

# 特高压变电站监控系统测试技术应用分析

彭志强<sup>1</sup>, 张琦兵<sup>2</sup>, 张小易<sup>1</sup>, 夏杰<sup>1</sup>, 郑明忠<sup>1</sup>

(1. 国网江苏省电力公司电力科学研究院, 江苏 南京 211103; 2. 国网江苏省电力公司, 江苏 南京 210024)

**摘要:**结合目前在建及已投运的交流特高压变电站监控系统技术特点, 首先分析了特高压变电站监控系统架构, 根据测试应用需求提炼了变电站监控系统测试项目, 主要包括测控装置、监控主机、数据通信网关机、网络报文记录分析仪、时间同步在线监测、保护装置接入监控系统、系统切换等内容。针对测试项目创新性地提出了基于 SCD 模型仿真与实物相结合的监控系统测试方法。最后结合实际工程的特高压变电站监控系统联调测试, 对测试发现的问题进行了分析, 并给出了整改解决方案。通过对特高压变电站监控系统测试技术应用分析, 对后期特高压变电站监控系统建设、调试、运维及检修等方面具有一定的参考意义。

**关键词:**特高压; 监控系统; 测控装置; 数据通信网关机

**中图分类号:** TM732

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1009-0665(2016)06-0056-05

随着特高压交流工程纳入国家大气污染防治行动计划实施方案, 将会有越来越多的特高压交流工程建设投产运行。特高压变电站监控系统实现全站信息的采集、处理、监视、控制、运行管理等功能, 是变电站生产运行的重要组成部分, 是实现特高压交流输电数字化、自动化、互动化的关键环节<sup>[1]</sup>。

本文针对目前特高压交流工程变电站监控系统的技术特点, 以变电站自动化设备为对象, 介绍了单体设备需要开展的测试项目, 包括测控装置、监控主机、数据通信网关机、网络报文记录分析仪等装置, 及面向全站的功能应用测试, 包括时间同步在线监测测试及保护装置接入监控系统测试及系统切换功能测试。根据变电站监控系统的测试项目的重点及难点, 分析了以面向全站功能应用的测试方法及测试要求, 包括高级应用功能、防误闭锁逻辑功能、检修处理机制功能、数据缓存功能、时间同步在线监测功能及系

统切换功能。针对上述测试项目, 对测试发现的问题进行了分析, 并给出了整改解决方案。

## 1 系统架构

目前在建与已投运的交流特高压变电站监控系统是基于 IEC 61850 标准 1000 kV 变电站监控系统, 站控层与间隔层设备均采用 IEC 61850 标准建模与通信, 与智能变电站相比, 交流特高压变电站建设无过程层设备, 采用硬接线方式实现对一次设备状态量和模拟量的采集及控制命令的开出<sup>[2,3]</sup>。特高压变电站监控系统架构示意图如图 1 所示。

纵向分为间隔层和站控层, 2 层设备信息交互通过站控层双网连接。变电站与调控主站信息交互, 在安全 I 区通过 I 区数据通信网关机实现调控数据的实时交互, 在安全 II 区通过保信子站实现全站继电保护的信息交互, 在安全 III/IV 区通过 III/IV 区数据通信网关

