

基于 IEC61850 的牵引变电站线路保护 IED 设计

韦宝泉, 林知明

(华东交通大学 电气与电子工程学院, 江西 南昌 330013)

摘要: 依据 IEC61850 系列标准, 建立了牵引变电站线路保护智能电子装置(IED)的对象模型; 在 IED 功能配置的基础上, 对逻辑节点进行了划分, 实现了逻辑节点向 IED 的分配, 将各逻辑节点映射到相应具体电路; 采用 ARM 处理器设计了通信管理主板, 采用 DSP 处理器设计了保护主板, 还设计了输入、输出信号变换电路等各电路模块。在通信管理 ARM 主板上, 以 Linux-2.4.18-14 内核为基础, 经过适当内核优化、系统裁减, 移植了集成有完整 TCP/IP 协议栈的嵌入式 Linux 操作系统。该设计为符合 IEC61850 标准的新型 IED 构建软、硬件平台, 为 IED 的实现奠定了基础。

关键词: 牵引变电站; 智能电子装置; 线路保护; IEC61850; Linux

中图分类号: TM 922.4; U 224.3

文献标识码: B

文章编号: 1006-6047(2010)09-0122-03

铁路牵引供电系统必须提高自动化水平和工作可靠性^[1-3]。IEC61850 作为变电站通信网络与系统的国际标准, 是现今变电站自动化系统中智能设备功能和信息交互设计的主要依据^[4-6], 在不同制造商的 IED 之间实现良好的互操作性, 且能适应通信及应用技术的快速发展^[7-8]。采用先进的计算机技术、通信技术, 设计符合 IEC61850 标准的变电站内智能电子装置(IED), 对保证变电站安全可靠运行、实现牵引变电站综合自动化有很强的理论意义和实用价值^[9]。

1 牵引变电站线路 IED 功能及逻辑节点划分

1.1 线路 IED 功能分析

基于 IEC61850 的变电站自动化系统的特点, 要求牵引变电站线路 IED 以线路为对象, 应当具有保护、测控、录波、通信等功能^[10-11], 通过以太网与其他智能装置和变电站层进行通信。根据牵引变电站线路特点^[12], 本设计线路保护测控 IED 的功能配置如下: 三段式自适应距离保护; 三段接地距离保护; 三段零序方向电流保护; 间隔连锁; 自动重合闸; 电压互感器(TV)断线检测; 故障录波。

1.2 线路 IED 逻辑节点划分

IEC61850 标准^[13]提出逻辑节点的概念, 它是功能的最小部分, 用相互通信的逻辑节点描述设备的各种功能。保护测控装置大多数的功能由 3 种逻辑节点组成: 核心逻辑节点、处理逻辑节点、供人员访问的人机接口(HMI)逻辑节点。在给功能配置逻辑节点时, 采用了数据流的思想。如距离保护功能, 功能的核心逻辑节点是距离保护逻辑节点 PDIS (Protection of DIStance logic node), 它要接收的数据流来自电流互感器(TA)逻辑节点、TV 逻辑节点、HMI 逻辑节点、远方控制 TCI (Tele - Control Interface)

逻辑节点等; 它要发送数据到开关控制器(SWI)逻辑节点、断路器(CBR)逻辑节点、HMI 逻辑节点等; 它还要和故障定位 FLO (Fault LOcation) 逻辑节点、自动重合闸 REC (auto RECluse) 逻辑节点、扰动记录 DRE (Disturbance REcords) 逻辑节点等交换信息。保护类型的逻辑节点通信结构如图 1 所示, 总之, 各逻辑节点互相交换信息以实现各种功能。

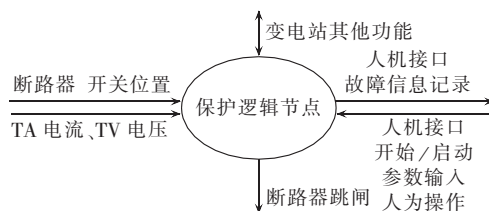


图 1 保护类型的逻辑节点通信结构

Fig.1 Communication structure of protective logic node

按照线路保护测控的功能配置, 进行如下逻辑节点的划分。

a. 三段式相间距离保护。分解后的逻辑节点有 PDIS、TA、TV、HMI、TCI 等, SWI、CBR、报警处理(CALH)逻辑节点, 负责采集开关量的通用 I/O (GIO) 逻辑节点等。

