

# PSA系统在沙特阿美厂区配电系统中的应用

张向阳

中能建国际建设集团有限公司 北京 100025

**摘要:** 电力系统自动化技术的迅速发展,在配电系统中得到了广泛应用,也为企业的电能管理带来了巨大效益。近年来,沙特逐渐成为世界最大的“建筑工地”,无论是国企还是私企都将沙特作为一个“主战场”,为了电气项目的顺利执行,本文首先介绍了沙特阿美PSA系统的基本概念与原理,在此基础上详细分析了PSA系统在阿美项目上的应用。

**关键词:** 阿美厂区; PSA; 现场应用; 调试

## 1 引言

随着当前科学技术的不断创新,电力行业的发展也是日新月异,新技术、新方法、新理论推陈出新,就配电系统的自动化控制技术而言,也已经构建起了比较完善的理论体系,并且有了成熟的应用案例。不同国家地区发展了不同的电力系统自动化控制技术,但是自动化控制的理论基本相同,本文以沙特阿美电力系统自动化(PSA, Power System Automation)技术在沙特某燃气增压站的应用为背景,对该技术在厂区配电系统中的实际应用进行详细的分析,可以为沙特阿美的同类项目的应用提供借鉴经验。

## 2 PSA系统架构的概念模型和优点

PSA系统分为三层,每一层的功能都独立于其他层,可以单独安装、试验、调试,PSA系统模型见图1。

2.1 第一层:现场设备(IED)和开关柜通信。该层包含兼容和非IEC61850标准设备、通过硬接线连接的设备:开关柜或MCC、变压器/电机等的状态监控设备、硬接线I/O(连接到传感器)、数字故障记录仪(DFRs)、电力监控系统和电能智能监控系统(PQMS)、UPS系统。

2.2 第二层:变电站通信设备。该层包括变电站中不属于第一层的其他设备,主要是服务于第一层设备的网络结构:网络交换机、运行人员自动化系统(OAS)、人机交互接口(HMI)、就地告警盘柜、电力控制中心(PCC)网关、I/O集线器等<sup>[1]</sup>。

2.3 第三层:变电站外设备。主要是变电站外的网络结构,包括:控制室(CCR)的所有设备、工程自动化站(EAS)、数据采集服务器(DAS)、分布式控制系统(DCS)、其他服务器(备份服务器等)。

所有电气参数都从IEDs发送到厂站中央控制室(CCR)的中央服务器。但是由于巨大的数据量,只有重要的数据可以通过远程终端单元(RTU)或网关,从

变电站传送到电力控制中心(PCC)。CCR也可以通过与OSIsoft PI系统连接的DCS系统将数据发送到PCC。

智能多功能保护装置和开放协议标准(相对于专属标准)的出现,有效的解决了变电站自动化和监控设备集成的问题。采用PSA系统的优点包括:

2.3.1 通过减少每个数据点的带宽限制和变电站内外大量独立通信路径的成本,增强了变电站的远程监控能力。

2.3.2 广泛采用开放协议,降低了安装成本。

2.3.3 减少了设备的数量,但是可以提供相同的保护功能。

2.3.4 减少了工程设计时间。

2.3.5 减少了操作维护的成本。

## 3 PSA技术在阿美项目中的具体应用

本文以阿美建设的MGSE-2期燃气增压站项目为例介绍PSA系统的实际应用。PSA系统可以实现和完成以下功能和任务:(1)用户实时控制和操作电力设备。(2)电力设备的就地和远方监控。(3)主控室的集中控制。(4)数据采集、日志、故障/事件/趋势显示。(5)波形、事件顺序(SOE)数据报告和分析。(6)继电保护装置的配置和设定。(7)系统安全、网络管理等。

### 3.1 PSA系统软硬件设计

#### 3.1.1 数据流和通信协议

PSA系统支持工业标准协议,例如IEC61850、GOOSE、DNP3、OPC和Modbus。

#### 3.1.2 SEL-3530实时自动控制器(RTAC)网关

SEL-3530是适用于公用变电站的实时自动化控制器(RTAC),能转换多种协议之间的数据,可与任何配置和连接的设备进行通信。SEL-3530网关通过支持Modbus协议的多点EIA-485网络与蓄电池充电装置、UPS等通信。RTAC采集到的数据将会基于简单网络时间协议

