

一种电力系统二次设备硬件信息采集及比对系统的研究与应用

王朋飞, 陈光华, 郑蓬, 黄岩, 贺春

(许昌开普检测技术有限公司)

摘要: 介绍目前电力用户在电力系统二次设备合格产品软硬件信息管理上的要求和做法, 分析电力用户在智能变电站现场针对合格产品开展产品一致性比对的要求和困难。提出一种电力系统二次设备硬件信息采集及比对系统, 介绍其基于非接触机器视觉方式的核心技术及工作原理, 对合格产品从照片采集、网络存储以及信息比对等方面给出完整解决方案。介绍硬件信息采集及比对系统的应用案例, 总结其在国家电网合格产品硬件信息采集和合格产品一致性比对工作中应用效果。

关键词: 电力系统; 二次设备; 信息采集; 信息比对

0 引言

近年来, 随着智能变电站建设步伐的加快和深入, 以电子式互感器、合并单元、智能终端等智能设备为代表的大批智能设备得到了广泛应用。但是, 受技术发展和制造水平的限值, 这些新型智能设备在智能变电站现场出现了较多问题, 引起了多起电力系统故障, 造成了巨大的损失, 引起了电力用户的担忧。

为提高智能二次设备的产品质量, 保证智能变电站现场运行的长期稳定, 国家电网公司组织了多种设备的入网专业检测工作。对于通过入网专业检测的产品, 国家电网公司统一发布合格产品公告, 对合格产品的装置信息和软件版本信息进行公示, 有条件的还要求检测机构采集合格产品的硬件信息, 挂网发布。

现场应用中, 为保证制造企业供货到现场的产品与通过专业检测产品一致, 国家电网公司要求各级电力用户认真做好现场装置的比对分析工作, 充分利用合格产品公告和电力系统合格产品查询网站上的通过检测产品信息, 从装置基本信息、软件信息和硬件信息三方面开展严格的比对工作。

但是, 因为缺少有效的信息采集和比对工具, 各级电力用户在贯彻国网公司的要求开展合格产品一致性比对工作时遇到了一些困难, 很难对国调中心的要求进行有效执行。

第一, 现场的环境一般比较简陋和艰苦, 一

般不具备网络环境, 无法登陆电力系统合格产品查询网站查询合格产品信息。

第二, 目前还缺少专业的照片比对分析工具, 只能靠人工拍照、人工比对, 工作效率低, 工作周期长, 工作效果差。

鉴于以上情况, 为帮助电力用户做好现场产品的比对工作, 本项目设计和研发了装置硬件信息(主要是装置各个插件)比对分析工具, 实现装置插件照片的自动比对, 提高比对效率和成功率, 方便检测实验室和电力用户的工作, 支持国家电网公司的质量保证工作部署。

1 电力系统二次设备现场应用质量现状

电力用户对产品的质量和可靠性一直比较重视, 也采取了很多措施, 例如: 加强入网测试, 但从现场实际运行情况看, 因产品质量和可靠性不足引起设备故障而导致的电网事故时有发生。

以浙江夏金变和青海唐乃亥变为例, 均是因为合并单元出现异常, 导致了严重的事故。而经过软硬件信息比对, 发现现场装置与通过检测装置硬件均不一致。现场装置在重新进行试验验证时, 无论在环境还是在电磁兼容试验中均会出现波形畸变、输出异常和运行异常等情况, 质量上明显比原检测通过装置要差。

表1是某厂家现场投运合并单元装置与专业检测通过装置插件信息一致性比对的节选结果。

可以看出，CT 和 PT 配置，关键元器件的节选和插件的整体布局均发生了变化。

表 1 现场比对示例（部分插件）

对比插件	试验样品信息	其变电站样品信息	结果
插件 1	CBB-820/NJL-8109 8XJ 036 932.C V01.10 2012 10 07 	8XJ 037 159.C V01.20 CBB-820/NJL-8114 2014/08/25 	不一致 试验样品 3 个 电流，1 个电 压，现场样品 9 个 CT，3 种 类型，现场样 品与送检样 品不一致
插件 2	CBB-810/NRC-8100 8XJ 036 052.(1) 2012/07/26 V01.30 	CBB-810/NRC-8100 8XJ 036 052.(1) 2013/09/10 V01.60 	不一致 试验 样品比现场 样品在这个 位置多了三 个电容 

