

任务3 电力系统中性点运行方式

教案头：

项目	项目一 供配电系统认识		
任务	任务2 电力系统中性点运行方式	学时	4
教学目标	知识目标	技能目标	素质目标
	1. 了解电力系统中性点运行方式。 2. 了解低压供电系统中性点接地方式。 3. 熟悉建筑供电系统典型方案。 4. 掌握供配电系统的负荷。	1. 会电力系统中性点运行方式的应用。 2. 会判断供配电系统的负荷等级	1. 遵守课堂纪律,不迟到,不早退; 2. 课堂上不玩手机,积极参与教学互动; 3. 认真完成课堂练习并提出问题。
工作任务	参观学校电力系统,认识学校电力系统中性点运行方式。		
教学重点	电力系统中性点运行方式应用		
教学难点	电力系统中性点运行方式分析		
教学策略	视频、案例教学		
教学条件	《建筑供配电》智能课堂;微视频、PPT、习题库、发电厂图纸等		
作业	标出学校部分设备符合级别		
备注			

教学内容：

一、任务概述

了解电力系统中性点运行方式,低压供电系统中性点接地方式。熟悉建筑供电系统典型方案。掌握供配电系统的负荷。

二、知识准备

电力系统的中心点是指三相绕组作星形连接的变压器和发电机的中性点。电力系统中性点与大地之间的电气连接方式,称为电力系统中性点运行方式。在电力系统中,中性点的运行方式有:中性点不接地、中性点经消弧线圈接地和中性点直接接地三种。前两种接地系统称为小接地系统,后一种接地系统又称为大接地电流系统。

1. 中性点不接地的三相系统

(1) 正常运行情况

中性点不接地系统正常运行时,电力系统的三相导线之间及各相对地之间,沿导线全长都分布有电容,这些电容在电压作用下将有附加的电容电流通过。为了便于分析,可认为三相系统是对称的,对地电容电流可用集中于线路中央的电容来代替,相间电容可不予考虑。

系统正常运行时,电源三相相电压分别为 \dot{U}_A 、 \dot{U}_B 、 \dot{U}_C 是对称的。

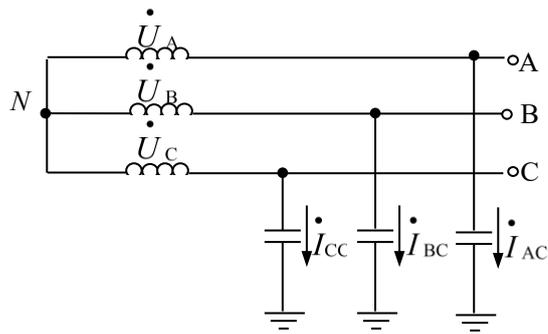


图 1-5 中性点不接地系统正常运行

如图 1-5 所示。此时各相对地分布电压为相电压，三相对地电容电流分别为 \dot{I}_{AC} 、 \dot{I}_{BC} 、 \dot{I}_{CC} 也是对称的，中性点 N 点的电位为零。

(2) 单相接地故障

当中性点不接地系统由于绝缘损坏发生单相接地故障时，各相对地电压和电容电流的情况将发生明显变化。我们以金属性接地故障为例进行分析，中性点不接地系统单相接地情况如图 1-6 所示。

