

500 kV 电抗器保护装置管理软件的开发

胡桂平¹, 尹项根¹, 张哲¹, 杨剑²

(1. 华中科技大学电气与电子工程学院, 湖北 武汉 430074; 2 中国人民解放军 95916 部队, 湖北 武汉 430077)

摘要: 按照超高压设备双重化保护配置的要求, 500 kV 电抗器保护装置底层保护系统由两套并行的保护子系统构成。上层管理系统作为装置中的重要一环, 一方面承担着人机接口管理和监控整个保护装置的任务; 另一方面是实现对内对外通讯联系的桥梁。在简要介绍整个保护装置的基础上, 系统地说明了管理系统软件的整体功能和程序框架结构设计。根据保护装置内部通讯的特点和应用要求, 在我国电力行业标准 IEC60870-5-103 基础上, 提出了一种适用于微机保护装置的内部通讯协议。该协议能够方便、快捷地实现保护装置内部通讯的报文格式转换。管理软件采用模块化的程序设计方法, 界面友好且操作简单, 具有程序层次清晰、扩展性强、运行稳定等特点。

关键词: 电抗器保护; 管理系统; 软件结构; 通讯协议

中图分类号: TM774 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-4897(2006)11-0007-05

0 引言

现代微机保护系统设计多采用分层式系统架构, 即将微机保护系统的各功能部件按多级控制策略分层, 如图 1 所示。

保护核心部件多选用高性能的数字信号处理器 (DSP), 通过内部总线与各接口部件协同工作构成底层保护系统。保护系统已经由单 CPU 结构发展到今天的第三代多 CPU 结构, 每块 CPU 或实现主保护功能; 或实现后备保护功能; 也或实现保护系统全部的主、后备保护功能。

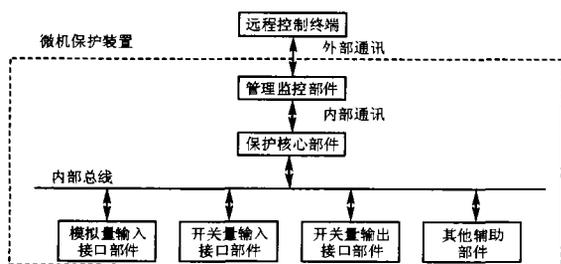


图 1 分层式微机保护系统示意图

Fig 1 Schematic diagram of layered protection system

管理监控部件一般选用微处理器 (如 AT91RM9200 微处理器) 构成上层管理系统, 一方面通过内部通讯对底层保护系统执行控制操作及获取底层数据信息; 另一方面由外部通讯通道实现远程控制终端对微机保护装置的监控。在这种架构下, 各功能部件分工合作更为明晰, 减少了不必要的关联操作, 提高了系统的可靠性; 同时也有助于硬、软件模块化设计及装置部件的更新和升级换代^[1]。

1 保护装置硬件结构

500 kV 电抗器保护装置即采用分层式系统架构, 其总体硬件结构如图 2 所示。按照超高压设备双重化保护配置的要求, 其保护核心部件由两个从数据采集系统开始各自独立的数字信号处理器 (DSP-A、DSP-B) 构成, 每个 DSP 部件可分别单独实现电抗器全部的主、后备保护功能。为了增加系统的可靠性, 两块 DSP 通过运算和逻辑判断后, 经与门发出跳闸信号, 有效地避免了单块 DSP 由于元件故障或未知因素所引起的保护误动^[2,3]。

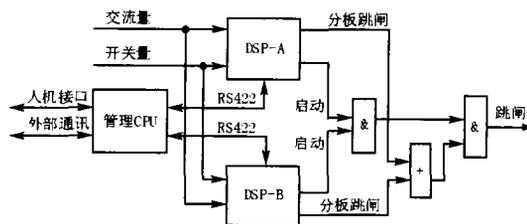


图 2 500 kV 电抗器保护装置总体结构图

Fig 2 Structure of 500 kV shunt reactor protection

管理系统 CPU 选用 AT91RM9200 微处理器, 控制与协调键盘、显示屏 LCD 等外部硬件资源以实现人机交互^[4]; 通过两个 RS422 串口与两个底层保护子系统 (DSP-A、DSP-B) 实现数据信息交互; 通过外部通讯实现远方控制终端对保护装置的监控^[5,6]。