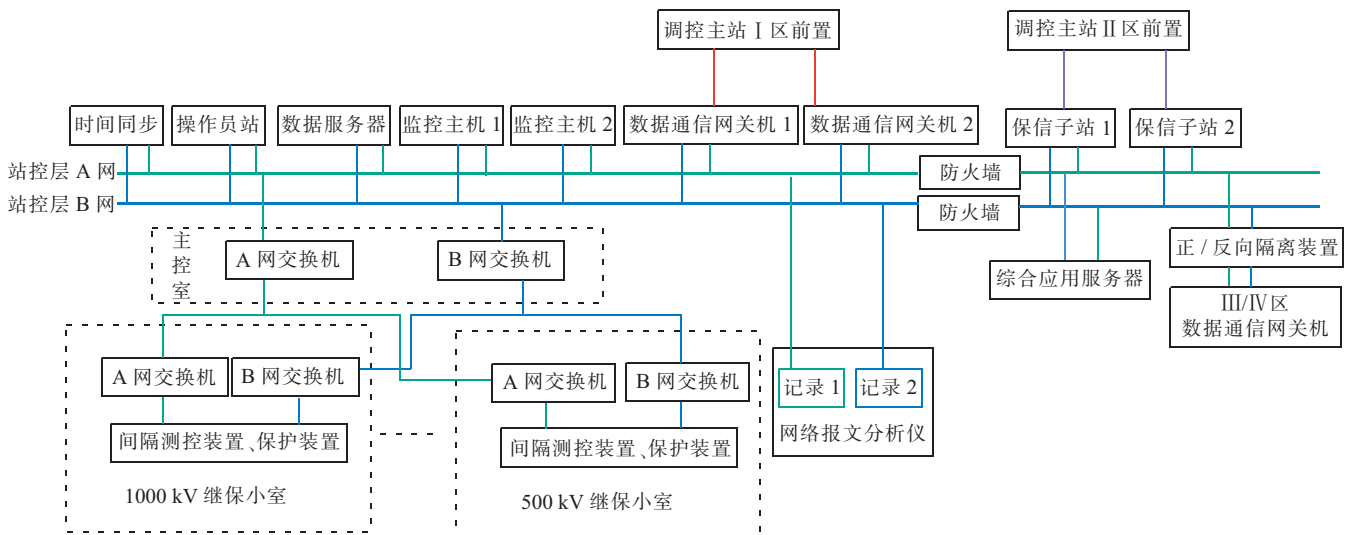


图 1 特高压变电站监控系统架构示意图

机实现一次设备在线监测及视频的信息交互。横向分为安全 I 区、II 区及 III/IV, 其中 I 区与 II 区之间通过硬件防火墙隔离, II 区与 III/IV 区之间通过正反向隔离装置。站控层网络是间隔层设备和站控层设备之间的网络, 实现站控层内部以及站控层与间隔层、间隔层逻辑闭锁信息之间数据传输, 连接数据通信网关机、监控主机、综合应用服务器、数据服务器、保护、测控和其他智能电子设备等设备。站控层网传输报文主要包括 MMS 报文、GOOSE 报文 (跨间隔逻辑闭锁信息通过 GOOSE 交互), 其中采用网络分析仪记录、存储、分析站控层双网的报文信息, 它是事故分析的依据。

根据交流特高压变电站监控系统整体架构的技术特点, 依据特高压建设总体安排, 变电站监控系统在发往现场之前应进行联调测试。根据监控系统出厂验收测试, 总结前期工作经验, 归纳开展的测试项目主要包括测控装置功能及性能测试、监控主机功能及性能测试、数据通信网关机功能及性能测试、网络分析仪功能测试、时间同步在线监测功能测试、保护装置接入监控系统测试及系统切换功能测试等。

## 2 测试项目

特高压交流变电站监控系统出厂验收测试内容应至少包含测控装置、监控主机、数据通信网关机、网络报文记录分析装置、时间同步在线监测功能、保护装置接入监控通信能力及系统切换功能等。各测试内容及测试重点如图 2—8 所示。



图 2 测控装置功能及性能测试项目

## 3 测试技术应用分析

### 3.1 监控主机高级应用功能

变电站监控系统高级应用功能包括顺序控制、智能告警及数据辨识等, 如图 9、图 10 所示。保护测控信息仿真系统是基于 SCD 仿真保护装置与测控装置的信息交互行为, 集成了顺序控制、智能告警及数据辨识测试案例, 可进行正确响应与否定响应测试。