(SNTP) 标记时间。

### 3.1.3 SEL-2240 AXION硬接线输入/输出(I/O)控制器

SEL-2240 AXION是一个完全集成模块化输入/输出控制器，DAS服务器通过因特网与SEL-2240通信。SEL-2240的I/O模块数量是根据现场通过硬接线采集信号参数的设备数量决定的。SEL-2240通过硬接线采集设备数据，这些数据将会基于SNTP协议标记时间。

### 3.1.4 SEL-3555 SCADA网关协议

达赫兰PCC电力控制中心通过SCADA网关对变电站进行控制和检测，通过DNP3.0协议与之相连；并且SCADA网关通过IEC61850与变电站的继电保护装置通信<sup>[2]</sup>。

### 3.1.5 时间管理

(1) 时间码：该设计采用IRIG-B格式的时间码，IRIG-B位于每个变电站中，能够为PSA系统的设备提供高精度时钟同步信号，可表示的时间为天、时、分、秒。

(2) IED和网关：兼容IEC61850的IED和网关的时间是有SNTP服务器发出的信号决定的。

### 3.1.6 网络分类

PSA的第一层包含了IED智能设备，它们与第一层的交换机连接，并且这些交换机也相互连接以实现冗余，第一层的交换机与第二层的网络进行通信；第二层网络结构包含PSA设备，例如DAS服务器、GPS定位系统、防火墙等；第三层网络主要是指主控室层的网络结构。

### 3.1.7 PSA系统的人机接口

变电站和主控室的EAS/OAS人机接口可以实现配

置、分析、监控，主控室还可以实现培训模拟。

HMI画面显示的电气单线图遵循以下规则：

(1) 主电网线路用不同的颜色对应不同的标称电压等级

(2) 每个设备都有详细的视图，如开关柜、电机控制中心

(3) 动态显示断路器、接地开关、隔离开关等的电流

(4) HMI画面显示进线和馈线的电压、电流、功率因数、频率、电能等测量值

(5) 点击画面上的断路器可以弹出断路器的状态、模拟值、控制设备(如有)，并链接到相关的保护继电器

(6) 点击合闸/分闸按钮将会弹出命令窗口指示运行人员进行合闸、分闸命令

## 4 PSA系统的调试

要实现PSA系统的正常工作，因此要按照阿美标准完成PSA系统的调试。阿美PSA系统的调试主要包括：系统硬件测试、通讯测试、IEC61850报文测试、人机接口HMI测试、其他软件测试、系统接口测试等。

### 4.1 系统硬件测试

该测试主要是对PSA系统的各硬件(服务器、数据采集器、网关、协议转换器、RTU、交换机、计算机、GPS时钟、监视器等)进行全面评估，确保PSA系统开关、系统失电恢复、故障切换或从主备用切换到热备用、内存使用、标准要求的备用容量、通信驱动、CUP使用、USB访问设置、GPS时钟设置、LED运行状态指示灯等功能正常；并且可以测试系统在主备电源切换时能正常工作。如表1。

表1 PSA性能要求

序号	性能参数	响应时间
1	启动PSA工作站	4min
2	发出命令以响应操作员的指令	1000ms
3	对时间要求严格的变电站事件(如断路器的开、关，保护动作，保护和互锁信号)	4ms(GOOSE或等效的机制)+以太网交换机传播延时
4	调用新的HMI屏幕	不超过2s
5	数值(模拟量，数字量，告警，事件，操作数据)改变后HMI的更新	不超过2s
6	时钟同步精度	1ms
7	事件解析精度的时间戳序列	1ms
8	非操作数据的自动更新	30s
9	按照要求更新非操作数据	10s
10	系统通信告警和事件	2s
11	从IED到PSA服务器/PCC网关的状态更新	500ms
12	从IED到PSA服务器/PCC网关的模拟量更新	1s

### 4.2 通信测试

该测试主要确保各层设备(IEC61850设备，非IEC61850设备，辅助系统，第三方系统，硬接线I/O，

达赫兰PCC，PCC网关，协议转换器，OAS/EAS，数据采集服务器，第三方PCS)之间的通信。主要包括OAS/EAS的ping测试，断路器开合闸、有载分接开关调节等的