b. 三段接地距离保护。此功能分解为以下逻辑节点: PDIS、FLO、TA、TV、HMI、TCI 等, SWI、CBR、CALH、GIO 等逻辑节点。

c. 三段零序方向电流保护。零序保护功能的逻辑节点配置为: 方向接地故障保护 PDEF (Protection of Direction Earth-Fault) 逻辑节点, TA、TV、HMI、SWI、CBR、CALH、GIO 等逻辑节点。

d. 自动重合闸。牵引供电输电电线路大多数是瞬时性故障, 所以自动重合闸尤为重要。此功能逻辑节点配置主要有 REC、TA、TV、HMI、TCI 等逻辑

节点,SWI、CBR、GIO 等逻辑节点。

e. TV 断线检测、故障定位。该功能相对简单,逻辑节点的分解也比较简单,主要有 FLO、TA、TV 等逻辑节点。

f. 故障录波。相关逻辑节点有 DRE、TA、TV 等逻辑节点,HMI、测量记录(MMXU)等逻辑节点。

2 线路保护 IED 硬件平台设计

2.1 逻辑节点向 IED 的分配

在线路 IED 的功能分析和逻辑节点划分的基础上,依照 IEC61850 标准进行硬件设计。

由于国内一次侧数字设备的生产应用尚未成熟,所以在本设计中,逻辑节点分配需要把常规的 TA、TV、执行器等和一次设备相连的传感器、执行器等映射到间隔层装置中。间隔层线路保护测控 IED 主要逻辑节点交互图如图 2 所示。

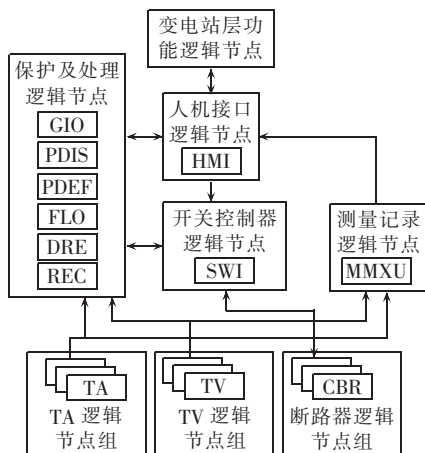


图 2 线路保护 IED 逻辑节点交互图

Fig.2 Logic node interaction of line protection IED

逻辑节点之间的信息交互如下:

a. TA 和 TV 逻辑节点向间隔层的相关逻辑节点循环上送采样瞬时值,装置需要的开关量利用 GIO 逻辑节点采集;

b. 当 PDIS 逻辑节点根据采样值要启动保护时,要向 PDIR 逻辑节点询问线路的故障方向,PDIR 向 PDIS 返回故障方向;

c. PDIS 在确认故障方向后,向 SWI 逻辑节点发出跳闸信息,SWI 根据预定程序处理来自各种保护和人为的跳闸信息后向 CBR 逻辑节点发出跳闸命令,然后返回 CBR 跳闸后的状态信息;

d. REC 逻辑节点根据 SWI 返回的信息,决定是否重新合闸,并把决定后的命令送往 SWI,去驱动 CBR, FLO 逻辑节点负责确定故障位置和故障装置并把故障信息送到 HMI 逻辑节点或变电站层。

各逻辑节点到具体电路的映射如下:

a. 变电站层功能逻辑节点的映射为一台带数据库的 PC 工作站,它可以接收来自间隔层 IED 的数据,同时也可以发送控制命令通过间隔层实现对一次侧

执行设备的遥控,如断路器的开断等;

b. 各保护控制逻辑节点都映射到了一块保护主板上,本设计是一块基于 DSP 的保护板;

c. TA 和 TV 逻辑节点组代表过程层的功能,但是由于采用传统的互感器,所以这些设备被映射到了间隔层上,本设计中 TA 和 TV 逻辑节点组映射到间隔层的调理电路板;

d. 由于采用传统的断路器,所以 CBR 逻辑节点被映射到间隔层的开入、开出电路板;

e. HMI 逻辑节点被映射到通信 ARM 主板,负责实现对过程层设备的遥控开关量输出,以及一些非保护开关量和模拟量的输入、输出功能,如装置告警、事件记录等。

2.2 硬件平台设计

依据上述逻辑节点的规划,得出硬件总体规划如图 3 所示。各保护和通信板都通过硬件电路配置了以太网口,并通过交换式集线器或交换机连到变电站层,与变电站层进行数据交换。

