快速保护，但变压器外部引出线上的故障只有一套快速保护。当变压器故障差动保护拒动时，将由带延时的后备保护切除。为了保证在任何情况下都能快速切除故障，对高压侧电压为330KV 及以上的变压器，应装设双重差动保护。

④ 对于发电机变压器组，当发电机与变压器之间有断路器时，变压器应装设单独的纵联差动保护;当发电机与变压器之间没有断路器时，100000KW 及以下的机组，可只装设发电机变压器组共用的差动保护;100000KW 及以上的机组，除共用差动保护外，发电机还装设单独的差动保护;对200000KW 及以上的机组，还应在变压器上增设单独的差动保护，以实现完全双重化快速保护方式。当变压器纵联差动保护对单相接地短路灵敏度不符合要求时，可增设零序差动保护。

3) 反应外部相间短路的过电流保护、复合电压起动的过电流保护、负序电流保护和阻抗保护

这些保护可作为变压器主保护的后备保护，又可作相邻母线或线路保护的后备。

过电流保护宜用于降压变压器。对于升压变压器，系统联络变压器和过电流保护不符合灵敏度要求( <1.25)的降压变压器，一般采用复合电压起动的过电流保护。对于63000KVA 及以上的升压变压器，采用负序电流和单相式低压起动的过电流保护。

对于升压变压器和系统联络变压器，当采用以上保护不能满足灵敏性和选择性要求时，可采用阻抗保护。各项保护装置动作后，应带时限动作于跳闸。

4) 反应中性点直接接地的电力网中，外部单相接地短路的零序电流保护

在中性点直接接地的电力网中，如变压器的中性点直接接地运行，对外部单相接地引起的过电流，应装设零序电流保护。

① 零序电流保护可由两段组成，每段各设两个时限，并均以较短的时限动作于母线联络断路器，以较长的时限有选择性地动作于断开变压器各侧断路器。

② 在中性点直接接地的电力网中，如低压侧有电源的变压器中性点可能接地运行或不接地运行时，对外部单相接地引起的过电流，以及对因失去接地中性点引起的电压升高，应按下列规定装设保护装置：

a、全绝缘变压器。按规定装设零序电流保护。并增设零序过电压保护。当电力网发生单相接地短路而失去接地中性点时，零序过电压保护经延时动作于断开变压器各侧断路器。

b、分级绝缘变压器。变压器中性点装设放电间隙时，装设零序电流保护，并增设反应零序电压和间隙放电电流的零序电流电压保护。当电力网发生单相接地短路而失去接地中性点时，零序电流电压保护经延时动作于断开变压器各侧断路器。

变压器中性点不装设放电间隙时，应装设两段零序电流保护和一套零序电流电压保护。零序电流保护以较短的时限断开母线联络变压器，以较长的时限动作于切除中性点接地的变压器，应先切除中性点不接地变压器，后切除中性点接地变压器。