

煤矿高压供电系统中性点接地方式与接地保护安全评价与分析研究

陈 静

(淮北职业技术学院,安徽 淮北 235000)

【摘要】为确保煤矿高压电网的安全稳定运行,对电网的管理要做到以预防为主,这就要求要十分重视对电网系统的整体安全性评价与分析。本研究通过对煤矿供电系统相应参数的测试、分析,而后进行仿真建模,对煤矿供电系统供电质量及可靠性进行专题分析与综合评价,并主要针对高压供电系统单相接地电流的测试,中性点接地方式及接地保护进行评价及分析,并在分析基础上找出系统存在的问题及安全隐患,为进一步改造或扩容提供建议与方案,同时确保煤矿安全生产。

【关键词】高压供电;中性点接地;安全评价

【中图分类号】TD608 **【文献标识码】**A **【文章编号】**1673-1891(2014)04-0048-04

引言

近年来,我国的煤矿产能在逐年提升,为保证煤矿生产的安全高效,就要求有高质量、高可靠性的矿井供电。但由于煤矿电网结构本身不尽合理,抵御故障能力较弱,时有发生短路故障造成正常线路跳闸事故、高低压越级跳闸事故、接地故障无选择性跳闸事故等。随着煤矿电网系统不断扩容,电网结构更加复杂,供电运行管理工作加重,继电保护整定更加困难、事故原因分析及故障处理也更加困难。为保证煤矿电网在高速发展的前提下安全稳定运行,对电网的安全管理必须运用现代化管理手段,安全工作要一改过去只做事后处理的方式,要做到以预防为主,在生产过程中做好安全管理的过程控制,查清影响安全生产的各种因素,因此针对煤矿电网系统进行整体安全评价与分析意义十分重大。

1 煤矿电网安全评价与分析概述

煤矿电网安全评价与分析主要是对煤矿高压供电系统现状的分析研究。通过对煤矿供电系统相应参数的测试、分析,而后进行仿真建模,对接地系统现状、无功补偿现状、继电保护设置及整定、电能质量水平等各方面对煤矿供电系统供电质量及可靠性进行专题分析与综合评价。在分析基础上找出系统存在的问题及安全隐患,为进一步改造或扩容提供建议与方案;同时利用分析结果确定紧急预案,进一步提高供电系统可靠性,确保煤矿安全生产。现主要针对高压供电系统中性点接地方式及接地保护进行评价及分析。

2 高压供电系统基础参数的收集

煤矿电网基础参数的收集是研究的基础。研究的主要内容是通过通过对煤矿高压供电系统建立仿

真计算模型并进行仿真计算,依据仿真计算结果进行分析,从而对高压供电系统的可靠性及稳定性进行评价与优化。因此建模是整个研究的核心,而电网基础数据的收集又是建模的基础。只有取得最切合实际的第一手电网数据,才能确保建模的正确性、仿真的科学性。煤矿供电系统建模大致需要以下参数:

(1)系统参数

a、系统接线图:各变电站主接线图、各发电站主接线图、各矿井下供电系统图等。

b、各进线在运行方式下的相关参数:各进线最大及最小短路容量、协议容量、电能质量要求、上一级开关保护定值等。

c、各个设备的参数及运行情况:发电机的型号、铭牌及试验数据、励磁控制方式、运行记录;主变压器的型号、铭牌及试验数据;架空线及电缆的型号、截面、长度、CT变比;断路器的型号、铭牌及试验数据;高压电动机的型号、铭牌及试验数据;无功补偿的容量及控制方式;PT的型号、铭牌及试验数据。

