

# 中性点不接地系统三相电压不平衡分析

王旭、吴海、朱小超、杨帆

(云南电网有限责任公司红河供电局 云南 蒙自 661100)

**摘要:** 本文通过对中性点不接地系统三相电压不平衡的原因进行分析, 比较不同故障导致电压不平衡时电压幅值、零序电压、接地信号的情况, 用于快速发现变电站内的电压不平衡的原因, 以便于运行人员快速发现故障, 快速处理。

**关键词:** 中性点不接地、电压、三相不平衡

**Analysis of three-phase voltage imbalance in ungrounded neutral system**

Wang Xu, Wu Hai, Zhu Xiaochao, Yan fan

(Honghe Power Supply Bureau of Yunnan Power Grid Co Ltd. Mengzi Yunnan 661100)

**Abstract:** This paper analyzes the causes of three-phase voltage imbalance in ungrounded neutral system, and compares the voltage amplitude, zero-sequence voltage and grounding signal when different faults lead to voltage imbalance, which can be used to quickly find out the causes of voltage imbalance in substation, so that operators can quickly find faults and deal with them.

**Keywords:** neutral point ungrounded, voltage, three-phase imbalance

## 0 引言

变电站内 35kV 或 10kV 系统经常出现三相电压不平衡的现象, 而 35kV 或 10kV 系统中性点一般采用不接地或经消弧线圈接地的模式, 就是我们俗称的中性点不接地系统或为小电流接地系统。因此, 对变电站中性点不接地系统的三相电压不平衡原因进行分析, 将不同原因导致三相电压不平衡时的表象呈现出来, 方便现场运行人员快速判别故障, 才能快速处理。

## 1 三相电压不平衡的危害

三相电压不平衡会影响变压器等设备的安全运行和正常出力, 引起继电保护及安全自动装置的误动作, 引起电网损耗的增加。

(1) 对变压器危害: 变压器在负载不平衡状态运行, 一相电压处于满载, 其余两相未满载, 导致变压器容量无法得到充分的利用, 而且变压器在长期负载不平衡运行时, 造成其局部过热, 降低其使用寿命。(2) 对线路的危害: 供电线路

在三相不平衡系统中，负序电流的产生带来了附加损耗，增大线损和压降。（3）

可能会造成继电保护误动作。（4）对于敏感性负荷可能会造成无法正常工作。

（5）负序分量的产生，使电动机定子、转子的铜耗增加，电动机过热并导致绝缘老化加快。降低其运行寿命。

## 2 电压不平衡的主要原因及表象

在变电站内电压不平衡现象常见、特征多样；若认识不足，查找故障点时间过长，会耽误送电。如判断错误，会影响设备稳定运行，甚至扩大事故。因此，对不同原因引起三相电压不平衡的现象，进行分析。引起变电站电压不平衡的主要原因如下图 1 所示：