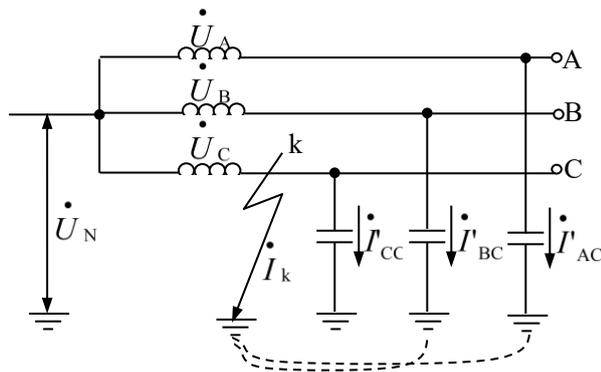


图 1-6 中性点不接地系统发生单相接地故障

金属性接地又称为完全接地。设 C 相在 k 点发生单相接地，此时 C 相对地电压为零。而中性点对地电压不再为零：

$$\dot{U}_{N'} = -\dot{U}_C$$

A 相对地电压为：

$$\dot{U}_{A'} = \dot{U}_A - \dot{U}_C = \dot{U}_{AC}$$

B 相对地电压为：

$$\dot{U}_{B'} = \dot{U}_B - \dot{U}_C = \dot{U}_{BC}$$

经分析可知，中性点不接地系统发生单相接地故障时，系统的三个线电压无论其相位和大小均保持不变，系统中所有设备仍可照常运行，故允许其继续运行 2 小时。

而非故障相对地电压升高到原来相电压的 $\sqrt{3}$ 倍,变为线电压,因此这种系统的设备相绝缘,不能只按相电压来考虑,而按线电压来考虑。

另外,非故障相对地电压的升高,又造成对地电容电流相应增大,各相对地电容电流分别升为 \dot{I}'_{AC} 、 \dot{I}'_{BC} 、 \dot{I}'_{CC} ,C相在k点的对地短路电流为 \dot{I}_k ,而 $\dot{I}'_{CC}=0$,则

$$\dot{I}_k = -(\dot{I}'_{AC} + \dot{I}'_{BC})$$

$$\dot{I}'_{AC} = \frac{U'_A}{X_C} = \frac{\sqrt{3}U_A}{X_C} = \sqrt{3}\dot{I}_{AC}$$

$$\dot{I}_k = \sqrt{3}\dot{I}'_{AC} = 3\dot{I}_{AC}$$

结论:单相接地时流过接地点的电流为正常运行的每相对地电容电流的3倍,会引起电弧,此电弧的强弱与接地电流的大小成正比。

(3) 适用范围

当线路不长,电压不高时,接地点的电流数值较小,电弧一般能自动熄灭。特别是在35kV及以下的系统中,绝缘方面的投资增加不多,而供电可靠性较高的优点比较突出,中性点宜采用不接地方式。

目前,我国中性点不接地系统的适用范围是:

- ① 电压等级在500V以下的三相三线制系统;
- ② 3~10kV系统接地电流小于或等于30A时;
- ③ 20~35kV系统接地电流小于或等于10A时;
- ④ 与发电机有直接电气联系的3~20kV系统,如要求发电机带单相接地故障运行,则接地电流小于或等于5A时。

2. 中性点经消弧线圈接地方式的三相系统

在中性点不接地系统中发生单相接地时,如果接地电流较大,将会在接地点产生断续电弧,这就可能使线路发生谐振过电压现象,为了克服这个缺点,可将电力系统的中性点经消弧线圈接地,如图1-7所示。

消弧线圈实际上是一种带有铁芯的电感线圈,其电阻很小,感抗很大,其铁芯柱有很多间隙,以避免磁饱和,使消弧线圈有一个稳定的电抗值。系统正常运行时,中性点电位为零,没有电流流过消弧线圈。

当系统发生单相接地(设C相)短路故障时,C相对短路电流为 \dot{I}_k ,流过消弧线圈的电流为 \dot{I}_L ,且 $\dot{I}_k + \dot{I}'_{AC} + \dot{I}'_{BC} - \dot{I}_L = 0$

因此, $\dot{I}_k = \dot{I}_L - (\dot{I}'_{AC} + \dot{I}'_{BC})$ 。由此可知,单相接地短路电流是电感电流与其他两相对地电容电流之差,选择适当大小消弧线圈电感L,可使 \dot{I}_k 值减小。

中性点采用经消弧线圈接地方式，就是在系统发生单相接地故障时，消弧线圈产生的电

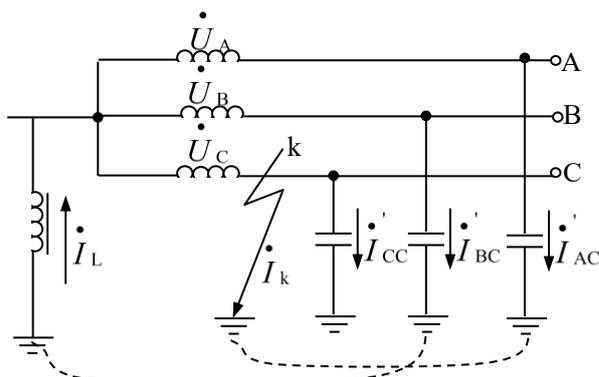


图 1-7 中性点经消弧线圈接地系统单相接地

感电流补偿单相接地电容电流，以使通过接地点电流减少能自动灭弧。消弧线圈接地方式在技术上不仅拥有了中性点不接地系统的所有优点，而且还避免了单相故障可能发展为两相或多相故障，产生过电压损坏电气设备绝缘和烧毁电压互感器等危害。

