

# 变电站二次系统的自动化监控设计与实现

艾茂叶

河北能源工程设计有限公司，河北 石家庄 050000

**[摘要]**随着电网规模不断拓展，变电站运行复杂性日益凸显，传统人工监控方式承受着巨大压力。论文围绕变电站二次系统自动化监控展开探讨，剖析了二次系统的基本构成以及监控方面的需求，之后给出了自动化监控系统的总体设计框架，确定了设计原则以及系统架构，并且详尽阐述了数据采集、智能诊断等关键技术的实现途径，还阐述了系统集成、工程实施以及运维管理的具体办法。

**[关键词]**变电站；二次系统；自动化监控；系统设计；智能诊断

DOI: 10.33142/sca.v8i11.18702 中图分类号: TM711 文献标识码: A

## Design and Implementation of Automation Monitoring for Substation Secondary System

AI Maoye

Hebei Energy Engineering Design Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

**Abstract:** With the continuous expansion of the power grid, the complexity of substation operation is becoming increasingly prominent, and traditional manual monitoring methods are under tremendous pressure. The paper explores the automation monitoring of the secondary system in substations, analyzes the basic composition of the secondary system and the monitoring requirements, and then presents the overall design framework of the automation monitoring system, determines the design principles and system architecture, and elaborates on the implementation methods of key technologies such as data acquisition and intelligent diagnosis. It also elaborates on the specific methods of system integration, engineering implementation, and operation and maintenance management.

**Keywords:** substation; secondary system; automated monitoring; system design; intelligent diagnosis

中国成立之后实行改革开发，我国经济的发展速度逐渐开始提速，大量新技术得到了实际应用。在电力领域，其输送电力的可靠稳定性、安全性是经济发展的基础保障，因此，对于电力设施的配套保障措施，需要有强力的规划与配套的方案，尤其是雷电产生较多区域，需要提供重点的安全保障支持。随着电网规模快速发展，电网设备的数量显著的增加，传统的变电站人工监控方法，已无法满足当今智能化电网的发展需要。近年来，随着计算机技术、网络通信技术和人工智能技术的飞速发展，实现变电站二次系统的自动化、智能化监控已经成为行业发展的必然趋势和迫切需求。

### 1 变电站二次系统自动化监控概述

#### 1.1 二次系统的基本构成与功能

变电站二次系统属于复杂且紧密联系的整体，依据功能划分，可将其分成若干关键部分。其中，继电保护装置处于核心位置，它的职责在于当系统出现故障之际，可自动、快速并具选择性地把故障设备从电网当中切除掉，就如同电网的免疫系统一般。测量与计量单元负责对母线电压、线路电流、有功功率、无功功率等各种电气量展开实时采集，从而为运行监视以及电能贸易结算给予精确的数据。自动控制装置涵盖电压无功控制、备用电源自投等内容，它能够依据

电网运行状况自动做出调整，以此提升供电质量与可靠性<sup>[1]</sup>。远动通信装置肩负着和调度中心开展数据交换的重任，是达成电网调度自动化的基本前提。这些装置借助电缆、光纤等介质彼此相连，协同配合，一同完成针对一次系统的监视、测量、控制以及保护方面的各项功能。

#### 1.2 自动化监控的必要性与目标

随着变电站规模变得越来越大，供电可靠性要求也越來越高，传统监控模式的弊端就逐渐显现出来了。设备数量大量增加，使得运行人员的巡视工作量变得十分庞大，人工记录和分析数据的时候，出错以及遗漏的情况也比较常见。并且二次设备自身也有可能会出现异常或者隐性故障，要是不能及时察觉到，那么在系统出现扰动的时候，就可能会引发保护误动或者拒动等情况，进而导致事故进一步扩大。所以实施自动化监控就显得格外重要了。其主要目的就是达成“全面感知、智能分析、主动预警、高效管理”。具体来讲，就是要实时去采集二次设备自身的运行状态方面的信息，像保护装置的定值、开关量、自检报告，还有通信网络的工况等；要针对这些海量的数据展开深度分析以及智能诊断，精准地识别出设备异常以及故障前兆；要构建起有效的预警机制，把“事后处理”转变为“事前预防”；最后要打造出一个统一的监控平台，提升

