

# 新型预装式变电站综合保护装置的设计

邢建军<sup>1</sup>, 屠庆平<sup>1</sup>, 翟长社<sup>2</sup>

(1. 西北工业大学, 陕西 西安 710072; 2. 远征科技有限公司, 陕西 西安 710075)

**摘要:** 详细介绍了预装式变电站综合保护装置的最新发展趋势。从在线监测、实时分析和网络化的角度, 通过一预装式变电站工程实例, 提出了一种基于数字信号处理的嵌入式实时系统平台的解决方案。这种新型设计符合预装式变电站保护装置的最新发展要求, 具有体积小、成本低、适合大量现场安装的优点。同时本文还给出了系统硬件结构图和任务分配图。该设计达到了预期目的。

**关键词:** 预装式变电站; 综合保护装置; 电网; 实时系统

**中图分类号:** TM63      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1003-4897(2004)22-0048-03

## 0 引言

预装式变电站是一种将高压受电、变压器降压、低压配电等功能有机组合在一起的紧凑型配电设备, 具有能深入负荷中心、成套性强、体积小、安全方便等优点。预装式变电站的发展趋势是智能化和综合自动化, 同时随着电力生产和控制技术的发展, 使预装式变电站实现无人值班和远方监控成为发展的趋势<sup>[1]</sup>。因此, 非常需要一种可靠、功能齐全、实时性强的综合保护装置。基于此, 笔者开发研制了嵌入式的预装式变电站综合保护装置。

预装式变电站是随着土地应用紧张, 城区规划的要求和人们用电质量标准的不断提高以及为了减少线路损耗的情况下发展起来的, 它所配备的综合保护装置的性能就决定了人们用电的可靠性和安全性。和以往的变电站综合保护装置相比, 预装式变电站综合保护装置具有以下优点: 体积小, 设备成本降低。集成度高(集成高压侧、低压侧的电压、电流、高压室、低压室的温度、湿度等的测量及保护于一体)。设备配置灵活, 易于远程通信, 可以实现远程监控, 数据共享和长期评估及预测。实时性强, 时频分析手段先进, 具备对瞬时故障的排除和预报。智能化能力提高, 使无人职守成为可能。鉴于此本文详细介绍了预装式变电站的最新发展趋势, 提出了一种基于 DSP 和 CPLD 的嵌入式实时系统硬件平台的解决方案。

## 1 预装式变电站保护装置发展趋势

随着集成电路技术和计算机技术的快速发展,

网络技术和嵌入式实时系统技术日益成熟和完善, 已经被应用到了继电保护领域, 传统的设计方法也逐渐被淘汰。预装式变电站保护系统正朝着在线检测, 实时分析, 无人值守, 网络化和智能化的方向发展, 一个典型的预装式变电站保护系统结构如图 1 所示。

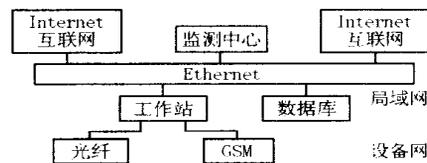


图1 预装式变电站系统模型

Fig. 1 Model of preparatory transformer substation system

从设备的角度考虑, 目前预装式变电站保护装置的发展趋势倾向于采用永久性的固定设备对现场数据进行测量、监测和保护。对设备的具体要求可以概括为:

- 1) 设备要能满足实时性要求, 具备对电网问题的快速捕获能力。
- 2) 考虑到户外封闭式地面安装, 容易因温度、湿度作用形成凝露而造成闪络事故, 加入温度、湿度测控单元, 破坏凝露生成环境。
- 3) 在分析手段上能够对采样数据预处理, 比如自适应滤波, FFT 滤波, 小波去噪, 能对数据实时分析, 对瞬时和稳态干扰性事件进行跟踪和预分类, 这样可以减少装置的误报和误动作, 同时为现场的实时监控和保护提供更快速、更有价值的评估和决策信息。
- 4) 要具有强大的通信能力, 能方便集成到电力系统组网和互联网上, 以便于对预装式变电站的长期监控和数据纪录。

基金项目: 国家级火炬计划项目(2003EB041487)

5) 从成本上要适合于大量安装到现场。

从系统角度考虑,在功能和技术上更加强调:各种信息的提取、收集、分类和管理;分析手段的智能化,如自适应滤波技术,小波变换技术的应用;具有遥测、遥信、遥调、遥控功能,实现综合全面自动化管理;对出现故障实时处理和汇报。

