

## 移动通信基站电源故障分析

张亚丽, 徐忠宇

(中国移动通信集团设计院有限公司 北京 100080)

**摘要:** 重点介绍了当前基站供电中应该注意的一些问题, 并对其原因进行了一定的分析。

**关键词:** 零序电流保护; 零地电压; 接地

**中图分类号:** TN86 **文献标识码:** A

### The analysis of power supply fault for mobile communication base station

ZHANG Ya Li, XU Zhong Yu

(China Mobile Group Design Institute Co., Ltd., Beijing 100080, China)

**Abstract:** Some power supply problems should be paid more attentions were introduced, and the causation of these problems were analysed in some way.

**Key words:** zero sequence current protection; zero to earth voltage; grounding

近日某省基站设备上机加电时配电系统发生跳闸现象, 具体情况是: 开关电源整流模块在插入槽位后, 供电局交流电配电箱的零序电流保护空开就跳闸, 把单个模块分别插入, 也会出现跳闸。

经检查, 地阻为  $1.4\Omega$ , 供电局采用 N 线加装的零序电流保护空开动作整定值为 15A, 用万用表检查交流, 发现三相电压不平衡 (242~252V/231~208V/198~207V), 短时间内单相电压波动比较大并且零地电压偏高, 约 10~12V。经开关电源厂家工程师检查开关电源, 未发现故障。后将交流绕开零序电流保护器直接接入, 电源柜工作正常。

对于跳闸原因初步分析如下, 开关电源整流模块交流输入电路第一部分即为 EMI 电路, 该电路一般结构

形式如图 1 所示。

该电路有两方面作用: (1)避免电网中含有的共模和差模噪声对开关电源产生干扰; (2)减少开关电源整流电路对外界电网的电磁干扰, 其中共模干扰的抑制是通过相线、零线与地(机壳)之间的并联电容实现的。由此可见, 过高的零线对地电压、零线高次谐波以及三相电压不平衡会产生较大的零序电流, 再加上开关电源三相负载不平衡也会产生零序电流, 从而导致供电局交流电配电箱的零序电流保护空开跳闸。同时过高的相线和零线对地电压和零线高次谐波对电容影响较大, 当达到一定程度后即可造成电容被击穿、烧毁的严重后果。

开关电源厂家建议整改交流输入电路。经协商, 现场各方将此情况分别告知了监理、分公司和供电局, 供电局答复因平衡相电压要对电力系统进行调试, 会影响一个片区供电, 需要申请和安排停电, 不能马上解决问题, 未解决交流问题前, 开关电源存在可能损坏的隐患。经过 20 多天后, 供电局完成对交流供电系统整改, 到站上后测试电压为 230V/247V/210V, 电压有所改善, 零地电压为 7.7V, 不能满足开关电源厂家对零地电压  $<5V$  的要求。

但开关电源加电时供电局配电箱零序电流保护器

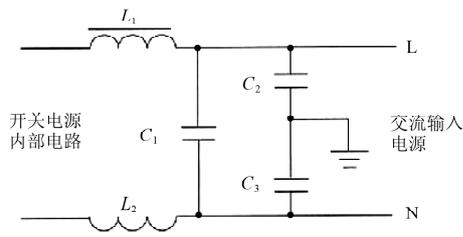


图 1 EMT 电路一般结构

仍然跳闸，还是未能解决问题。

由此我们总结上述现象，可得出两个问题：一是基站交流输入配电箱内是否有必要加装零序电流保护装置；二是零地电压过高的危害及处理。

## 1 基站交流输入配电箱内是否有必要加装零序电流保护装置

### 1.1 国家标准

国家标准《低压配电设计规范》GB50054 - 95 第 4.4.1 条：接地故障保护的设置应能防止人身间接电击以及电气火灾、线路损坏等事故。接地故障保护电器的选择应根据配电系统的接地型式，移动式、手握式或固定式电气设备的区别，以及导体截面等因素经技术经济比较确定。同时在第 4.4.10 条中明确指出接地故障可采用零序电流保护，此时保护整定值应大于配电线路最大不平衡电流。

### 1.2 零序电流保护装置工作原理

在三相线路上各装 1 个电流互感器 (C.T)，或让三相导线一起穿过一零序 C.T，也可在中性线 N 上安装 1 个零序 C.T，如图 2、图 3 所示，本基站选用图 3 模式。利用这些 C.T 来检测三相的电流矢量和，即零序电流  $I_0$ ， $I_A + I_B + I_C = I_0$ ，当线路上所接的三相负荷完全平衡时（无接地故障，且不考虑线路、电器设备的泄漏电流）， $I_0 = 0$ ；当线路上所接的三相负荷不平衡，则  $I_0 = I_N$ ，此时的零序电流为不平衡电流  $I_N$ ；当某一相发生接地故障时，必然产生一个单相接地故障电流  $I_d$ ，此时检测到的零序电流  $I_0 = I_N + I_d$ ，是三相不平衡电流与单相接地电流的矢量和。

