

高湿环境下电气接点动作缺陷消除途径研究

蔡之文¹, 洪元瑞², 罗 莎³, 陈俊杰³, 张金丽³, 刘云磊¹, 许 行¹

(1. 杭州科宏仪器仪表有限公司, 杭州 311122; 2. 国家电网公司华东分部, 上海 200120;

3. 国网上海电力科学研究院, 上海 200437)

摘 要: 变压器温度计是变压器重要的非电量保护装置, 其电气接点缺陷直接影响变压器稳定运行。通过现场缺陷调研分析、试验溯源, 发现目前相当一部分变压器温度计使用的为 IP00 微动开关和 IP55 外壳。在相对湿度较高、气候环境较差的条件下, 防护等级为 IP55 的仪表, 其仪表内外相对湿度基本一致, IP00 微动开关易产生动作缺陷。从运行现场环境条件和微动开关防护等级以及温度计外壳结构等影响因子对电气接点动作缺陷机理进行分析验证, 提出高湿环境下如何消除接点动作缺陷的建议。

关键词: 电气接点; 变压器; 温度计; 高湿环境

作者简介: 蔡之文(1973), 男, 工程师, 从事电力变压器用测温装置的设计与制造工作。

中图分类号: TM645 **文献标志码:** B **文章编号:** 2095-1256(2018)05-0649-03

Research on Elimination of Electrical Contact Action Defects in High Humidity Environment

CAI Zhiwen¹, HONG Yaunrui², LUO Sha³, CHEN Junjie³, ZHANG Jinli³, LIU Yunlei¹, XU Xing¹

(1. Hangzhou Kehong Instrument and Meter Co., Ltd., Hangzhou 311122, China;

2. East China branch Company, State Grid Corporation of China, Shanghai 200120, China;

3. State Grid Shanghai Electric Power Research Institute, Shanghai 200437, China)

Abstract: Transformer thermometer is an important non-electric protection device of transformer, and its electrical contact defects directly affect the stable operation of transformer. Through field defect investigation, analysis and test traceability, it is found that a considerable number of transformer thermometers currently use IP00 micro-switch and IP55 shell. Under the condition of higher relative humidity and worse climate environment, the relative humidity inside and outside the instrument with IP55 protection level is nearly the same. IP00 micro-switch is easy to produce action defects. The mechanism of electrical contact action defects is analyzed and verified from the environmental conditions on operation site, the protection level of micro-switch and the structure of thermometer shell. It is suggested that how to eliminate the defects of in high humidity environment.

Key words: Electrical Contact; Transformer; thermometer; High Humidity Environment

2012 年至 2016 年期间, 华东某地 9 个 500 kV 变电站的主变压器配套温度计累计发生了 25 次保护接点缺陷。据相应历史气象数据显示, 这 25 例缺陷故障中有 16 例(占 64%)是发生在雨天高湿环境条件下(见表 1), 为了分析验证环境条件对电接点误动的影响机理, 从根本上解决电气接点缺陷导致的保护误动及拒动, 制定相应方案并开展了针对性分析试验工作。

1 故障分析及解决方法

首先从运行现场环境条件、微动开关防护等级、温度计外壳结构等方面对电气接点动作影响

进行分析, 从而提出解决方法。

1.1 环境条件引发电气接点动作缺陷的主要影响因子

(1) 凝露影响。凝露是一种当试验样品表面温度低于周围空气的露点温度时, 水蒸汽在该表面上析出(即由气态转变为聚集液态)的自然现象。产生凝露的条件主要取决于空气相对湿度和环境温度与试验样品之间的温差; 相对湿度越高, 凝露所需的温差越小, 如表 2 所示, 当相对湿度为 90% 时, 温差超过 1.6℃ 即会产生凝露。在达到凝露环境条件时, 现场微动开关触点间受凝结水滴影响, 导致绝缘性能下降, 从而引发电气接点误动缺陷。

