

基于某水电站 PT 一次保险熔断可可视化研究

张松浩, 王命福, 冷佳, 杨扬

(雅砻江流域水电开发有限公司, 四川 成都 610051)

摘要:在发电系统中,电压互感器(PT)是测量主变低压侧、发电机机端等一次设备电压的重要装置,因采用设备质量不佳、保险老化、使用时间过久等固有因素,保险慢熔、熔断事件时有发生,可能会直接或间接导致一次设备停运,影响电站安全稳定运行。通过分析研究,在原有接线基础上增加电阻监视内容,在控制系统增加逻辑上的判据,从而有效降低电站发生 PT 一次保险熔断造成事故事件发生的风险。

关键词:发电系统;PT;保险熔断;可可视化

中图分类号:TV734

文献标志码: B

文章编号:1001-2184(2023)增 1-0107-04

Research Based on the Monitoring of PT Primary Fusing in a Hydropower Station

ZHANG Songhao, WANG Mingfu, LENG Jia, YANG Yang

(Yalong River Hydropower Development Co., Ltd., Chengdu Sichuan 610051)

Abstract: In the power generation system, the voltage transformer (PT) is an important device to measure the voltage of primary equipment such as the low-voltage side of the main transformer and the generator terminal. Due to inherent factors such as poor equipment quality, aging insurance and long use time, insurance slow fusing and fusing events occur from time to time, which may directly or indirectly lead to the shutdown of primary equipment and to affecting the safe and stable operation of the power station. Through analysis and research, adding resistance monitoring content to the original wiring and adding logical criteria to the control system can effectively reduce the risk of accidents caused by PT insurance fusing of the primary equipment in the power station.

Keywords: Power generation system; PT; Fusing insurance; Monitorable

0 引言

主变低压侧电压互感器(PT)、发电机出口 PT 在高压侧保险熔断时,其二次侧采集的电压会立刻降至零。在实际运行过程中,由于运行环境、设备安装、设备质量、保险老化等因素,一次保险熔断时二次电压发生缓慢下降的现象(PT 慢熔),可能会导致励磁系统保护动作进而停机^[1]。

某水电站主变采用特变电工衡阳变压器公司生产的单相油浸式、水冷升压电力变压器组,型号为: DSP-139000/500。发电机采用东方电机有限公司制造,发电机型号为 SF375-56/14200。调速器采用南瑞生产的 SAFR-2000H 型水轮机调速器,励磁采用南瑞生产的自并励数字式静止可控硅励磁系统。主变低压侧二次开关负荷为励磁系统、发电机保护、主变保护、故障录波等。发

电机出口二次开关负荷为调速器、励磁系统、发电机保护、故障录波等。

某日凌晨,监控报某机组及主变故障录波器启动录波且长时间未复归,现场检查故障录波发现有某主变低压侧电压负序越限启动、某主变低压侧 U_a 低越限启动,查询曲线发现某主变 A 相电压从 11.45 kV 逐渐降低至 10.2 kV 并有持续下降趋势。一段时间后,监控报主变 B 套低压侧零序电压报警、主变 A 套保护装置 TV 异常告警、主变低压侧电压互感器消谐装置谐振告警、主变低压侧电压互感器消谐装置接地报警,主变 A 相电压显示为零。现场断电检测后发现一次保险熔断,更换保险后设备运行正常。

由于该机组备用、主变低压侧 PT 二次信号采集的冗余配置,该事件未对机组安全稳定运行造成严重影响,假如主变低压侧 PT 两相一次保

收稿日期:2023-06-16

险熔断、机组运行或发电机出口 PT 慢熔,若不能提前发现、提前应对,将对电站安全稳定运行造成恶劣影响。所以能够设置在监控画面中可以监视的数据或增加判断逻辑而报出信号,对提前应对主变低压侧 PT 慢熔或发电机出口 PT 慢熔将起到举足轻重的作用^[1-4]。

1 电压互感器原理及作用

电压互感器是电力系统中常用的一种电气设备(简称 PT,也称 TV),其原理与变压器很相像,都是用来转换一次线路的电压。其转换电压的目的不同,变压器的目的是输送电能,而电压互感器主要是测量线路功率、电压以及给继保装置供电,所以两者容量差别很大。

电压互感器包括一次绕组、铁心和二次绕组,他们两两之间都存在电气隔离。在运行时,电压互感器相当于降压变压器,其一次绕组并联在线路上,二次绕组并接继电器或测量仪表,由于一次线圈匝数相对二次线圈匝数多很多,使二次侧电压较低,防止高电压误伤人员和设备。

