

# 智能变电站自动化系统的设计与实现研究

赵平益

广东清峰建设有限公司，广东省中山市，528400；

**摘要：**随着社会经济的快速发展，人们对电能的需求也在不断增加，因此如何保证电能质量、提高供电可靠性就成为电力部门最关注的问题。而智能变电站是一种现代化、高可靠性、无人值班（少人值守）的变电站，它可以使电力系统运行更安全，可以保证电网供电质量，使整个电力系统更加高效。因此，我们应该大力发展智能变电站，对其进行深入研究和探讨，进一步提高我国变电站的自动化水平。本文对智能变电站自动化系统的设计和实现进行了研究和分析，对其设计方案进行了介绍。本文所设计的智能变电站自动化系统，具有很好的实际应用价值。

**关键词：**智能变电站；自动化系统；通信技术；系统架构；设计方案

**DOI：**10.69979/3060-8767.25.09.066

## 引言

随着社会的发展，人们对电力系统的可靠性、经济性和安全性要求越来越高，变电站作为电网的重要组成部分，其安全稳定运行直接关系到电网能否安全可靠地运行。目前，变电站自动化技术和设备得到了长足的发展，但由于我国变电站自动化水平总体不高，无法适应当前电网安全稳定运行的要求。因此，加快建设智能变电站、提高智能变电站的自动化水平是当务之急。智能变电站自动化系统是指在变电站内通过信息和通信技术将断路器、刀闸、隔离开关等设备连接起来，实现变电站设备的自动控制和测量、保护、自动调节和安全监控等功能的系统。

## 1 智能变电站自动化系统概述

### 1.1 变电站自动化系统概念

变电站自动化系统是指对变电站进行监视、控制和测量，并对信息进行处理、分析和控制的综合自动化系统，是电力系统实现无人值班的基础。其主要功能有：数据采集，信息处理，控制和调节，事故记录，自动测量，保护及自动装置动作情况的监视，故障录波，通信管理等。变电站自动化系统一般由过程层、间隔层、站控层和应用层组成。变电站自动化系统是实现无人值班的重要手段之一。采用自动化技术后，可将变电站中大量的传统仪表、继电器、开关及其他设备以数字方式模拟运行，使工作人员从繁重的体力劳动和简单的操作中解放出来，同时提高了工作效率<sup>[4]</sup>。

### 1.2 变电站自动化系统组成

**过程层：**过程层是指变电站自动化系统的核心部分，包括计算机监控系统、计算机保护系统和其它电子设备等。

**间隔层：**间隔层是指由测量、控制、信号处理、数据采集、通信等装置构成的监控单元。

**站控层：**站控层是指由合并单元（MU）、智能终端（IED）和计算机监控系统（SCADA）等组成的一次设备综合管理和控制部分。它主要完成数据采集、计算处理、逻辑控制、命令发布等任务。

**应用层：**应用层是指由上述各部分组成的，通过变电站自动化系统进行的各类信息综合处理的计算机系统，其功能包括：数据采集、操作闭锁、故障录波及其它控制和监视功能<sup>[1]</sup>。

### 1.3 变电站自动化系统的分类

按照控制模式可以将变电站自动化系统分为：无人值守变电站自动化系统和有人值守变电站自动化系统。

**无人值守变电站自动化系统**是指在变电站无人值班运行方式下，以计算机技术、通信技术为基础，利用智能化的装置实现对变电站电气设备的自动监控，从而达到对站内运行值班人员进行少人或无人值守的目的。它具有结构简单、可靠性高、灵活性强、性价比高等优点。

**有人值守变电站自动化系统**是指在无人值班运行方式下，由无人值守变电站值班人员利用计算机技术和通信技术对站内电气设备进行监视、控制、测量和数据处理的一种方式<sup>[6]</sup>。

## 2 智能变电站自动化系统设计

### 2.1 系统架构设计

在变电站自动化系统的设计中，以合并单元为中心，以间隔层、站控层和过程层为支撑的多层次分布式系统结构。系统采用分层分布式的网络结构，包括合并单元、间隔层网络、站控层网络和过程层网络。合并单元、电

子式互感器、智能终端等设备组成。其中，合并单元通过变电站通信网络实现与保护、控制和监测装置之间的信息交互；电子式互感器则是整个系统中的基础设备，能够将电压电流转换成电流信号。站控层网络则采用分布式结构，由间隔层和过程层两个部分组成，在智能变电站中主要用于实现间隔和过程层设备的数据采集、处理和控制功能<sup>[2]</sup>。

