

两起消弧线圈系统故障案例分析

徐青龙, 吴 炜

(常熟市供电公司, 江苏 常熟 215500)

摘 要:文中对发生在消弧线圈系统中的两起故障案例进行了分析。针对某随调式高短路阻抗型消弧线圈在现场运行时出现的异常故障现象,参考厂家给出的故障信息判据,通过相关电气试验项目对该消弧线圈的故障原因进行了分析,最终发现该消弧线圈出现了匝间短路故障。在另一起消弧系统故障中,控制板的误触发和继电保护的不合理配置导致了接地变压器继电保护装置动作,并且对相关保护定值数据进行了计算,证明了开关动作的正确性,指出在保护配置方面应进行相应的调整。

关键词:消弧线圈;滤波异常;触发失控

中图分类号:TM473

文献标志码:B

文章编号:1009-0665(2013)04-0018-02

目前,我国6~35 kV的电网大多采用中性点不接地方式运行,该接地方式在电网发生单相接地故障时,由于电源三角形未遭到破坏,相关规程规定该类电网在发生该类故障后可继续运行2 h,大大提高了电网供电可靠性^[1]。随着城市配电网的快速发展,出线中的电缆所占比例越来越高,电网的电容电流越来越大,在发生单相接地时,极易发生弧光接地过电压,产生高达3.5倍相电压的过电压,可能导致非故障相设备绝缘薄弱点发生击穿^[2]。为了补偿电网单相接地时过大的电容电流,中性点不接地系统都安装了消弧线圈,通过消弧线圈产生的电感电流来补偿单相接地时的电容电流,降低了接地残流,减小了故障相恢复电压速度。降低了谐振过电压发生的概率,进一步提高了电网的供电可靠性^[3]。

消弧线圈自动跟踪补偿装置根据电感量的调整方式分为调匝式、高短路阻抗变压器式、调容式、直流偏磁式、调隙式等;根据运行方式又分为预调式和随调式。现场应用较多的是以思源公司为代表的预调式调匝式消弧线圈和以智光公司为代表的随调式高短路阻抗变压器型消弧线圈^[4]。

1 滤波异常故障案例

110 kV 芦荡变 10 kV 消弧线圈采用的是随调式高短路阻抗型,其控制装置从 2012 年 2 季度开始经常报“滤波异常”故障。厂家说明书中指出“滤波异常”的含义是消弧装置检测到消弧线圈一次阻抗(接地变压器中性点一次电压除以消弧线圈一次侧电流)超出消弧阻抗的范围,用于检查滤波回路及电压互感器、电流互感器回路是否正常。适时进行了停电现场处理,用继电保护测试仪对电压互感器、电流互感器进行了检查,测量回路正常。就地控制柜封板拆除,对所

有一次设备外观进行检查,无异常。后在接地变压器中性点加 30 V 模拟电压,控制装置马上报“滤波异常”,此时中点电流为 117.7 mA。

消弧线圈基本情况:型号 KD-XH01-300/10.5,编号 090480304,容量 300 kV·A,电压 6 062 V,电流 49.5 A,出厂日期 2009 年 4 月,本消弧线圈的中点阻抗为 950±250 Ω。其消弧线圈的电气简图如图 1 所示。

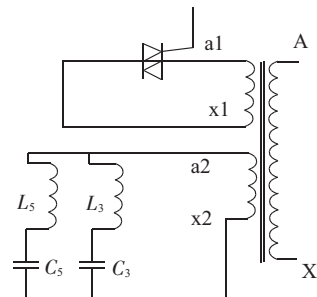


图 1 消弧线圈电气简图

拆除消弧线圈 2 个二次线圈端子 a1x1 和 a2x2 与外围电路包括晶闸管和 LC 滤波回路的所有连接,在消弧线圈一次侧 AX 加压 30 V,装置仍报“滤波异常”,中点电流 117 mA,计算得到此时消弧线圈一次阻抗为 $Z_0 = \frac{U_0}{I_0} = \frac{30}{0.117} = 256 \Omega$,而其正常空载阻抗为 $Z_0 = \frac{U_0}{I_0} = \frac{6062}{49.5 \times 1.63\%} = 7513 \Omega$ 。其中 1.63% 为其空载电流百分数。对消弧线圈进行相关试验,直流电阻试验数据如表 1 所示。

表 1 直流电阻试验数据表

绕组	AX	a1x1	a2x2
出厂数据 /Ω	1.335	0.003 419	0.028 38
2012-02 数据 /Ω	1.29	0.003 329	0.027 34
变化量 /%	-3.37	-2.63	-3.66
2012-08-23 数据 /Ω	1.36	0.003 639	0.029 88
变化量 /%	1.87	6.43	5.28