综上,预装式变电站综合保护装置在功能上提出了更高的要求,同时也表明这一应用领域的研究需要多种技术的相互融合和各个领域专家的密切合作。

从目前的情况看,为了适应这一新的发展趋势,对预装式变电站保护装置而言,需要综合考虑成本和性能。本文设计的预装式变电站综合保护装置采用了先进的技术手段,与以往的保护装置相比,本装置采用了双 CPU 结构,在系统资源和稳定性方面都优越于一般保护装置采用的单 CPU 结构。虽然文献[2]中也提到了目前国内的一种基于双 CPU 的主从式结构,由于设计时间较早,采用 16 位的 Intel96 单片机,性能上已经落后,系统的设计也没有考虑到远程通信,两 CPU 在数据交换中采取串口方式,实时性较差,为解决上面提到的问题,本装置采用了 DSP 与 MCU 间 HPI 并口交换数据方式,满足了实时性要求。同时还应用了先进的 GSM 及 PSTN 通信技术。单机性能更高,系统功能更全面,适用于目前电网自动化智能系统。

## 2 装置系统设计

### 2.1 系统功能

这是一个应运于广东省顺德市 10 kV 的预装式变电站保护工程设计实例,设备安装到现场,长期执行保护和监测任务。设备具有以下功能:

1) 对三相电压、电流信号实时跟踪,实时计算电压有效值、电流有效值、电压电流三相不平衡度、有功功率、无功功率、视在功率、频率、功率因数。

2) 对高压室、低压室、变压器室的温度、湿度实时计算,并对三室的凝露进行破坏,同时对变压器三相绕组的温度进行测量和保护,对变压器室瓦斯进行监测和报警。

3) 高压侧电流进行速断、限时速断、过流的三段式保护以及低压零序电流进行测量和保护。

4) 能对多路开关状态信号实时监测和控制。

5) 具有事件记录,故障报警和故障波形跟踪记忆功能。

6) 对低压的 8 路无功补偿以及馈出线遥测、遥

信、遥控。

7) 具有远程通信功能,服务于更高层的企业信息分析和管理系统。

8) 具有友好的人机交互功能,能使工作人员对电网的运行故障快速洞察,迅速决策。

### 2.2 系统设计

根据系统的功能,系统设计重点解决的问题应该是实时性问题。系统需要处理的任务种类繁多,既有周期性的任务(数据采样、各种计算等),又有突发性任务(通信、人机交互、保护处理等),尤其是系统的保护算法对系统资源消耗很大,同时还要保证系统的实时性,这种情况下不仅要求处理设备本身具有很高的速度和处理能力,而且还要具有实时任务调度能力,最后还要考虑成本。如今普遍流行的嵌入式系统是以应用为中心,以计算机技术为基础,软硬件可裁剪,适用于系统对功能、可靠性、成本、体积、功耗等严格要求的专业计算机系统<sup>[3]</sup>。对此,本文采用了基于双 CPU 结构的嵌入式实时系统以及 CPLD 分配地址和逻辑控制的解决办法,系统硬件结构如图 2 所示。

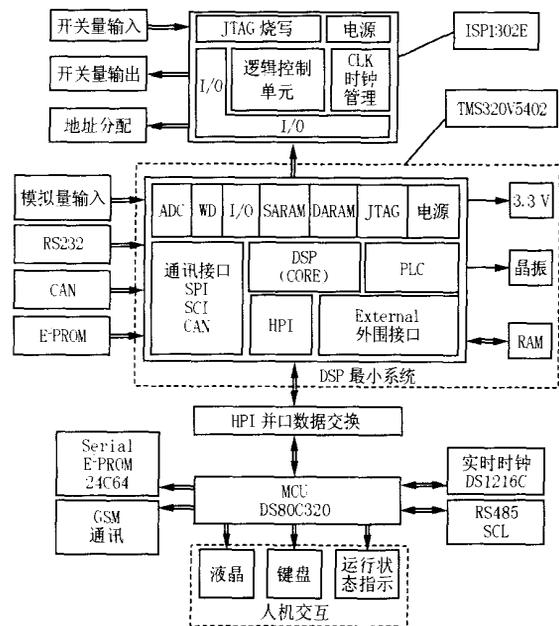


图 2 系统硬件结构

Fig. 2 Architecture of system hardware

双 CPU 采用 DSP 和 MCU (Microprogrammed Control Unit) 相结合的办法,两者采用主从结构(MCU 为主机,DSP 为从机)通过 DSP 的 HPI 并口实现数据交换和协同工作。实践表明,HPI 并口通讯的可靠性和实时性远远高于双 CPU 间采用的串口方式。DSP

