

Application of Grounding Fault Current in Temporary Power Distribution System at Construction Site

Jianbin Zhao

Beijing Shougang Construction Group Co., Ltd., Beijing, 100043, China

Abstract

This paper introduces that when the circuit breaker is used as indirect contact protection in the temporary distribution system on the construction site, when the system has a grounding fault, the allowable maximum length of copper core cable is determined by calculating the grounding fault current of the system, so as to provide the calculation idea of selecting the maximum power supply radius of copper core cable for electrical technicians and construction workers on the construction site.

Keywords

construction site; TN-S system; equivalent circuit; third level distribution; third level protection; earth fault current; power supply radius

施工现场临时配电系统接地故障电流的应用

赵建彬

北京首钢建设集团有限公司, 中国 · 北京 100043

摘要

论文介绍施工现场临时配电系统中断路器作间接接触防护时, 当系统发生接地故障, 通过计算该系统接地故障电流的方法来确定铜芯电缆允许最大长度, 以期为施工现场电气技术员及施工人员提供选择铜芯电缆最大供电半径的计算思路。

关键词

施工现场; TN-S系统; 等效电路; 三级配电; 三级保护; 接地故障电流; 供电半径

1 引言

施工现场临时配电系统中临时用电设施“用了拆, 拆了装”, 造成很多施工企业对临时配电系统的规划设计与安全管理工作重视程度不够^[1]。施工现场临时配电系统的规划设计不仅仅是一份简单工作, 更重要的是保护生命财产安全, 这就要求电气技术员及施工人员应该时刻关注施工现场用电情况, 不得有一丝的懈怠。

2 临时配电系统简述

三级配电三级保护在施工现场临时配电系统中广泛使用。三级配电按照“总配电箱—分配电箱—开关箱”顺序依次分级设置, 在施工现场应设置总配电箱, 总配电箱下设置分配电箱, 分配电箱下设置开关箱, 开关箱控制用电设备, 使其形成一个独立的供配电系统, 让其能够独立运行, 不互相影响, 以形成三级配电^[2]。论文中所讲述的“三级保护”是指在三级配电二级保护的基础上增加一级保护, 即施工现

场临时配电系统总配电箱、分配电箱和开关箱中全部配置漏电保护装置。施工现场配电系统最常见的三种故障: 短路保护、过负荷保护及间接接触(接地故障)防护^[3]。短路和过负荷保护计算方法简单且易于把控, 因而电气技术人员规划设计时考虑得比较周全。间接接触(接地故障)防护计算方法较为复杂或限制条件较多, 因而技术人员往往会忽略或考虑不周。间接接触(接地故障)防护虽然可作为其他直接接触防护措施失效或使用者疏忽时附加防护, 但不能单独作为直接接触的防护措施, 当系统中出现接地故障时, 由于施工现场区域较大, 如果保护断路器整定不合理或线路超过最大供电半径, 必然会导致断路器保护动作失效, 动作灵敏度不够^[4]。

3 临时配电系统基本设计程序

按照一个合理的设计程序对建筑工程临时配电系统进行规划设计, 这对搞好施工现场临时电系统如何配置至关重要的。基本设计程序如下:

①根据建筑工程的工作量需要, 选定所需要电动设备的电动机功率及照明器具, 核定各种电动机及照明器具的额定功率和额定电流量。

【作者简介】赵建彬(1992-), 男, 中国河北石家庄人, 本科, 从事建筑机电研究。

②根据各种电动机及照明器具的额定功率和额定电流,施工现场末端用电设备分为两种:一种为移动型设备(手持工具较多),一种为固定型设备^[5]。对于固定型设备,根据用电设备类型及功率来确定的“漏电保护”和“过载保护”等控制元件的规格、导线规格;对于移动型设备,为了提高施工效率,一般是将导线提前固定好,以便使用方便,若有移动型设备在近距离内必须设置开关装置,以及漏电保护装置和过载保护装置,以上两种都可以归为第三级配电(开关箱)^[6]。

③根据用电设施的类别或用电安装区域的需要,核算出同类别或同一区域内的所有用电设施的总额定功率和总额定电流量,并据此选定二级配电(配电箱)中的“漏电保护”和“过载保护”等控制元件的规格,以及二级配电中的导线规格^[7]。

