

应用 IEC 60870-5-103 规约的嵌入式通信管理系统设计

徐伟国¹, 杨锁红², 姜勇²

(1.清华大学, 北京 100084; 2.保定中力电力科技发展有限公司, 河北 保定 071051)

摘要: 在微机式母线保护装置及其嵌入式通信管理系统研制中, 应用了 IEC 60870-5-103 规约通信接口标准。从规约的一致性和互操作性角度, 解决了规约标准在微机保护设备通信接口开发中存在的一系列细节问题。规约一致性检验的结果和现场运行良好效果表明, 所研制的 WMH-500 微机式母线保护装置的通信管理系统, 采用 103 规约与变电站综合自动化系统进行通信不仅可靠, 而且具有良好的扩展性。

关键词: 继电保护; 电力系统; 实时操作系统; 嵌入式; IEC 60870-5-103 规约

Application of IEC60870-5-103 transmission protocol in embedded correspondence management system design

XU Wei-guo¹, YANG Suo-hong², JIANG Yong²

(1.Tsinghua University, Beijing 100084, China; 2.Baoding Electric Power Technology Development Co., Baoding 071051,China)

Abstract: With research and development of the microcomputer-based busbar protection device and its embedded correspondence management system, IEC 60870-5-103 transmission protocol is applied to the system. By the consistency and the mutual operation from the protocol, a series of detailed problems have been resolved which being engendered when the protocol standard was applied in transmission interface of microcomputer-based busbar protection device. The favourable results of protocol standard consistency test and the actual run scene have indicated that the correspondence management system of WMH-500 microcomputer-based busbar protection device is not only reliable but also well extensibility, while that system has applied 103 transmission protocol to communicate with the integrated automation system in the substation.

Key words: protective relay; power system; real time system; embedded; IEC60870-5-103 transmission protocol

中图分类号: TM73 文献标识码: A 文章编号: 1674-3415(2009)07-0067-04

0 引言

随着嵌入式技术的发展, 其在电力保护自动化系统方面的应用也越来越广泛^[1~3]。另一方面, 电力保护系统对信息交换的可靠性和对系统的易于维护性也提出了越来越高的要求。

本文研制的 WMH-500 微机式母线保护装置, 应用了国际标准——IEC60870-5-103 通讯规约^[4~10], 实现与变电站自动化系统和保护信息管理系统的接口。这使得利用嵌入式操作系统可以完全实现链路层和应用层分开进行设计, 使系统具有实时性强、易于扩展和维护、具有良好的开放性; 另外, 为进一步增强装置的功能, 研制了其在通信管理系统中可以存储大容量报告以实现故障数据的波形在线恢复显示及打印的功能; 装置的通信规约已在开普实验室通过一致性检测。

1 系统的硬件和软件设计

1.1 装置通信管理系统的特点

WMH-500 微机式母线保护装置适用于 110 kV 及以上各种电压等级的双母线、单母线、单母分断等各种接线形式的发电厂及变电所的母线保护。通信管理系统的设计完全考虑目前现场的工程实际, 采用灵活的后台通讯方式, 友好的人机接口, 10.4 大屏幕 TFT 显示, 正常显示系统主接线及实时潮流数据; 配电阻式触摸屏, 用户操作更加方便快捷; 且可存储大容量与 COMTRADE 兼容的故障录波, 用户可根据需要进行选择显示或打印, 多种形式再现故障时的原始数据, 便于用户查找分析原因, 适于无人值守的现场应用。

1.2 通信管理系统的硬件平台设计

装置内部的功能组件采用后插拔的插件式结

构, 通信管理插件采用多层印制板、表面贴装和涂敷工艺制作, 依据总线不出芯片原则, 大大提高了抗干扰性能。

1) 硬件平台优势

装置通信管理系统的硬件平台应满足快速、准确处理数据的要求, PowerPC555 是 MOTOROLA 公司的 32 位微处理器, 它能在摄氏-45 度到 125 度的恶劣环境下工作, 具有强大的浮点处理能力, 支持复杂的算法, 内部有 448 K 字节的 FLASH 存储空间, 且兼有工业标准的 JTAG 和 BDM 调试接口, 使产品的软硬件调试非常方便快捷。