控制功能测试。

#### 4.3 IEC61850报文测试

检查每个客户端/服务器的IEC61850设备缓冲和非缓冲报告控制块设置,以确保每个事件序列(SOE)数据在报告给各个客户端设备之前都被记录以供分析,并且每个常规状态数据都是直接报告给客户端设备,无需任何存储,将确保每个IEC61850客户端和服务器设备之间数据收集过程的效率。

从每个IEC61850 MMS客户端设备开始,使用合适的报告控制块验证所有连接的IEC61850 MMS服务器设备是否在线并向相应的客户端设备发送质量数据;验证报告控制块设置:报告间隔、轮询频率、数据集分配并确保它们符合阿美标准中的推荐设置;启动HMI软件进行数据采集,验证HMI应用程序是否订阅了相应的IEC61850 MMS服务器设备报告控制块。检查每个客户端和服务器设备中的缓冲和非缓冲报告控制块是否正确设置;通过更改任何监控数据的状态(SOE,常规状态或模拟),观察HMI应用程序正在接收来自相应服务器设备的报告,确认状态更改具有正确的时间戳(事件发生时)<sup>[3]</sup>。

#### 4.4 人机接口HMI测试

HMI的测试包括画面检查、功能试验、I/O列表检查、HMI的通信网络测试、HMI报警功能测试、日志记录和历史趋势功能测、故障显示屏幕测试。

检查所有PSA屏幕并验证它们是否与批准的变电站单线图PSA架构图和PSA网络图相匹配。确认已正确编程布局、线条、设备显示、方向、颜色、字体、标题、标签、显示访问、按钮、链接和导航等,并且按照PSA和HMI标准化文件正常运行;依次检查为操作员设计的所有特定功能,并确保它们按照阿美标准、PSA和HMI标准化文件中的规定运行;使用反映所有继电器和硬接线I/O设备数据的批准的I/O列表,在HMI应用系统点数据库中确认控制和监控信号的质量;模拟来自继电器、硬接线I/O设备和开关的报警信号,以验证HMI报警屏幕中的所有警报是否准确且已正确配置;允许系统记录一段时间的计量信息,监控控制中心历史数据服务器中的实时数据、历史数据和数据日志。使用HMI标准文档确保按预

期报告和记录所有必需的信息;以操作员身份访问信号器屏幕,模拟来自继电器和硬接线I/O设备的警报和状态变化,并验证信号器屏幕上的各种功能。

#### 4.5 系统动态测试

以操作员身份登录到网络屏幕并验证所有IED/设备已通过故障切换冗余端口连接到PSA网络。验证PSA交换机已按照冗余网络配置安装。验证在网关、RTU、集中器单元、OAS/EAS、服务器和其他相关设备中使用双电源供电。

#### 4.6 系统接口测试

系统的接口测试包括非IEC61850设备的通信、PCC网关功能&与PCC接口测试、时间同步测试等。检查连接的非IEC61850设备和协议转换器之间的通信,验证所有通信参数(例如波特率、轮询率等)是否正确;PCC SCADA网关设备与变电站中的IED接口,与变电站IED通信并收集数据以及执行从PCC到变电站中各IED的控制命令;时间同步对于事件分析、显示和故障排除至关重要,通过网络上的NTP服务器或直接来自卫星时钟验证PSA系统中的所有设备都同步到相同的时间源(卫星时钟:UTC时间+偏移),将确保所有事件都带有时间戳。

#### 结束语

智能电网是当今电网的重大变革,配电网自动化(PSA)在阿美项目的应用,一方面实现了电气设备的集中监控、管理,在一定意义上实现了变电站自动化;另一方面减少了工程设计以及相关的操作和维护的时间和成本。通过本文对阿美PSA系统的详细介绍,这将有助于我们更深入的了解阿美配网自动化的标准要求、建设流程及现场的施工、调试流程。

#### 参考文献

- [1]徐会新,配电网运行管理中电力自动化系统的运用,电力讯息,2020(7):152-153.
- [2]阿美石油公司,SAES-P-126,Power System Automation.
- [3]M.A.Abduh, Saudi Aramco Vision of Optimized Power System Automation (PSA).