运维管理的精细化程度以及决策效率。

## 2 自动化监控系统的总体设计

### 2.1 设计原则与技术要求

设计一套可靠的自动化监控系统时,得遵循一些基本设计原则。其一便是可靠性原则,系统自身得有极高的可用性和稳定性,绝不能因监控系统出现故障就影响到二次设备的正常运转。其二是开放性与标准化原则,系统要采用国际以及行业通用的标准协议,如此才便于接入不同厂家、不同型号的设备,而且也有利于未来开展功能扩展相关事宜<sup>[2]</sup>。其三是安全性原则,务必要构建起严格的网络安全防护体系,以此来防止恶意入侵以及数据篡改等情况发生,从而切实保障电力监控系统的安全。从技术层面的要求来讲,该系统得支持对多种通信规约加以解析,得具备处理与存储海量实时数据的能力,还要能提供友好且灵活的人机交互界面,并且能够达成跨平台的数据共享与交互。

### 2.2 系统架构与组成

依据上述原则,系统一般会采用分层分布式架构来搭建。就整体架构而言,在逻辑层面其可划分成站控层、网络层以及设备层这三个不同层次。其中设备层指的就是变电站里面各式各样的二次设备,而这些设备恰恰是数据产生的源头所在。这些设备会借助过程总线或者站控总线与网络层实现连接。网络层主要是由工业以太网交换机还有和之相关的网络安全设备所组成的,其主要职责在于确保数据能够得以高速且可靠地进行传输。站控层在监控系统当中充当着“大脑”的角色,这里部署着诸如监控主机、数据服务器、操作员工作站等一系列硬件设施,并且还运行着相应的监控软件平台。

### 2.3 功能模块规划

要达成预定的监控目标,得把系统划分成多个功能模块,这些模块既要相对独立又要互相协作。数据采集与通信模块属于基础部分,它的职责是和各类二次设备进行沟通,完成规约转换,然后把数据统一上传。实时数据库与数据处理模块处于核心位置,它负责对采集来的原始数据开展校验、分类、压缩以及存储等工作,进而构建起一个全站统一的实时数据库。智能诊断与预警模块对于提升系统的价值而言十分关键,它是依据专家规则、模型分析或者机器学习算法来对设备状态加以评估,最终生成预警或是故障报告。人机交互与可视化模块充当着窗口的角色,它会给人提供图形化的监控界面、能够查询历史数据的工具、报表生成的相关功能以及远程操作的接口。此外还存在系统管理与维护模块,其负责诸如用户权限管理、日志记录、系统配置这类后台支撑方面的工作。

## 3 自动化监控的关键技术实现

### 3.1 数据采集与通信技术

数据采集的全面性以及准确性构成了监控系统迈向成功的首要一步。传统所采用的通信方式,像是串口通信,在速度方面以及接入能力方面均存在着一定的瓶颈。当下,

依据 IEC61850 标准所推行的数字化变电站技术,给解决上述问题带来了颇为理想的方案。此标准明确界定了面向对象的统一数据模型,同时也规定了基于制造报文规范的通信服务,如此一来,不同厂家所提供的设备便能够达成无缝的互操作效果。监控系统借助站控层网络,运用制造报文规范服务或者直接采用采样值服务,可以高效地获取诸如保护事件报告、定值组信息、录波文件、设备自检状态等一系列丰富且经过模型化的数据。而对于那些尚未进行改造的常规变电站来讲,就需要凭借规约转换网关,把多种多样的私有规约或者是旧式的规约转化为标准规约,进而实现数据的统一接入。通信网络务必要具备极高的实时性以及较强的抗干扰能力,一般会采用双网冗余配置的方式来提升其可靠性。