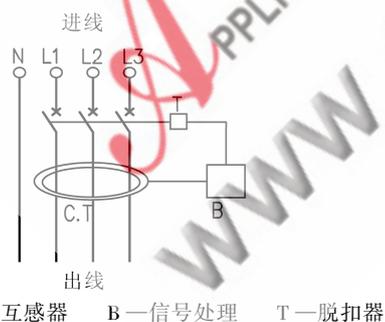


图 2 三相导线一起穿过零序 C.T

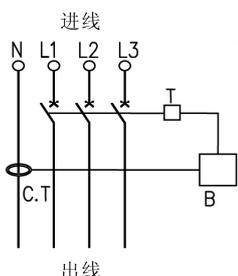


图 3 中性线 N 上安装一个零序

### 1.3 零序电流保护装置适用场所

零序电流保护一般适合使用于 TN 接地系统。因为当发生一相接地时，对 TN-S 系统  $I_d$  回路阻抗包括相线阻抗  $Z_1$ 、PE 线阻抗  $Z_{PE}$  和接触阻抗  $Z_f$ ，即  $Z_s = Z_1 + Z_{PE} + Z_f$ ；对于 TN-C 系统， $I_d$  回路阻抗包括相线阻抗  $Z_1$ 、 $PE_N$  线阻抗  $Z_{PEN}$  和接触电阻  $Z_f$ ，即  $Z_s = Z_1 + Z_{PEN} + Z_f$ ；对于 TN-C-S 系统， $I_d$  回路阻抗包括相线阻抗  $Z_1$ 、 $PE_N$  线阻抗  $Z_{PEN}$ 、PE 线阻抗  $Z_{PE}$  和接触电阻  $Z_f$ ，即  $Z_s = Z_1 + Z_{PEN} + Z_{PE} + Z_f$ ，产生的单相接地故障电流  $I_d = 220V/Z_s$ ，明显大于无故障时的三相不平衡电流，只要整定合适，就可检测出发生接地故障时的零序电流，以切断故障回路，见图 4。

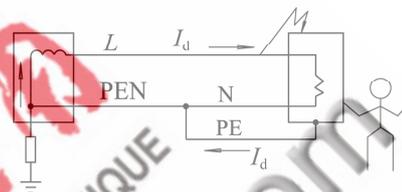


图 4 TN 系统接地故障回路

而对 TT 接地系统，常应用于工农业、民用建筑的照明、动力混合供电的三相四线配电系统中，常发现三相不平衡电流较大，当发生一相接地时， $I_d$  回路阻抗包括相线阻抗  $Z_1$ 、PE 线阻抗  $Z_{PE}$ 、负载侧接地电阻  $R_A$  和电源侧接地电阻  $R_B$ ，接触阻抗  $Z_f$ ，即  $Z_s = Z_1 + Z_{PE} + R_A + R_B + Z_f$ ，接地故障电流  $I_d = 220/Z_s$ ，由于  $R_A + R_B \gg Z_1 + Z_{PE} + Z_f$ ，且  $R_A + R_B$  数值一般均较大，很明显 TT 系统的故障回路阻抗大，产生的单相故障电流  $I_d$ ，远远小于不平衡电流，很难检测出故障电流，故不适用于 TT 接地系统，见图 5。

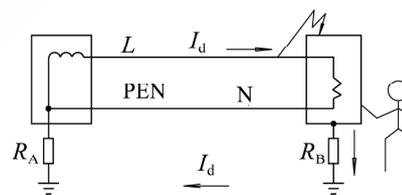


图 5 TT 系统接地故障回路

《农村低压电力技术规程》DL/T 499 - 2001 第 3.4.1 条规定农村低压电力网宜采用 TT 系统，城镇、电力用户宜采用 TN-C 系统；对安全有特殊要求的可采用 IT 系统。同一低压电力网中不应采用两种保护接地方式。

由上可知，在进行配电箱配置时就需要考虑零序电流保护装置是否有必要设置。虽然零序电流保护装置可以有效防止三相不平衡时零序电流过高，保证电网安全，但零序电流保护装置不适用于 TT 接地系统及谐波电流较大的 TN 系统。由于通信基站内三相负载不平衡现象严重，并且开关电源或 UPS 设备会产生较大谐波电流，同时郊区或农村基站电源系统接地一般采用

