

探究快速温升试验方法在开关类检测设备中的应用方式

雷仲强, 邹 玥, 张行健, 赵述金, 黄 丽

国网上海市电力公司物资公司, 上海

收稿日期: 2023年12月5日; 录用日期: 2024年2月29日; 发布日期: 2024年3月26日

摘 要

为了解决现有开关类检测设备在进行温升试验过程中效率较低的问题, 本文通过研究开关类检测设备的拓展扩容方式, 在提升同时进行温升试验的任务数量的同时, 对检测设备增加试验异常自动告警功能, 进一步提升检测效率, 确保检测结果的准确性。

关键词

开关类检测设备, 温升试验, 检测

Explore the Application of Rapid Temperature Rise Test Methods in Switch Detection Equipment

Zhongqiang Lei, Yue Zou, Xingjian Zhang, Shujin Zhao, Li Huang

State Grid Shanghai Electric Power Company Materials Company, Shanghai

Received: Dec. 5th, 2023; accepted: Feb. 29th, 2024; published: Mar. 26th, 2024

Abstract

In order to solve the problem of low efficiency of existing switch detection equipment in the temperature rise test process, this paper studies the expansion method of switch detection equipment to increase the number of tasks that can perform temperature rise tests at the same time. The equipment adds an automatic alarm function for test abnormalities to further improve detection efficiency and ensure the accuracy of detection results.

文章引用: 雷仲强, 邹玥, 张行健, 赵述金, 黄丽. 探究快速温升试验方法在开关类检测设备中的应用方式[J]. 仪器与设备, 2024, 12(1): 101-106. DOI: 10.12677/iae.2024.121016

Keywords

Switch Detection Equipment, Temperature Rise Test, Detection

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

中国制造 2025 概念中提出了企业的生产设备必须借助现代化管理技术手段, 加快自动化升级改造, 才能完成智能制造、绿色制造的新挑战[1]。企业为了满足不断变化的市场需求和技术进步, 需要不断对自身的检测设备进行升级改造, 进而提升检测效率和质量, 确保具有足够的市场竞争力。现阶段的开关类检测设备在进行温升试验过程中, 单台检测设备仅能同时进行一台试样的检测, 由于温升试验本身耗时较长, 且在试验过程中较难发现异常, 因此检测效率较低, 难以应对日益增长的检测业务需求, 本文的探究重点在于通过对开关类检测设备进行升级改造, 提升在进行温升试验时的检测效率以及实现智能告警试验异常。

2. 装备测试系统现状

2.1. 可重配置技术

可重配置技术是由加利福尼亚大学的 Gerald Estrin 等人提出的, 是指通过软件来改变硬件结构, 以适应具体应用的计算平台[2]。可重配置系统的一些概念在通用处理器中得以广泛应用, 如独立功能单元的再用性, 通过多路选择器控制各个功能单元之间的连接方式等[3]。因此, 对于开关类检测设备的升级改造也可以采取类似的方式, 将检测设备改造为能够同时进行两台试样的温升试验。

2.2. 开关类检测设备试验缺陷

目前, 即使是地市级的供电企业一般也都有数千台开关类设备[4], 对一台开关类设备进行温升试验所需花费时间通常在 6~8 小时, 且需要频繁检查设备的温度变化, 如果使用传统的手动测试方法, 测试人员需要不断地记录温度数据, 耗时久且效率低下; 另外, 传统的温升试验检测设备, 无法实现远程监控和数据传输, 这使得测试人员无法随时掌握设备的温度变化情况, 当出现试验误差如触头存在接触不良或探头松动时, 需要重新进行试验, 因此单次试验耗时成本较大, 难以发现试验不当操作而导致的试验结果错误。

因此为了解决以上问题, 对开关类检测设备进行拓展扩容, 实现在进行温升试验的过程中能够同时接入两台试样, 进而增加检测效率, 同时通过异常温度自动告警的方式帮助检测人员及时发现试验误差。