2 管理软件功能分析

上层管理系统作为 500 kV 电抗器保护装置中的重要一环, 一方面承担着人机接口管理和监控保

护子系统的任务;另一方面是实现对内对外通讯联系的桥梁。其主要功能分析如下:

(1)通过人机对话,接受现场运行人员发出的控制命令,以执行对保护装置的操作、调试以及数据信息获取,主要包括查看或修改定值、查看各类报告记录以及开出量、开入量和通道参数的调试。

(2)通过内部通讯对保护装置的工作情况及装置本身状态进行实时监测,并能通过指示灯和人机界面及时反映故障信号,主要包括监测系统参数、开入量和保护压板的投退。

(3)建立底层保护系统与PC监控分析软件之间的通讯联接,实现故障数据的传输和打印等功能。

(4)通过外部通讯接口,实现远程控制终端对保护装置的操作和监测。

3 管理系统软件结构

管理系统软件利用 CodeWarrior for ADS 开发工具,采用与 ARM 兼容的 C 语言进行开发,其结构设计采用了模块化的编程思想,即按照管理系统功能的划分编制相应的模块,因而使整个架构具有很好的可扩充性和易维护性。程序构成主要分为两部分:主程序和定时器中断程序。

3.1 分级菜单管理模式

管理系统的界面显示采用分层菜单的管理模式,将显示内容按功能进行划分,实行分层分级集中管理。界面显示随着按键进行调整,而各按键的含义在不同的界面下也会发生改变。因此在主程序里对各个显示界面都赋予了对应的显示状态 D 号,根据显示状态 D 号即可判断在该界面下各按键操作的实际含义,从而使界面调整做出正确的反应。

3.2 主程序

管理系统的主要功能都在主程序里面完成,其流程如图 3 所示。按键判断、LCD 界面显示、通讯协议层和应用层分析等功能在主程序里面形成了一个大的无穷循环。主程序完成硬件和软件的初始化工作后进入无穷的循环,同时开放定时器中断。

主程序要时刻监视判断用户的外部按键操作,并迅速做出相应反应,或调整界面显示、或形成通讯命令下传给底层保护子系统。主程序里还要完成通讯协议层和应用层分析功能,将通讯命令或通讯数据组装成通讯帧进行上传或下发,同时对接收到的通讯帧进行解析和组装形成实际的用户应用数据。

3.3 定时器中断程序

定时器中断程序每 1 ms 打断一次主程序循环,

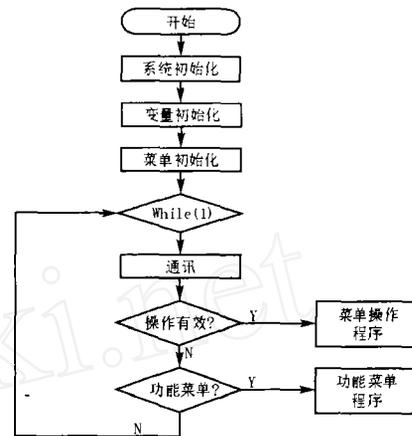


图 3 主程序流程图

Fig 3 Flow chart of the main program

主要完成对各个串口物理层字节的收发工作。其主收模式程序流程如图 4 所示。管理系统每收到一个字节数据即存入缓冲区,否则,超时计数器累加一次。当超时计数器大于 1500 时,系统置通讯失败标志,进行重发处理。