电压互感器原理图见图 1,电压互感器不受电压互感器二次负荷的影响,这和电压互感器吸取功率很微小有关。此外,由于电压互感器二次的负载阻抗很大,二次侧电压与二次侧电动势值相差不大,不会因二次侧接上几个电压表就使电压降低。

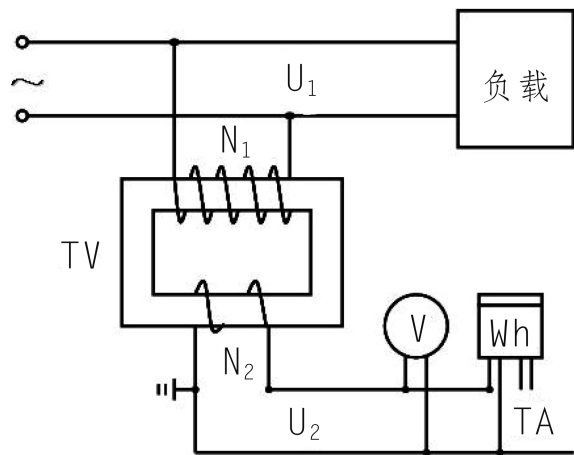


图 1 电压互感器原理图

电压互感器一次绕组的额定电压与所接系统的母线额定电压相同,二次有多个绕组,供保护、测量及调速励磁装置使用。二次绕组的额定电压采用 100 V 或 $100/\sqrt{3}$ V,100 V 常用于中性

点直接接地系统, $100/\sqrt{3}$ V 常用于中性点不接地系统,选择匝数的目的在于电力系统发生单相接地故障时,开口三角电压为 100 V。

电压互感器的二次接线方式是根据其所接系统、用途的特点而确定的,常见的二次接线方式有单相电压互感器接线、V/V 接线、Y/Yn 接线、YN/yn/ Δ 接线。

单相电压互感器接线见图 2,可用于测量 35 kV 及以下中性点不直接接地系统的线电压或 110 kV 以上中性点直接接地系统的相对地电压。

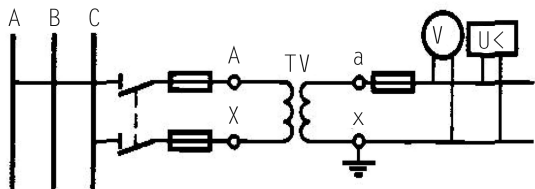


图 2 单相电压互感器接线

V/V 接线原理图见图 3,即将两台全绝缘单相电压互感器的高低电压绕组分别接于相与相间构成不完全三角形。V/V 接线仅用于中性点不接地或经消弧线圈接地的系统末端中、无需测相电压的场合,不能反映接地电压和零序电压,二次侧 B 相保护接地。

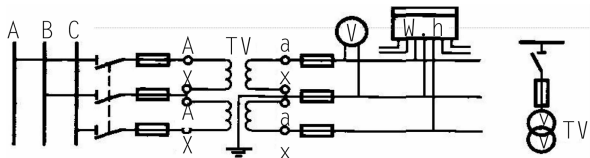


图 3 V/V 接线原理图

Y/Yn 接线原理图见图 4,这种接法是用三台单相电压互感器构成一台三相电压互感器,也可以用一台三铁芯柱式三相电压互感器,将其高低电压绕组分别接成星形。Y/Yn 接法多用于小电流接地的高压三相系统,可以测量线电压,这种接线方法的缺点是:当三相负载不平衡时,会引起较大的误差;其高压侧中性点不允许接地,否则当一次高压侧有单相接地故障时,可能烧坏互感器,因此高压侧中性点无引出线,也就不能测量对地电压。

YN/yn/ Δ 接线原理图见图 5,这种接法常用三台单相电压互感器构成三相电压互感器组,主要用于大电流接地系统中。YN/yn/ Δ 接法既可测量线电压,又可测量相对地电压,辅助绕组二次绕组接成开口三角形供给单相接地保护使用。

