

基于 PROFIBUS 智能断路器通信模块设计与实现^①

单志华¹, 周炎涛¹, 王兴仙²

¹(湖南大学 电气与信息工程学院, 长沙 410082)

²(浙江天正电气股份有限公司, 温州 325604)

摘要: 针对智能断路器联网监控应用提出的高速、实时通信技术要求, 设计基于 PROFIBUS DPV1 协议的智能断路器通信模块。介绍了系统组网应用, 基于数据对象映射的通信协议转换机制, PROFIBUS DPV1 协议的实现; 给出了主要硬件设计方案及软件设计流程。实际运行结果表明该模块有效的实现了智能断路器的实时监测与联网控制。

关键词: PROFIBUS DPV1; 断路器; 实时通信; 协议转换; SPC3

Design and Implementation of an Intelligent Circuit Breaker Communication Module Based on PROFIBUS Protocol

SHAN Zhi-Hua¹, ZHOU Yan-Tao¹, WANG Xing-Xian²

¹(College of Electrical and Information Engineering, Hunan University, Changsha 410082, China)

²(Tengen Group Company Ltd, Wenzhou 325604, China)

Abstract: The design of communication module for intelligent circuit breaker based on the PROFIBUS DPV1 protocol is introduced according to the demands of high-speed and real-time communication technology for network monitoring application. The system networking applications, the mechanism of communication protocol conversion based on data object map and the implementation of PROFIBUS DPV1 protocol was introduced. The main circuit diagram of hardware and software design was given. The actual operation shows that this module effectively implement the real-time monitoring and network control of circuit breaker.

Key words: PROFIBUS DPV1; circuit breaker; real-time communication; protocol conversion; SPC3

断路器作为低压配电的基础元件, 负责电能的分配、传输以及用电设备的保护控制等, 对电力系统的可靠运行起着举足轻重的作用。随着智能电网及工业自动化应用的深入, 断路器除了具备传统功能之外, 还需实现实时电能质量监测、运行状态监控、动态配置及分级保护等功能。因此对智能断路器通信功能提出了高速、双向、实时、集成的技术要求^[1]。而当前智能断路器大多采用 RS485、MODBUS、CAN 等协议实现通信功能, 在长期的实际运行中表现出传输速度低、实时性差、配置扩展性不好等缺点, 制约了断路器的监控与保护功能及应用范围。

为此本文结合了 PROFIBUS 总线开放性好、传输速率高、稳定性好、模块化、可配置等特点^[2-3], 设计了基于 PROFIBUS DPV1 协议的通信模块, 解决了智能断路器诊断报警、高速实时数据通信的难题, 极大地提高了断路器的整体性能。通过该模块组网通信, 可实现对现场断路器的遥测、遥控、遥讯、遥调“四遥”功能。与目前国内市场上的智能断路器相比较, 本文设计的通信模块使得断路器能与工控系统中应用最广阔的 PROFIBUS 总线网络连接起来, 能广泛应用于工业自动控制系统中。

① 基金项目:浙江省重大科技专项(2007C11072)

收稿时间:2010-12-07;收到修改稿时间:2011-01-18

1 系统构成及实现原理

1.1 系统结构

基于 PROFIBUS DPV1 协议的智能断路器网络应用系统由远程监控主站 (PC 或 PLC)、PROFIBUS DPV1 协议转换模块、智能断路器等组成, 如图 1 所示。智能断路器与通信模块结合构成 PROFIBUS 智能从站, 联入 PRFOIBUS 高速总线中。远程 PROFIBUS 监控主站 (PC 或者 PLC) 通过组态设置断路器的工作参数, 建立起通信关系实现数据通信。智能断路器负责电能质量的监测, 并将测量所得数据同状态、参数通过 RS485、MODBUS 或 CAN 协议发送给通信模块, 由通信模块转换为 PROFIBUS 协议格式高速传送给远程主站。主站对获取到的实时数据进行分析处理并显示; 根据运行情况远程设定断路器的状态及整定参数。通信模块对连接远程监控主机与终端智能断路器起到桥接作用。整个系统还可以通过网关代理 (PROXY) 联入 PROFINET 工业以太网, 进而实现跨网络、跨区域性的远程监控。



图 1 断路器网络应用系统

1.2 通信协议转换原理

通信模块一方面要与基于 MODUBS 或 RS485 协议的断路器通信, 另一方面同断路器一起构成 PROFIBUS 从站进行通信。但是对于不同的通信协议, 其数据链路层和应用层协议等是截然不同的, 要实现它们之间的通信必须对数据进行解析, 再通过一定的映射关系, 对数据重新打包发送。