顺序控制测试使用保护测控信息仿真系统的 MMS 服务组件来虚拟实际的间隔层 IED 装置, 通过

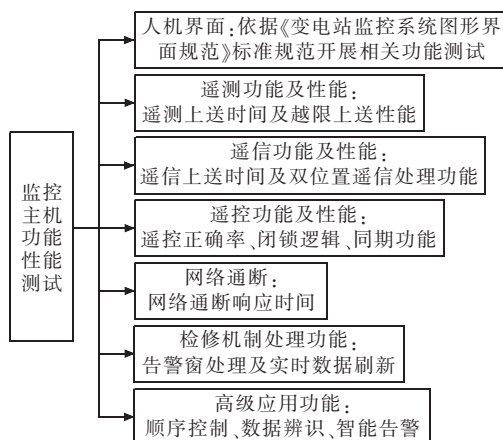


图 3 监控主机功能及性能测试项目

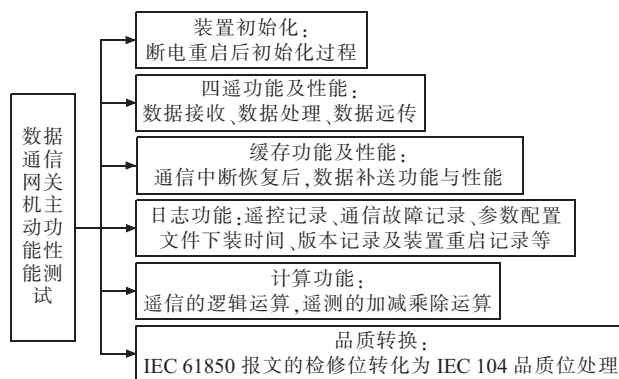


图 4 数据通信网关机功能及性能测试项目

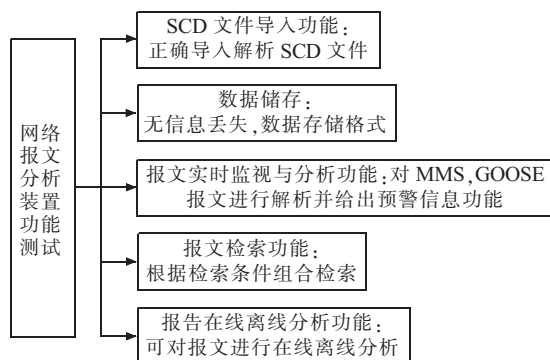


图 5 网络报文记录分析装置功能测试项目

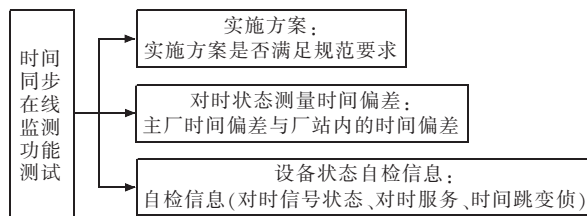


图 6 时间同步在线监测功能及性能测试项目

导入 SCD 文件, 就可以虚拟出待测试变电站所有的间隔层 IED 装置, 从而实现对顺控功能的测试。智能告警与数据辨识功能测试, 通过保护测控信息仿真系统导入 SCD 文件模拟 IED 装置的输出, 编辑测试案例控制信息源的输出。基于保护测控信息仿真系统测试, 可解决目前监控主机高级应用功能测试困难不全面的问题, 加快高级应用功能的推广应用。

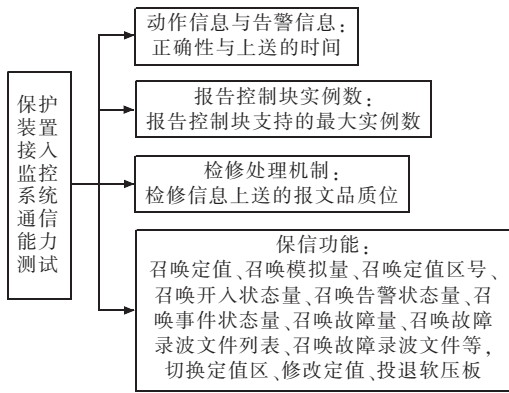


图 7 保护装置接入监控系统通信能力测试项目

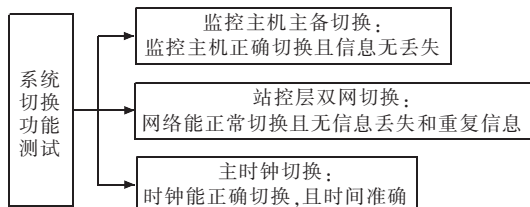


图 8 系统切换功能测试项目

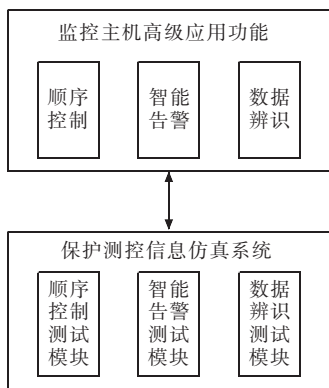


图 9 高级应用功能测试架构示意图

### 3.2 防误闭锁逻辑功能

变电站监控系统防误由站控层防误、间隔层防误和设备层防误三层防误闭锁功能组成，为变电站操作提供多级的、综合的防误闭锁。变电站监控系统防误控制回路示意图如图 11 所示。联调测试需分别验收站控层和间隔层防误闭锁功能。