3. 开关类检测设备拓展扩容方式

3.1. 双温升试验

为了提升开关类检测设备的检测效率, 在保证检测设备功率负载足够的情况下, 将两个试验样品同时接入检测设备。为保证检测结果不受影响, 根据温升试验类型为电流实验, 两个试验样品采用串联方式接入检测设备, 具体串联接入方式如下图 1 所示。

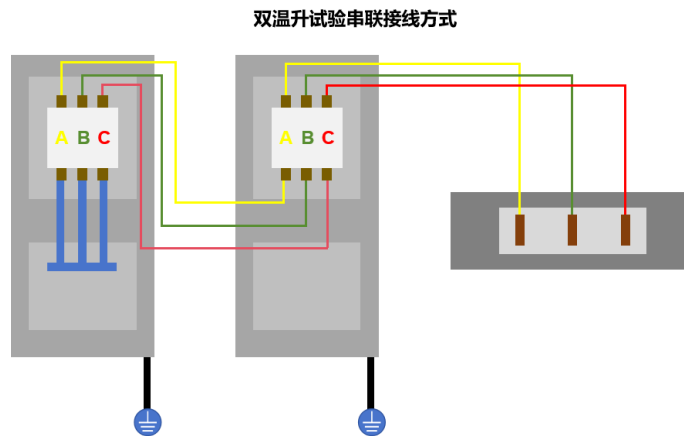


Figure 1. Double temperature rise test series connection method
图 1. 双温升试验串联接线方式

3.2. 检测设备负载验证

以常规使用较多的开关类检测设备为例，其输出容量为每相 6 kVA，输出电流为 0~1000 A。因此，为了确保试验安全性，需判断检测设备是否能够稳定负载两台试样同时进行试验，因此在接入两台试样的情况下，对检测设备负载进行计算。

为确保双温升试验时的功率能够满足检测设备的额定功率，即 $P_{\text{试}} < P_{\text{额}}$ ，根据公式 $P_{\text{试}} = I^2 \cdot Z$ ，其中 I 为试验过程中的检测设备额定电流， Z 为串联状态下整个回路阻抗。因柱上断路器由 A 相、B 相以及 C 相组成，为了便于计算和理解，此处以 C 相为例来进行计算得到 Z 的数值。

首先分别通过直流连接试样 1 和试样 2，测得其直流电阻 $R_1 = 72.52 \mu\Omega$ ， $R_2 = 76.33 \mu\Omega$ 。两者直流电阻主要是由于产品规格型号以及出产厂家不同导致了细微差异。

其次，分别通过交流连接试样 1 和试样 2，分别以 301.5 A、501.1 A 以及 601.8 A 测量三次试样两端的电压并计算得到其阻值，具体测量情况如下表 1：

Table 1. Voltage values of the three phases of the sample under different currents

表 1. 不同电流下试样三相的电压值

	A 相(mV)	B 相(mV)	C 相(mV)
301.5 A			
试样 1	131.3	96	78
试样 2	118.6	89.7	78.7
501.1 A			
试样 1	135.4	110.3	116.4
试样 2	140.6	118.0	118.9
601.8 A			
试样 1	167.2	131.3	130.4
试样 2	156.1	133.9	132.4

以 C 相为例，此处进行计算得到：

在 301.5 A 时， $Z_1 = 258.7 \mu\Omega$ ， $Z_2 = 261.0 \mu\Omega$ ；

在 501.1 A 时, $Z_1 = 232.2 \mu\Omega$, $Z_2 = 237.3 \mu\Omega$;

在 601.8 A 时, $Z_1 = 216.7 \mu\Omega$, $Z_2 = 220.0 \mu\Omega$ 。

由于线路中存在损耗, 因此在不同电流下, 相同试样的阻值计算后会存在一定误差, 近似取其平均值得到 $Z_1 = 235.9 \mu\Omega$, $Z_2 = 239.4 \mu\Omega$ 。