PROFIBUS 协议是基于主从式的通信模式, 主从之间的通信关系建立须经过参数化及组态等过程。通信关系 (CR) 是基于数据队列或者数据缓冲区^[4]。在设备实现时这些数据区所代表的具体应用对象由用户

自定义。MODBUS 是基于请求/应答的简单应用协议, 提供功能码规定的服务。而功能服务的执行是对基本数据模型 (如离散量输入, 线圈, 保持寄存器) 的操作。在设备实现时基本数据模型通常通过寄存器映射实现。对于基于 RS485, CAN 的自定义应用协议, 其应用数据格式不确定, 但也可以视为一个或多个数据块来进行传输。

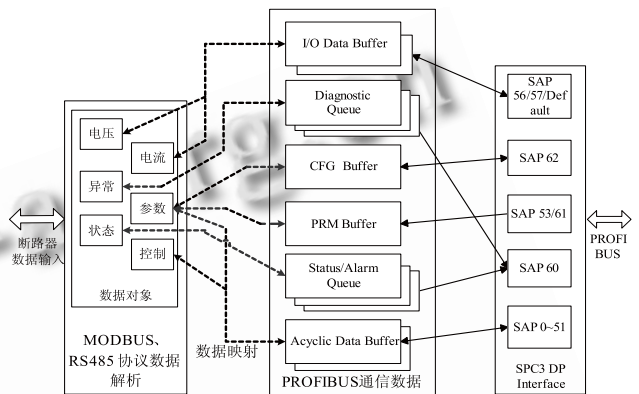


图 2 通信协议转换原理

因此建立如图 2 所示的映射关系。断路器首先将数据发送到通信模块。通信模块内的协议解析程序对数据解包, 将信息送到相应的数据对象中。数据对象通过映射关系与 SPC3 内部 PROFIBUS SAP (Service Access Point) 的数据缓冲区^[5,6]联系起来。由 SPC3 重新在 PROFIBUS 网络发送。P PROFIBUS 主站在参数化、组态通信模块过程中配置设置协议解析参数及数据映射关系, 并建立应用数据对象, 从而使整个通信转换过程适应实际的应用情况。于是通过基于数据对象的转换机制就实现了不同通信协议之间的通信。

2 通信模块硬件设计

硬件系统设计结构如图 3 所示。硬件系统实现对通信协议数据的收发。系统主要由电源、微控制器 (MCU)、SPC3、PROFIBUS 485 收发器等构成。

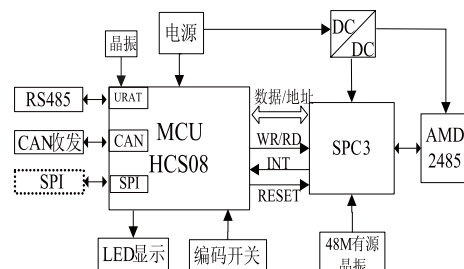


图 3 硬件总体结构图

微控制器采用飞思卡尔 HCS08D 系列的 MC9S08 DZ60 MCU。它提供了嵌入式 CAN、嵌入式 EEPROM、URAT 及 SPI 接口、片上仿真/调试等功能组合。支持了 40 MHz 的内核速率和 20 MHz 的总线速率。其中的 SPI 接口还可以使得通信模块能够集成到智能断路器内部。

SPC3(Siemens PROFIBUS Controller)是一款专用于 PROFIBUS 协议的控制芯片^[6]。它建立于 OSI 模型的第一层上，而第二层的有关总线协议的部分已集成在芯片中，剩下的功能如用户接口、数据管理等则通过微处理器来完成。SPC3 支持 PROFIBUS DPV0，PROFIBUS DPV1 及 PROFIBUS DPV2 / Publisher。

2.1 系统电源设计

考虑到在实际应用中互感取电电源对断路器电能质量的检测将会造成误差。因此通信模块采用的是断路器的辅助电源供电。本设计采用 LT 公司的微功率 LT1934 步降开关稳压芯片。电源输入范围为 3.2 到 34V，足够适应断路器的应用环境。内置快速电流限制功能有效的防止输出短路。