采用了 TI 公司的 5000 系列,可外接 10 MHz 晶振,采用改进型哈佛结构、4 级流水线技术和专门的 16 位硬件乘法器,因此该型号的 DSP 具有相当快的处理速度,适合处理大运算量的实时任务。MCU 采用 DALLAS 公司的双串口芯片 DS80C320,该单片机应用 32 MHz 晶振,最短指令时间是 125 ns,用来分担部分实时性要求不高的系统任务,如人机交互、通信、温度逻辑控制等。同时系统还采用了 Lattice 公司的可编程控制逻辑 - CPLD1000 系列,进行多种接口功能以及产生单片机总线上其它器件的片选地址信号,同时对保护用继电器逻辑进行控制,提高装置保护动作的可靠性。由于 CPLD 是可编程重复使用器件,可以根据用户的要求通过改变软件方式来达到资源的最佳配置。任务分配模型如图 3 所示。

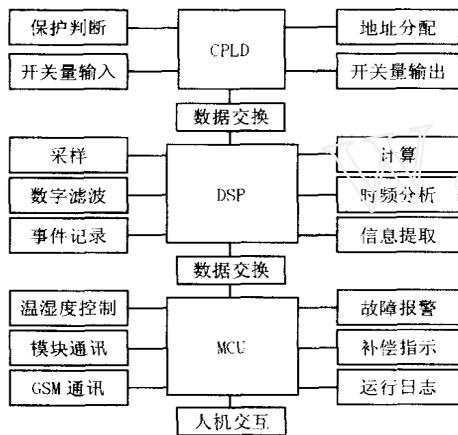


图 3 任务分配模型

Fig. 3 Tasks distribution model

通信方面,综合保护装置中内置 GSM 模块,可以利用中国电信 GSM 网络进行远程无线通讯,遵守 GSM7.05 通信协议,数据可以传递至任何地点,保密性极强。同时综合保护装置具有 RS-485/422 标准通讯接口和电话线接口,通过外挂的通讯扩展模块,可与 Ethernet、CAN 等各种通讯网络连接。DS80C320 提供的 RS232 串口可以直接和台式机或笔记本电脑实现点对点的通信,方便维护人员进行现场设备维护和故障诊断以及数据的录取。为了更好地满足用户的要求,针对预装式变电站低压侧电流进线多的特点,装置通过 RS485 方式可以外挂扩展模块(对低压侧电流进行测量和开关状态进行监测),最多可扩展 256 个。

这种有两个处理器对系统任务并行处理的方式,能够有效地发挥 DSP 的能效和 MCU 的特长,这无疑高性能低成本的系统。同时这种结构又可以保证系统资源有一定程度的冗余,易于今后系统功能的升级和改进。上面介绍了实时硬件系统设计,为了实现实时任务调度,软件上必须结合嵌入式实时多任务操作系统,来设计真正意义上的嵌入式实时系统,这一部分工作在系统中已经得到应用,证实了本系统的实时性和可靠性。

### 3 结束语

本文介绍了新型预装式变电站综合保护装置的发展趋势和保护装置的突出作用,对我国实现电网调度自动化、变电站监控自动化、配电管理自动化和变电站无人值守,有很强的借鉴作用,从继电保护的角度来看,它具有普遍的意义,对电力系统的其它应用场合也是适用的。

### 参考文献:

- [1] 王维俭(WANG Wei-jian). 电器主设备继电保护原理与应用(Principle and Application of Main Electrical Equipment Protection) [M]. 北京:中国电力出版社(Beijing: China Electric Power Press),1997.
- [2] 宋俊寿,颜风琴(SONG Jun-shou, YAN Feng-qin). 新型多功能三相电能质量监测管理系统(A Multifunctional Three-phase Electric Energy Quality Measurement and Management Systems) [J]. 电力系统自动化(Automation of Electric Power Systems),1996,20(4):12-15.
- [3] 段成刚,欧阳森,宋政湘(DUAN Cheng-gang, OUYANG Sen, SONG Zheng-xiang). 新型在线实时电能质量监测设备的设计(Design of a New Online and Real-time Power Quality Monitor) [J]. 电网技术(Power System Technology), 2004,28(2):60-63.