其余的通讯处理工作在软件架构中作为一个独立的子任务循环运行。

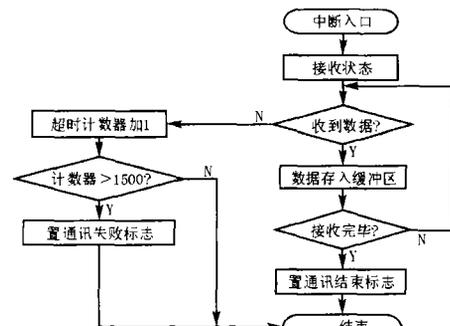


图 4 定时器中断程序(主收)流程图

Fig 4 Flow chart of timer interrupt program (TXD)

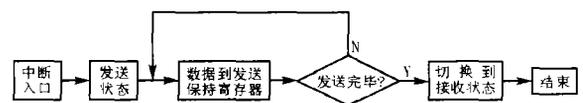


图 5 定时器中断程序(主发)流程图

Fig 5 Flow chart of timer interrupt program (REC)

主发模式程序流程如图 5 所示。管理系统通讯模块在完成初始化工作后随即进入发送状态。正常情况下,管理系统轮流向各子站请求 2 级数据的链路规约数据单元(LPDU)。当管理系统收到现场运行人员发出的监控命令时,会形成相应的若干 ASDU 向相应子站发送。当所有数据发送完毕,系统即切换至数据接收状态。

4 内部通讯方案

4.1 通讯规约结构^[7,8]

上层管理系统绝大部分功能的实现都需要依靠内部通讯规约与底层保护子系统进行数据信息交互。本系统采用的内部通讯规约是在参照我国电力行业标准 IEC60870-5-103的基础上,根据保护装置的应用实际而提出的。鉴于保护系统的实时性要求,即在有限的传输带宽下要求特别短的反应时间,故本规约采用增强性能结构(EPA),这种模型仅用三层即物理层、链路层、应用层。

该模型的应用数据结构中规约数据单元由规约控制信息和服务数据单元组成,数据单元之间关系如图6所示。本规约中的链路规约数据单元(LPDU)不得包含多于一个的应用服务数据单元(ASDU)。

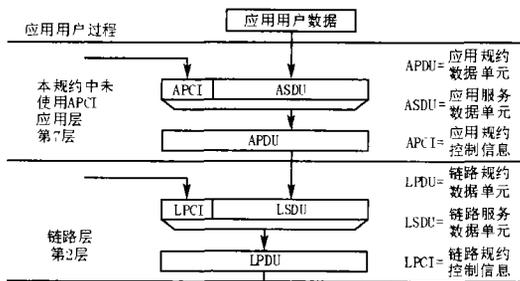


图6 各类数据单元之间的关系

Fig 6 Relations among various data units



图7 固定帧长帧格式

Fig 7 Fixed length frame

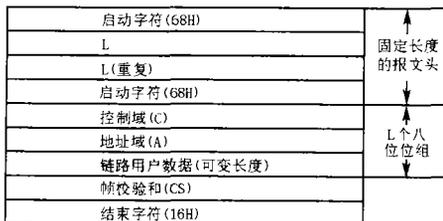


图8 可变帧长帧格式

Fig 8 Unfixed length frame

本规约中唯一地采用帧格式FTL 2,它在IEC60870-5-103中具体定义包括固定帧长(图7)和可变帧长(图8)两类格式。FTL 2固定帧长帧格式用于下层保护子系统向上层管理系统传输的确认帧,或上层管理系统向下层保护子系统传输的询问