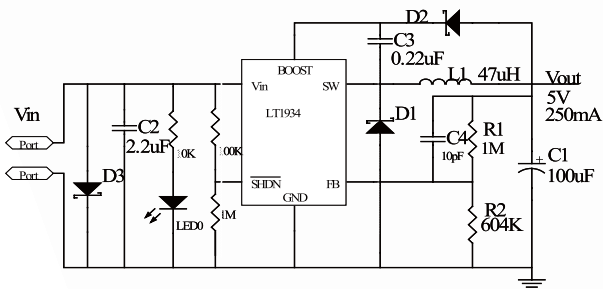


图 4 开关电源电路图

图 4 中 D3 为 TVS 管用来抑制来制断路器电源的浪涌，L1,D2,C3 构成 Boost 升压电路使内部开关管充分饱和以提高效率。R1 和 R2 组成分压电路，反馈给内部电路用以控制通断频率，使电压稳定。电感 L 的取值由公式决定 $L = 2.5 * (V_{OUT} + V_D) * 1.8\mu S / I_{LM}$ 。基中 I_{LM} 为最大开关电流， V_D 为 D2 导通压降。输出电容 C1 用于滤波及储能。为使输出纹波减小应选取 ESR 较小的钽电容。其值应满足：

$$C_{OUT} > 50 * L * (I_{LM} / V_{OUT})^2$$

2.2 PROFIBUS RS485 收发电路

本文所设计的通信模块适用于基于 TIA/EIA-485 平衡数字多点异步传输技术的 PROFIBUS 网络^[5]。为了提高系统抗干扰能力，设计采用 AD 公司的高速、

隔离式差分总线收发器 ADM2485。该芯片性支持 20M 数据传输速率，具有故障保护功能。内部集成的振荡器可驱动外部变压器，实现电源的隔离。而对于输入输出信号的隔离则通过内部数字隔离耦合模块实现。如图 5 所示。变压器 T1 二次侧的 D3、D4 构成整流电路，再通过电容对输出进行滤波。线性低压差稳压芯片 ADP330 用于最后的稳压，以提供稳定的 5V 输出。

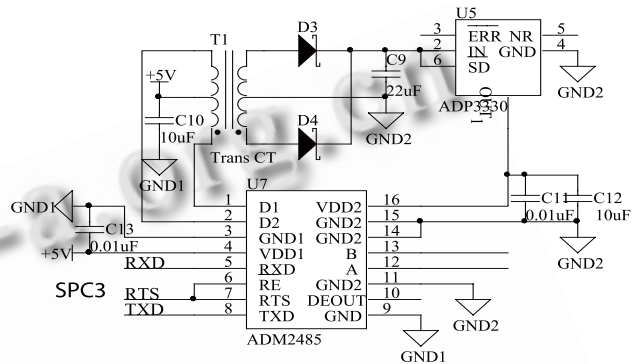


图 5 PROFIBUS RS485 电路图

3 通信模块软件设计

软件程序主要目的是实现以最小的处理延时完成协议数据的转换。断路器联网应用时传递信息包括实时数据、状态及参数、控制命令、报警等。但是在 PROFIBUS 侧将以不同的方式进行发送。实时数据通过周期性 I/O 数据交换发送，以满足实时处理的要求。异常报警则通过 Alarm 的方式传递，这样会在主站里面产生中断从而得到及时处理。其他信息将以过程数据方式进行发送。MODBUS 及 RS485 协议通信事件如错误报告，连接超时等则通过诊断进行传递。

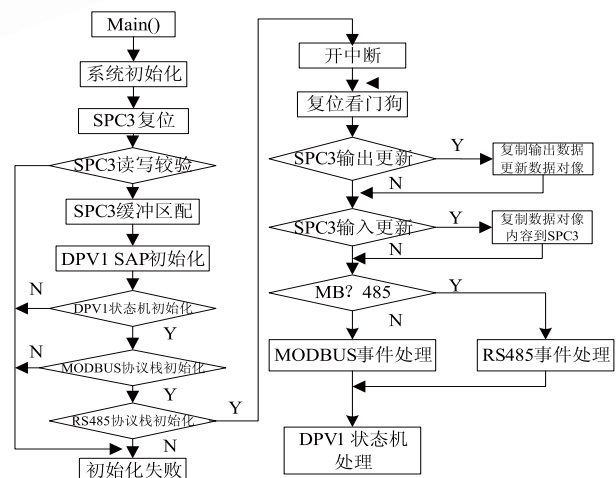


图 6 主程序流程图

主程序包括 PROFIBUS DPV1 协议程序、MODBUS、RS485 通信协议程序、中断处理等。主程序首先初始化硬件环境及 MODBUS、RS485 协议栈。进入任务循环后,SPC3 输入输出更新实现 PROFIBUS 侧数据对象读写;MODBUS 或 RS485 事件处理负责实现相应协议栈并处理数据对象读写。DPV1 状态机包含 Alarm 处理、MSAC_C1 处理,用于传递诊断报警及过程数据。

