

DOI: 10.12096/j.2096-4528.pgt.2018.071

发电机出口 PT 匝间短路故障分析

刘惠娟, 王颖明, 苏力

(华电电力科学研究院中南区域中心, 湖北省 武汉市 430000)

Analysis of PT Interturn Short Circuit Fault in a Generator Outlet

LIU Huijuan, WANG Yingming, SU Li

(Huadian Electric Power Research Institute Central South Regional Center, Wuhan 430000, Hubei Province, China)

摘要:某电厂发变组保护 A、B 柜分别报“定子零序电压高段保护动作”, 引起机组跳闸。检查该发电机发变组保护动作、故障录波器均正常, 现场发现发电机出口电压互感器(potential transformer, PT) B 相 5042PT 有明显过热。通过分析事故经过, 对故障 PT 完成直阻、绝缘、励磁特性曲线、空载电流测试等试验, 确认发电机 PT 匝间短路是造成此次机组跳闸的主要原因。针对如何提前发现发电机出口 PT 绝缘裂化故障提出了相应的防范措施, 应严格按预试规范要求完成发电机出口 PT 的局放、3 倍频耐压等试验, 并对各项常规预试项目数据进行趋势分析, 及时发现异常。通过此次发电机出口 PT 匝间短路故障分析对及时发现设备安全隐患, 提高设备运行可靠性起到较好排查作用。定期按规范要求完成相关试验, 重视试验数据的趋势分析能有效降低同类型事故发生概率及减小事故范围。

关键词: 发电机出口 PT; 匝间短路; 零序电压

ABSTRACT: Cabinet A and cabinet B of generator protection group of a power plant respectively reported "protection action of stator zero sequence high voltage section", which caused unit trip. It was found that the generator outlet potential transformer(PT) B phase 5042PT was obviously overheated. The accident process, through the breakdown PT finish straight resistance, insulation, excitation characteristic curve, and no-load current test, PT interturn short circuit are the main reasons of the unit tripping. In view of how to find early export PT insulation fault, the corresponding measures to prevent cracking was proposed. Specification requirements must be strictly according to the forecast to complete generator export PT partial discharge, triple frequency withstand voltage test, etc. In addition, the trend analysis was carried out on the data of various routine pre-test projects to detect the abnormality timely. The analysis of PT turn-to-turn short circuit fault at the generator outlet plays a good role in finding out the safety hidden danger and improving the reliability of the

equipment. The regular completion of relevant tests in accordance with the standard requirements and the emphasis on the trend analysis of test data can effectively reduce the occurrence probability of the same type of accidents and reduce the scope of accidents.

KEY WORDS: generator outlet PT; interturn short circuit; zero sequence voltage

0 引言

根据火电厂的生产数据统计, 目前发电机运行过程中因发电机出口电压互感器(potential transformer, PT)故障引发多起非计划停机, 已严重影响机组安全稳定运行。发电机出口 PT 分为全绝缘和半绝缘 2 种, 多为浇注式绝缘电磁式电压互感器, 随着运行年限增长绝缘逐渐老化, 易出现匝间绝缘短路故障^[1-5]。本文对某电厂发电机出口 PT 进行了故障原因诊断, 针对如何提前发现发电机出口 PT 绝缘裂化故障, 避免该类故障重复出现提出了相应的防范措施。

1 发电机出口 PT 故障诊断

1.1 发变组保护检查情况

查阅发变组保护装置技术说明书、定值单及接线图纸。基波零序电压保护设 2 段定值, 一段为灵敏段, 另一段为高定值段。灵敏段基波零序电压保护, 仅取中性点零序电压, 动作于信号, 定值为 10V, 1s; 高定值段基波零序电压保护, 仅取中性点零序电压为动作量, 动作于跳闸, 定值为 15V, 1s。

发变组保护 A、B 柜中性点零序电压均取自

发电机中性点接地变压器二次侧绕组中间抽头。发电机机端 PT 变比为 $(20/\sqrt{3})/(0.1/\sqrt{3})/(0.1/\sqrt{3})/(0.1/3)$ ，发电机中性点零序电压 PT 变比为 20/0.23 (中性点经单相变压器接地)。因发电机中性点采用经二次侧接电阻(带中间抽头，二次电阻 $R=0.51\Omega$ ，二次抽头 $R=0.384\Omega$)的单相变压器接地，所以接入保护装置的实际二次电压为 173V。中性点零序电压 PT 实际变比为 20/0.173。当发电机单相接地时，机端零序电压 $U_0=100V$ ，中性点零序电压 $U_L=(20/1.732)/(20/0.173)kV=100V$ ，二者一致，定子接地保护二次回路接线正确。