表1 主变压器配套温度计历史缺陷清单

缺陷时间	缺陷内容	发生次数	当天气候	相对湿度/%	气温/℃
2012/05/06	现场校验,告警接点试验后闭合无法恢复	1	晴	<90	17~30
2012/10/07	现场校验,告警接点绝缘电阻下降不合格	3	阴转多云	<90	17~24
2012/03/22	现场校验,告警接点绝缘电阻下降不合格	2	小到中雨~中	>95	8~18
2013/01/07	告警误动,非电量保护装置油温高告警	2	雨加雪转阴	>95	0~5
2013/07/15	告警误动,非电量保护装置油温高告警	2	阵雨转多云	>95	28~36
2013/10/05	现场校验,告警接点绝缘电阻下降不合格	2	阵雨	>95	22~25
2014/03/08	现场校验,告警接点绝缘电阻下降不合格	2	小雨	>95	2~13
2014/10/25	告警误动,非电量保护装置油温高告警	1	晴	<90	19~25
2015/01/28	告警误动,非电量保护装置油温高告警	2	晴转多云	<90	6~10
2015/03/18	告警误动,非电量保护装置油温高告警	1	中雨转小雨	>95	10~15
2015/03/18	现场校验,告警接点绝缘电阻下降不合格	3	中雨转小雨	>95	11~15
2015/04/10	告警误动,非电量保护装置油温高告警	2	晴转多云	<90	6~10
2015/06/19	现场校验,告警接点试验后闭合无法恢复	1	小雨~阴	>95	20~28
2016/04/18	现场校验,告警接点绝缘电阻下降不合格	1	多云~小雨	>95	11~20

表2 凝露产生所需温差与相对湿度的关系¹⁾

相对湿度/%	98	95	92	90	85	80
温差/℃	0.3	0.8	1.3	1.6	2.5	3.4

注:1)此数据是空气温度为0~35℃所获得值的平均值

(2)雾天影响。雾天是在大气稳定条件下空气相对湿度达到100%时,温度下降后空气中水气凝结成细微水滴悬浮于半空中的天气现象。长时间在100%相对湿度条件下工作,更易在温度计内部产生凝露,影响微动开关触点间的绝缘性能,从而引发电气接点误动缺陷。

(3)雾霾影响。雾霾是在雾天条件下空气中遭遇大量微小粉尘的天气现象,雾霾条件下更容易产生凝露,考虑到很多粉尘具有良好的电导率,雾霾环境条件下工作的微动开关金属触点间绝缘受导电粉尘影响,绝缘性能下降从而引发电气接点误动缺陷。

(4)盐雾影响。图1地理数据显示,表1中25例故障温度计运行现场平均距离海洋不足40 km,属于典型近海气候,空气中含盐量较高。近海气候环境(如图1所示)尤其在东北风或东南风条件下极易形成盐雾天气。盐雾中存在呈湿润性颗粒盐核,直径小于 $2\mu\text{m}$ 的盐核很容易进入温度计及微动开关内部,盐雾环境条件下工作的微动开关金属部件被盐雾腐蚀破坏,引发电气接点拒动、误动缺陷。

1.2 温度计接点动作缺陷风险源

从温度计本体分析,其电气接点动作缺陷风险源主要来自以下两个方面。

(1)设备外壳防护不足。设备外壳防护等级关系到环境条件对仪表内部运行工况的影响。大



图1 故障温度计变电站距离海洋位置

多数变压器使用压力式温度计进行温度测量保护,为保证压力式温度计测量准确,温度计内部需始终维系在一个大气压条件下,温度计表壳需要与大气贯通,目前温度计外壳防护等级均为IP55。当环境条件比较恶劣时,潮湿空气(包括粉尘、盐核)充满整个表壳内腔,当温度计内部元件温度下降至露点温度以下时,内部将产生凝露,凝露导致温度计内部负压将持续吸入周围高湿空气并在温度计内部产生更多凝露,从而导致接点动作缺陷。

(2)微动开关外壳防护不足。微动开关的本身防护直接关系着接点动作的可靠。微动开关按外壳按保护型式分类分开启式(图2a)和防护式(半封闭式图2b,密封式图2c),其中开启式和半封闭式的外壳防护等级均为IP00,国内行业标准推荐使用条件为相对湿度 $\leq 90\%$ (5~35℃无凝露条件下),目前电网运行中的进口或国产温度计绝大多数均使用IP00微动开关,因此凝露水滴、霾、盐雾等环境造成的外界影响可以直接导致开关电

图 2 常用微动开关外壳防护型式

[illegible]