3.1 诊断与报警

诊断与报警是在有异常事件发生且必须报告主站并得到应答时而进行的。程序通过 Set_Alarm 函数将报警请求添加到 Alarm 请求队列。Alarm_Process 状态机随后从队列中取出并发送,并将该 Alarm 转移动应答队列等候主站应答。查询当前是否有主站 Alarm 应答事件,如果有则从应答队列中找出对应项,确认 Alarm 异常处理完成。

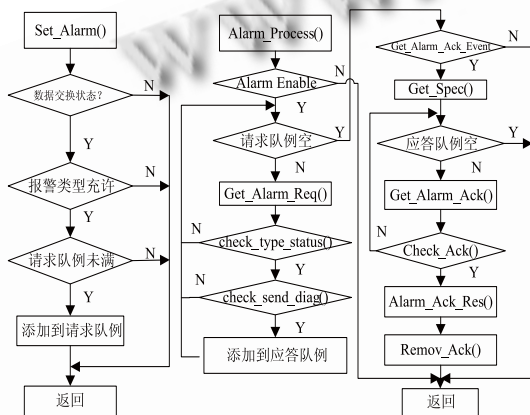


图 7 Alarm Process 流程图

4 GSD设计

GSD (General Station Description) 用来描述 DP 设备的特性数据文件。GSD 文件包含了设备所有的参数定义,包括设备所支持的波特率及 DP 功能、参数说明、诊断数据的含义、模块定义等^[4,5]。本设计中数据对象的指定由 GSD 文件中的模块预先定义。以断路器 A 相电流为例:MODBUS 侧 4 字节长度保持寄存器可对应于电流数据。而在 PRFIBUS 侧可对应于一个 4 字节 I/O 数据块。通信模块接收到该组态信息后建立一个 4 字节长度的数据对象。GSD 设置如下所示:

```
Module="Holding Register" 0x33 ;4 字节 I/O
Ext_Module_Prm_Data_Len=6;
Ext_User_Prm_Data_Const(0)=0x17,0x04,0,0,0,0
Ext_User_Prm_Data_Ref(2)=6 ; MODBUS 站地址
Ext_User_Prm_Data_Ref(4)=7; 设置寄存器地址
```

```
Info_Text="PROFIBUS I/O<->MODBUS Register"
```

5 系统测试

目前本模块已经通过中国 PROFIBUS 产品测试认证实验室(CPCC)测试与认证。在开发环境下选用天正集团 THM2 系列智能断路器与通信模块构建从站系统,组建如图 1 所示的测试系统。图 8 所示监控程序截图显示了当前某一被监控断路器的 A、B、C、N 相实时电流数据、工作状态及开关状态。同时可以通过参数配置及开关控制对断路器进行控制。从图中可以看出当前断路器处于正常监控状态,电能数据得到实时传输显示,系统通信监控功能达到了联网监测要求。



图 8 测试断路器联网监控

6 结语

本文主要介绍了一种基于 PROFIBUS DPV1 协议的智能断路器通信模块的设计与实现,给出一种基于数据对象映射的现场总线协议转换方法。通过 CPCC 测试认证及实际运行结果表明该通信模块工作稳定,可靠性高,符合智能断路器实时监控与联网通信的要求,具有很好的市场前景。

参考文献

- 李响.智能断路器理论方法与关键技术的研究[硕士学位论文].武汉:武汉理工大学,2008.
- Tovar E, Vasques F. Real-time fieldbus communications using profibus networks. IEEE Trans. on Industrial Electronics, 1999,46(6):1241-1251.
- Tao J, Wang ZL. Analysis of PROFIBUS- DP network delay and its influence on the performance of control systems. Wuhan University Journal of Natural Sciences, 2005, 10(5):877-882.
- GB/T 20540-2006,测量和控制数字数据通信.工业控制系统用现场总线类型 3:PROFIBUS 规范.
- 韦格曼,基利恩.闫志强译.西门子 PROFIBUS 工业通信指南.北京:人民邮电出版社,2007.21-40.
- Siemens. SPC3 Siemens PROFIBUS Controller Hardware Description. www.siemens.com.2009.