发变组保护 A、B 柜保护动作正常，动作过程如表 1 所示。动作时刻，发电机中性点 $3U_0$

表 1 发变组保护 A/B 柜保护动作过程

Tab. 1 Protection action process of generator and transformer group protection A/B cabinet

编号	时间	保护动作过程
1	2018-04-26 07:26:13:317	#4 发变组保护 B 柜发定子 接地零序电压信号
2	2018-04-26 07:26:13:328	#4 发变组保护 A 柜发定子 接地零序电压信号
3	2018-04-26 07:28:53:429	#4 发变组保护 B 柜发定子 零序电压高段动作
4	2018-04-26 07:28:53:440	#4 发变组保护 A 柜发定子 零序电压高段动作

达到 16V，超过定值 15V，保护动作正确^[6]。

检查发变组保护装置机端三相电压、机端开口三角零序电压和中性点零序电压，采样无异常；对发电机定子接地保护定值进行复校，保护装置无异常；对定子接地保护相关二次回路进行绝缘检查，绝缘良好。

1.2 故障录波器检查情况

查阅故障录波器录波文件，如图 1 所示。保护动作首发为：“B 柜发电机定子接地跳闸”。查阅故障录波器屏接线图纸，故障录波器发电机中性点零序电压与发变组保护 A、B 柜发电机中性点零序电压均取自发电机中性点接地变压器二次侧绕组中间抽头^[7]。

1.3 现场检查情况

经检查发现，发电机出口 B 相 5042PT 有焦臭味、测温检查该相 PT 本体温度达到 35℃，其他相 PT 为 23℃，本体明显过热。对发电机本体、故障 PT、中性点 PT 以及机端其他 PT 相应开展了绝缘、直阻、变比以及特性试验，并对发变组保护 A、B 柜定子接地保护进行了检验。

1.4 发电机出口 PT 绝缘试验检查情况

对发电机定子绝缘进行测量，绝缘电阻为 $R_{15S}=370M\Omega$ ， $R_{60S}=1010M\Omega$ ，吸收比为 2.73，结果符合《电力设备预防性试验规程》(DL/T