帧。FTL 2可变帧长帧格式用于由上层管理系统向下层保护子系统设备传输数据,或下层保护子系统向上层管理系统传输数据之用。

(1)控制域(C)定义

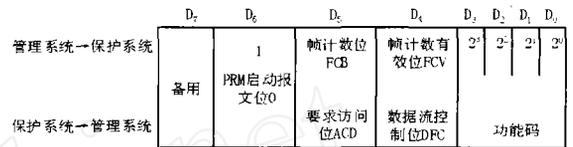


图9 控制域(C)定义

Fig 9 Definition of control field

控制域(C)的低四位为功能码,表示传输帧类型,其定义如图9所示。管理系统向同一个保护系统传输新一轮的发送确认或请求响应传输服务时,将帧计数位取相反值,管理系统为每一个保护系统保留一个帧计数位(FCB)的拷贝,若超时未从保护系统收到所期望的报文,或接受出现差错,则管理系统不改变帧计数位(FCB)的状态,重传原报文,重传次数为3次,若管理系统正确收到保护系统的报文,则该一轮的发送确认或请求响应传输服务结束。当底层发生故障或产生事件记录时,要求访问位(ACD)置位,表示保护系统希望向管理系统传输1级用户数据。

(2)地址域(A)定义

地址域(A)由一个八位位组构成,包括目的地址和源地址两部分,bit0~3为目的地址,bit4~7为源地址(主站地址:0x00;子站1地址:0x01;子站2地址:0x02)。

(3)链路用户数据

本规约中的链路规约数据单元(LPDU)不得包含多于一个的应用服务数据单元(ASDU)。按照图10所示,一个应用服务数据单元是由一个数据单元标识符(DATA UNIT IDENTIFIER)和唯一的一个信息体(NFORMATION OBJECT)组成。

对于所有应用服务数据单元(ASDU),其数据单元标识符有相同的结构,它由两个八位位组所组成。其结构如下:a类型标识(TYP);b传送原因(COT)。本系统定义了如下ASDU:一般命令类型ASDU1、时标报文类型ASDU2、命令响应类型ASDU11、厂家定值类型ASDU12、系统定值类型ASDU13、用户定值类型ASDU14、启动记录说明ASDU17、故障记录说明ASDU18、各类事件记录ASDU7。

信息体(NFORMATION OBJECT)由信息体标识符和一组信息元素集组成。信息体标识符包含一

个八位位组:命令类型 (FUN)。如果出现的话,还有时标 (TME TAG)。

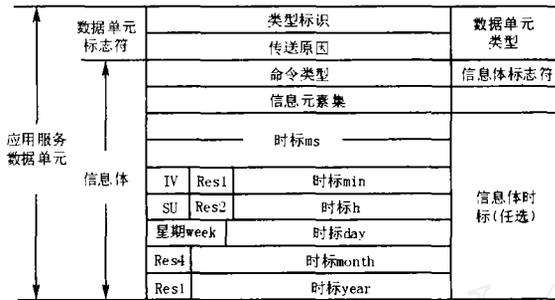


图 10 应用服务数据单元

Fig 10 Application service data unit(ASDU)

4.2 内部通讯的实现^[9,10]

内部通讯规约中约定上下层之间采用主从方式进行通讯,因而上层管理系统总是主动发起通讯对话,即始终为启动站。

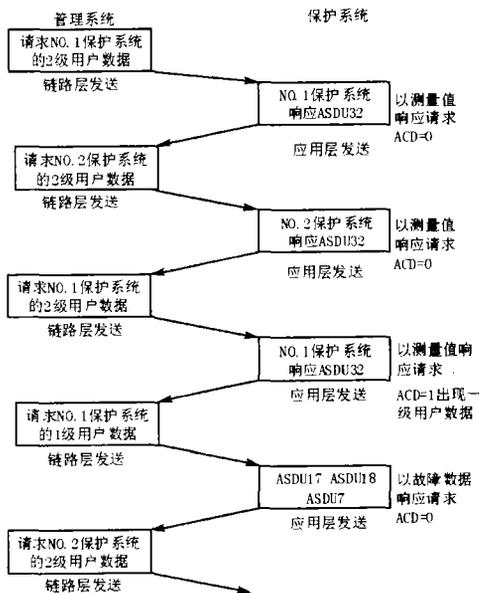


图 11 正常情况下内部通讯实现过程

Fig 11 Realization process of internal communication in normal circumstance

上层管理系统通讯模块的收发程序段在定时器中断中执行,而其余的通讯处理工作在软件架构中作为一个独立的子任务循环运行。本规约中来自下层保护系统的数据分为两类:一种是常态下的电抗器状态测量数据,称为 2级用户数据;而其他的数据统称为 1级用户数据,包括监控命令反馈数据、采样数据、故障数据以及状态变位等诸多信息。