由于消弧线圈3个绕组均为铜导线,3个绕组的温度应该基本一致。那么直流电阻仅随环境温度而变化,且3个数据的增量应该基本一致。从2012年2月的试验数据看出3个绕组的增量都在-3%左右,判断为正常。而2012年8月的数据看出,低压2个绕组的增量均为+6%左右,而高压绕组增量仅为不到2%,根据铜导线直流电阻温度换算公式:

$$\frac{235+t_1}{235+t_2} = \frac{R_1}{R_2} \quad (1)$$

式(1)中:235为换算系数; R_1 为 t_1 温度时的直流电阻; R_2 为 t_2 温度时的直流电阻。

将 $t_1=23\text{ }^\circ\text{C}$, $R_1=0.003\ 419\ \Omega$, $R_2=0.003\ 639\ \Omega$ 代入式(1)计算得 $t_2=39.6\text{ }^\circ\text{C}$;将 $t_1=23\text{ }^\circ\text{C}$, $R_1=0.028\ 38\ \Omega$, $R_2=0.029\ 88\ \Omega$ 代入式(1)计算得 $t_2=36.6\text{ }^\circ\text{C}$;将 $t_1=23\text{ }^\circ\text{C}$, $R_1=1.335\ \Omega$, $R_2=1.36\ \Omega$ 代入式(1)计算得 $t_2=27.8\text{ }^\circ\text{C}$;当时环境温度为 $34\text{ }^\circ\text{C}$,而且接地变压器刚停运不久,消弧线圈高压绕组温度不可能低于 $36\text{ }^\circ\text{C}$,因此可初步判定消弧线圈高压绕组直流电阻有偏小的缺陷。进一步进行了变比试验,其额定变比为12.12,试验数据如表2所示。

表2 变比试验数据

一次绕组;二次绕组	AX;a1x1	AX;a2x2
出厂变比误差数据/%	+1.07	+0.52
2012-08-23变比误差数据/%	-4.17	-6.61
实测变比值	11.614	11.318

2个变比试验数据都变小5%左右,说明要么2个二次绕组匝数都增加,要么一次绕组匝数减少,结合直流电阻数据,可以初步判定一次绕组出了匝间短路故障。

用空载试验项目进行验证,加压侧为二次a2x2绕组,出厂时二次绕组试验电压加到500V,空载电流为9.751A。而现场试验时,a2x2绕组上的电压加到10V时,空载电流为5.13A,电压加到20V时,空载电流为10.352A,电压加到28.29V时,空载电流已达14A,在这么低的励磁电压下,空载电流异常增大,证明了绕组中出现了短路匝,亦即验证了匝间短路故障的性质。至此故障原因查明,系因为消弧线圈一次绕组出现匝间短路而导致一次交流阻抗降低,控制装置根据采集到的电压、电流值计算得到一次阻抗超出 $950\pm 250\ \Omega$ 范围(现已变为 $250\ \Omega$),于是给出“滤波异常”告警。

2 接地变过流保护动作跳闸案例

由于受到台风“海葵”的影响,常熟地区于2012年8月8日开始普降暴雨伴10级大风,110kV龙江变1X1站用变压器10kV侧开关因故跳闸。作为该变

电站的主要站用电源,其工作可靠性至关重要。倘若另一站用变进线电源也因台风出现异常,将导致全站失去交流电源的重大缺陷。该消弧线圈仍是高短路阻抗型,电气试验人员对站用变压器和消弧线圈进行了相关试验和仔细检查,未发现一次设备有任何异常。继电保护人员检查保护动作情况,为B相电流II段动作,定值为1.5A,实际动作值为1.7A。对保护定值进行检查和相关传动试验均正常。

该接地变压器开关柜中的电流互感器为不完全星形接线方式,即和普通出线柜一样,仅A相、C相分别装有2只电流互感器,二次上是将a相、c相电流矢量和接入b相^[5]。检查到消弧线圈控制装置时,发现最近一次接地补偿电流是148A,而该电流是从中性点电流互感器测量到的,是从消弧线圈一次绕组中通过的零序电流,开关柜中电流互感器变比为300:5,每相启动值 $1.5\times\frac{300}{5}=90\text{ A}$ 。从保护接线知 $I_b=-(I_a+I_c)=\frac{2}{3}\times 148\approx 1.7\times 60>90\text{ A}$ 与保护测量值相符。因A相、C相均未能达到动作定值,所以最终由B相正确动作。

保护的動作没有问题,那如此大的补偿电流是怎么来的?在线路发生单相接地时,控制装置应根据电容电流投入相应电感电流进行补偿,而此次控制装置却直接投入了最大补偿电感电流,有失控的嫌疑,经检查发现消弧装置控制器脉冲板上 R_3 电阻烧坏,导致可控硅基本全开,更换一只新控制板后,消弧线圈投运至今均正常运行。对该问题的解决措施是考虑保护配置方面的优化,采用全星形三电流互感器方式比较合适。

3 结束语

系统中消弧系统的运用大大降低了弧光接地过电压发生的概率。对电力系统中发生的消弧系统故障进行归纳整理,有利于提高解决类似故障效率。在一次设备方面应加强产品质量,特别是浇注的干式消弧线圈的首端绝缘部分应加强。保护配置方面,主接线部分应采用三电流互感器方式,以利于故障查找和原因分析。