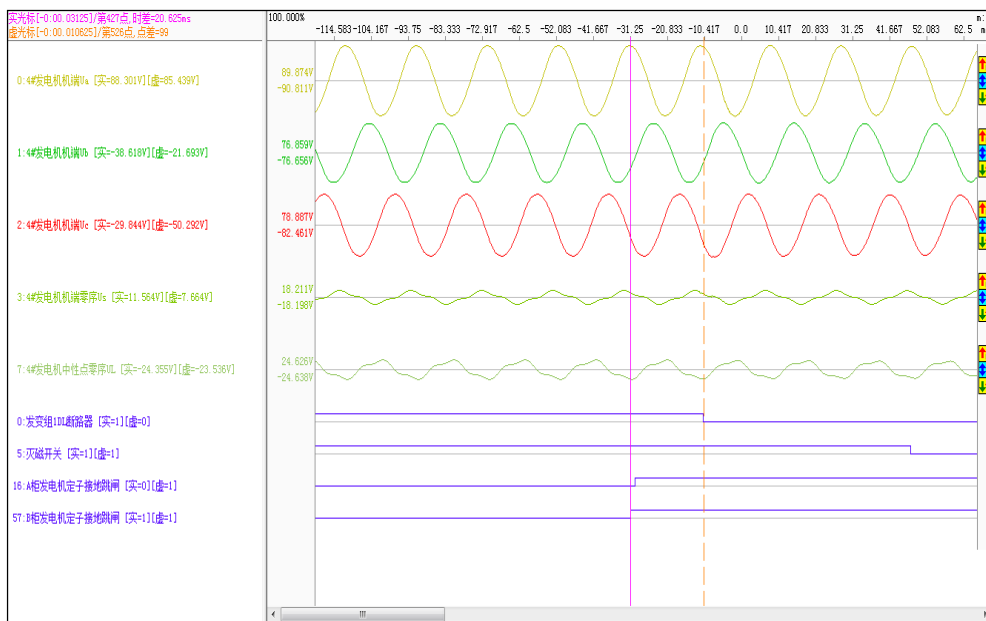


图 1 故障录波器录波文件

Fig. 1 Recording file of fault recorder

596—1996)要求。

对发电机中心点柜内变压器、电流互感器、电阻箱检查，绝缘均合格。对中心点联络电缆测试，绝缘及交流耐压试验合格。

发电机出口 B 相 5042PT 各项检查试验结果如表 2 所示，励磁特性测试取整数据如表 3，励磁曲线如图 2 所示。

对 4 号发电机出口 B 相 5042PT 更换并驶进行相关试验后，2018 年 5 月 1 日进行发电机空载试验，检测发电机出口各电压变比、相序、相别、相角准确，测量二次电压值正常，机端和中性点

表 2 发电机出口 B 相 5042PT 试验项目及数据

Tab. 2 Test item and data of export phase B 5042PT

序号	试验项目	测试结果	合格情况
1	一、二次直流电阻测试	1) 出口 B 相 5042PT 一次直阻为 2.153 kΩ, 2017 年测量值为 2.354 kΩ, 相差为 9.3%; 2013 年大修时测量值为 2.550 kΩ, 相差为 18.4%。而出口 A 相 5042PT、出口 C 相 5042PT 测试数据与大修时对比最大差值为 1.95%。 2) 二次绕组直流电阻分别为 166.3、161、163 mΩ。	1) 一次绕组直流电阻与以往测试数据对比, 与相间比均有明显变化。 2) 二次绕组直流电阻合格。
2	绝缘电阻测试	1) 一次对二次及对地绝缘电阻为 2 600 MΩ。 2) 二次对地绝缘电阻为 550 MΩ。	绝缘电阻合格
3	空载电流试验	4 号发电机出口 B 相 5042PT 低压侧加压 30 V, 低压侧空载电流为 43.8 A; 准备更换的 5 号发电机出口 B 相 5052PT 低压侧加压至 30 V, 低压侧空载电流为 122.9 mA。	空载电流出厂值: 低压侧加压 57.7 V 时, 空载电流低于 1 000 mA。 4 号发电机出口 B 相 5042PT 空载电流严重超标, 不合格。
4	励磁特性试验	出口 B 相 5042PT 励磁特性曲线无拐点电压, 出口 A 相 5042PT 和出口 C 相 5042PT 励磁特性曲线正常, 故障相 PT 测试曲线见图 1。	励磁特性不合格。
5	变比测试	额定变比为 $(20/\sqrt{3})/(0.1/\sqrt{3})/(0.1/3)$; 实测变比为 $(20/\sqrt{3})/(0.1/\sqrt{3})/(0.1/\sqrt{3})/(0.1/3)$ 。	变比合格
结论		判断 PT 一次绕组存在匝间短路故障	

表 3 出口 B 相 5042PT 励磁取整数据

Tab. 3 Excitation rounding data of export phase B 5042PT

序号拐点	电压/V	电流/A
1	0.08711	0.50000
2	0.17734	1.00000
3	0.26695	1.50000
4	0.36384	2.00000
5	0.45704	2.50000
6	0.54834	3.00000
7	0.63973	3.50000
8	0.73132	4.00000
9	0.82347	4.50000
10	0.91748	5.00000
11	0.92673	5.04913

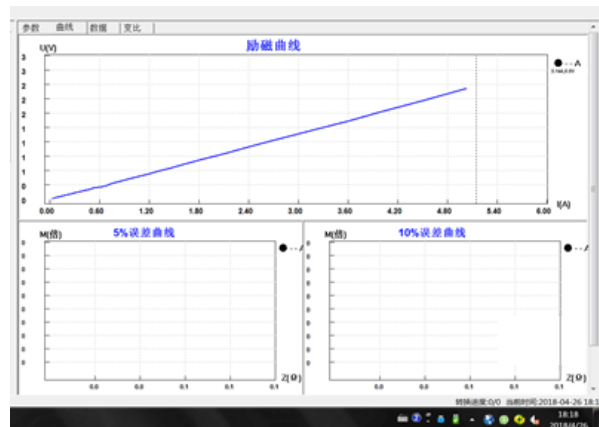


图 2 出口 B 相 5042PT 励磁曲线

Fig. 2 Excitation curve of export phase B 5042PT

零序电压小于 1V, 发变组保护 A、B 柜无异常。

2 发电机出口 PT 故障原因分析

1) 发电机跳闸的直接原因系发变组保护 A、B 柜“定子零序电压高段保护”动作。

2) 发变组保护 A、B 柜“定子零序电压高段保护”动作原因: 由于发电机出口 B 相 5042PT 内部匝间短路故障, 引起发电机定子电压三相不平衡, 中性点产生零序电压达到保护动作值, 发变组保护 A、B 柜出口跳闸。