在各级电压网络中，当单相接地故障时，通过故障点的总的电容电流超过下列数值时，必须尽快安装消弧线圈：

- ① 对 3kV~6kV 电网，故障点总电容电流超过 30A；
- ② 对 10kV 电网，故障点总电容电流超过 20A；
- ③ 对 22kV~66kV 电网，故障点总电容电流超过 10A。

3. 中性点直接接地的三相系统

中性点直接接地的系统称为大接地电流系统，如图 1-8 所示。

这种系统中，正常运行时，由于三相系统对称，中性点的电压为零，中性点没有电流流过。当发生单相接地时，由于接地相直接通过大地与电源构成单相回路，故称这种故障为单相短路。单相短路电流 I_k 非常大，必须通过继电保护装置立即动作，使断路器

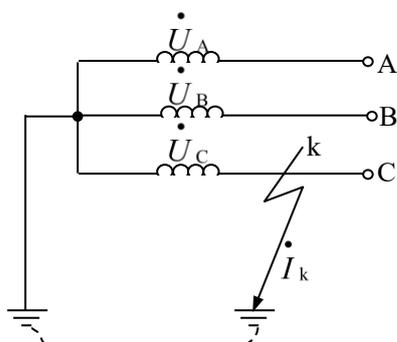


图 1-8 中性点直接接地系统单相接地

断开，切除故障部分，以防止 I_k 造成更大的伤害。如果故障是瞬时的，可利用重合闸恢复正常运行。

目前我国电压为 110kV 及以上的电力系统，广泛采用中性点直接接地的运行方式。

4 低压配电系统的接地方式

我国 380/220V 低压配电系统广泛采用中性点直接接地的运行方式，而且引出有中性线（N 线），保护线（PE 线），或保护中性线（PEN 线）。电器设备在使用时必须采用接地或接零的保护措施，故低压配电系统就可分为 TN 系统，TT 系统和 IT 系统。

1) TN 系统

TN 系统的中性点直接接地，所有设备的外露可导电部分均接公共的保护线（PE 线）或保护中性线（PEN 线），这种保护方式称为“保护接零”。TN 系统又分为 TN-C 系统（N 线

与 PE 线全部合并),TN-S 系统 (N 线与 PE 线全部分开), TN-C-S 系统 (N 线与 PE 线前一部分合并, 后一部分分开), 如图 1-9 所示。

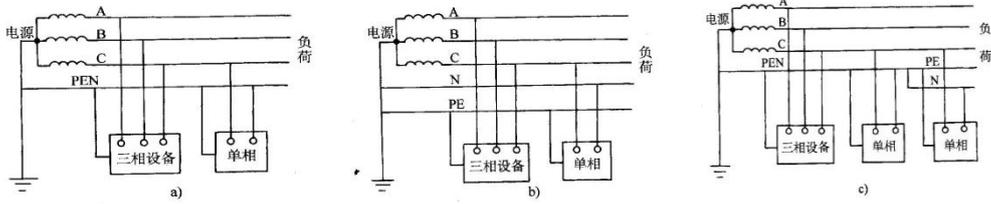


图 1-9 低压配电系统的 TN 系统

a. TN-C 系统 b. TN-S 系统 c. TN-C-S 系统

2) TT 系统

TT 系统中所有设备的外露可导电部分均各自经 PE 线单独接地, 如图 1-10 所示。

3) IT 系统

IT 系统中所有设备的外露可导电部分也都各自经 PE 线单独接地, 如图 1-11 所示。它与 TT 系统不同的是, 其电源中性点不接地或经高阻抗接地, 且通常不引出中性线。

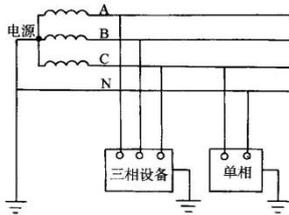


图 1-10 低压配电的 TT 系统

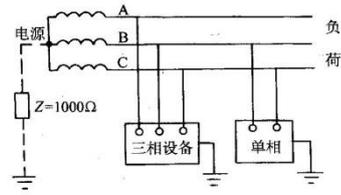


图 1-11 低压配电的 IT 系统