

矿井供电单相接地故障的处理研究

祝飞飞 (山西西山煤电股份有限公司马兰矿机电部内维队, 山西 太原 030205)

摘要: 近年来我国能源行业的发展形势得到了社会各界的广泛重视, 而配电网建设和运行也引起了越来越多的关注, 尤其是在矿井供电配电当中, 单相接地故障率处于较高水平, 如果中性点发生单相接地, 相电压提高, 可能会由于线路绝缘被破坏、被击穿而导致短路。本文首先对于接地系统的分类情况进行了简要介绍, 之后分析了单相接地故障零序电流特性及其组成, 最后对于矿井供电单相接地的处理和预防措施进行了探讨。

关键词: 矿井供电; 单相接地; 故障预防

Abstract: In recent years, the development situation of China's energy industry has received extensive attention from all walks of life, and the construction and operation of distribution network have also attracted more and more attention. Especially in the power supply and distribution of coal mines, the single-phase grounding fault rate is at a high level. If the neutral point occurs single-phase grounding, the phase voltage increases, which may lead to short circuit due to the destruction and breakdown of line insulation. This paper first briefly introduces the classification of grounding system, and then analyzes the zero-sequence current characteristics and composition of single-phase grounding fault. Finally, the treatment and preventive measures of single-phase grounding of mine power supply are discussed.

Key words: mine power supply; single-phase grounding; fault prevention

我国矿井供电系统当中, 最为常用的就是中性点非直接接地系统, 矿井供电系统直接和井下相连, 为煤矿生产提供能源, 因而矿井供电系统可靠与否直接决定着煤矿生产的安全性。除此之外, 井下空间较小, 且环境潮湿、工况恶劣, 导致矿用线路容易受损, 线路绝缘受到破坏, 一旦击穿, 就会导致单相接地故障的出现。如果没能及时排障, 则会击穿其他绝缘薄弱位置, 导致相间短路, 对于生产的进行和人员的安全造成严重的危害, 因而快速判断故障线有着重要的意义。

1 接地系统分类

电力系统一般应用星形连接发电机或变压器中性点, 在一般情况下, 发电机中性点并不接地, 因而在这里通常是指变压器中性点。结合接地方式的不同, 又可以分成两个类型, 分别是大电流接地和小电流接地。在我国电力系统当中, 中性点接地方式又可以细分为六种, 大电流接地可以进一步划分为中性有效接地、中性安全接地和中性点经小阻抗接地; 而小电流接地又可以进一步分为中性点不接地、中性点经消弧线圈接地以及中性点经高阻抗接地。

1.1 大电流接地

一般来说, 如果在中性点直接接地, 且发生单相接地的情况下, 此时短路电流非常大, 因而被命名为大电流接地系统, 该系统也可存在于经低阻抗接地系统当中。如果三相电力系统中的电力系统中性点直接接地, 那么一旦发生单相接地故障, 即可迅速将故障切断隔离, 具有较好的安全性, 中性点也较为稳定, 其电压不会发生变化, 绝缘设计只需要考虑电压, 因而绝缘成本可得到较好的控制。

1.2 小电流接地

如果中性点不接地, 就可以称为中性点间接接地系

统, 该系统也可以存在于经消弧线圈、高阻抗接地的系统当中。如果某一相出现接地故障, 那么由于接地相对地无法形成短路, 所以并不会形成较大的故障电流, 因而属于小电流接地。这种接地形式具有较高的可靠性, 但是经济型不足, 一旦发生接地故障, 中性点并不稳定, 此时电压可以提升到线电压, 可以继续运行 60-120min, 绝缘设计同样需要参照电压, 因而绝缘成本高昂。