(2)负荷情况

各进线典型负荷数据及最大负荷数据;各变电所各条出线一段时间的负荷数据并附相关系统运行情况;连接系统发电厂运行数据及发电机组运行情况。

(3)保护配置

各高压系统所有保护的配置情况,现有的继电保护整定计算书,现在采用的整定值,各个保护装置的说明书等。

(4)存在问题

已经发现的问题及故障时的相关材料。

3 系统建模及分析计算

收稿日期:2014-07-29

作者简介:陈静(1977-),女,重庆人,副教授,硕士,研究方向:微机监控。

根据煤矿供电系统的实际情况,首先建立各级供电分系统的仿真模型,是进行各种仿真分析的基础。在进行系统建模时,首先根据已知的电缆线路、架空线路、变压器、电动机、电容器、电抗器等各种元件参数和运行方式合理选择建立元件仿真模型,如果部分参数难以直接获得,则可通过测量、计算或标准规定的经验值得到;其次利用建立的元件模型根据现场结线图逐级构造分系统电网仿真模型,模型的构造顺序是:元件→底层高压电网末端→供电线路→主变电所。其中,元件、高压电网末端和局部电网利用电网实际运行得到的各种数据对仿真模型进行校验与修正,下一级分系统在上一级系统模型中以能反映下级分系统特征的负荷模型代替。各分系统电网仿真模型确定后,就可利用电网仿真软件和计算机技术对电网进行仿真计算与分析。

(1)潮流计算

对于规划和运行中的电力系统而言,潮流计算是十分重要的。若电力系统处于规划中,要检验系统规划方案是否能满足各种运行方式要求,则通过潮流计算可以完成。若电力系统已处于运行中,系统中所有母线电压是否在允许的范围以内,各种元件(线路、变压器等)是否会出现过负荷,以及各种负荷变化和结构变化会不会危及系统安全,这些都可通过潮流计算预知,并据计算结果采取相应的预防措施。

利用建立的高压供电系统仿真模型,采用电力系统专用仿真计算软件,可以对煤矿高压供电系统进行全系统各种运行方式下的潮流计算与分析,给出运行分析评价报告,提出整改建议。

(2)短路计算

配电系统短路故障有对称短路故障和不对称短路故障之分,对称故障一般指三相短路故障,两相短路和两相接地短路属不对称短路故障。在同一时刻,配电系统内可能仅有一处发生某种类型的短路故障,也有可能同时有两处或两处以上发生短路故障。当然,无论是哪种情况都将极大地威胁电网的安全运行。从而进行短路计算是进行保护整定与稳定性分析的必要基础。

利用建立的高压供电系统仿真模型,采用电力系统专用仿真计算软件,可以对高压供电系统进行任意短路故障情况下,各种运行方式的全系统短路计算与分析、残压计算与分析,给出运行分析评价报告,提出整改建议。

4 单相接地电流测试

煤矿电力系统电网高压电压等级主要有三种:

110kV, 35kV, 6kV。35kV、6kV 高压电网系统均采用中性点不接地方式。这种方式尽管简单可行,但在当前的煤矿生产中,电网规模在不断增大,煤矿生产环境复杂、恶劣,极易发生单相接地故障,若长时间接地运行,可能会引起全系统过电压,引发安全事故,影响矿井的正常生产。因此针对高压供电系统中性点接地方式及接地保护进行评价及分析是十分有意义的。

首先,对电网单相接地的绝缘参数进行测试。常用的附加电源测量法所测的是测量频率下的绝缘参数,谐振测量法、中性点位移电压法及交流伏安法可测得电网的实际绝缘参数,但这几种方法都有一定的局限性,而采用单相经电阻接地的间接测量方法则更加安全可靠。图1为一中性点不接地电网的绝缘参数测量模型,C为各相对地电容,r为各相对地绝缘电阻。

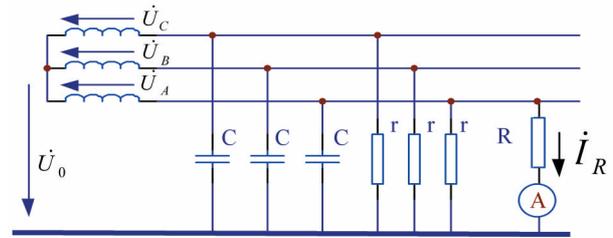


图1 中性点不接地电网绝缘参数测量模型

测试时,电网单相经电阻接地,接地电流需控制在几安培内,可选用500~1000Ω的接地电阻R。测量时直接测出电网单相经电阻接地时的零序电压,就能得到单相电网直接接地的电流 I_E 。这是由于电网单相接地电流等于电网对地总的零序电流之和,而零序电压对电网地总的零序电流(接地电流)成正比关系。所以得出计算 I_E 的公式是:

$$I_E = \frac{100}{U_{02}} \times I_R \quad (1)$$

式中, U_{02} 为电网单相经电阻接地时的二次零序电压, I_R 为电网单相经电阻接地的电流。尽管这种方法十分简单、方便,但出于对测量时的安全性考虑,实际测量时,会通过电压互感器来测量电网零序电压及相电压,另外电网运行时会有一些波动,并不能保证完全处于在额定电压状态下运行,所以式(1)应改写为

$$I_E = \frac{U_{02}}{U} I_R \quad (2)$$

式中, U_{02} 为电压互感器二次线电压。

接下来对6kV系统及35kV系统的电容电流进行测量。为保证实测时的安全性,常通过电压互感器来对零序电压和电网线电压进行测量,并采用不

同电压等级的电阻箱来配合完成系统电容电流的测量。电网单相接地电流实测接线图如图 2 所示。

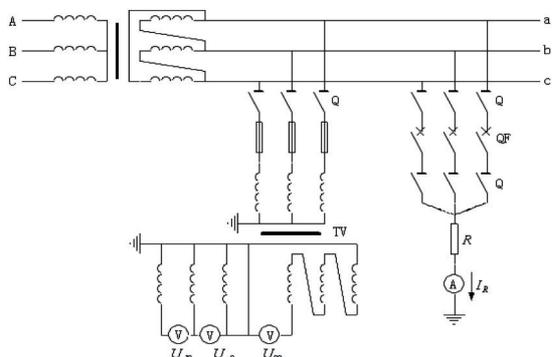


图 2 电网单相接地电流实测接线图

该测量电路是将各电压表分别接入电压互感器二次星形和开口三角处,将附加电阻与电流表接在高压开关柜中的隔离开关(Q)与断路器(QF)相联的线路中,从而分别测量出 I_R 、 U_{12} 、 U_{020} 。

具体测量操作时,应当先测出电网正常运行时的线电压和相电压,然后需要选一接地测量点,该点可以是 6~10kV 电网中的任一容易操作点,将该测量点断电,在保证安全的前提下,根据电网电压选取合适的接地电阻值和容量,和交流电流表一起接于电网的任何一相与地之间,之后将断路器与隔离开关闭合,此时去读取电流表的数值,同时读取各电压表上的接地相对地电压值和零序电压值,最后将隔离开关与断路器断开。电网的单相接地电流值参照式(1)计算得出。

实测过程中,必须保证现场人员的安全:电阻箱接线必须牢固,引线符合 6kV 系统的规范;实验必须选用空闲线路;开关操作人员须由具有现场操作经验的人员担任;接线完毕后必须由负责人员检查;测量现场应设专人负责安全检查及警戒。

煤矿 6~35KV 高压电网常采用单母线分段接线形式,测量时需要分别对各段进行系统单相接地电容电流测试,给出系统单相接地电流测试报告及评价。

5 中性点接地方式及接地保护分析与评价

根据国标(DL/T 620—1997)规定 110 kV 及 220 kV 系统中变压器中性点直接或经低阻抗接地,部分变压器中性点也可不接地,3~66kV 系统,当单相接地故障电容电流不超过下列数值时,应采用不接地方式;当超过下列数值又需在接地故障条件下运行时,应采用消弧线圈接地方式。

(1) 3kV - 10kV 钢筋混凝土或金属杆塔的架空线路构成的系统和所有 35kV、66kV 系统, 10A;

(2) 3kV - 10kV 非钢筋混凝土或非金属杆塔的架空线路构成的系统,当电压为:

- a、3kV 和 6kV 时, 30A;
- b、10kV 时, 20A;

(3) 3kV - 10kV 电缆线路构成的系统 30A。

对于矿井高压电网,安全规程中规定单相接地电容电流不得超过 20A,因此,必须正确测量单相接地电容电流,从而掌握电网现场情况,采取有效措施限制单相接地电流。这对保证矿井安全运行极为重要。

煤矿高压供电系统中性点接地方式主要取决于系统单相接地电容电流的大小。依据系统测试的单相接地电容电流值大小,选择合适的中性点接地方式对电网的安全运行至关重要,而选择性接地保护会受到不同的中性点接地方式的影响。