### 3.2 实时数据库与数据处理

所采集得来的数据有着海量、实时以及多源异构这样的特点,所以务必要有一个颇为强大的实时数据库来为其提供有力支撑。该数据库得具备支持极为快速的数据读写速度的能力,还得以妥善处理带有时间戳的数据流,并且能够高效地完成历史数据的归档工作。数据处理涵盖诸多环节,其一是数据校验,把那些明显存在错误以及没有用的数据给剔除掉;其二是数据关联,比如说要把同一个开关所涉及的多个遥信、遥测量关联到一起,进而形成一个完整的设备对象视图;其三是数据压缩,针对变化较为缓慢的数据,会采用死区压缩等相关方法,以此来节省存储空间。就如在电力系统自动化领域当中一本经典的著作所明确指出的那样,

“实时数据库不单单是数据的容器,它更是系统开展高级应用分析时不可或缺的基石”,其设计的好坏优劣状况会直接对上层智能应用的实际效果以及响应速度产生影响。

### 3.3 智能诊断与预警机制

这是展示系统智能化程度的关键部分。智能诊断的根基在于构建设备的知识库与推理机制。知识库内储存有设备正常的参数区间、典型的故障特点、逻辑的关联联系等。该系统能够开展在线监测,像是不间断地检测保护装置的电源电压、CPU 负荷、通信中断状况等自检信息,要是出现越限情况便会立刻发出警报。还能够实施关联分析,比如说当某条线路跳闸之际,系统会自动调取相关的保护动作报告、故障录波数据以及一次设备的状态来展开综合对比,以此辅助判断是正确动作还是误动作。再进一步来讲,可以借助历史数据来进行趋势预测与健康度评估,在设备性能恶化至临界点之前便发出预警,达成状态检修的目的。预警信息得要分级分类,凭借不一样的颜色以及声响提示运行人员,保证重要的信息不会被湮没掉。

### 3.4 人机交互界面设计

人机界面作为运行人员与监控系统相互作用的关键渠道,其设计水准的高低会直接对使用感受以及运维效能产生影响,所以界面设计要依照直观、简练、统一的原则来开展,主监控画面一般运用一次接线图的方式呈现,把实时数据动态地更新到对应的设备图元之上,使得运行人

员能够清楚地知晓全站的运行整体情况，凭借点击图元这一操作，可深入查看该设备的详尽状态信息、历史曲线、事件列表等内容，告警窗口需要集中展现，并且要具备灵活的过滤以及确认功能，系统还需提供多样的可视化工具，例如利用饼图、柱状图来展示设备健康状况分布情况，借助拓扑着色技术来呈现网络通信状态等，优秀的界面设计能够让运行人员迅速掌握相关情况，做出精准的判断。

## 4 系统集成与工程实施

### 4.1 硬件配置与部署

硬件作为系统得以运行的物理载体，其选型以及部署务必要契合现场的实际环境状况以及功能方面的具体需求。就站控层服务器而言，应当挑选性能出色且可靠性颇高的工业级产品，同时还要充分考量将主备配置纳入其中的可能性。网络交换机得能够适应工业环境，还得拥有足够数量的端口以及充足的带宽，在那些关键节点处最好采用冗余的设计方案。至于数据采集这块，或许有必要去部署专用的通信管理机或者规约转换装置<sup>[3]</sup>。所有设备在安装时，其位置要充分考虑到散热、防尘以及抗电磁干扰等各项因素，屏柜的布置务必要整齐划一且规范有序，线缆标识也得清晰明了，如此这般才能为后续的维护工作筑牢坚实的基础。电源供应同样必须确保可靠程度，一般会采用不间断电源与直流电源双路同时供电的方式来予以保障。