④核算出各个二级配电箱,用电设施及照明器具的总

额定功率和总额定电流量,根据其结果确定一级配电(总配电箱)中的“漏电保护”和“过载保护”等控制元件的规格,以及主干线的规格^[8]。

⑤所有的用电设施(含备用设施)、控制元件和导线规格及配电箱确定后,应绘制出临时用电分布原理图,并标明所有临时供电系统中的设施、控制元件和导线的规格、数量及材质,交付有关人员安装,经调试合格后投入使用^[9]。

4 临时配电系统接地故障计算

4.1 计算模型

以 TN-S 系统为例,一次设计图模型(示例假设电源为无穷大电源)、TN-S 系统示意图、接地故障时 TN 系统等效电路图,由于电缆回路 X(电抗)远小于 R(电阻),X(电抗)可忽略不计^[10]。TN-S 系统等效电路如图 1~ 图 3 所示。

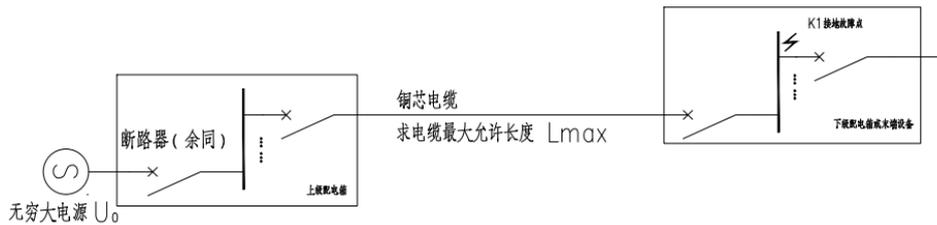


图 1 一次设计图模型

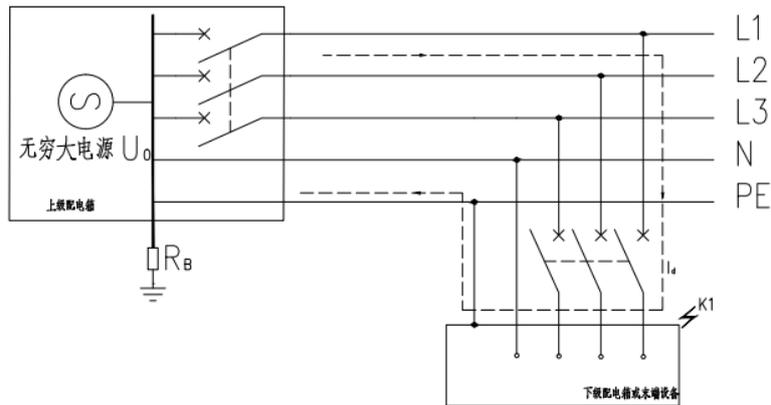


图 2 TN-S 系统接地故障示意图

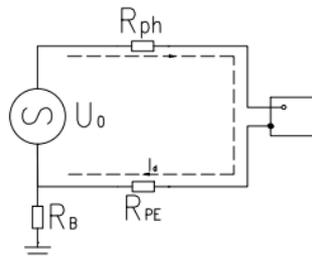


图 3 TN-S 系统接地故障等效电路图（忽略回路电抗 X）

4.2 计算公式

$$I_d = \frac{(0.8 \sim 1) U_0}{K \cdot 1.5 \rho (1+m)} \frac{L}{S_{ph}} k_1 \cdot k_2 \quad (1)$$

注：①在 TN 系统电气回路内，上式是根据 $I_d = \frac{U_0}{R_{PH} + R_{PE}}$

及 $R = \rho \frac{L}{S}$ 演变而来。

②上式摘自《工业与民用供配电设计手册》第四版。

式中： I_d ——接地故障电流。

0.8~1——电源处阻抗系统，是考虑接地故障回路省略变压器阻抗和高压侧阻抗导致的误差进行修正，当故障点远离配电变压器，线路截面较小，变压器容量较大时，取稿纸（0.95~1），反之，取较低值^[11-13]。