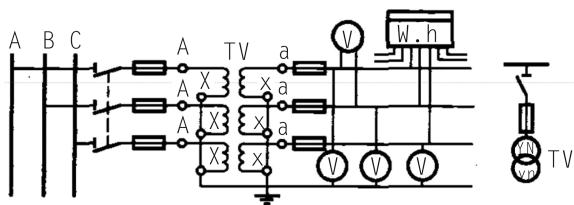


图 4 Y/Yn 接线原理图

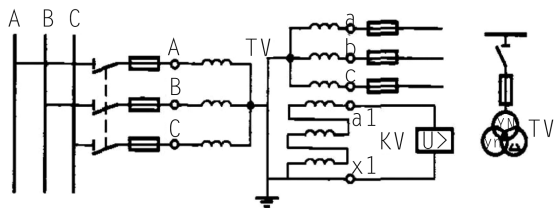


图 5 YN/yn/Δ 接线原理图

总之,电压互感器的作用是隔离高电压,并把高电压转换为低电压,供继电保护、调速励磁装置取电,测量仪表获取一次侧电压信息的设备^[5-6]。

2 电压互感器常见故障及处置

2.1 电压互感器运行规定

(1)电压互感器在额定容量下允许长期运行,但在任何情况下都不允许超过最大容量运行。

(2)因电压互感器二次回路绕组匝数少,阻抗较小,所以在任何情况下二次回路不允许短路。

(3)电压互感器投入运行时,一般在母线送电前投入运行(本系统有谐振者除外),相应母线停电后应退出运行。

(4)电压互感器送电时,先合一次刀闸,再投入二次保险器或空气小开关,停电时与此相反。

(5)在双母线接线中,两个母线上的电压互感器如需二次并列运行时,则应先将一次侧并列,即合上母联开关,然后再合上电压互感器二次并列小开关。

(6)停用电压互感器时应先考虑该电压互感器所带保护及自动装置,为防止误动可将有关保护及自动装置停用。

(7)电压互感器停用时,根据需要可将二次保险取下,防止反送电。

2.2 PT 常见异常现象及原因分析

2.2.1 低压侧小开关跳闸或熔断器熔断

(1)人为原因引起的各种二次回路短路。

(2)保护及自动装置元件损坏,引起电压二次回路短路。

(3)二次回路导线受潮、腐蚀及损伤而发生一

相接地,及二相接地短路故障。

(4)电压互感器内部存在着金属性短路,也会造成电压互感器二次回路短路。

2.2.2 高压侧熔断器熔断

(1)熔断相电压降低但不为零,完好相电压不变,与熔断相有关的线电压降低。

(2)有功功率表、无功功率表指示降低,电能表走慢。

(3)接有故障录波器时,可能引起录波器低电压启动动作。

(4)中央信号屏发出电压回路断线、母线单相接地光字牌。

2.2.3 二次输出电压波动或异常

(1)对于电磁式电压互感器可能是下节绝缘支架放电击穿或下节一次绕组匝间短路。

(2)对于电容式电压互感器可能是二次接线松动、接触不良,分压器低压端子未接地或未接载波线圈,电容单元可能被间接击穿,铁磁谐振等。

2.2.4 电压互感器异音异响

(1)系统出现谐振或馈线单相接地故障,电压互感器会出现较高的“哼哼”声。

(2)绕组绝缘老化或绕组内有导电杂物,绝缘油受潮,过电压击穿,严重缺油等。

(3)铁芯夹件未夹紧,铁芯片间松动^[7]。

3 电压互感器一次保险熔断可监视化研究

可监视效果研究见图 6,在 PT 一次侧增加 CT 作为监视,既可判断一次保险熔断,又可判断一次保险慢熔。

根据电压互感器一次二次电压、电流的关系,可以得出:

$$I_{C1} = \frac{U_{C1}}{N^2 R_2} \quad (1)$$

式中 I_{C1} 为电压互感器一次侧电流, A; U_{C1} 为电压互感器一次侧电压, V; N 为一次二次绕比; R_2 为电压互感器二次侧电阻, Ω 。

由公式看出,当一次侧保险熔断时,无法形成回路,电流为零,电压互感器二次侧负荷电阻多为并联方式,主要为励磁、调速器、相关继电器等提供电源。正常情况下负荷电阻基本恒定,可增加式(2)作为 PT 断线判据。

$$I_C = 0 \quad (2)$$

式中 I_C 为电压互感器一次侧电流, A。

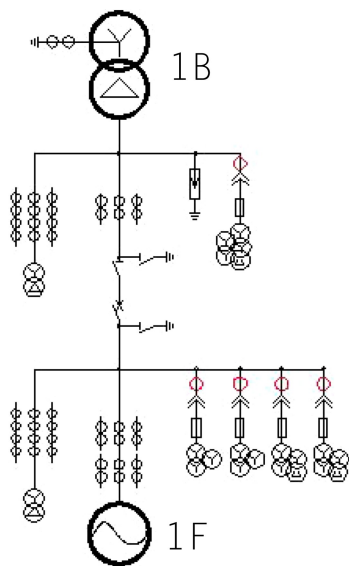


图 6 可监视效果研究

PT 慢熔时,电压互感器一次侧感应电压降低,电流降低,引入 T_1 、 T_2 时刻电流做比率可观测电阻变化情况,可以试验整定一定时域内的系数作为 PT 慢熔的判据,增加式(3)作为 PT 慢融判据,为监控提供报警信号,以此增强准确性判断。