上层管理系统的通讯模块在完成初始化工作后随即进入发送状态。正常情况下,管理系统轮流向各子站请求 2级数据的链路规约数据单元 (LP-

DU),而子站以测量值型的应用服务数据单元 (ASDU)反馈,其通讯实现过程如图 11所示。当管理系统发现故障标志置位 (ACD 置位)或收到现场运行人员发出的监控命令时,会形成相应的若干 ASDU 向子站发送。底层保护子系统每收到一个 ASDU 会返回一个链路层确认帧,当所有的 ASDU 发送完毕后,上层管理系统再向底层发送请求 1级数据的 LPDU,以获得命令的执行结果或反馈数据。

5 结束语

500 kV 电抗器保护装置上层管理系统采用分层菜单管理模式,界面友好且操作方便;采用模块化的程序设计方法,具有层次清晰、扩展性强、运行稳定等特点。

参照我国电力行业标准 IEC60870-5-103 设计了一种适用于微机保护装置的内部通讯协议,该协议方便、快捷地实现了电抗器微机保护系统内部通讯报文格式的转换。

参考文献:

[1] 樊江涛,陈剑云,韦宝. ARM 处理器 + DSP 构架的微机馈线保护装置的研制 [J]. 电力系统自动化, 2005, 29 (2): 77-80.
FAN Jiang-tao, CHEN Jian-yun, WEI Bao. Microcomputer-based Feeder Protection on ARM & DSP Architecture [J]. Automation of Electric Power Systems, 2005, 29 (2): 77-80.

[2] 陆于平,陈月亮,李玉海. 数字主设备保护双套化技术实现 [J]. 电力自动化设备, 2003, 23 (4): 6-11.
LU Yu-ping, CHEN Yue-liang, LI Yu-hai. Duplication Mechanism of Digital Protection for Main Equipment [J]. Electric Power Automation Equipment, 2003, 23 (4): 6-11.

[3] 郑志进. 微机保护装置双重化配置的二次接线 [J]. 电力自动化设备, 2004, 24 (4): 68-69.
ZHENG Zhi-jin. Electrical Secondary Wiring of Dual-disposition Microcomputer Protective Device [J]. Electric Power Automation Equipment, 2004, 24 (4): 68-69.

[4] 张凤伟,李文国. 微机保护中人机对话通道接口 [J]. 继电器, 2003, 31 (3): 73-75.
ZHANG Feng-wei, LI Wen-guo. Man-machine Conversation Channel Interface of Microcomputer Protection [J]. Relay, 2003, 31 (3): 73-75.

[5] 莫华. 在微机保护装置中实现嵌入式以太网 [J]. 江西电力职业技术学院学报, 2004, 17 (3): 20-22.
MO Hua. Implementation of Embedded Ethernet in the