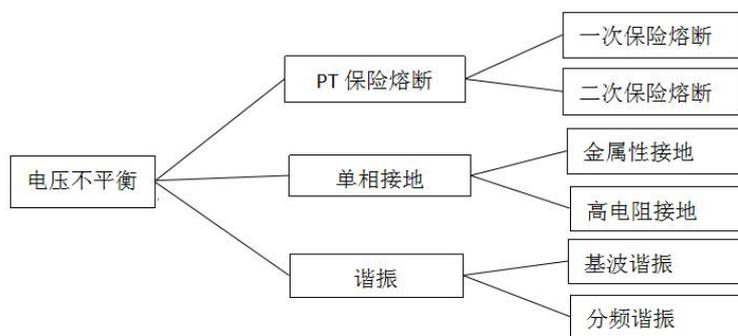


图 1：电压不平衡原因

### 2.1 三相电压平衡的条件

三相电压平衡是指：电压幅值相等、相角相差  $120^\circ$ ，其向量关系如下图 2 所示：

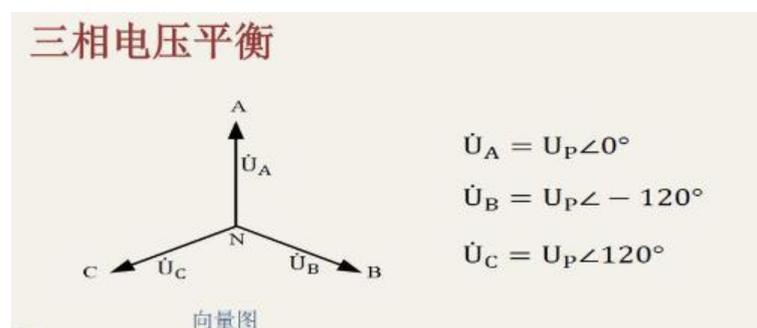


图 2:三相电压平衡向量

### 2.2 电压互感器保险熔断导致的电压不平衡

#### （1）电压互感器高压侧保险熔断

以电压互感器高压侧 A 相保险熔断为例如图 3，A 相电压降低为零，其余两

相(B、C相)为正常电压，三相两两向量角差为  $120^\circ$ ，因断相造成三相电压不平衡，开口三角形处也会产生不平衡电压，输出零序电压，起动接地装置，发出接地信号。

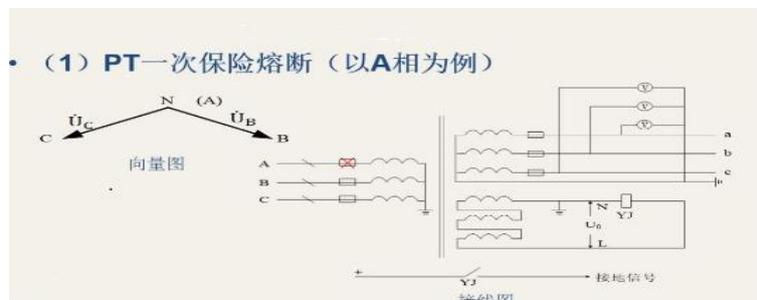


图 3: PT 一次保险 A 相熔断

### (2) 电压互感器低压侧保险熔断

以电压互感器低压侧 A 相保险熔断为例如图 4，A 相电压降低为零，其余两相为正常电压，三相两两向量角差为  $120^\circ$ ，但因一次侧的三相电压平衡，开口三角形不会产生不平衡电压，不会发出接地信号，这点可以作为判断电压互感器高压或低压保险熔断的重要判据。

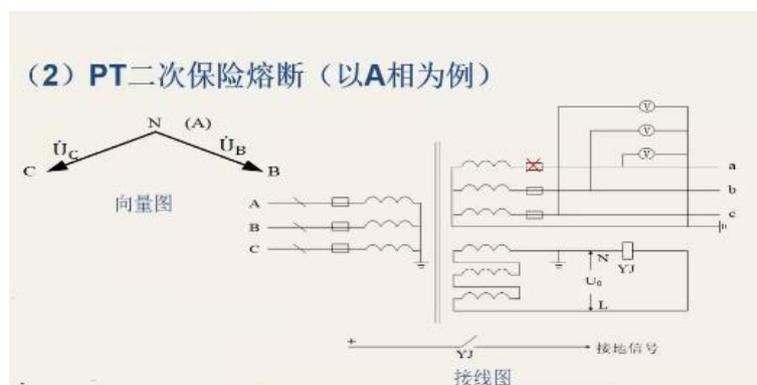


图 4: PT 二次保险 A 相熔断

## 2.3 单相接地造成三相电压不平衡

### (1) 金属性接地

当线路或带电设备上某点发生金属性接地时(如 A 相)，A 相电压降为零，其它两正常相(B、C相)的对地电压数值上升为线电压，产生严重的中性点位移，有零序电压产生，发出接地信号。中性点位移电压的方向与接地相电压在同一直线上，与接地相电压方向相反，大小相等，如图 5。