TT 型式较多, 因此不建议在通信基站外接电源线路配置零序电流保护装置, 可考虑改用剩余电流保护。

对上述问题考虑以下解决方案: ①通信基站外接电源最好采用专线引入; ②在通信基站中尽量不要设置零序电流保护装置, 同时在配电时尽量做到三相电流平衡, 如果仍不能解决, 就需要在电源侧加装带有分相调压的稳压器; ③如果必须设置零序电流保护装置时(当地供电局强制要求), 应该把零序电流保护装置动作电流整定调大至空开电流整定 25% 左右, 同时在电源侧加装带有分相调压的稳压器。

## 2 零地电压过高的危害及处理

### 2.1 零地电压的形成

造成零地电压过高的情况很多, 目前主要有以下几种情况:

- (1) 三相电源配电时负载不平衡;
- (2) 接地电阻不符合规范要求;
- (3) N 线、PE 线线径不够或断路;
- (4) 高频谐波引起电位升高;
- (5) 电磁场干扰;
- (6) 使用 UPS、电子稳压器等电子供电设备;
- (7) 使用的插线板不符合电器标准等。

造成该基站零地电压过高主要是外部配电路本身由于负载不平衡产生零地电压再叠加本基站由 (1) 和 (6) 产生的零地电压所致。

### 2.2 零地电压的危害

零地电压对负载的影响, 主要表现在 3 个方面:

- (1) 引起硬件故障、烧毁设备;
- (2) 引发控制信号的误动作;
- (3) 影响通信质量, 延误或阻止通信的正常进行。

另外, 在三相四线制配电系统中, 零线断线或虚接将导致中性点电位偏移, 从而导致单相用电设备工作电压异常, 甚至设备烧毁。因此即使由于负载不平衡导致的零地电压正常升高, 设备厂家及维护人员仍然会担心零线接地是否异常, 所以在实际应用中零地电压经常作为判断零线断线或虚接的参考, 很多设备厂家也会对零地电压提出限制, 如本基站使用的开关电源厂家要求零地电压不大于 5V。

### 2.3 零地电压的控制

因为零地电压是影响机器运行可靠性的重要因素, 零地电压高会造成机器故障或损害, 所以必须对它加以控制。因为零地电压的形成原因很复杂, 所以控制要有针对性。具体到零地电压对负载的影响, 则应当具体问题具体讨论。主要考虑的问题和解决的途径有:

(1) 负载平衡问题, 三相用电不平衡, 零线上的电流就会加大, 零线两端的电压差就会直接造成零地电压。对由上述原因产生的中性点偏移而引起零地电压过高的防治措施, 除了从设备维护管理着手, 在可能的条件下要尽量配平三相负载, 并定期根据负载的使用变化进行必要的调整; 还可以通过增加零线截面积, 减少零线的线路电压损失, 从而在一定程度上降低零地线电压, 减小中性点偏移。GB50054-95《低压配电设计规范》“第 2.2.6 条: 在三相四线制配电系统中, 中性线的允许截流量不应小于线路中最大不平衡负荷电流, 且应计入谐波电流影响。”的相关规定都应得到严格执行。

(2) 建立良好的接地系统, 尽量降低接地电阻。接地电阻一高, 很小的电流就会产生零地电压, 所以一定要降低。接地系统中, 特别要注意的是地线截面积问题, 因为电阻的大小与长度成正比, 与截面积成反比。

(3) N 线进行重复接地, 可减少零点飘移, 使各相电压稳定。如果采用 TT 方式供电系统, 必须征得供电局同意并且保证前侧没有漏电保护器的情况下 N 线重复接地; 如果采用 TN-C 方式供电系统, 可以在进户前做好 PEN 线重复接地工作。

(4) 加装隔离变压器也是降低零地电压的有效措施。在零地电压过高, 一般手段无法控制零地电压的情况下, 为保证负载正常上电开机, 通常的做法是采用加装隔离变压器的办法, 来隔离输入和输出之间的连接, 在变压器副边零地短接, 从而达到降低零地电压的目的。但应注意采用这种方法后, 加装隔离变压器后严禁把负载零线 N 连接到电网零线 N, 由于接地的不可靠可能会造成设备损坏甚至人身伤害, 所以一定要保证接地系统满足机房的接地规范要求并保证使用中的可靠性。

由于开关电源厂家要求基站零地电压不大于 5V, 而本站经过改造后仍然为 7.7V, 显然不能满足要求。因此需要采取上述几项措施降低零地电压。

由于目前大多数基站都设置在郊区或农村, 电力质量不是很好, 电压波动大, 三相严重不平衡, 零地电压过高。因此在郊区或农村选择站址时一定要考虑电源质量, 如果条件允许, 尽量采用专用变压器供电的方式; 如果条件不允许, 应采取措施尽量降低零地电压以满足设备供电要求。

### 参考文献

- [1] 王力坚. 关于供电线路中零地电压的形成、危害与控制. 金融电子化, 2006(10).

(收稿日期: 2009-01-04)