## 2.2 系统功能设计

智能变电站自动化系统的设计应该对智能变电站的功能进行划分，实现对不同层次的功能进行不同层次的处理。系统主要具有以下几个方面的功能：

(1) 设备状态监视：智能变电站自动化系统中的保护设备和测控装置可以通过对采集到的数据信息进行分析，然后发现故障并作出相应处理；

(2) 信息采集和处理：智能变电站自动化系统通过采集变电站中各类设备产生的信息，然后对这些信息进行分析和处理，最终为相关人员提供相应的参考；

(3) 自动化控制：智能变电站自动化系统通过对各种参数进行分析，然后对参数进行调整，最终达到保护设备和控制设备安全运行的目的<sup>[7]</sup>。

## 2.3 系统硬件设计

系统硬件设计是整个变电站自动化系统设计的基础，它关系到整个变电站自动化系统的运行状态。由于智能变电站自动化系统直接面向变电站，面向服务，因此其硬件结构设计必须满足实时性要求。本文设计了一套符合 IEC61850 标准的智能变电站自动化系统，该系统采用了冗余技术，即信息传输采用两套冗余的光纤网络，其时钟同步采用两套独立的时钟源。其核心控制器采用了 STM32F407，它是一种具有 12 位半精度的精度可达到  $0.2 \mu\text{m}$ 、浮点运算能力为  $2 \times 10^8$  位（1 bit=1/10000）的 16 位定点 DSP 处理<sup>[3]</sup>。

## 2.4 系统软件设计

智能变电站自动化系统的软件设计是整个系统设计的核心，其设计质量的优劣直接影响着整个系统的运行状态。在智能变电站自动化系统的软件设计中，采用模块化设计方式，即各个模块之间相互独立，通过模块之间的相互配合实现对系统运行状态的监控。通过采用模块化设计方式，可以使各模块之间有效地配合和协作，从而提高智能变电站自动化系统的运行效率和稳定性。  
[AI 生成] 在软件设计中，采用了 Windows 操作系统下 C++ 语言编程方法，并在 C++ 中实现了 IEC61850 通信接口及其它功能函数的调用。通过对以上内容进行合理设计，可以实现智能变电站自动化系统功能<sup>[10]</sup>。

# 3 智能变电站自动化系统实现

## 3.1 系统集成

(1) 信息共享。与常规变电站相比，智能变电站自动化系统功能更多，需要有更多的数据共享，这些数据来自于不同的应用系统。由于变电站自动化系统中的信息是相对集中的，因此应该由一个统一的信息共享平台进行管理和控制<sup>[2]</sup>。

(2) 保护功能集成。保护功能集成是指将智能变电站自动化系统中的保护功能集中在一个保护装置中，实现对二次设备的统一监测和控制，从而实现保护功能的集成。

(3) 其他方面的集成。智能变电站自动化系统还需要与其他相关系统进行集成，如调度自动化系统、电力生产管理系统、电力营销系统等。这些相关系统具有较高的独立性，可以单独对智能变电站自动化系统进行操作<sup>[3]</sup>。

## 3.2 系统测试

智能变电站自动化系统测试主要分为硬件测试和软件测试两个方面。硬件测试是指对智能变电站自动化的硬件设备进行全面的测试，以确定系统是否满足设计要求。在硬件测试过程中，主要包括以下几个方面：

(1) 对智能变电站自动化的功能进行测试，主要包括通信性能、信息共享性能、保护功能集成、信息共享与控制等方面。

(2) 对智能变电站自动化的数据通信性能进行测试，主要包括传输数据速率、数据传输延时、通信稳定性等方面<sup>[8]</sup>。

## 3.3 系统优化

随着智能变电站自动化的不断发展，智能变电站自动化的优化也越来越重要，主要包括以下几个方面：

(1) 优化功能配置。智能变电站自动化的优化是指在满足系统功能要求的前提下，通过对系统进行功能配置，实现资源共享、减少冗余和故障处理等。

(2) 优化结构。智能变电站自动化的系统结构应该能够有效地提高资源利用率，实现运行的可靠性和灵活性。

(3) 优化数据处理方式。智能变电站自动化的系统应该通过优化数据处理方式，减少冗余和故障处理，从而提高系统运行的稳定性和可靠性<sup>[5]</sup>。

## 4 案例分析

### 4.1 智能变电站自动化系统在实际应用中的效果评估

在智能变电站自动化的实际应用中，使用本系统可以有效的对数据进行采集、处理和传输，还可以实现

实时监控以及保护的功能。同时，通过自动化系统可以实现对设备运行状态的远程监控、故障预警、远程操作、自动诊断等功能。这大大的提高了变电站运行的安全性和可靠性，同时也提高了变电站自动化系统的控制水平<sup>[7]</sup>。