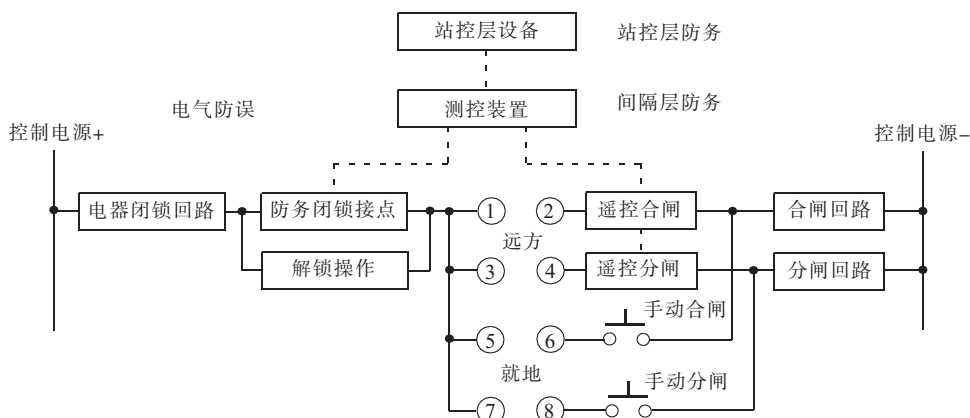


图 11 变电站监控系统防误控制回路示意图

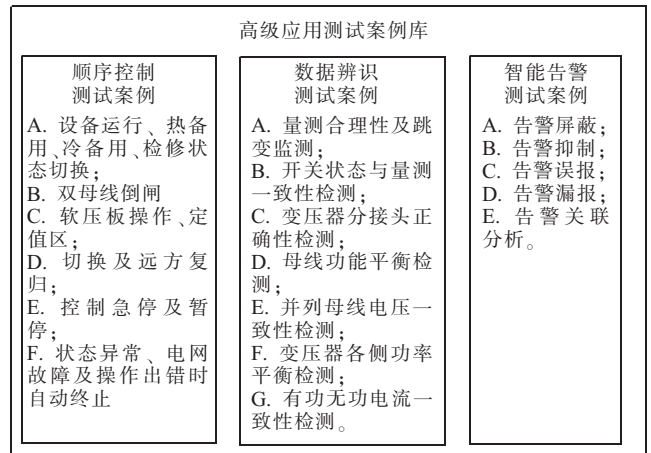


图 10 高级应用功能测试案例库

站控层防误闭锁功能主要包括防误闭锁逻辑（含正逻辑与反逻辑）、防误预演功能及防误功能投退测试等。验证防误闭锁逻辑可通过监控主机的置数功能，改变一次设备开关刀闸位置及遥测值，这样可以提高测试效率。本文提出了一种基本变电站配置文件 SCD 仿真间隔层设备信息交互行为，如图 10 所示，通过仿真测控装置完成站控层防误闭锁功能正逻辑与反逻辑的测试。

间隔层防误闭锁功能主要包括本间隔和跨间隔防误闭锁逻辑（含正逻辑与反逻辑），跨间隔信息交互采用站控层 GOOSE 发送与订阅，应验收 GOOSE 报文的规范性，同时验收通信中断、投入检修硬压板时的闭锁逻辑。验证间隔层防误闭锁逻辑可通过监控主机的取代服务，设置一次设备开关刀闸位置及遥测值，这样可提高测试效率。

### 3.3 检修处理机制功能

装置检修硬压板是提供检修人员安措的一种手段，对检修处理机制功能应开展测试，测试内容包括 MMS 报文检修处理机制、GOOSE 报文检修处理机制及检修位远动上送处理机制<sup>[4]</sup>。

(1) MMS 报文检修处理机制测试：装置投入检修硬压板时，检查除检修压板本身的信号的品质  $q$  的



Test 位位置“1”,而检修压板信息本身的品质位  $q$  的 Test 位位置“0”。同时检查监控后台告警窗对检修位的处理,当报文为检修报文时,应在单独的检修窗进行展示,不影响正常运行的告警窗。

(2) GOOSE 报文检修处理机制测试。装置投入检修硬压板时,检查除检修压板本身的信号的 GOOSE 报文的 test 为 true,而检修压板信息本身的 GOOSE 报文的 test 为 false。同时检查 GOOSE 接收端与发送端检修不一致处理机制,只有当二者一致时,才将信号作为有效信号处理,不一致时应保持前一个状态。

(3) 检修位远动上送处理机制测试。数据通信网关机收到带检修位的 MMS 报文转换成 IEC 104 对应的品质位需开展测试,IEC 104 报文品质位有 IV 无效位、NT 非当前值位、SB 被取代位、BL 被封锁位、SPI 单位值位,无对应的检修位,根据工程实际需要建议 MMS 报文检修位对应 IEC 104 的 IV 无效位。