参考文献:

- [1] 沈毅,王大森,吴珂鸣. 配电网接地方式评述[J]. 东北电力技术,2011(8):25-29.
- [2] 张向红. 经消弧线圈接地系统过电压简述[J]. 黑龙江电力,2009,29(1):79-80.
- [3] 汪伟,汲胜昌,李彦明,等. 电压互感器饱和引起铁磁谐振过电压的定性分析与仿真验证[J]. 变压器,2009,46(2):30-33.
- [4] 赵小丽,韩艾强,王峰,等. 对消弧线圈若干问题的探讨[J]. 电力学报,2007,22(1):75-78.
- [5] 李小军,师旭,李继红,等. 一起站用变零序过电流保护误动原因分析与改进方案[J]. 变压器,2012,49(4):70-72.

为中心,以法制为保障,以政策为先导,采用市场经济运作方式,讲究贡献和效益,最大化智能园区效益。对于智能园区 DR 项目的实施效益分析建议如下:

(1) 智能园区 DR 项目的效益分为经济效益、管理效益和社会效益三类,参与方有电网公司、用户和政府三方。在成本效益分析时,首先要坚持宏观性和客观性原则,对三方的效益进行综合分析,但是可以根据情况给予某方重点关注(例如电网企业),明确成本效益分析的成本项和效益项。还可结合园区用户特点,对计算方法进行修正。

(2) 智能园区 DR 项目的成本效益分析中各成本项和效益项的基础数据主要通过调研、统计和结合历史数据的经验分析获取。基础数据是智能园区效益分析的基石,直接关系到效益分析的结果是否可信。我国需求响应项目工作已经积累了许多经验,但如污染气体排放量等方面的定量数据尚未形成标准的统计方法,因此部分基础数据的计算建立在一定的假设条件上,可以借鉴国外经验数据进行估算。

(3) 智能园区 DR 项目实施效益分析可以采用定性分析和定量分析相结合的方式。定性分析,具体叙述参与方的效益;定量分析,用数据给予定性分析有力的支撑。

参考文献:

- [1] 曾鸣,李洪东,范艳霞. 风电社会效益评价模型及实证研究[J]. 电力需求侧管理,2009,11(5):17-19.
- [2] 曾鸣,田廓,李娜,等. 分布式发电经济效益分析及其评估模型[J]. 电网技术,2010,34(8):129-133.
- [3] 卢键明. 我国电力需求侧响应的模式方法及实施模式研究[D]. 北京:华北电力大学,2009.

作者简介:

李啸宇(1988),男,安徽蒙城人,助理工程师,从事电气工程自动化工作;

谈金晶(1989),女,江苏扬州人,硕士研究生,研究方向为电力市场和需求侧管理;

王蓓蓓(1979),女,安徽蒙城人,副教授,研究方向为电力市场和需求侧管理。

Research on Implementation Benefits of Demand Response Projects in Smart Park

LI Xiao-yu¹, TAN Jin-jing², WANG Bei-bei²

(1. Datang Huaibei Power Plant, Anhui 235000, China;

2. School of Electrical Engineering, Southeast University, Nanjing 210096, China)

Abstract: Power consumption of industrial park has made up a large proportion of the whole society, so it is very important to realize intelligent power consumption of industrial park for smart grid. It can promote intelligent power consumption management level by guiding consumers in smart park to actively implement demand response. Demand response projects in smart park will produce economic benefit, management benefit and social benefit for the power grid company, consumers and the government. Taking smart parks as research object, qualitative analysis is combined with quantitative analysis, and dynamic evaluation method is used to investigate economy of its implementation. The practical result shows that it is feasible to implement demand response projects in smart park. Sensitivity analysis of related parameters is also conducted to search for key factors of improving economy of implementing demand response.

Key words: intelligent power consumption; demand response; cost benefit

(上接第 19 页)

作者简介:

徐青龙(1978),男,江苏盐城人,高级技师,从事电气试验工作;

吴炜(1973),男,江苏常熟人,工程师,从事电力设计管理工作。

Analysis of Two Fault Cases Happened in the Arc-Suppression Coil System

XU Qing-long, WU Wei

(Changshu Power Supply Company, Changshu 215500, China)

Abstract: In this paper two faults happened in the arc-suppression coil (ASC) system are first analyzed. For the abnormal fault phenomenon of high short-circuit impedance type post-setting ASC at field operation, according to the fault information criterion given by the manufacturer, through some electrical tests, the reason that inter-turn short-circuit fault was happened in ASC was eventually found. In another case, the false triggering and unreasonable relay configuration lead to the grounding transformer relay protection device action. Relevant data is calculated to prove the correctness of the switch action, pointing out protection configuration should be adjusted accordingly.

Key words: arc-suppression coil; abnormal filtering; false triggering