装置的硬件结构、电路设计等方面充分考虑电磁兼容性要求, 以确保装置具有较强的抗干扰能力, 整个系统的强弱电彻底分离, 保证了装置的可靠性; 另外通信管理系统设计了软硬双看门狗防错机制, 可避免装置运行过程中如常死锁等现象。

2) 装置的通信管理系统的硬件原理框图如图 1 所示。

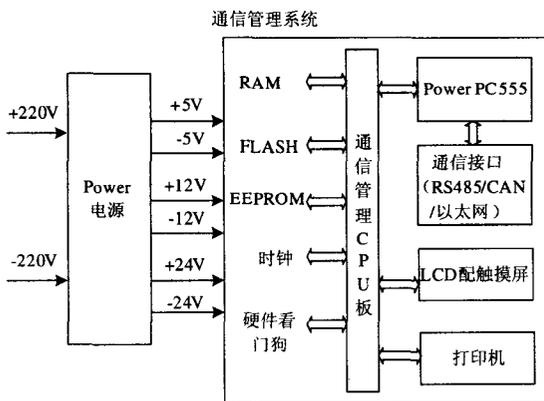


图 1 通信管理系统的原理框图

Fig.1 Diagram of principle of correspondence management system

其中电源采用直流 220 V 输入, 经逆变后提供 ±5 V、±12 V 给通信管理系统使用; CPU 采用 Motorola 的 32 位浮点 POWER PC 体系嵌入式微处理器, 加以适当扩展完成所有控制; 控制面板采用大屏幕背光 TFT 液晶显示并配触摸屏, 实现人机对话。

3) 数据交互的实现

通信管理 CPU 板负责装置的信息管理和数据通信, 该插件通过 CAN 总线与保护 CPU 板进行组网, 利用公司内部的 103 规约实现数据的交互, 接收和存储事件报告等相关信息, 通过不通接口输出到各相应的设备, 如显示屏、打印机或输送至监控后台和工程师站。

1.3 通信管理系统的软件平台设计

1) 采用 RTOS 的优势

通信管理系统是装置与人机显示或综合的信息桥梁, 完成的主要任务包括硬件初始化、装置自检、人机交互、数据信息的远传等。如此复杂的应用, 需要嵌入式实时操作系统来保证软件系统的可靠性, 并能合理地最大化地利用 CPU 的资源, 由于它具有自愈能力而避免了出现系统崩溃情况, 此外, 实时操作系统还具有开发效率高、可移植性好、模块化的程序设计等特点, 系统可以将各功能模块分独立的任务处理, 从根本上保证软件的实性, 简化软件的移植和产品的升级。故本系统选择嵌入式实时操作系统, 从根本上满足装置与综自互连时链路层和应用层完全分开的设计要求。

2) Nucleus Plus 简介

NucleusPlus 是为实时嵌入式应用而设计的一个抢占式多任务操作系统的内核, 提供任务控制管理、内存管理、定时器管理、中断、系统诊断等 16 个组件, 可根据设计的需要对其进行裁剪和定制, 它具有性价比高、功能模块丰富、易学易用等优点, 所以本装置选用该操作系统。

3) 功能设计实现

WMH-500 微机式母线保护装置的通信管理系统在高性能硬件系统上, 嵌入 Nucleus Plus 实时操作系统, 采用 POWER PC555 汇编语言和高级 C 语言编程, 软件按任务实现模块化设计, 以搭积木的方式将各功能模块组合起来, 实现装置的整体功能。主要分上电复位、液晶显示、触摸屏操作、通信管理、规约转换、打印处理。实现如图 2 所示。

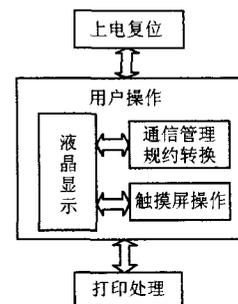


图 2 通信管理系统的模块化软件示意图

Fig.2 Diagram of modularization software design of correspondence management system

系统采用模块化设计增强了系统易于扩展升级、模块代码易于移植、具有很强的开放性等特点。并在相应的实际继电保护产品中进行了相应的移植, 实践证明对应用代码稍加改动即可完全满足应