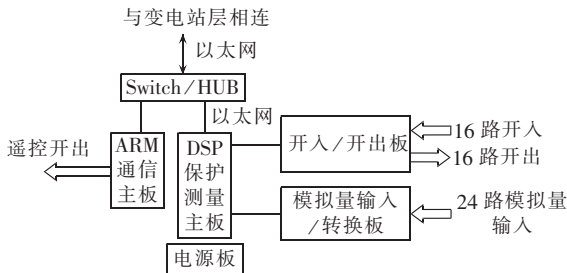


图 3 线路保护 IED 硬件结构图

Fig.3 Hardware structure of line protection IED

IED 兼有保护、测量功能,测量、人机接口、通信等属于相对慢速的信息,而保护信息实时性要求高。为保证保护的可靠性,采用多 CPU 架构^[14],由单独的 CPU 实现保护功能,另一个 CPU 实现通信、维护等功能。本设计采用基于 ARM9 内核的 ARM 芯片 S3C2410 作为通信与人机接口 CPU;用 DSP 芯片 TMS320F2812(TI 公司产)实现保护功能。

开入、开出电路板由光耦和继电器等元件组成,负责接收过程层来的开关量,并向过程层发出开关信号。模拟量输入、转换电路主要功能是调理 TA、TV 送来的模拟量使其能送到 DSP 保护板进行 A/D 转换。电源板负责给各板提供合适的电源,根据各板上器件所需电源情况,将输入的交流 220 V 转换成直流 ± 5 V、 ± 12 V、24 V 等,作为主板工作电源、输入/输出驱动电源、液晶触摸屏电源及信号显示电源等。

同时,整个装置在设计时采取冗余配置,Switch/HUB 配置了多余接口,可以满足以后再扩展保护或测控功能的电路;开入、开出电路和模拟量输入电路的输入/输出接口也采取了冗余配置,目的是满足以后功能扩展的需要。

3 软件平台构建

ARM 通信管理主板功能复杂,执行任务较多,涉

及到进程调度、通信等,需要安装嵌入式操作系统。嵌入式 Linux 的源代码开放,内核功能强大稳定并可自行裁减,支持多种硬件平台,拥有完善的网络通信、图形和文件管理机制^[15]。

本系统 ARM 主板上的操作系统包括引导装载程序(boot loader)、Linux 内核(Linux kernel)和文件系统(file system)。

引导转载程序为系统加电后运行的第一段软件代码。主要任务是将内核映像从硬盘读到 RAM 中,然后跳转到内核入口,启动操作系统。本系统程序采用由 BIOS 和 OS Boot Loader 共同组成引导装载。

Linux 内核负责管理系统的进程、内存、设备驱动程序、文件以及网络等。本系统采用 Linux-2.4.18-14 内核,针对本系统硬件构成来重新配置。

文件系统的存在允许储存、检索和操作数据。许多嵌入式系统都不存在文件系统,因为没有它 Linux 也可运行,但本系统由于经常需要对数据进行存储、检索等操作,在 DOC 上建立了 ext2 文件系统。

4 结语

本设计依据 IEC61850 系列标准,建立了线路保护 IED 的对象模型,实现了逻辑节点向 IED 的分配,采用 ARM 和 DSP 处理器构建了 IED 的硬件平台,并移植了 Linux 操作系统作为软件平台。下一步将在该平台上继续研究 IEC61850 的实现,用 C++ 语言建立一套符合标准的模型,包括采用信息分层、面向对象的数据对象统一建模、数据自描述等方法建立数据模型,基于变电站配置语言 SCL(Substation Configuration Language)和统一建模语言 UML(Unified Modeling Language)建立完整的线路保护通信模型^[16],并实现上层 MMS(Manufacturing Message Specification)通信协议。

参考文献:

- [1] 宋立业,朱振青,宿小猛. 电气化铁道牵引变电站自动化系统若干问题探讨[J]. 电力自动化设备,2002,22(3):25-26.
SONG Liye,ZHU Zhenqing,SU Xiaomeng. Discussion on automation system for electrified railway traction substation[J]. Electric Power Automation Equipment,2002,22(3):25-26.
- [2] 秦家铭. 我国电气化铁路的发展及展望[J]. 铁道工程学报,1998(3):1-6.
QIN Jiaming. The development and prospect of electric railway in China[J]. Journal of Railway Engineering Society,1998(3):1-6.
- [3] 姜春林. 高速电气化牵引供电自动化系统方案研究[J]. 电力自动化设备,2000,20(5):1-6.
JIANG Chunlin. Study on comprehensive automation system scheme for traction power supply of high-speed railway[J]. Electric Power Automation Equipment,2000,20(5):1-6.
- [4] 谭文恕. 变电站通信网络和系统协议 IEC61850 介绍[J]. 电网技术,2001,25(9):8-15.
TAN Wenshu. An introduction to substation communication network and system-IEC61850[J]. Power System Technology,2001,25(9):8-15.
- [5] 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 Zukang,XU Shiming. The review of substation automation technology[J]. Electric Power Automation Equipment,2000,20(1):38-42.
- [6] 吴在军,胡敏强. 基于 IEC61850 标准的变电站自动化系统研究[J]. 电网技术,2003,27(10):61-65.
WU Zaijun,HU Minqiang. Research on a substation automation system based on IEC61850[J]. Power System Technology,2003,27(10):61-65.
- [7] 吴俊勇. IEC61850 在牵引变电站监控系统中的应用[J]. 电气化铁道,2006(4):1-3.
WU Junyong. Application of IEC61850 on monitoring system of the traction substations[J]. Electric Railway,2006(4):1-3.
- [8] 夏明超,黄益庄,吴俊勇. 变电站自动化技术的发展和现状[J]. 北京交通大学学报:自然科学版,2007,31(5):95-99.
XIA Mingchao,HUANG Yizhuang,WU Junyong. Development and current situation of substation automation system[J]. Journal of Beijing Jiaotong University,2007,31(5):95-99.
- [9] 贾焕鹏. 高速铁路牵引变电站监控系统 IED 设备的研究[J]. 电气化铁道,2007(6):28-31.
JIA Huanpeng. Study on IED equipment of monitoring system in traction substation of high speed railway[J]. Electric Railway,2007(6):28-31.
- [10] 柯迪民. 牵引变电站综合自动化系统功能探讨[J]. 继电器,2006,34(16):86-88.
KE Dimin. Discussion on function of traction substation integrated automation system[J]. Relay,2006,34(16):86-88.
- [11] 李燕. 基于 IEC61850 的变电站配置的研究[J]. 工业控制计算机,2008,21(10):62-63.
LI Yan. Research of configuration about substation based on IEC61850[J]. Industrial Control Computer,2008,21(10):62-63.
- [12] 樊陈,陈小川. 基于 IEC61850 的牵引变电站馈线保护 IED 配置研究[J]. 继电器,2006,34(24):9-12.
FAN Chen,CHEN Xiaochuan. Research of configuration about feeder protection intelligent electrical device used in traction substation based on IEC61850[J]. Relay,2006,34(24):9-12.
- [13] IEC. IEC61850 Communication networks and systems in substations[S]. [S.I.]:IEC,2003.
- [14] 王海吉,王书强,刘海波,等. 基于 IEC61850 标准开发数字变电站可编的 IED[J]. 继电器,2008,36(3):37-41.
WANG Haiji,WANG Shuqiang,LIU Haiibo,et al. Development of programmable IED for digital substation based on IEC61850 standard[J]. Relay,2008,36(3):37-41.
- [15] 邹思轶. 嵌入式 Linux 设计与应用[M]. 北京:清华大学出版社,2002:26-28.
- [16] 王德文. 基于 IEC61850 和 MMS 的网络化电力远动通信的研究[D]. 北京:华北电力大学电气与电子工程学院,2009.
WANG Dewen. Research on networked telecontrol communication based on IEC61850 and MMS[D]. Beijing:North China Electric Power University,2009.

(编辑:汪仪珍)

作者简介:

韦宝泉(1979-),男,山东曲阜人,讲师,硕士,主要从事变电站自动化、微机远动系统、嵌入式系统等方面的研究和开发工作(E-mail:wbq@ecjtu.jx.cn);

林知明(1959-),男,福建福州人,教授,交通信息及控制研究所副所长,主要从事电气化铁道牵引供电远动系统、嵌入式系统等方面的研究和开发工作。

Design of line protection IED based on IEC61850 for traction substation

WEI Baoquan, LIN Zhiming

(School of Electrical and Electronic Engineering, East China Jiao Tong University,
Nanchang 330013, China)

Abstract: The object model of line protection IED (Intelligent Electronic Device) is established based on IEC61850 for traction substation, and the logic nodes are divided and assigned to IEDs according to IED function configuration to map the node into particular circuit. The communication management mainboard is designed with ARM and the protection mainboard with DSP. Different circuit modules are also designed, such as the input and output signal conversion circuits. After the kernel optimization and system reduction based on the Linux-2.4.18-14 kernel, the embedded Linux operating system with TCP/IP protocol stack is planted to ARM. The design constructs a hardware and software platform for the realization of line protection IEDs based on IEC61850.

Key words: traction substation; IED; line protection; IEC61850; Linux