目前单相接地故障选择性保护有多种选线方法。早期出现的零序过电流选线方式由于选择性较差,已基本淘汰。在中性点不接地系统中零序无功功率方向型选线原理使用广泛,但此方式不能用于中性点经消弧线圈接地系统。对于五次谐波原理选线方式尽管在各地接地系统中都适用,但在煤矿电网中一般不采用,这主要是由于电网五次谐波含量将极大地影响系统反应的灵敏度,致使选线效果不理想。而零序有功功率方向型选线方式由于受互感器角度特性影响较大,在煤矿电网内使用有一定局限性。注入法原理虽简单,但需在电网中注入信号且受电网出线均匀程度和谐波含量影响。而利用首半波原理制造的产品还不够完善,也未能得到广泛应用。

由于小电流接地系统的特殊性,期望一套小电流接地选线装置仅仅依靠一种原理而在各种故障条件下正确选线是不切实际的。6kV 系统在消弧线圈系统下使用预补偿技术的自动跟踪补偿消弧线圈后,一般设定消弧线圈工作于全补偿模式,此时接地电流最小,消弧线圈发挥的作用全面,可显著减少因接地故障造成的放炮事故。但接地时电网的零序电流方向发生了根本性变化,煤矿井下常用的无功功率方向型漏电保护原理失效,会致使煤矿井下漏电保护据动。所以应根据系统的运行工作情况有机地将各种选线理论结合起来,期望得到更好的效果,这就是综合选线法的灵活运用。

6 小结

随着煤矿矿井向深部开采,产量不断提高,供电线路在逐渐延伸,供电设备逐渐增多,供电的可靠性已经成为制约安全生产的主要因素之一。而

针对高压供电系统中性点接地方式及接地保护进行评价及分析研究是关系到煤矿供电系统安全可靠性的非常重要的一环。电网的结构也直接关系到供电的稳定性和可靠性,必须预先分析结构的变化对电网潮流分布、网络稳定性、供电可靠性造成的影响,对可能出现的问题有充分预计。另外在现有网络系统各种运行方式下,进行系统的可靠性、稳定性分析评价,是保证电网安全运行的重要前提。在供电系统出现故障后,仿真评价系统能否迅

速恢复供电能力,确保正常生产;若不能确保生产负荷,是否能保证保安负荷正常运转,确保安全。在电网中模拟特定点故障情况下,考虑系统的备用容量与转供措施后,分析系统的潮流与电压分布状况和丢失负荷情况,是否能保证煤矿正常生产,是否能保证保安负荷。在故障下对网络进行潮流计算,得到相应的电压水平、线路损耗、短路容量等结果。基于此结果,在确保安全的前提下,给出合理的运行方式调整预案,争取尽快恢复正常生产。

注释及参考文献:

- [1]李盼,贡保记,樊晓明.矿井10KV电网单相接地故障定位的研究[J].工矿自动化,2012(12):41-45.
- [2]袁健,马鸿雷,陈玉东.关于煤矿6KV高压电网接地保护的讨论[J].山东煤炭科技,2010(5):129-130.
- [3]陈奎,孙长青,唐轶.矿井低压电网中性点接地方式与漏电保护技术的研究[J].电力系统保护与控制,2010,(22):237-241,246.
- [4]孙冰.煤矿电网安全稳定运行分析研究[J].煤矿机电,2011(6):9-12.
- [5]张国华,张建华,彭谦,等.电网安全评价的指标体系与方法[J].电网技术,2009,33(8):30-34.

Coal Mine High Voltage Power Supply System Neutral Grounding and Grounding Protection Safety Evaluation and Analysis

CHEN Jing

(Huaibei Vocational and Technical College, Huaibei, Anhui 235000)

Abstract: In order to ensure the safe and stable operation of high voltage power grid of coal mine, the prevention of power grid management is primary, which attaches great importance to the overall safety evaluation and analysis of power system. This study tested and analysed the corresponding parameters of coal mine power supply system, and then conducted the simulation modeling, made comprehensive evaluation and thematic analysis of the power supply system of coal mine power supply quality and reliability, and mainly for testing of high voltage power supply system of single phase grounding electric current, neutral point grounding and grounding protection evaluation and analysis, and finding out the the problems of the system and the safety hazard on the basis of the analysis, providing the suggestions and solutions for further renovation or expansion, while ensuring the safety in the production of coal mine.

Key words: high voltage power supply, neutral point grounding, safety evaluation