以上差异对于装置质量以及运行可靠性的影响缺少试验验证，此类装置在智能变电站投运，后果可能是灾难性的，而最近几年智能变电站出频繁出现的事故也验证了这种风险。

2 电力用户对合格产品一致性比对的要求

2.1 合格产品管理和质量保证措施

为保证产品质量和智能变电站运行的安全性和稳定性，国家电网公司采取了一系列合格产品管理和质量保证措施，具体如图 1 所示。

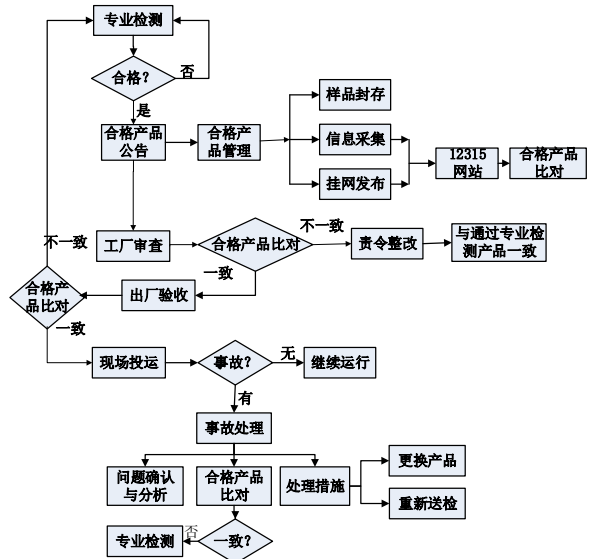


图 1 电力用户在合格产品管理的做法

对现场投运产品开展一致性比对工作，确保现场投运产品与检测通过产品的软件和硬件信息一致，是国家电网产品管理和质量保证措施中

十分重要的环节。

2.2 合格产品一致性比对工作的必要性

通过专业检测装置的软硬件是经过试验严格验证的，是国家电网公司唯一认可的，其功能逻辑、性能指标、环境适应性以及抗干扰性能均满足国网企业标准的要求。

第一，装置软件的变化会影响装置功能逻辑的正确性，也会影响性能指标的准确性。例如：

1) 主 CPU 程序或相关配置的改变会直接影响装置的告警、采样响应延时、跳合闸逻辑和时间、并列切换逻辑等，导致装置运行异常。

2) FPGA 程序的改变会直接影响装置在网络压力下的功能和性能表现，容易导致宕机或者死机。

第二，硬件结构和设计的变化可能影响装置的性能指标、环境适应能力和抗干扰能力。例如：

1) 晶振的改变会直接影响装置的对时和守时性能。

2) FPGA 的改变会直接详细装置在严酷环境下的插值算法，导致重采样异常。

3) CT 和 PT 的改变会直接影响装置的准确度指标和抗干扰能力，导致装置对暂态信号的响应能力变差，抗电磁兼容干扰的能力变差。

4) 硬件设计的改变会直接影响装置的电气性能和机械性能。

之前的专业检测经验和案例也验证了当程序变化或关键元器件更换后，其直接影响试验的结果，特别是环境、电磁兼容和机械性能的结果。这些改动不经过试验验证，在现场应用都存在风险，不利于整个变电站的安全和稳定。

因此，依托 12315 合格产品查询网站针对现场投运装置进行严格的比对是十分必要的。

2.3 合格产品一致性比对工作的内容

为了保证现场投运装置与通过专业检测对应装置的一致性，需要将两者进行比对，比对的内容包括两个方面，简述如下：

第一，软件信息比对

主要包括软件版本和校验码，分为主 CPU 程序和 FPGA 程序。

第二，硬件信息比对

主要包括机箱大小、工艺设计以及各个组成插件的硬件设计信息。

3 电力系统二次设备硬件信息采集及比对系统的构成

3.1 硬件组成

电力系统二次设备硬件信息采集及比对系统（以下简称“硬件信息采集及比对系统”）由系统柜体，主控计算机，光源及控制器、工业相机、夹具及连接电缆等部分组成，系统硬件组成如图2所示。

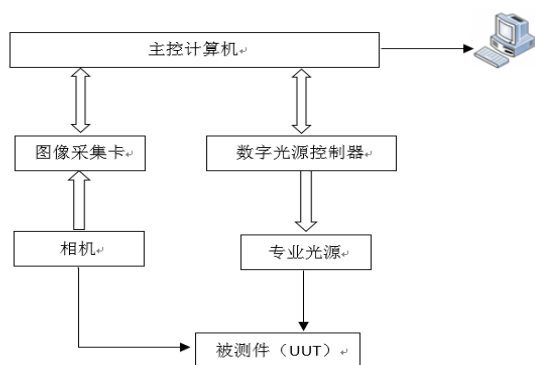


图2 系统组成框图

硬件信息采集及比对系统各个组块的功能定义为：

（1）主控计算机：系统软件载体，完成人机交互响应、数据处理、系统设备控制等功能，它是整个系统监控和控制的中心，用于安装图像采集等设备，内安装测试软件，实现对被测件图像的采集、分析处理、保存和图像的上传和下载等功能。