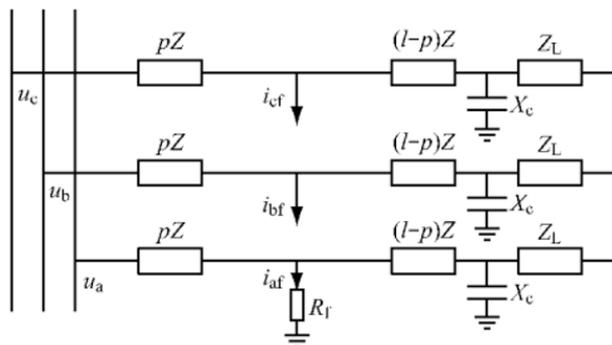


图1 单相接地短路系统模型

2 单相接地故障零序电流特性及其组成

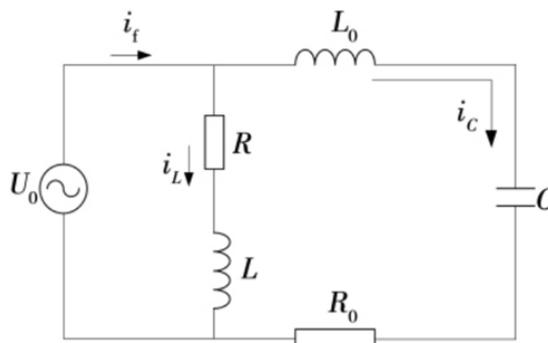


图2 零序等效电路

如图1所示, 建立一个小电流接地系统但想接地故

障等值电路。其中的 R_0 、 U_0 以及 L_0 各自代表着零序等值回路的不同参数，指代接地电阻、电压源以及等效电感； C 代表全部对滴电容， L 和 r 代表消弧线圈等小电阻以及等效电感。如果该系统出现单相接地情况，那么贡品交流、衰减直流以及高频衰减这三个分量构成了故障电流，这个分析过程同样可以应用于中性点不接地系统当中。由于消弧线圈等效电感支路并不存在，因而就可以判断贡品交流和高频衰减这两部分分量共同构成了故障电流。

目前矿井供电体系当中，在安全守则上做出了明确规定，井下变压器中性点不得进行接地，也难以用谐振接地直流分量来直接判断选线情况。因而一旦发生单相接地故障，那么只有故障线路上存在零序电源，这也给故障电路的判断提供了可靠的依据，故障线路母线中的电流互感器测得的零电流则为线路零序电流综合，与此同时非故障线路极性也完全相反于故障线路零序电流。故障电流当中，高频分量、工频分量均适用于上述结论，并且故障线路和非故障线路之间也存在着明显的区别。因此采用上文所提到的分解算法，就可以计算出不同馈线电流的工频和高频分量，通过分析差异，即可判断构造选线情况。