### 4.2 软件平台开发

软件平台堪称系统之魂，其开发既可选用成熟的商业监控软件来开展组态工作，亦能凭借开源框架去进行自主开发活动。在开发进程当中，务必要依照软件工程规范来行事，这其中涵盖了需求分析阶段、设计阶段、编码阶段以及测试阶段等诸多环节。而重中之重在于达成各功能模块的紧密集成这一目标，从而保证数据流能够在各个模块之间顺利地流转起来。在软件开发期间，对于代码的健壮性以及异常处理能力这两方面，得给予格外的关注，毕竟工业现场的环境往往较为复杂，极有可能会冒出各式各样的预料之外的状况。与此还得给出完备的配置工具，以便让工程人员可以相对较为轻松地完成诸如变电站图形的绘制、设备点表的配置、告警规则的设定等一系列相关工作。

### 4.3 系统测试与调试

当系统搭建工作告一段落之后，务必要开展一番全面且细致的测试，如此方才能够正式投入实际运行当中。此次测试主要涵盖两大阶段，其一是工厂联调阶段，其二是现场调试阶段。工厂联调具体是在实验室所营造出的环境之下展开的，在这里会去模拟搭建起一个最为简化后的系统，借此来对软硬件所具备的基本功能予以验证，同时还要确认通信规约是否正确无误，另外也要检验各个模块之间联动逻辑的合理性。而现场调试则是在变电站的实际现场来进行的，在此期间要将真实的二次设备接入进去，进而开展针对整个系统的端到端测试。在这一阶段当中，得

要对所有的数据来源以及准确性进行仔细核对，还得测试像遥控、遥调这类控制功能的正确与否以及安全状况如何，并且要去验证智能诊断规则究竟能否发挥出实际的效果。在整个测试进程当中所发现的各种问题，都必须要一一加以记录并且妥善予以解决，这无疑是一项相当耗费耐心并且极为讲究细致程度的工作内容。

### 4.4 运维管理规范

系统正式投入运行之后，构建与之相配套的运维管理规范显得格外重要。需要制定详尽的运行操作规程，清楚界定监控画面在日常巡检环节中的具体检查内容，以及告警信息相应的处理流程<sup>[4]</sup>。同时要确立定期开展维护工作的制度，其涵盖数据库备份操作、软件更新升级事宜、病毒检测清除工作以及日志分析等方面内容。还应当针对运行及维护人员展开系统的培训工作，促使他们做到不只会进行相关操作，而且能够理解系统背后所蕴含的逻辑原理，进而可应对并处理部分常见的各类问题。唯有将先进的技术系统同科学的管理规范相互融合起来，才能够确保自动化监控系统能够长时间且稳定地发挥出应有的效益。

## 5 结束语

变电站二次系统的自动化监控乃是智能变电站发展进程中的必由之路，亦是其极为重要的构成部分。此篇文章较为详尽地阐述了从需求层面的分析开始，历经总体方面的设计考量，再到技术层面的具体实现步骤，直至最终在实际工程当中得以落地这一完整的流程。文中精心设计出一套呈分层分布特点的系统架构，同时对核心功能模块予以规划安排，并且着重就依靠标准通信方式、实时数据库以及智能诊断等相关关键技术来达成实现的方法展开了深入探讨。当这样一个自动化监控系统成功运作起来之后，它能够在很大程度上增强对于二次系统运行状况的掌控把握能力，使得运维人员从那些繁杂琐碎的日常巡检事务当中部分程度上得到解脱，进而能够将精力更多地聚焦于分析决策以及异常情况的处理事宜之上，由此促使变电站的安全经济运行水准得以显著提升。

## 【参考文献】

- [1] 姚明宇.基于智能变电站的电气一次系统自动化控制研究[J].光源与照明,2025(8):187-189.
  - [2] 梁凤顺.智能变电站二次系统调试方法设计研究[J].科学技术创新,2025(13):58-61.
  - [3] 陈臻,张承鸿,黄金平.变电站二次系统全面优化的继电保护关键技术研究[J].流体测量与控制,2024,5(6):96-98.
  - [4] 宁占虎.变电站中的电气二次设备自动化系统设计[J].电子技术,2024,53(3):172-173.
- 作者简介：艾茂叶（1991.6—），毕业院校：河北大学，所学专业：电气工程及其自动化，当前就职单位：河北能源工程设计有限公司，职务：电气工程师，职称级别：工程师。