（2）图像采集卡：获取相机采集到的图像数据，将数据传送至主控计算机内存中，供系统分析和处理。

（3）高清相机：系统配置单相机，当UUT放置到位后，采集当前电力产品的图像。图像通过图像采集卡，将数据传送至主控计算机中，供系统分析与处理。

（3）专业光源：为保证成像时光照充足、稳定及凸显出各特征信息，系统选用专业的视觉检测光源及适当的打光方式，保障检测光照环境的稳定可靠。

3.2 软件设计

硬件信息自动比对流程如图3所示，主要通过以下几个模块实现：

（1）系统自检模块：系统测试前，要求对测试系统进行测试前的状态检查，系统各硬件工作状态正常后方可进行正常的检测，否则系统故障，直至系统故障排除，方可进行检测。

（2）用户管理模块：测试系统启动后，需要用户名和密码才能进入测试系统，同时对用户权限进行区分，操作员权限只能进行检测操作，而管理员可以进行参数设置、数据查询、增加新用户等功能。

（3）参数配置模块：按照四级目录的设计方式，设置好标准图片的相关信息，便于后续视觉检测时自动比对。

（4）视觉检测模块：系统实时采集被测产品背面、正面和方面图像，然后进行自动分析比较，给出最终的检测结果。

（5）图像存储模块：按照图片的存储条件，自动分类存储被测产品图片，便于后续查找。

（6）对比报告生成模块：根据对比结果自动生成对比报告。

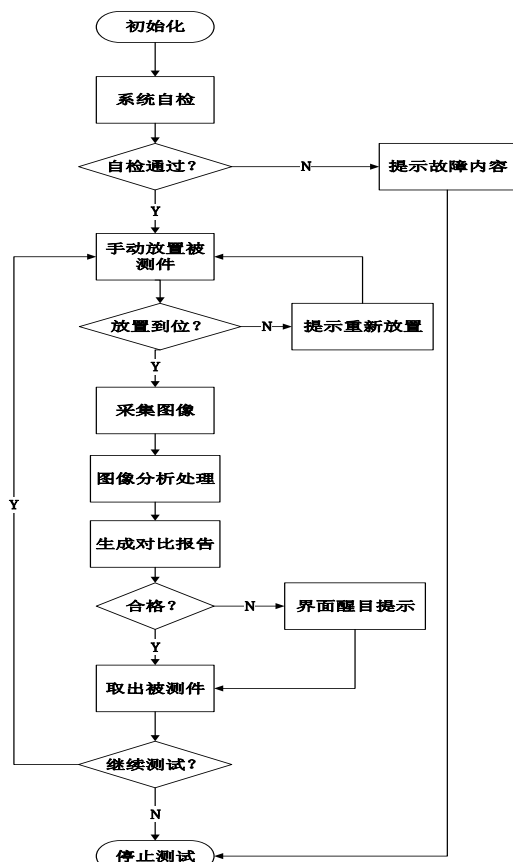


图3 系统自动比对流程图

4 硬件信息采集及比对系统的核心技术

硬件信息采集及比对系统可实现系统自检、图像采集及自动比对、保存测试图片和比对报告生成等功能。为保证系统运行的安全可靠，减少因配置不当而导致的错误，因此需要一些关键的技术来实现图像的精确采集。

4.1 光源设计

为保证视觉检测结果的稳定可靠，消除外部光照变化对检测带来的不利影响，系统选用暗室结构并辅助专业视觉检测光源照明的方式。电力产品表面多经过三防处理，表面 PCB 板光滑且易反光。

为避免光线直射到被测产品表面生成光斑等影响成像质量，系统选用在暗室两侧用条形光源照明，同时结合表面磨砂的半透明散光板，使暗室内整体光线散乱柔和，整个被测产品光照均匀柔和和无光斑，为后续视觉检测提供强有力保障。

4.2 图像预处理

系统获取检测图像后，因被测产品放置位置和角度等与标准图像存在细微差异，因此在图像检测之前，需要对检测图像进行必要的预处理操作。预处理主要包括 Mark 点定位、图像修正、图像裁剪及滤波处理等。

(1) Mark 点定位

选择被测件上的显著特征为 Mark 点，采用模式匹配的方式分别定位 Mark 点在标准图及当前测试图像中的位置和角度信息，若两者定位结果一致，则当前图像不需要进行修正，在进行必要的裁剪和滤波处理之后，直接可以进行自动比对。否则需要根据测试图像与标准图之间的差异，对测试图像进行必要的修正后，方可进行自动比对。