1.5——由于短路引起发热，电缆电阻增大系数。

U_0 ——相对地标称电压，V。

k_1 ——电缆电抗校正系数，当 $S_{PH} \leq 95\text{mm}^2$ 时，取 1.0，当 S_{PH} 为 120mm^2 和 150mm^2 时，取 0.96，当 $S_{PH} \geq 185\text{mm}^2$ 时，取 0.92。

k_2 ——电缆多拼校正系数，单根电缆取 1， $k_2 = 4(n-1)/n$ ， $n \geq 2$ （ n 为每相导体的并联根数）。

K ——可靠动作系数，采用断路器保护时，为瞬时动作误差系数（电磁脱扣器为 1.2，电子脱扣器为 1.1）和约定脱扣倍数（取 1.2）乘积。

ρ ——20℃时的导体电阻率， $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ 。

L ——电缆长度，m。

S_{PH} ——相导体截面， mm^2 。

m ——材料相同的每相导体截面积（ S_{PH} ）与 PE 导体截面积（ S_{PE} ）之比。

式 1 可变换为：

$$L = \frac{(0.8 \sim 1) U_0 \cdot S_{PH}}{K \cdot 1.5 \rho (1+m) \cdot I_d} k_1 \cdot k_2 \quad (2)$$

4.3 实例计算

实例 1：以导线 S_{PH} 取 25mm^2 为例，电源侧阻抗系数取 0.9； U_0 为 220V； ρ 为 20℃ 的铜导体电阻率，取 $0.0172 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ ； $S_{PE}=16\text{mm}^2$ ，因 $S_{PH} \leq 95\text{mm}^2$ ， $k_1=1$ ，单根电缆 $k_2=1$ ， $I_d=1000\text{A}$ （取断路器瞬时脱扣器整定电流 I_{set3} 值）。

计算如下：

$$L = \frac{0.9 \times 220 \times 16}{1.2 \times 1.2 \times 1.5 \times 0.0172 \times (1+2) \times 1000} \times 1 \times 1 = 44.0\text{m}$$

即最大长取整为 44.0m。

实例 2：以导线 S_{PH} 取 4mm^2 为例，电源侧阻抗系数

取 0.9； U_0 为 220V； ρ 为 20℃ 的铜导体电阻率，取 $0.0172 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ ； $S_{PE}=4\text{mm}^2$ ，因 $S_{PH} \leq 95\text{mm}^2$ ， $k_1=1$ ，单根电缆 $k_2=1$ ， $I_d=250\text{A}$ （取断路器瞬时脱扣器整定电流 I_{set3} 值）。

计算如下：

$$L = \frac{0.9 \times 220 \times 4}{1.2 \times 1.2 \times 1.5 \times 0.0172 \times (1+1) \times 250} \times 1 \times 1 = 42.0\text{m}$$

即最大长取整为 42.0m。

5 结语

由于接地故障电流计算较为繁琐、临时配电系统的特殊性等，电气技术员在施工现场临时配电系统规划设计时疏于计算或忽略。与短路保护和过负荷保护相比，间接接触（接地故障）防护则尤为重要，主要因为带电导体间的短路及过负荷发生的概率远小于接地故障^[14]。如果在临时配电系统规划设计时没有详细考虑断路器的灵敏度，导致断路器拒动作，对人身安全造成伤害，甚至由于故障电弧导致电气火灾。

参考文献

- [1] 王晓锐.浅谈建设工程施工现场临时用电方案编制[J].四川水泥,2020(2):127.
- [2] 何海强.工程建设施工现场临时用电系统的研究及开发[J].中国新技术新产品,2019(6):120-121.
- [3] 王森,刘栋,刘新安,等.超高层建筑工程临时用电技术[J].建筑技术开发,2018,45(16):125-127.
- [4] 胡宏宇.变流装置交流剩余电流保护分析与选择[J].现代建筑电气,2020,11(6):8-12+21.
- [5] 刘骥.基于数学形态学的小电流系统单相接地选线算法研究及工程实践分析[D].青岛:中国石油大学(华东),2020.
- [6] 秦文康.柔性直流配网接地保护的研究[D].杭州:浙江大学,2020.
- [7] 耿世杰.接地故障对路灯配电系统影响的研究及探讨[D].南京:东南大学,2019.
- [8] 葛红波.柔性直流配电网保护技术研究[D].北京:华北电力大学,2017.
- [9] 李震球.基于神经网络的小电流接地系统模式识别故障选线方法及应用[D].南昌:南昌大学,2014.
- [10] 金强.分布式电源故障特性分析及微电网保护原理的研究[D].天津:天津大学,2012.
- [11] 林泽科.高性能变压器式消弧线圈系统的研究[D].重庆:重庆大学,2010.
- [12] 李健.配电系统故障选线及定位研究[D].重庆:重庆大学,2007.
- [13] 江渝.快速可连续调节消弧线圈谐振接地系统的研究[D].重庆:重庆大学,2005.
- [14] 王宾.配电系统电压跌落问题的研究[D].济南:山东大学,2005.