$$\left| \frac{I_{C2} - I_{C1}}{T_2 - T_1} \right| > K \quad (3)$$

式中 I_{C1} 为电压互感器 T_1 时刻一次侧电流, A; I_{C2} 为电压互感器 T_2 时刻一次侧电流, A; T_1 为第一次检测电流的时刻, s; T_2 为第二次检测电流的时刻, s。

实际运行过程中,可能由于电压互感器二次侧短路,造成电压互感器二次侧电流增大,因为 $I_1 = \frac{I_2}{N}$, 所以一次侧电流会瞬间增大,触发上述条件,造成误判,更加准确,引入式(4)作为 PT 慢融判据。

$$K_1 < \left| \frac{I_{C2} - I_{C1}}{T_2 - T_1} \right| < K_2 \quad (4)$$

式中 I_1 为电压互感器一次侧电流, A; I_2 为电压互感器二次侧电流, A; I_{C1} 为电压互感器 T_1 时刻一次侧电流, A; I_{C2} 为电压互感器 T_2 时刻一次侧电流, A; T_1 为第一次检测电流的时刻, s; T_2 为第二次检测电流的时刻, s; K_1 为电压互感器一次侧慢熔整定系数; K_2 为电压互感器二次侧短路整定系数。

4 结 语

该研究表明在电压互感器一次侧加装电流互

感器可以对电压互感器一次侧慢融或熔断起到判断及监视作用。在电站运行过程中,由于电压互感器慢融的隐蔽性,很难被及时发现,发现设备异常时可能已酿成不可挽回的后果。通过引入 $K_1 < \left| \frac{I_{C2} - I_{C1}}{T_2 - T_1} \right| < K_2$ 判据,可在监控系统中及时发现电压互感器慢融报警信号,对设备异常处理提供充分的时间。现电站运行过程中在发电机出口 PT 处引入 PT 断线判据,无法对慢融现象进行有效监视。该研究在此基础上增加 PT 慢融判据,可对电站实际运行中可能出现的更为隐蔽的设备异常进行有效监视。

该研究在实际应用中仍存在一些难点,一是由于各电站运行参数、安装工艺、地理气候等差异, K_1 、 K_2 数值整定需要现场进行试验方可准确确定;二是对电流互感器精度要求较高,能够捕捉微小的变化,但对寿命要求不高,能够保证安全稳定运行一年即满足要求。

随着科学的发展,各设备可监视化程度逐渐提高、各设备稳定性逐渐增强,对电压互感器一次断线或慢融的监视仅仅是一个开始,智能化监视、控制将逐渐深入工作和生活领域中。

参考文献:

- [1] 於立峰,胡凯波,余程,等.基于人工智能技术的电压互感器二次绝缘监测系统[J].工业仪表与自动化装置,2022,286(04):99-104.
- [2] 周晟.发电机出口电压互感器任一相熔丝烧毁故障分析[J].设备管理与维修,2021(09):58-59.
- [3] 郭超,祝家平,胡婉倩.某大型水电站 PT 慢熔现象分析及防范措施[J].水电与新能源,2021,35(06):75-78.
- [4] 高亮亮.ABB Unitrol 6800 在某电厂 1 000 MW 机组上的应用及优化[J].河南电力,2019(S2):138-140.
- [5] 韩延纯,刘复林.电磁式电压互感器的原理及测试方法[J].黑龙江科学,2015,6(04):70+69.
- [6] 杨章俊.电容式电压互感器工作原理及试验方法分析[J].科技创新与应用,2015(31):194.
- [7] 吉磊,刘基涛.电厂 PT 慢熔故障分析及处理方法[J].东方电气评论,2020,34(04):34-37.

作者简介:

张松浩(1994-),男,河北衡水人,助理工程师,学士,从事电站运行工作;

王命福(1992-),男,福建福清人,工程师,学士,从事电站运行工作;

冷佳(1996-),男,四川绵阳人,助理工程师,学士,从事电站运行工作;

杨扬(1998-),男,云南寻甸人,助理工程师,学士,从事电站运行工作。

(责任编辑:吴永红)