用开发需要, 避免了投入重复人力物力的浪费。

2 103 规约在装置中的实现

2.1 103 规约简介及网络模型

103 规约是国际电工委员会 (IEC) 提出, 用于控制系统与继电保护设备交换信息中的继电保护设备的信息接口标准。与国际标准化组织的开放系统互联七层参考模型相比, 103 规约是简化的通信协议。三层参考模型可显著提高通信的实时性。其参考模型如图 3 所示。

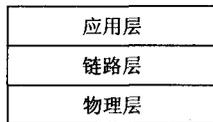


图 3 网络模型示意图

Fig.3 Diagram of network model

103 规约规定, 物理层采用光纤系统或 RS485 总线系统, 装置采用 RS485 通信接口, 应用光电隔离的 MAX485 实现电平转换, 利用光电隔离可提高稳定性; 通讯速率支持 9 600 bps 或 19 200 bps (可配置); 偶校验; 通讯格式为 1 位起始位, 8 位数据位, 1 位停止位, 1 位偶校验位; 另外, 为满足现在不同的现场需要也提供了以太网接口。

链路层由一系列采用明确链路规约控制信息的传输过程所组成, 为应用层提供差错的数据传输服务。装置链路层与应用层的实现完全分开, 实现了理想化的通信联络, 在链路层快速响应主站信息, 确保标准规定的, 重复帧传输时间间隔控制在 50 ms 之内, 切实地提高了通信接口的实时性。

应用层主要是提供用户之间进行信息交换的接口, 包括信息交换方法和装置应用功能及过程。

2.2 信息交换方法

WMH-500 微机式母线保护装置中应用了兼容范围和通用分类两种方法, 而建议不采用专用范围, 主要是考虑到规约一致性及互联的局限。采用前两种服务进行协议编制, 才能保证互换性和互操作性, 避免大量的规约转换工作。

2.3 装置应用的功能及过程

在高压变电站微机控制系统与微机保护设备 103 规约的通信接口的开发中, 主要应用到的功能, 通信管理任务的软件流程如图 4 所示。

1) 站初始化功能: 子站上电或重启后, 接受主站复位 CU 命令或复位 FCB 命令, 上送 ASDU5(复位 CU 或复位 FCB), 接着上送 ASDU5(启动/重启) 表示子站初始化完成。

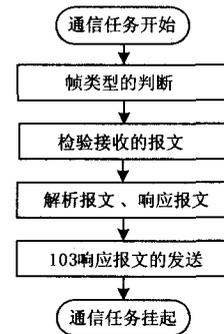


图 4 应用 103 规约的通信流程图

Fig.4 Diagram of correspondence applied 103 transmission protocol

2) 基本链路传输: 在正常运行情况下, 主站循环向子站召唤 2 级数据, 子站没有 2 级数据时, 用功能码 9 回复主站的请求命令; 如果有 1 级数据产生, 先将 ACD 位置 1, 在主站请求 1 级数据时上送。

3) 事件的获取功能: 子站将告警信息、保护动作、开关变位作为事件突发主动上送, 报文中的时间标记表示事件发生瞬间时间, 且使用了品质描述词中的 IV 位。

4) 总召唤: 主站发送总召唤命令时上送装置内总查询报文表的全部内容——遥信, 最后上送总召唤结束; 总召唤过程中允许传输突发事件或主站进行命令控制。

5) 时间同步: 主站发送时间同步命令, 子站在应用层进行响应, 并正确校正当地时间。

6) 命令传输: 主站进行信号复归, 子站用做肯定认可, 然后上送变位事件。

7) 闭锁模式: 监视方向的闭锁在当地激活, 在闭锁模式下, 如子站收到总召唤命令后回复总召唤终止信息, 如收到主站一般命令回复否定认可; 如收到时间同步命令, 子站可以正确执行和响应; 监视方向的闭锁可以在当地解除。

8) 测试模式: 可以在子站当地激活, 也可以在当地终止, 测试模式下子站屏蔽保护动作功能。

9) 通用分类: 主站发送通用分类命令, 子站用通用分类数据上送其内部定义的一组标题的内容、特定组内的全部条目的属性 (如描述、实际值、因子等)、某条目的属性 (如描述、实际值); 主站发送 1 帧或连续多帧写通用分类数据, 子站用通用分类数据进行确认, 然后在主站发送通用分类数据写确定/取消时, 子站回复通用分类数据执行写操作/取消写操作。