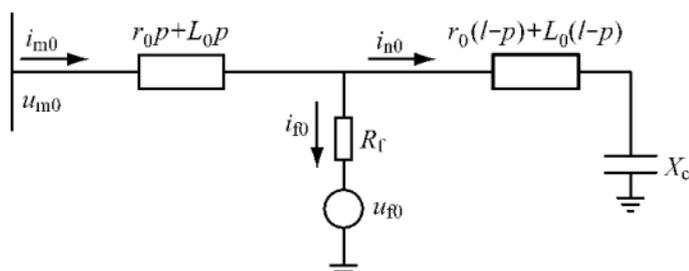


图3 零序故障分量网络

3 故障影响和故障点确定

3.1 单相接地对供电系统的影响

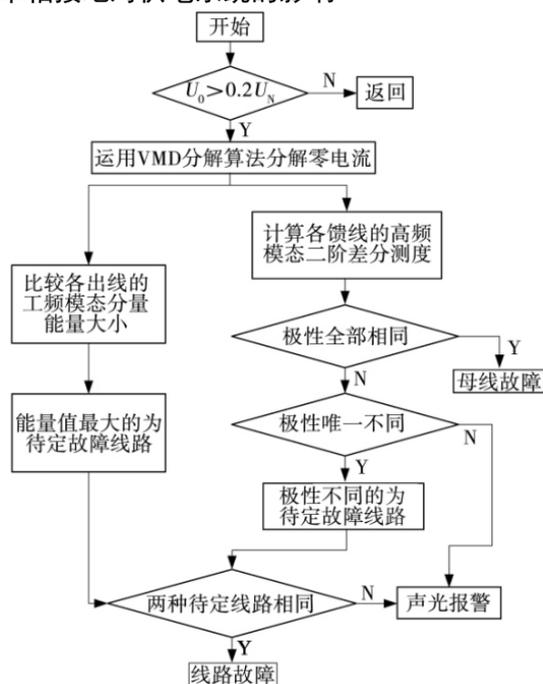


图4 选线流程

一般来说应用于矿井供电的供电系统大多为 6kV 和 10kV，均属于小电流接地，这种系统变压器中性点并不会接地，同时单相接地也不会构成短路电流，也就是说不具备跳闸功能。结合电力系统的规定，在单相接地情况下，系统运行时间不得超过 120min。一旦发生单相接地事故，接地电压就会归零，另外亮相电压则会升高。但是部分矿区的供电系统变压器低压侧接线方式主要为三角形接线，仅有中心站为星型接线，在这种情况下，发生单相接地的情况下，三相电压均为平衡状态。各个矿区变电站发生单相接地的情况下，三相电压则是不平衡的，其原因在于 6kV 变胆战母线采用星型接线方式，因而并不能读取到 6kV 母线实际电压情况，而是通过 PT 处理后的数据。因而母线 PT 和生产设备对于读数的影响都较大。

3.2 故障点的确定

目前对于故障区段、故障点的判断技术依然不够成熟，主要通过三种方法来进行判断：

第一，利用故障探测设备来对故障前前后的区段进行检测定位，结合故障信息的反馈情况来判断故障的准确位置；

第二，故障分析法，就是在线路端点的位置上进行测量，判断和故障的距离，而该方法又可以细分为行波法和阻抗法，其中应用较为广泛的是行波法，就是在故障中，同时向线路两端发射信号，通过所捕捉的暂态行波信号来判断和故障之间的距离；

第三，信号注入法：①加信传递函数法，该方法的原理是频谱分析，可参照线路分布参数模型，通过对零序电压和电流的测定，来计算频域传递函数，之后结合不同端口频谱频率情况和波形特征来具体判断接地故障的位置；②S注入法，一旦发生故障，电压互感器即可闲置，此时向其注入信号电流，这样即可通过注入信号的特征和路径来判断故障的具体方位。

但是上述所列举的故障定位方法都有一定的缺陷，其大多采用工频量来作为电气量，而小电流接地系统有着基频分量变化较小的特点，并且故障有间歇性，暂态波形往往会较严重的畸变，这也给基频分量的提取带来了困难。

4 单相接地的处理和预防

4.1 单相接地的处理

如果电力系统出现了单相接地故障，那么为了提高故障查找的准确度，首先需要对故障性质进行分析判断，其次则需要逐步缩小搜索范围，大多采用分网运行的方式，最后则将非故障线路排除，最终确定故障的位置，在隔离故障之后，即可进行修复，完毕后重新供电。一般来说，故障接地信号的特征有以下几点：

第一，如果系统当中，某一个相对地电压出现了明显下降，而另外两个相对地电压升高，则一般认为出现了单相接地情况。如果变电站母线的排列不对称，保险丝熔断，倒闸操作出现时间差，也会由于三相对地电容

不平衡,中性点电压上升,那么在这种情况下则没有发生单相接地。

第二,空母线的合闸过程中,励磁感抗和对地电抗共同导致了铁磁谐振过电压现象;并且10kV线路由于遭受雷击而导致短暂接地,也会导致互感器电压的上升;亦或是10kV线路受到雷击,导线周围磁场出现变化,导致雷电波的入侵,则不视为出现单相接地。

矿井供电系统当中出现的单相接地故障,大多为中性点不直接接地小电流系统,在这类系统出现单相接地故障后,并且绝缘监视、继电保护设备输出接地信号,则需要值班人员进行处置,以排除故障。工作人员需要在现场分析单相接地的实际情况,之后向上级部门汇报请示,在处理后做好记录。电网调度部门也可以结合接地性质、类型以及故障特征来给出初步判断,帮助工作人员查找故障位置,进而缩小停电影响范围,在具体的判断过程中,也要考虑不同分网的功率平衡情况、保护动作配合情况等,确定设备完好、是否存在断线问题等。如果确定无上述问题,则可以此进行拉闸来查找故障。

一般来说,如果出线位置已经装有微机保护选线设备,或者接地信号设备,且设备处于正常运行状态,那么故障线路的定位较为简单。对于10kV出线处如果没有装设上述设备,则可以断开母线侧开关,如果在某个开关断开后,接地信号消失,电压表恢复正常,则说明故障就在该线路中,可以人工维修。