3) 发电机出口 B 相 5042PT 故障前于 2017 年开展了直阻、绝缘、励磁特性等试验, 数据均合格, 但和 2015 年大修期间数据对比有裂化趋势, 未采取相应处理措施。

4) 通过励磁特性试验, 无拐点电压、空载电

流试验数据严重超标,通过直阻不平衡等试验数据分析,发电机出口B相5042PT产生内部匝间短路故障的直接原因为电压互感器绝缘劣化引起匝间短路^[8-10]。

3 发电机出口PT故障处理及防范措施

发电机出口B相5042PT故障前预试项目未严格按照预试规程要求执行,未开展局放及3倍频耐压试验。应严格按DLT 596—1996《电力设备预防性试验规程》要求对发电机所有出口PT开展3倍频感应耐压和局部发电测量等预防性试验,对存在故障的PT进行排查,并及时更换。

重视设备的全寿命周期管理,对历次试验数据进行纵比和横比的趋势分析,以及时发现设备存在的隐患。

4 结语

严格按标准规范的周期、项目开展发电机出口PT试验能及时有效发现设备可能存在的内部绝缘劣化故障。在不具备试验条件的情况下,应充分利用现有设备开展绝缘、直阻、变比、伏安特性、空载电流等测试,并注意试验数据纵比和横比的趋势分析。目前,该发电机更换故障PT后机组安全可靠运行。

该发电机出口电压互感器故障相从2009年使用至今已有9年,故障前运行正常,未发生过电压等故障,长期运行绝缘逐步劣化产生匝间短路。后续应重视设备的全寿命周期管理,提前制定设备的检修预试管理计划及措施,严格按预试规程要求完善相应试验项目,提前发现绝缘裂化故障。

致谢

本文中发电机出口PT的试验工作是在广东

分公司王颖明等工作人员的大力支持下完成的,在此向他们表示衷心的感谢。

参考文献

- [1] GB 50150—2016. 电气装置安装工程. 电气设备交接试验标准[S]. 北京: 中国计划出版社, 2016:
- [2] DL/T 596—1996. 电力设备预防性试验规程[S]. 北京: 中国电力出版社, 1996:
- [3] 刘宝华, 杨洪亮, 王福才. 发电机出口PT匝间短路故障分析[J]. 电站系统工程, 2013, 29(6): 53-54.
- [4] 胡越冬. 发电机出口电压互感器(PT)匝间短路故障分析[J]. 贵州电力技术, 2016, 19(5): 49-53.
- [5] 杜宁宁, 胡婷婷. 发电机机端PT故障案例分析[J]. 山东电力技术, 2015, 42(3): 73-74.
- [6] 吴利平, 曾万德, 徐德荣, 等. 某厂发电机定子接地保护动作跳机情况分析[J]. 江西电力, 2011, 35(4): 56-58.
- [7] 南东亮, 孙谊嫔, 冯小萍, 等. 一起由PT故障引起基波定子接地保护动作的分析[J]. 智能电网, 2016, 4(5): 458-462.
- [8] 郭晓锋. 国产300~1000MW发电机出口PT试验方法介绍[J]. 河南电力技术, 2017(3): 11-13.
- [9] 林德泉, 涂小涛. 某电厂发电机出口电压互感器故障分析及解体过程记录[J]. 南方农机, 2017(10): 41-45.
- [10] 戴寿超. 发电机出口PT接地故障分析余处理[J]. 湖南理工学院学报(自然科学版), 2014, 27(4): 63-67.

收稿日期: 2018-05-28。

作者简介:



刘惠娟

刘惠娟(1975), 女, 高级工程师, 研究方向为高电压绝缘技术, huijuan-liu@chder.com。

(责任编辑 辛培裕)