### 3.4 数据缓存功能及性能

数据缓存功能和性能测试对象包括测控装置和数据通信网关机,用于测试装置通讯中断后信息补发的能力<sup>[5,6]</sup>。

(1) 测控装置数据缓存功能和性能测试。站控层通讯正常过程中,人为模拟双网通讯中断,施加遥信量变位信息,然后恢复通讯,查看通讯中断时遥信变位信息能否补送至监控后台;双网切换过程中,施加遥信变位,查看信息是否正确上送,并在通讯中断过程中施加大量的遥信变位,测试测控的缓存性能。

(2) 数据通信网关机数据缓存功能和性能测试。数据通信网关机与调控主站正常通讯过程中,人为模拟通讯中断,施加遥信变位,通讯正常后,查看信息是否正常补送,并在通讯中断施加大量的遥信变位,测试其缓存性能。

### 3.5 时间同步在线监测功能

变电站二次设备应满足时间同步监测管理功能,测试内容包括对时状态测量数据和设备状态自检信息,其中状态自检信息包括对时信号状态、对时服务状态和时间跳变侦测状态。时间同步监测实施方案应满足规范要求,其中调控主站与厂站的时间同步监测精度应小于 10 ms,厂站内部时间同步监测精度应小于 3 ms,设备状态自检信息应正确反映并上送。

### 3.6 系统切换功能

为增加系统的可靠性,监控系统采用冗余配置,包括监控主机主备模式、站控层双网模式、主时钟双主模式,对冗余配置应开展切换功能测试。测试过程中要求系统功能、性能正常,动作后的告警信息报告正确并无丢失<sup>[7-9]</sup>。

(1) 监控主机双机切换。通过关机切换、命令切换、网络切换进行验收测试,要求能正确切换且信息无丢失。

(2) 双主时钟切换。通过关机切换和命令切换进行验收测试,要求时钟能正确切换,且时间准确。

(3) 站控层双网切换。通过断网切换进行验收测试,要求网络能正常切换且无信息丢失和重复信息。

## 4 工程应用

淮南—南京—上海特高压交流输电工程经由江苏境内的变电站包括盱眙站、泰州站和东吴站,3 个变电站监控系统架构均采用如上文所述的系统架构。笔者参与了这 3 个站的监控系统出厂验收测试,应用交流特高压变电站监控系统测试技术对本文所述的联调测试项目一一开展测试,梳理测试中发现的典型问题如表 1 所示,供后续特高压建设、运行和检修作为参考。

表 1 测试典型问题汇总表

序号	测试项目	问题描述	分析与建议
1	装置通讯中断恢复功能测试	某装置通讯正常时,拔掉网线,通讯中断后插上网络,通讯不再复归,经对网络报文进行分析,发现某一客户端发起多次连接至该装置 COTP 连接池满,导致其他客户端无法连接该装置。	该异常现象,因为某一客户端发起多次连接,且未释放 TCP 连接资源,导致 COTP 连接池满。针对该异常现象,要求该客户端进行整改,发起新的连接前应释放 TCP 连接资源,同时服务端只响应唯一来自同一 IP 地址的客户端的连接。
2	遥控功能测试	在监控后台遥控操作失败原因未上送。	按 IEC 61850 建模要求,遥控返回的原因代码应按标准定义统一使用,实际运行中,遥控失败原因是分析原因的重要依据,要求测控装置整改具备上送遥控失败原因。
3	报告控制块实例数	某装置报告控制块实例数只有 10 个。	根据标准要求,IEC 61850 服务端报告控制块实例数应不小于 12 个,根据特高压监控系统客户端配置及长远规划考虑,建议报告控制块实例数为 16 个。
4	检修处理机制测试	投入检修硬压板,检修压板本身带检修位。	检修压板带检修位上送后,经数据通信网关机通过 IEC 104 转发成无效,这样在调控主站无法查看该值的变位信息,要求整改检修压板本身信号不带检修位上送。
5	检修处理机制测试	装置投入检修硬压板时,监控后台告警窗有大量告警上送。	分析原因为监控主机设置了品质变化上送,即 qchg 置 true,检修位在 MMS 报文为品质 $q$ 的一部分,其变化导致品质变化上送所有遥信报告控制块,监控后台对收到的信息未作处理,上送于告警窗,导致有大量告警上告警窗。建议监控主机整改,对因检修位变化引起的报告上送,不应上送告警窗,只刷新实时库。