如果应用了瞬时分路开关法之后,依然存在接地信号,那么证明该线路不存在故障,可以恢复该线路供电之后,继续排查其他线路,但不能断开所有出线侧,否则将会导致电容电流的大幅下降,进而提高残余电流增幅,引发消弧线圈失效的问题,接地点也会由于过电压而出现间歇性弧光放电现象,对于线路、设备的安全造成一定的影响。因而需要在瞬停依次拉闸查找的过程中,不得断开全部出线侧,而是采用逐线逐路查找的方式,确定线路无故障后恢复供电,再停另外一路进行查找。

除此之外,应用上述方法来查找存在接地故障的线路时,对于不同用户,停电方式也应有所区别,例如对于没有重要用户的线路,则可先停电后排除,在将故障排除之后即可重新供电;而如果线路中有重要客户,则需要首先将一部分用电负荷转移到其他备用线路上,之后即可停电查找故障,在查找完毕后尽快恢复供电,从而控制损失。

4.2 单相接地故障预防

通过对既往电网运行故障的统计来看,单相接地故障是最为常见、发生概率最高的故障类型,在故障总数当中占比达到了90%以上,并且排查故障点的难度较高、操作较为复杂,也对于电力系统的运行产生了较为严重的影响,因而单相接地的预防重要性比故障的处理更高。

第一,可以采用定期预防试验,其侧重点应当放在防雷、防静电方面,一旦发现变压器部件出现故障,则要立即予以维修、更换。

第二,积极引进新材料、新设备,常见的如小电流接地选线设备、继电保护设备等,可以有效提高系统运行稳定性。

第三,定期进行线路巡检,尤其是故障发生率较高的设备、线路,从而做到提前发现故障、提前处理安全隐患,以确保供电系统的稳定运行。

5 总结

本文对于矿井供电线路的单相接地故障的相关问题进行了分析,主要分析了单相接地故障的成因、处理和预防,通过本文所提出的处理对策,就可以让系统恢复正常,控制故障的进一步扩大,让系统安全得到了保证,并且提出了有针对性的预防措施,有效提高了矿井供电系统的预防能力,减少单相接地故障的发生。

参考文献:

- [1] 梁睿,杨学君,薛雪,等.零序分布参数的单相接地故障精确定位研究[J].电工技术学报,2015(12):472-479.
- [2] 许晔,郭谋发,陈彬,杨耿杰.配电网单相接地电弧建模及仿真分析研究[J].电力系统保护与控制,2015(07):57-64.
- [3] 吴冬.矿井供电单相接地故障处理及案例分析[J].中国科技博览,2015(37):1.
- [4] 杨德印.浅谈矿井6kV单相接地故障的处理方法[J].科技信息,2008(22).
- [5] 刘强.一起由“单相接地故障”引发的停电事故分析与处理[J].价值工程,2017(7).
- [6] 罗超,耿蒲龙,曲兵妮,等.矿井供电系统单相接地故障零模特征仿真研究[J].工矿自动化,2018,44(06):61-67.
- [7] 王志洁.矿井高压供电系统网络型单相接地故障选线技术的研究[D].北京:中国矿业大学,2014.
- [8] 王树臣.高压供电系统单相接地分析、故障判断与处理方法[J].煤炭技术,2007(21).
- [9] 彭文辉.浅谈单相接地故障处理与供电安全[J].石油化工安全环保技术,2006,22(01):53-54.
- [10] 王庆州.矿井35kV变电站单相接地故障的分析及处理[J].山东煤炭科技,2008(3):2.
- [11] 白鹏飞,张荣荣,张双双.变电站35kV系统单相接地故障分析及防范措施[J].电气技术与经济,2019,12(06):66-68.
- [12] 董亮亮.矿井智能供电系统接地保护分析[J].能源与节能,2020(12):2.
- [13] 陈亮.浅谈矿井电网中接地保护的原理及效果分析[J].中国西部科技,2010,9(7):3.
- [14] 李春颖.浅析矿井电网中保护接地系统及原理[J].读写算(教育教学研究),2013(27):403-403.
- [15] 田玉.矿井10kV电网单相接地故障定位研究[D].包头:内蒙古科技大学,2017.

作者简介:

祝飞飞(1982-),男,山西古交人,2017年1月毕业于山西机电职工工学院,大专,研究方向:煤矿机电。