

# 低压配电系统接地型式与保护选用

王仕昆

(唐山供电公司, 河北 唐山 063000)

**摘要:** 概述了各种接地制式的低压配电系统, 通过对各种接地制式的分析, 指出了它们的适用范围, 提出了各自的保护方式, 以及如何设计和选择漏电保护器。

**关键词:** 低压配电系统; 接地装置; 安全; 漏电; 保护器

## The types of grounding and protective selection of low voltage distribution system

WANG Shi-kun

(Tangshan Electric Power Supply Company, Tangshan 063000, China)

**Abstract:** This paper discusses low-voltage distribution system with different modes of grounding. By analyzing the modes of grounding, the paper points out the fields where the modes are suitable, then adaptive method of protection are selected according to the grounding modes. How to design and choose RCD is also discussed.

**Key words:** low-voltage distribution system; grounding device; safety; remainder current; protective device

中图分类号: TM64 文献标识码: B 文章编号: 1003-4897(2007)23-0070-03

## 0 引言

低压配电系统在运行中可能会因内部绝缘损坏或老化引起设备外壳带电; 用电设备在潮湿环境下绝缘水平降低而使设备不应带电部位带电; 电源引线绝缘损坏与外壳相碰也会使设备外壳带电等等, 都可能产生漏电电流。漏电电流不仅会引起人身事故, 还会引发电气火灾造成财产损失, 在低压配电线路上安装漏电保护开关是安全用电的有效措施。在低压配电系统中, 接地是比较重要的一个环节, 良好的接地装置是保障设备及人身安全的重要部分。GB 13955-2005《剩余电流动作保护装置安装和运行》中规定, 当剩余电流保护装置用于间接接触电击事故防护时, 应正确地与电网的系统接地型式相配合, 因此有必要介绍低压配电系统接地型式的特点, 以利于剩余电流保护装置的正确安装使用。

## 1 低压配电系统接地型式简介

我国现行低压配电系统接地型式大致有 TN 系统、TT 系统、IT 系统几种型式。

### 1.1 TN 系统

电力系统有一点直接接地, 电气装置的外露可接近导体通过保护线与该接地点相连接, 按照中性

线与保护线的组合情况, TN 接法又分为 TN-S、TN-C、TN-C-S 三种型式:

#### 1) TN-S 型式

它是把中性线与保护线分开, 并分别接在电气回路中以及设备外露导电部分, 具体接法见图 1。

#### 2) TN-C-S 型式

它的接法是中性线与保护线有一部分是公用的, 而另一部分是分开的, 如图 2 所示。

#### 3) TN-C 型式

这种接法是把中性线与保护线合并在一起, 详见图 3。

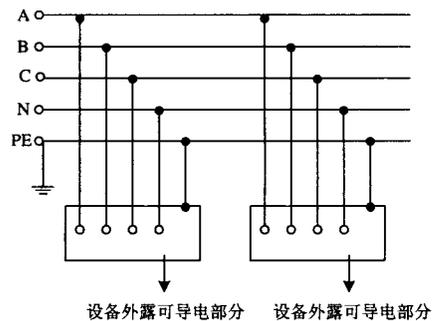


图 1 TN-S 系统

Fig.1 TN-S system

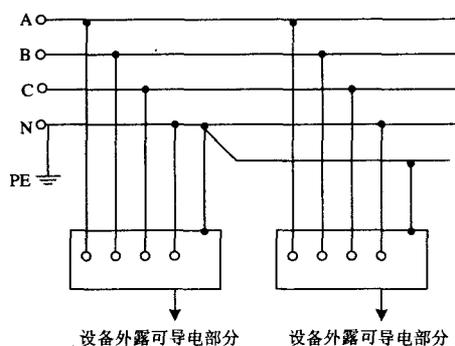


图 2 TN-C 系统

Fig.2 TN-C system

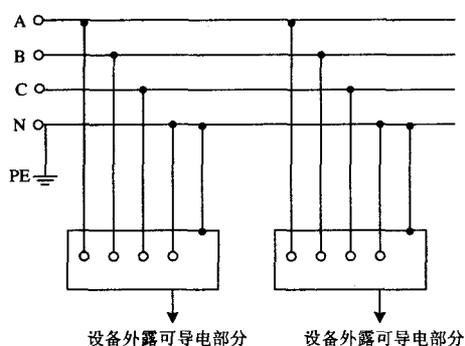


图 3 TN-C-S 系统

Fig.3 TN-C-S system

## 1.2 TT 接法

在 TT 接法中电气设备的外露导电部分接在一个独立的接地装置上,它与低压系统的接地点无关。见图 4。

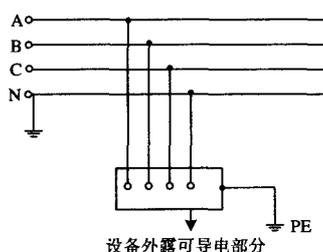


图 4 TT 系统

Fig.4 TT system

## 1.3 IT 接法

IT 接法的电源部分有的三条相线与用电设备相连,电气设备的外露导电部分单独接地,具体见图 5 所示。

## 2 各类接地系统的特点分析

### 2.1 TN 系统

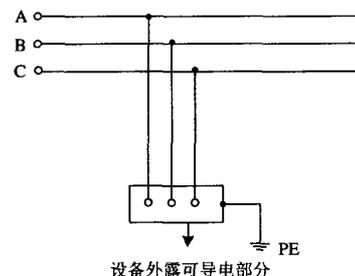


图 5 IT 系统

Fig.5 IT system

不论是 TN-C-S 系统, 还是 TN-S 系统、TN-C 系统, 在同一电源供电的范围内, 所有的 PE 线、PEN 线都是连通的, 因此在 TN 系统内 PE 线、PEN 线上的故障电压, 可在各个装置间互窜, 对此需采取等电位联结措施加以防范, 以免故障电压的传导引起事故。

TN-C 系统不安全因素较多, 在民用建筑中不应采用, 可用于仅有单相(220 V)携带式、移动式用电设备(不必接零)场合。TN-S 系统适用于工业企业, 大型民用建筑。TN-C-S 系统适用于工业企业, 当负荷端装设 RCD, 干线末端装有断零保护, 也可用于住宅小区。

### 2.2 TT 系统

从图 4 可知, TT 系统的电气装置各有其自己的接地极, 正常时装置内的外露可接近导电部分为地电位, 电源侧和各装置出现的故障电压不互窜。但发生接地故障时, 因故障回路内包含两个接地电阻, 故障回路阻抗较大, 故障电流较小, 一般不能用过电流保护兼作接地故障防护, 为此必须装用剩余电流保护装置来切断电源。

TT 系统可适用于农村居住区、市电用户和分散的民用建筑以及对接地要求高的电子设备场所。

### 2.3 IT 系统

从图 5 可知, IT 系统在发生接地故障时由于不具备故障电流返回电源的通路, 其故障电流仅为非故障相的对地电容电流, 其值甚小, 因此对地故障电压很低, 不致引发事故。所以发生一个接地故障时, 不需切断电源而使供电中断。但它一般不引出中性线, 不能提供照明、控制等需用的 220 V 电源, 且其故障防护和维护管理较复杂, 加上其它原因, 使其应用受到限制。

IT 系统适用于环境不良, 易发生一相接地或火灾爆炸的场所, 如煤矿、化工厂、纺织厂, 也可用于农村地区。近几年逐步应用于重要建筑物内的应急电源系统, 以及医院手术室等重要场所的动力和

照明系统。

### 3 漏电总保护器安装的意义

对于漏电总保护器的安装,是近年才提出来的要求,以前规定,如《架空配电线路及设备运行规程》SD292-88,要求在低压配电线路的干线和分支终端处重复接地,唐山供电公司的《架空配电线路及设备运行规程》中也有同样规定,只是近年才提出:低压配电网为三相四线制中性点直接接地系统,应采用漏电总保护器,其后不得有重复接地。其实,这是观念的一大进步,前者强调,一旦零线断开,不致于对电气设备造成过电压;后者强调人身安全。

在TT(接地保护)低压供电系统中,配电变压器接地电阻规程要求为:配电变压器容量为100 kVA以上时,接地电阻小于4 Ω,配电变压器容量在100 kVA及以下,接地电阻为不大于10 Ω。假如其他保护接地装置的接地电阻为10 Ω,则一旦电气设备发生漏电,其电气设备外壳对地电压将达110 V以上,大于人体50 V的安全电压。因此,要尽量使用漏电总保护器。