收稿日期: 2004-03-10

作者简介:

邢建军(1979-),男,硕士研究生,研究方向为声信息处理;E-mail:navybird@sohu.com

屠庆平(1946-),男,教授,从事数字信号处理方面的科研工作和教学工作,研究方向为声信息处理和分析;

翟长社(1977-),男,工程师,长期从事电力系统自动化产品设计研发。

(下转第 69 页 continued on page 69)

到这类开闭所,建议将故障的处理权交给主站,配电终端只是将故障信息上报主站,待主站收集全故障信息后再进行故障定位、隔离与恢复。

## 5 小结

1) 开闭所自动化将故障的处理功能完全下放到配电自动化终端(DTU),不需要通讯,速度快,可靠性高。

2) 开闭所自动化适宜各个开闭所以“总线”形式挂在 10 kV 线路上的开闭所。

3) “手拉手”的开闭所由于情况复杂,配电终端又只能监控自己所在的开闭所信息,所以在故障处理时尚不能完全满足自动隔离故障与恢复无故障区段供电的需求,有时需要人工干预。遇到这种情况,建议将故障的处理权交给主站,因为主站收集到的信息集中、全面,利于正确处理故障。

## 参考文献:

- [1] 王明俊,刘广一,于尔铿(WANG Ming-jun, LIU Guang-yi, YU Er-keng). 配电系统自动化及其发展(Power Distribution System Automation and Its Development) [M]. 北京:中

- 国电力出版社(Beijing: China Electric Power Press), 1998.  
 [2] 王章启,顾霓鸿(WANG Zhang-qi, GU Ni-hong). 配电自动化开关设备(Power Distribution Automatic Switch) [M]. 北京:水利电力出版社(Beijing: Hydraulic and Electric Power Press), 1995.  
 [3] 武建文(WU Jian-wen). 配电自动化一次开关设备(Power Distribution Automatic Primary Switch) [A]. 2000 电力系统新技术、新产品技术交流会论文集(Proceedings of 2000 Power system New Technique and New Product Technique Communication), 2000.  
 [4] 刘健,倪建立(LIU Jian, NI Jian-li). 配电网自动化新技术(New Technique of Power Distribution System) [M]. 北京:中国水利水电出版社(Beijing: Publishing House of China Water Resources and Hydropower), 2004.

收稿日期: 2004-03-09; 修回日期: 2004-04-19

## 作者简介:

王高海(1974 - ),男,学士,研究方向为配电自动化及开关设备; E-mail: wghbest @163.com

杨运国(1977 - ),男,硕士,研究方向为微机在电力系统中的应用;

王喜贺(1976 - ),男,学士,研究方向为配调一体化。

## Research on several practical modes of switch station automation

WANG Gao-hai<sup>1</sup>, YANG Yun-guo<sup>2</sup>, WANG Xi-he<sup>1</sup>, LIU Xian-fu<sup>1</sup>

- (1. Yantai Dongfang Electronics Information Industry Co., Ltd, Yantai 264000, China;  
 2. Chongqing University, Chongqing 400044, China)

**Abstract:** With the experience of project execution and construction for distribution automation in recent years, the function of switch station automation is analysed, and the fault handling process for DTU(distribution terminal unit) of 10 kV switch station in different connections and operation modes has been discussed in detail. Based on this, the requirements of primary equipments in switch station are put forward, the merits and demerits of switch station in different connections for realizing its automation are discussed and summarized, which has some reference value for the design and realization of switch station automation.

**Key words:** switch station automation; distribution terminal unit; fault handling

(上接第 50 页 continued from page 50)

## Design of a new integrated protector for preparatory transformer substation

XING Jian-jun<sup>1</sup>, TU Qing-ping<sup>1</sup>, ZHAI Chang-she<sup>2</sup>

- (1. Northwestern Polytechnical University, Xi'an 710072, China; 2. Yuanzheng Technology Co., Ltd, Xi'an 710075, China)

**Abstract:** The new trend of integrated protector for preparatory transformer substation is introduced in detail. In the viewpoint of online monitoring, real-time analysis and networking, and through a practical design example of preparatory transformer substation(PTS) project, a hardware platform solution for embedded real-time system based on digital system processing (DSP) is put forward, which can meet the demands of the up-to-date requirement in protector for preparatory transformer substation, and has advantage of small dimension, low cost, and suitable to be installed on site in large quantity. The architecture of system hardware and task distribution model are given, and the design has reached the proposed subject.

**Key words:** preparatory transformer substation(PTS); integrated protector; power network; real-time system