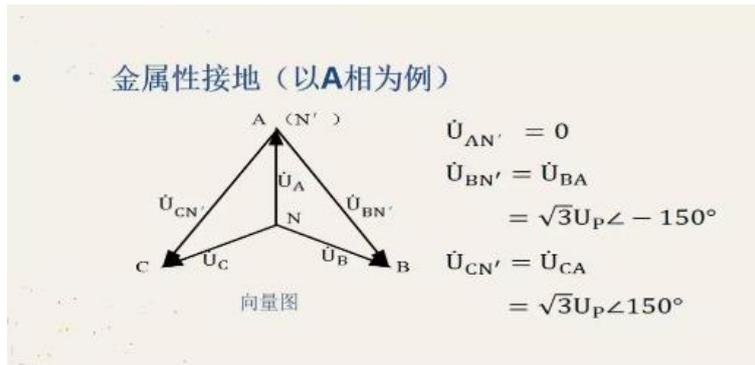


图 5:A 相金属性接地的向量

## (2) 高电阻接地

当线路或带电设备上某点发生高电阻接地时(如 A 相),接地相 A 相电压降低,其它两正常相(B、C 相)的相电压升高,但低于线电压,单相接地造成三相电压不平衡,有零序电压产生,发出接地信号。

## 2.4 谐振

### (1) 基波谐振

当电源对只带有电压互感器的空母线突然合闸时易产生基波谐振。产生基波谐振时,一相电压降低,但不为 0,另外两相电压升高,超过线电压(不超过 3 倍相电压),有零序电压产生,会发接地信号。

### (2) 分频谐振

当发生单相接地时易产生分频谐振。产生分频谐振时,三相电压同时或依次轮流升高,并超过线电压(不超过 2.5 倍相电压),有零序电压产生,会发接地信号。

## 3 不同故障造成电压不平衡的比较

以 A 相发生故障为例,对不同故障类别时,中性点不接地系统的相电压的幅值、零序电压、接地信号情况进行比较,如下表所示。 $U_A$ 、 $U_B$ 、 $U_C$ : 故障时的电压幅值,  $U_P$ : 正常状态的相电压幅值,  $U_L$ : 正常状态的线电压幅值。

故障类别	检查项目	$U_A$	$U_B$	$U_C$	零序电压、接地信号
------	------	-------	-------	-------	-----------

PT 保险熔断	一次保险熔断	0	$U_P$	$U_P$	有
	二次保险熔断	0	$U_P$	$U_P$	无
单相接地	金属性接地	0	$U_L$	$U_L$	有
	高电阻接地	$0 < U_A < U_P$	$U_P < U_B < U_L$	$U_P < U_B < U_L$	有
谐振	基波谐振	一相电压降低，但不为 0，另外两相电压升高，超过线电压（不超过 3 倍相电压），有零序电压产生，会发接地信号。			有
	分频谐振	产生分频谐振时，三相电压同时或依次轮流升高，并超过线电压（不超过 2.5 倍相电压），有零序电压产生，会发接地信号			有

经过对不同故障造成三相电压不平衡的分析，可以发现电压互感器保险熔断相电压只降不升，二次保险熔断无零序电压和接地信号。单相接地时，相电压一相降另外两相升高，但不超过线电压。谐振时，相电压升高超过线电压。

#### 4 结语

对变电站内不同故障引起的三相电压不平衡进行分析比较，发现在发生 PT 保险熔断、单相接地、谐振时其电压幅值的变化和接地信号的产生能够帮助变电运行人员快速查找到故障，及时的处理。

#### 参考文献：

- [1]张振国，解决 35kV 母线三相不平衡电压的措施。华北电力技术，No. 1，1998  
[2]周丽洁，电缆线路电容补偿分析。西铁科技，3/2006 21-22

#### 作者信息：

姓名：王旭；出生年：1995年；性别：男；职称：助理工程师；学位：学士学位；当前从事的研究或工作：变电站值班员；电子邮箱：1813983053@qq.com；联系电话：18487197842。

姓名：吴海；出生年：1991年；性别：男；职称：助理工程师；学位：学士学位；当前从事的研究或工作：变电站值班员；电子邮箱：wuhai@hh.hk.yn.csg.cn；联系电话：15987384645。

姓名：朱小超；出生年：1996年；性别：男；职称：副值班员；学位：学士学位；当前从事的研究或工作：变电站值班员；电子邮箱：2537220015@qq.com；联系电话：15798737491。

姓名：杨帆；出生年：1989年；性别：女；职称：助理工程师；学位：学士学位；当前从事的研究或工作：变电站值班员；电子邮箱：yangfan@hh.gj.yn.csg.cn；联系电话：15987793765。