3 103 规约在应用中应注意的问题

3.1 时间同步

应答报文的时标是主站发送对时命令时, 对应的子站当地时间; 在否定测试环节, 对接受到的无效时间(如 14 月 33 日 62 分)命令的特殊处理, 使装置具有容错能力。

3.2 命令传输

遥控过程作为 IEC60870-5 系列规约所实现的主要功能, 是规约实现的重点。当短期内装置收到两个或更多的遥控命令时, 在对前一次的命令做出认可之前, 间隔单元又收到主站的命令报文, 装置应对新的控制命令进行否定认可。多数厂家虽然都能完成命令传输的功能, 但对执行遥控命令时发生另一遥控命令的情况缺乏细节上的处理, 违背 103 规约的标准规定, 同时由于应答过程不完整, 还会存在一些互操作的麻烦。

3.3 品质描述词的使用

IEC60870-5 系列规约的显著特点之一就是使用了品质描述词, 品质描述会造成沟通和互联的障碍。品质描述词主要包括 IV(无效)、NT(当前值)、OV(溢出)、SB(替代)、BL(闭锁)等, 通常用于遥测、遥信、遥脉等信息对象的额外的品质信息。

如在时标的 IV(无效)位, 由于事件信息、时间同步命令中都带有时标, 因此该位的处理至关重要。103 规约规定: “继电保护设备最后一次同步后超过 23 h 未再同步; 在复位报文和第一次成功的时间设定或同步之间发生的报文”, 应在“时间信息元素的第三个八位位组的 IV(无效)位置 1”。

上述提到规约中应用应注意的问题, 已应用到装置中, 且通过开普实验室的否定测试和数据正确性的检验。

4 结论

嵌入式通信管理系统能保证系统响应的实时性和运行的可靠性, 软件设计采用模块化模式, 提高了装置适应现场环境的能力, 方便了系统维护, 克服了以往功能简单的缺点, 充分满足了用户的个性需求; 103 规约是一个规则比较复杂的 IEC 传输规约, 要在装置中成功应用, 需要进行规约应用的反复实验和检验。但规约一致性检测报告和现场运行

的良好效果, 已经初步说明所研制的应用 103 规约的 WMH-500 微机式母线保护装置的通信具备良好的稳定性和可靠性。

参考文献

- [1] 张劲, 章坚民, 等. 220 kV 继电保护故障信息处理系统的设计[J], 电力系统自动化, 2003, 27(11): 61-64. ZHANG Jin, ZHANG Jian-min, et al. Design of 220kV Relay Protection and Fault Information System[J]. Automation of Electric Power Systems, 2003, 27(11): 61-64.
- [2] 赵祖康, 徐石明. 变电站自动化技术综述[J]. 电力自动化设备, 2000, 20(1): 38-42. ZHAO Zu-kang, XU Shi-ming. A Summary of Substation Automation Technology[J]. Electric Power Automation Equipment, 2000, 20(1): 38-42.
- [3] 赵自刚, 黄华林, 等. 继电保护运行与故障信息自动化管理系统[J]. 电力系统自动化, 1999, 23(19): 20-22. ZHAO Zi-gang, HUANG Hua-lin, et al. Automatic Management System for Protective Relaying operation and Fault Information[J]. Automation of Electric Power Systems, 1999, 23(19): 55-57.
- [4] 谭嘉虎. 用于微机保护设备基于 IEC 60870-5-103 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.
- [5] DL/T 667-1999 IDT IEC 60870-5-103: 1997[S].
- [6] GB/T 18657.1—2002 IDT IEC 60870-5-1: 1990[S].
- [7] GB/T 18657.2—2002 IDT IEC 60870-5-2: 1992[S].
- [8] GB/T 18657.3—2002 IDT IEC 60870-5-3: 1992[S].
- [9] GB/T 18657.4—2002 IDT IEC 60870-5-4: 1993[S].
- [10] GB/T 18657.5—2002 IDT IEC 60870-5-5: 1993[S].

收稿日期: 2008-05-29; 修回日期: 2008-12-03

作者简介:

徐伟国(1972-), 男, 博士后, 从事嵌入式控制研究;

E-mail: Xvweigu@mail.tsinghua.edu.cn

杨锁红(1977-), 女, 工程师, 从事继电保护研究;

姜勇(1958-), 男, 高级工程师, 从事继电保护研究。