- Microcomputer Protective Device [J]. Journal of Jiangxi Electric Vocational and Technical College, 2004, 17(3): 20-22.
- [6] 谭嘉虎. 实时监控双以太网系统的开发 [J]. 电力自动化设备, 2004, 24(8): 9-13.
TAN Jia-hu Development of Dual-ethernet System for Real-time Monitoring and Control [J]. Electric Power Automation Equipment, 2004, 24(8): 9-13.
- [7] DL/T667-1999, 中华人民共和国电力行业标准远动设备及系统, 第5部分: 传输规约, 第103篇: 继电保护设备信息接口配套标准 [S].
DL/T667-1999, Electric Power Industry Standard of P. R. C, Telecontrol Equipment and Systems, Part V: Transmission Protocols, Section 103 Companion Standard for the Information Interface of Protection Equipment [S].
- [8] 田国政. 变电站自动化系统的通信网络及传输规约选择 [J]. 电网技术, 2003, 27(9): 66-68.
TAN Guo-zheng Selection of Communication Network and Protocol for Substation Automation System [J]. Power System Technology, 2003, 27(9): 66-68.
- [9] 谭嘉虎. 用于微机保护设备基于 IEC60870-5-103 传输规约的通信接口技术的研究与开发 [J]. 电网技术, 2004, 28(22): 31-35.
TAN Jia-hu Research and Development of IEC 60870-5-103 Transmission Protocol based Communication Interface Technology for Microcomputer Based Protection Devices [J]. Power System Technology, 2004, 28(22): 31-35.
- [10] 赵渊, 沈智健. 基于 TCP/IP 的 IEC 60870-5-104 远动规约在电力系统中的应用 [J]. 电网技术, 2003, 27(10): 56-71.
ZHAO Yuan, SHEN Zhi-jian Application of TCP/IP Based IEC60870-5-104 Telecontrol Protocol in Power System [J]. Power System Technology, 2003, 27(10): 56-71.

收稿日期: 2005-11-21; 修回日期: 2006-03-23

作者简介:

胡桂平 (1979-), 男, 硕士研究生, 研究方向为电力系统自动化和微机继电保护; E-mail: sky79303@163.com

尹项根 (1954-), 男, 教授, 博士生导师, 从事电力系统继电保护、变电站自动化控制及电力系统控制的研究工作;

张哲 (1962-), 男, 教授, 博士生导师, 从事电力系统继电保护和自动化控制等方向的研究工作。

Development of management software for 500 kV shunt reactor protecting device

HU Gui-ping¹, YN Xiang-gen¹, ZHANG Zhe¹, YANG Jian²

(1. College of Electronic and Electrical Engineering, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, China;

2. 95916 Army of The PLA, Wuhan 430077, China)

Abstract: According to the request of double protection for electrical equipment in Ultra High Voltage (UHV) power system, two parallel protection subsystem with the same configuration of functions work together in 500 kV shunt reactor protecting device. As an important part of the device, management subsystem is in charge of supervising the entire equipment and managing the man-machine interface. On the other hand, the subsystem is a bridge of communicating with outer terminal or protection subsystem. Based on the simple introduction of the protecting device, the paper introduces the general functions of the software and the program frame. According to the characteristic and application request, an internal communication protocol based on IEC60870-5-103 standard for microprocessor-based protection is presented, which can transform message expediently. Modularized programming is adopted in the software, it possesses the following advantages of friendly interface and easy operation, clear hierarchy, easy to expand and stable working.

Key words: shunt reactor protection; management subsystem; software structure; communication protocol

《继电器》杂志文摘编写要求

根据国际检索的要求,《继电器》杂志对投稿摘要的编写作以下修改说明:

1. 摘要应是一篇独立的短文,应包含与论文同等量的主要信息,主要由三部分组成,即:研究的问题、过程和方法、结果。
2. 摘要中应排除本学科领域已成为常识的内容,切忌把引言中出现的内容写入摘要,一般也不要对论文内容作诠释和评价,尤其是自我评价。
3. 摘要应用第三人称编写,不必使用“本文”、“作者”等作主语。应尽量取消或减少背景信息。
4. 摘要应使用规范化的名词术语,不用非公知公用的符号和术语,新术语或尚无合适汉文术语的,可用原文或译出后加括号注明原文。
5. 摘要一般不用数学公式或化学结构式,不出现插图、表格,不用引文。缩略语、略称、代号首次出现时必须加以说明。
6. 中文摘要一般在 200~250 个字之间,英文一般 150 个单词左右,关键词一般应列出 5~8 个。