因此根据公式 $P_{\text{试}} = I^2 \cdot Z$, 得到 $P_{\text{试}} = 601.8^2 \times (235.9 + 239.4) \times 10^{-6} = 172.1 \text{ VA}$, 得出结论 $P_{\text{试}} < P_{\text{额}}$ (每相 6 kVA)。

最后将试样 1 和试样 2 串联连接, 通入 601.8 A 的电流, 在回路的两端测得整体回路电压为 0.886 V, $P = UI = 0.886 \times 601.8 = 533.2 \text{ VA}$, 远大于 $P_{\text{试}}$, 说明在整体回路中有相当大一部分的线路损耗, 但即使如此也远远达不到额定功率, 检测设备负载能够满足至少双台试样进行温升试验。

3.3. 整体装置

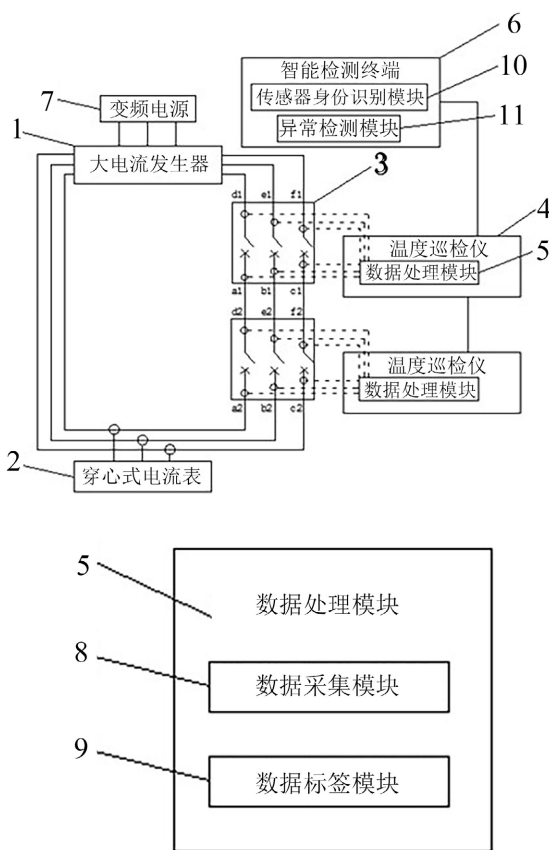


Figure 2. Switch testing equipment test device diagram

图 2. 开关类检测设备试验装置图

整个检测设备由变频电源、大电流发生器、穿心式电流表、温度巡检仪以及智能检测终端组成(图 2)。在双温升试验回路情况下, 其运作的方式原理为将两台温度巡检仪的触头分别连接至其对应试样的三相两侧, 再将温度巡检仪 2 的另一端与温度巡检仪 1 连接, 温度巡检仪 1 再与智能检测终端连接; 当试样接入整体回路, 开启检测设备电源后, 温度巡检仪将通过数据处理模块对每一台试验样品的同一位置触点温度进行记录判定, 其中采集模块采集探点位置温度数据, 数据标签模块将采集到的温度数据标记上数据标签, 并传输至智能检测终端。智能检测终端中的传感器身份识别模块对温度数据的身份信息进行

识别, 异常检测模块将根据预设的温度异常告警规则, 对温度数据进行异常检测, 实时推送告警发现的异常问题。试验相关人员可通过智能检测终端得出试验结果。

3.4. 智能异常告警

为开关类检测设备配置智能异常告警功能, 对温升试验过程中存在的异常问题进行实时监控告警。在进行双温升试验时, 两个试样在同一位置的 A 相、B 相以及 C 相共六个试验点在通流相同时的温度值应保持一致, 将每个试验点的温度值与平均值进行比较, 当某个试验点温度与平均值差距超过设定好的温度差阈值时, 说明试样不合格或试验操作存在错误(触头存在解除不良或探头松动导致温度异常), 于系统内进行告警报错。