### 4 剩余电流保护器(以下简称RCD)的选择与使用

#### 4.1 RCD的分类、型式、参数

RCD分为电子式、电磁式,其产品名称有:漏电断路器——漏电保护+断路器(带过载短路保护);漏电开关——漏电保护+接触器(有过载保护);触电保护器——漏电保护+单投开关。

其主要参数:(1)额定电压 $V_e$ : 380 V、220 V;额定电流15~200 A;(2)极数:二极(单相)、三极(三相)、四极(三相);(3)额定动作电流 $I_{\Delta n}$ :高灵敏度 $I_{\Delta n}=6\sim 30$  mA,中灵敏度 $I_{\Delta n}=50\sim 500$  mA,低灵敏度 $I_{\Delta n}=200\sim 1000$  mA、>1000 mA;(4)漏电动作时间:快速型 $t\leq 0.1$  s,  $t\leq 0.2$  s,延时型 $t=0.2$ 、0.4、0.6 s,长延时型 $t<1\sim 2$  s。

#### 4.2 RCD的正确选择

4.2.1 确定在配电系统末端选用RCD的电击能量(电能×时间)的安全界限为30 mA·s。

1) 仅有一级漏电保护时: $I_{\Delta n}=U_r/R_S$ ,式中 $U_r$ 为安全接触电压,干燥场所取56 V,潮湿场所取25 V,特别潮湿场所取2.5 V; $R_S$ 为设备外壳接地电阻(Ω)。

2) 有级数漏电保护时: $I_{\Delta n1}\geq 3I_{\Delta n2}$ 、 $t_1\geq t_{fd}$ ,式中 $I_{\Delta n1}$ 为上一级RCD额定动作电流, mA; $I_{\Delta n2}$ 为下一级RCD额定动作电流, mA; $t_1$ 为上一级RCD可返回的时间, s; $t_{fd}$ 为下一级RCD合、分断时间, s。

3) 系统正常泄漏电流 $I_g$ 要小于RCD额定动作电流 $I_{\Delta n}$ ,且 $I_{\Delta n}\geq 4I_g$ 。

#### 4.2.2 RCD动作电流的选择

可按JGJ/T16-92第14·3·11条选择,在此只增加一条:为防止电气火灾,除在电气设备侧装设RCD外,应在电源进线装设RCD,作为后备保护,RCD三级选择原则为:

- 1) 分支线及线路末端用电设备选择RCD,取 $I_{\Delta n}=30$  mA,  $t\leq 0.1$  s;
- 2) 支线选择RCD:取 $I_{\Delta n}=300$  mA,  $t\leq 0.3$  s;
- 3) 干线选择RCD,取 $I_{\Delta n}<1000$  mA,  $t\leq 1$  s。

### 5 漏电保护器的使用情况

目前,我市农村漏电总保护器使用正处于过限期:一方面,农网两改一同价后,工业线与照明线合二为一,综合线上的用户增多,势必造成漏电总保护器投运难度;另外,同价后,配电室由原村电工代管改为供电所直接管理,漏电总保护器的频繁跳闸,将大大增加供电所工作人员的工作量。另一方面,随着电网的改造,线路状况大有好转,线路泄漏减小,同时,随着变压器“小容量、密布点”原则的实施,每台配电变压器综合线上的用户将逐渐减少;再者,供电所对用户管理到户后,重新安装的电能表及表箱防窃电功能大大提高,很难再进行一相一地窃电。这一切,又有利于漏电总保护器的投运。

用户分漏电保护器的选择,宜采用动作电流不大于30 mA的漏电保护器,最好是带过压保护的漏电保护器,动作值为270 V±10%,动作时间小于0.1 s。如DZ47系列产品在实际应用中起到较好效果。

漏电总保护器宜采用智能型漏电保护器。目前国内较早采用的鉴相鉴幅型、脉冲型漏电保护器,它们在六七十年代采用的电流型漏电保护基础上,增加了一个能分辨突变漏电的功能,在突变作值整定在30~100 mA,从对人体触电安全保护角度来讲,应控制在50 mA以下为安全电流,而在电网实际运行中,40~180 mA左右的突变漏电信号非常多,也就是说,并非是人体触电而引起漏电保护器误动作相当多。我公司在城乡结合部及农网三期改造中使用的HSFL1-250型漏电保护器实际效果较好,此漏电保护器是一种新型的漏电保护装置。它能区分活体动物接触电流和漏电电流;漏电动作值较大,允许较大漏电量的瞬间出现,并具有延时、