(2) 图像修正

图像修正主要为图像角度旋转和裁剪两个部分，若测试图与标准图相比，存在一定量的倾斜情况，就需要根据模式匹配的结果，对当前测试图像进行旋转，保证两者方向完全一致。在两者角度一致之后，采用图像裁剪的方式，仅获取被测产品的图像信息，剪掉多余区域，消除因多余区域的差异引入的误判断，提高系统检测的可靠性。

(3) 图像滤波

为消除图像上的噪点，系统对测试图像进行必要的滤波操作，去除图像上各类噪点信息，改善整体图像质量。

4.3 图像比对

图像预处理完毕后，将当前测试图像与标准图之间进行差运算，获取两个间的差异图。理想状态上，若两幅图完全一样，则差图像为一副全黑图。但因为光照及 CCD 成像方式带来的差异，差图像或多或少都有一些差异信息。此时需要对差图像进行进一步的分析与处理，来判断两者是否一样。

根据先验知识及实际测试结果分析，若测试图像与标准图一致，会出现一些离散的点或小尺寸的线状差异，否则会出现大面积的块状或完整的轮廓差异等。

后续判断时，需要将差图像进行二值化操作，然后对二值图进行开运算操作，既可以有效去除离散点状差异，又可极大减少小尺寸的线状差异。最后获取处理后图像上的差异内容的面积与尺寸信息（主要为囊括整个差异内容的最小矩形的长度和宽度信息），将差异面积和尺寸信息与设定的阈值进行比较，若差异在设定的范围内，则认为当前测试图与标准图像一致，否则两者存在较大差异。

5 硬件信息采集及比对系统的应用情况

该硬件信息采集及比对系统已经应用于国家电网公司合并单元与保护装置的专业测试中，采集合格产品的硬件信息，对现场投运装置进行硬件信息的一致性比对。已 XXX 为例，介绍硬件信息采集及比对系统对插件信息采集与比对的效果。

5.1 硬件信息采集

本系统的硬件信息采集功能较简单、快捷：登录系统，点击添加模板，在弹出的产品信息界面中将装置的报告编号、厂家名称、型号以及插件的数量填写完成后，将插件放进插槽，点击保存图像，系统自动将当期图像保存在标准图库的文件中，同时新建模板上的信息文件夹。

5.2 硬件信息比对效果

在比对过程中，如果被测硬件与标准硬件有

差异，则会在界面上用红色框醒目的标识出差异的地方，如图 4 所示：



图 4 差异图片

图的中间白色的位置被红色框标识出，来告知适用方此处有差异。

如果没有差异，系统会给使用者下一步的操作提示，如图 5 所示：



图 5 无差异图片

5.3 硬件信息比对报告

产品测试完毕后，系统自动生成测试报告，测试报告支持 word 格式，系统默认报表格式为 Word。测试报告默认保存路径为测试软件文件夹内的 File 文件夹中，测试报表格式如图 6 所示。



图 6 测试报告表

6 总结

电力系统合格产品硬件信息采集及比对技术的研究以及比对分析装置的研发对于加强电力系统合格产品管理，保证智能变电站现场投运装置与检测通过装置的一致性至关重要。

开展该项研究，有助于进一步提高智能二次设备的质量和可靠性，减少停电事故，帮助电力用户做好管理工作。同时，有助于规范产品市场，提高企业的生产效率，形成产业优势，从而提高相关设备在国内乃至国际市场方面的整体竞争力。

参考文献

[1] 陈航, 陈建冰, 周俊. 仪器设备比对系统的研发与应用 [J]. 科教文汇, 2014(33):104-105.

[2] 黄继鸿, 赵新华, 王强. 信息采集技术研究与应用 [J]. 航空科学技术, 2014(6):43-46.

作者简介

王朋飞 (1988-), 男, 硕士研究生, 主要研究方向: 智能变电站自动化系统、通信规约一致性及时间同步测试技术, Email: wangpengfei@ketop.cn.

陈光华 (1987-), 男, 硕士研究生, 主要研究方向: 智能变电站自动化系统、通信规约一致性及时间同步测试技术, Email: chenguanghua@ketop.cn.

郑蓬 (1981 -), 男, 学士, 工程师, 主要研究方向: 智能变电站自动化系统、通信网络及时间同步测试技术, Email: zhengpeng@ketop.cn.

黄岩 (1993-), 男, 学士, 主要研究方向: 电力系统信息安全、智能变电站自动化系统, Email: huangyan@ketop.cn.

贺春 (1973-), 男, 高级工程师, 主要研究方向: 智能电网、电力系统自动化、通信规约及规约测试, IEC SMB SG3 战略专家组成员, IEC TC57 标委会委员, Email: Hechun@ketop.cn.