为了进一步确定自动告警所需要的时间, 选取三个不平衡电阻分别为 $25\ \mu\Omega$ 、 $13\ \mu\Omega$ 以及 $7\ \mu\Omega$, 设置温差阈值为 5°C , 记录系统自动告警所需要的时间, 绘制出对应的阻值 - 时间关系图(图 3)。

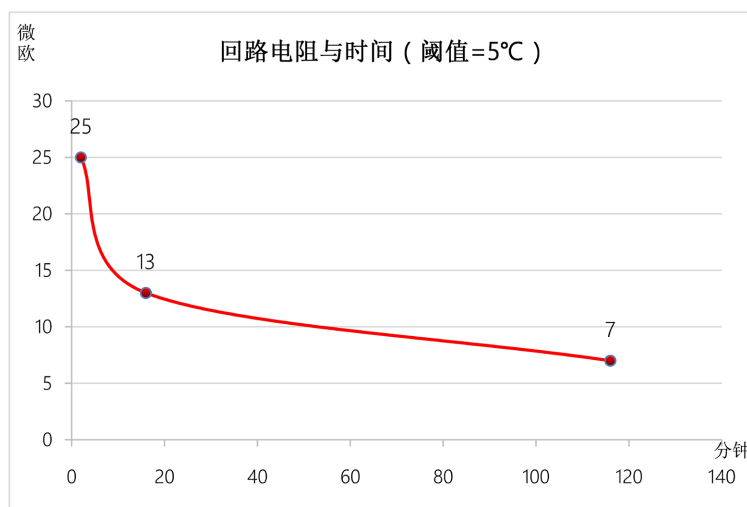


Figure 3. Loop resistance versus time diagram

图 3. 回路电阻与时间关系图

Table 2. The relationship between abnormal resistance (alarm) and time

表 2. 阻值异常(告警)与时间关系

温升试验中的阻值异常(告警)与时间关系	
时间(min)	不平衡电阻($\mu\Omega$)
2	25
16	13
116	7

记录得到结果(表 2), 当不平衡电阻为 $25\ \mu\Omega$, 试验经过 2 分钟时出现告警; 当不平衡电阻为 $13\ \mu\Omega$, 试验经过 16 分钟出现告警; 当不平衡电阻为 $7\ \mu\Omega$, 试验经过 116 分钟出现告警。因此可以得知当不平衡电阻阻值范围大于 $13\ \mu\Omega$ 时, 温度巡检仪能够在大约 15 分钟内迅速判断出温度异常, 通过异常检测模块发出告警, 但是随着阻值的不断减小, 发现温度异常所需要的时间陡然上升。

4. 总结

本文所探究的快速温升试验方法在开关类检测设备中的应用, 正是企业自动化升级改造的重要一环。

通过引入可重配置技术理念,对现有开关类检测设备进行拓展扩容,提升了能够同时进行的温升试验任务数量,大大提升了检测效率。同时,通过异常温度自动告警的方式帮助检测人员及时发现试验误差,保证了检测的准确性和可靠性。这种技术的应用,不仅能够提高企业的生产效率和产品质量,还能够降低生产成本和人力资源的浪费。

参考文献

- [1] 王建,徐洪森,王艳杰.企业设备自动化改造[J].设备管理与维修,2019(12):120-121.
- [2] Estrin, G., Bussel, B., Turn, R., *et al.* (1963) Parallel Processing in a Restructurable Computer System. *IEEE Transaction on Computer System*, **12**, 747-755. <https://doi.org/10.1109/PGEC.1963.263558>
- [3] 鲁云萍.可重配置系统研究与分析[J].计算机工程与应用,2005,41(36):52-56.
- [4] 廖浩利.电力开关类设备健康状态诊断系统的设计与实现[D]:[硕士学位论文].成都:电子科技大学,2016.