(下转第76页 continued on page 76)

果。

### 参考文献

- [1] LI Yong-chao, LIU Wen-ding. A Water Supply System of Telemeter and Remote Control Based on Neural Fuzzy Control Technique[A]. In: The 5th International Symposium on Test and Measurement (ISTM)[C]. 2003. 1269-1272.
- [2] 李永超, 马谦, 张国钧. 洗煤厂过滤机液位计算机监控系统[J]. 能源基地建设, 2002, (6): 40-42.  
LI Yong-chao, MA Qian, ZHANG Guo-jun. The Computer Integrated Monitoring System for Pulp Level of a Filter in Large Coal Preparation Plant[J]. Energy Base Construction, 2002, (6): 40-42.
- [3] 许继集团公司. SJK-8000 水电厂自动化系统技术说明书[Z].

(上接第 69 页 continued from page 69)

- [6] 李九虎, 罗苏南, 郑玉平. 变电站过程层的数字化[A]. 中国电机工程学会年会论文集[C]. 2006.  
LI Jiu-hu, LUO Su-nan, ZHENG Yu-ping. The Realization of Process Level of Digital Substation[A]. In: CSEE[C]. 2006.
- [7] Kasztenny B, Kulidjian A. An Improved Transformer Inrush Restraint Algorithm Increases Security While Maintaining Fault Response Performance[A]. In: 53rd Annual Conference for Protective Relay Engineers[C], 2000.
- [8] 郝治国, 张保会, 褚云龙, 等. 变压器空载合闸励磁涌流抑制技术研究[J]. 高压电器, 2005, (2).  
HAO Zhi-guo, ZHANG Bao-hui, CHU Yun-long, et

(上接第 72 页 continued from page 72)

重合闸、节能等功能, 抗干扰性强。这种新型的保护器有效地减少了保护器的跳闸次数, 提高了设备投运率, 在很大程度上解决了用电安全和供电稳定的矛盾, 为分级保护提供了一种新的保护模式。

合理选用漏电保护开关可以大大提高安全用电水平, 减少人身伤亡事故。自漏电保护开关这项漏电保护技术开展以来, 对保护人身安全和财产安全起了很好的作用, 其效果已是很明显的, 因此应得到广泛的应用。

### 参考文献

- [1] GB50054-95, 低压配电设计规范[S].  
GB50054-95, Code for Design of Low Voltage Electrical Installations[S].

XJ Group Corporation. The Technical Manual of SJK-8000 Hydropower Station's Automation System Ver-1.0[Z].

- [4] Modicon Modbus Plus Network BM85 Bridge Multi Plexer User Guide (890 USE 103 00), Version 1.0[Z].
- [5] Modicon Quantum Hot Standby Planning and Installation Guide (840 USE 106 00) [Z].

收稿日期: 2007-02-08; 修回日期: 2007-05-10

作者简介:

李永超(1978-), 男, 工学硕士, 现从事电力系统发电自动化方面的研究与应用工作; E-mail: yongchao-li@163.com

李炜(1979-), 女, 助理工程师, 硕士, 研究方向为交流励磁风力发电机控制技术研究。

al. Study on Inrush Current Restraining Technology when Energizing No-load Transformer[J]. High Voltage Apparatus, 2005, (2).

收稿日期: 2007-04-11; 修回日期: 2007-07-10

作者简介:

战学牛(1974-), 男, 工程师, 主要从事继电保护的检修与维护工作; E-mail: zhanxueniu@126.com

陈月红(1973-), 女, 工程师, 从事变电运行安全管理工作;

刘太华(1969-), 男, 主要从事变电站自动化系统设计与管理工作。

[2] GB50052-95, 供配电系统设计规范[S].  
GB50052-95, Code for Design of Electric Power Supply Distribution System[S].

- [3] 杨成德. 低压配电系统接地和接零保护[J]. 电工技术, 2000, (7).  
YANG Cheng-de. Grounding and Zero-Connection Protection of Low Voltage Electrical Installation System[J]. Electrotechnics, 2000, (7).

收稿日期: 2007-05-10; 修回日期: 2007-06-01

作者简介:

王仕昆(1967-), 男, 电力工程工程师, 从事配网运行管理工作. E-mail: tswsk@163.com