表 1 测试典型问题汇总表(续)

序号	测试项目	问题描述	分析与建议
6	遥测超限上送	测控装置遥测超限死区门限值只有一个,对电流、电压、有功、无功、频率、直流流量全部生效。	电流、电压、有功、无功、频率、直流流量等遥测量测量精度要求不同,不能采用一个定值使全局使用,要求测控装置整改成可对每一类型的遥测量进行分别设置。
7	监控主机功能测试	监控主机不支持取代功能	根据标准规范要求,客户端应支持取代功能,并应具备支持批量恢复取代信号的功能,取代功能可用于基建调试阶段间隔层防误闭锁逻辑的测试、远动信息核对验收。

## 5 结束语

变电站监控系统作为特高压站生产运行重要环节,对站内电网一次设备及二次系统安全稳定运行起着至关重要的作用。本文对交流特高压变电站监控系统测试技术进行了分析,系统阐述了测试项目、测试方法及要求,并结合工程应用中发现的典型问题进行了介绍,本文所述内容可供交流特高压自动化专业人员提供借鉴,对变电站监控系统调试、运行维护及检修等工作有一定的参考意义。

### 参考文献:

[1] 殷小祥,吴隼平,陕华平. 交流特高压变电站的监控系统建设

[J]. 电网技术,2008,32(4):31-35.

- [2] GBT 24833—2009 1000 kV 变电站监控系统技术规范[S].
- [3] GBT 25737—2010 1000 kV 变电站监控系统验收规范[S].
- [4] QGDW 1396—2012 IEC 61850 工程继电保护应用模型[S].
- [5] 彭 晖,赵家庆,王昌频,等. 大型地区电网调度控制系统海量历史数据处理技术[J]. 江苏电机工程,2014,33(5):11-17.
- [6] 李 苇. 特高压变电站计算机监控系统方案探讨[J]. 电力建设,2007,28(9):5-7.
- [7] 叶 翔,刘 辉,周永忠. 智能变电站图模一体化设计软件实现方案[J]. 江苏电机工程,2014,33(3):41-44.
- [8] 王文龙,孙 炜,葛立青,等. 提高特高压变电站自动化系统可靠性措施[J]. 电力自动化设备,2010,30(7):141-144.
- [9] 史金伟,杨启京,肖艳炜,等. 异构系统间数据远程调阅的方法与实现[J]. 江苏电机工程,2014,33(2):44-47.

### 作者简介:

彭志强(1986),男,江西上饶人,工程师,从事调度自动化及智能变电站技术研究工作;

张琦兵(1985),男,贵州贵阳人,工程师,从事调度自动化技术研究及管理工作;

张小易(1978),男,河南许昌人,高级工程师,从事调度自动化及智能变电站技术研究工作;

夏 杰(1989),男,湖北黄冈人,工程师,从事调度自动化及智能变电站技术研究工作;

郑明忠(1989),男,福建莆田人,工程师,从事调度自动化及智能变电站技术研究工作。

## Analysis of Testing Technology Application to Monitoring and Control System for UHV Substation

PENG Zhiqiang<sup>1</sup>, ZHANG Qibin<sup>2</sup>, ZHANG Xiaoyi<sup>1</sup>, Xia Jie<sup>1</sup>, ZHENG Mingzhong<sup>1</sup>

(1. State Grid Jiangsu Electric Power Company Electric Power Research Institute, Nanjing 211103, China;

2. State Grid Jiangsu Electric Power Company, Nanjing 210024, China)

**Abstract:** According to the technical characteristics of UHV AC substation monitoring and control system, it is firstly analyzed the architecture of the substation monitoring and control system. Based on the demand for testing it is summarized the testing items of the substation monitoring and control system, mainly including the measurement and control device function and performance testing, monitoring and control system function and performance testing, data communication gateway function and performance testing, network message analyzer function test, time synchronization online monitoring function, protection device access monitoring and control system testing, system switching function testing. And then it is put forward a new test method of monitoring and control system based on the combination of SCD model simulation and physical objects. Finally, with the gang tuning testing experience of UHV AC substation monitoring and control systems in actual project, the problems found in the testing are analyzed and countermeasures are given. The analysis of the test technology application will have some reference value for the construction, debugging, operation and maintenance of UHV substation monitoring and control system in the future.

**Key words:** UHV; monitoring and control system; measurement and control device; data communication gateway

# 欢迎投稿 欢迎订阅