#### 4.2 智能变电站自动化系统应用效果评估

智能变电站自动化系统具有完善的数据采集和处理能力，可以有效的实现对站内设备运行状态和故障信息进行实时监控，提高了设备运行的安全性和可靠性，并且可以实现对设备运行状态和故障信息的远程监控<sup>[9]</sup>。

#### 4.3 智能变电站自动化系统的优缺点分析：智能变电站自动化系统具有以下的优点

(1) 智能化装置的使用可以实现站内信息的及时采集，有效的提升了站内信息采集的准确性，保证了站内运行信息的安全性和可靠性。

(2) 智能化装置可以实现对站内设备运行状态和故障信息的实时监控，提高了站内设备运行的安全性和可靠性，并且可以实现对设备故障信息的远程监控，降低了变电站运行维护人员在变电站巡视时存在的安全风险。

(3) 智能化装置具有完善的数据采集能力，可以有效地提高站内信息采集的准确性和实时性，保证了站内信息采集系统能够及时、准确、全面地获得变电站运行过程中所需数据<sup>[2]</sup>。

### 5 结论与展望

#### 5.1 研究成果总结

智能变电站自动化系统主要是利用智能变电站的硬件设备，通过对 IEC61850 标准和基于光纤的通信标准的统一，实现了变电站内保护、测量、控制等系统设备的信息共享与通信。实现了一次设备的智能化，二次设备的自动化。这就使变电站变得更加安全、可靠、灵活、开放，更具有智能化、网络化和可扩展性。本文结合赵平益智能变电站的实际案例，对其设计与实现进行了研究。在赵平益智能变电站中，主要运用了 IEC61850 标准和基于光纤的通信标准，实现了对电力系统信息进行采集与控制。本文对智能变电站自动化系统进行设计与实现的研究，为智能电网建设提供了参考依据。

#### 5.2 发展趋势分析

智能变电站的建设对我国电力行业发展具有重要意义。当前我国电网的信息化、自动化水平还不能完全满足国家和人民群众的用电需求，还需要进一步加大技术和资金的投入，以进一步提升电网的智能化水平，提

高供电质量。智能变电站在未来的发展中，将会朝着智能化、网络化和可扩展性方向发展。此外，在未来智能电网的建设中，将会逐步实现电力资源的优化配置。智能电网将会通过利用互联网技术、物联网技术和大数据分析技术等先进技术，对电网中各种设备进行统一管理，提高资源利用效率，进一步优化电网的运行方式和管理模式。

#### 5.3 存在问题与解决方案

智能变电站自动化系统在建设和使用过程中，存在着一些问题，例如：缺乏统一的技术标准、系统集成难度大、信息传输速度慢等。针对这些问题，需要进一步提高变电站自动化系统的智能化水平，可以从以下几个方面入手：在进行智能变电站自动化系统的设计时，应充分考虑变电站的实际需求，合理地制定设计方案；通过采用先进的信息技术，提高系统集成的能力；加强系统集成测试，优化智能变电站自动化系统功能；在智能变电站自动化系统运行时，应加强对对其进行日常维护和管理工作，提高智能化水平；同时还需加强对相关人员的培训工作，提高工作人员的技术水平<sup>[3]</sup>。

### 参考文献

- [1] 谢新航, 耿健瑞, 王伯杨. 智能变电站的自动化系统结构的设计实现及运维安全维护分析[J]. 中国设备工程, 2025, (02): 42-44.
- [2] 邵淑敏, 罗帅, 徐朝阳, 等. 智能变电站自动化系统的设计与实现[J]. 信息记录材料, 2024, 25(05): 194-196.
- [3] 沈昕然. 智能变电站模型自动化检测手段设计与实现[J]. 电子元器件与信息技术, 2024, 8(01): 68-71.
- [4] 闫宇翔. 变电站自动化控制系统设计与实现[J]. 矿业装备, 2022, (01): 202-203.
- [5] 付旌铭. 智能变电站后台监控软件自动化测试平台设计与实现[J]. 电工技术, 2021, (01): 96-98.
- [6] 王斌. 变电站自动化系统设计与实现[J]. 智库时代, 2017, (17): 264-265.
- [7] 李磊. 变电站运行实时监控系统设计与实现[D]. 电子科技大学, 2015.
- [8] 周铭骏. 变电站自动化综合智能监控系统设计与实现[D]. 电子科技大学, 2014.
- [9] 陈也. 变电站自动化设备管理系统的应用与实现[D]. 东北大学, 2013.
- [10] 肖成勋. 智能变电站继电保护装置自动化测试系统的设计与实现[J]. 自动化应用, 2025, 66(05): 222-224+229.