

# 104 规约在 FTU 中的应用

李彬, 焦彦军, 张新国, 王伟

(华北电力大学电力工程系, 河北保定 071003)

**摘要:** 根据国际电工委员会制定的 IEC 60870-5-101 和 IEC 60870-5-104 远动规约, 我国已经制定了相应的配套标准 DL/T 634.5101-2002 和 DL/634.5104-2002。在简要介绍 FTU 和 104 规约的基础上, 详细说明了 104 规约在 FTU 中的具体实现: 采用嵌入式 LINUX 多线程编程技术, 实现了全双工通信, 保证了故障信息的快速、准确上报; 对于规约中没有详细定义, 但是国内电力系统又要求的一些功能给出了具体的解决方案, 例如国内电力企业常常要求能够远方修改保护定值和对保护动作信号进行远方复位以及要求子站能够主动上传保护动作的详细信息。

**关键词:** 馈线自动化; 馈线终端单元; 104 规约; 嵌入式 Linux

## Application of IEC 60870-5-104 protocol in FTU

LI Bin, JIAO Yan-jun, ZHANG Xin-guo, WANG Wei

(Department of Electrical Engineering, North China Electric Power University, Baoding 071003, China)

**Abstract:** According to the IEC 60870-5-101 and IEC 60870-5-104 telecontrol protocol published by IEC, the corresponding companion standards, namely DL/T 634.5101-2002 and DL/T 634.5104-2002 have already been drafted in China. Application of IEC 60870-5-104 protocol in FTU is discussed detailedly in this paper, based on introducing the basic principles of the IEC 60870-5-104 protocol and FTU: malfunction information transmits immediately and exactly because of full duplex, which is realized by multi-thread technology of embedded Linux. The resolutions of some specific functions are presented in detail, which are not defined exactly in IEC 60870-5-104 protocol, but are needed in domestic power system, for example, it is often required that fixed value can be modified remotely, relay signal can be reset remotely and slave stations transmit particular information of protection action actively in domestic power system.

**Key words:** feeder automation; feeder terminal unit; IEC 60870-5-104 protocol; embedded Linux

中图分类号: TM76 文献标识码: A 文章编号: 1003-4897(2008)07-0062-05

## 0 引言

FTU是实现馈线自动化的基础核心单元之一, 当故障发生后, 馈线自动化要求能及时准确地确定、迅速隔离故障区段并恢复健全区段的供电。因此, 快速、准确传输故障信息是实现馈线自动化系统的关键。配电自动化通信系统是整个配电自动化系统中非常重要的环节, 是配电自动化的神经系统。配电网运行数据的采集、配电网运行状态的变化、配电网的优化均要通过通信系统实现。目前我国应用较多的适用于馈线自动化的通信规约主要有两种: IEC 60870-5-101<sup>[1]</sup>和DNP3.0。IEC 60870-5-104<sup>[2]</sup>由于涉及到网络编程和颁布时间较晚, 应用正在兴起。

IEC 60870-5-101提供了在主站和FTU之间发送基本远动报文的通信文件集, 它适用的网络拓扑结

构为点对点、多个点对点、多点共线、多点环形和多点星形网络配置的远动系统中, 但是由于我国电力系统接线方式的限制, 101规约只能采用非平衡传输模式。IEC 60870-5-104协议的名称为“采用标准传输协议子集的IEC 60870-5-101的网络访问”。此协议是将IEC60870-5-101标准用于TCP/IP网络, 以太网对于调度主站端和从站端都是一个全双工高速网络<sup>[3]</sup>, 因此IEC 60870-5-104必然使用平衡式传输模式, 保证了故障信息的快速、准确上报。随着我国电力系统的通信已逐步采用以太数据网, 104规约的兴起将成为必然的趋势。

## 1 104 规约介绍

### 1.1 一般体系结构

104规约定义了开放的TCP/IP接口的使用, 包

含一个由传输IEC 60870-5-101ASDU的远动设备构成的局域网的例子。包含不同广域网类型(如X.25, 帧中继, ISDN, 等等)的路由器可通过公共的TCP/IP-局域网接口互联。图1所示为一个冗余的主站配置与一个非冗余的主站配置。

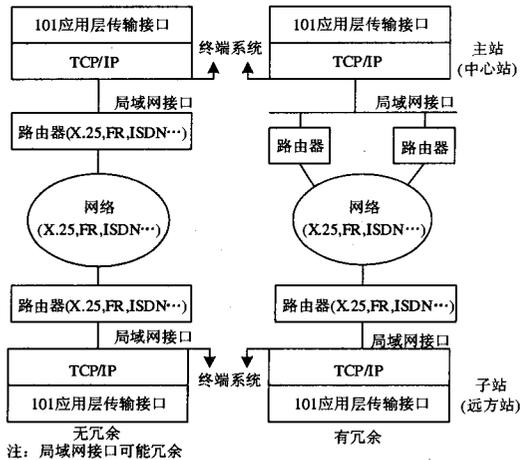


图1 规约系统体系结构

Fig.1 System structure of protocol

1.2 规约结构

根据DL/T 634.5101-2002从GB/T 18657.5-2002中选取的应用功能	初始化	用户进程
从DL/T 634.5101-2002和IEC 60870-5-104中选取的ASDU	应用层(第七层)	
APCI(应用规约控制信息)传输接口(用户到TCP的接口)		
TCP/IP协议子集(RFC220)	传输层(第四层)	网络层(第三层)
	链路层(第二层)	物理层(第一层)

图2 网络参考模型

Fig.2 The network reference model

IEC 60870-5-104远动规约使用的参考模型源出于开放式系统互联的ISO-OSI参考模型,但它只采用其中的5层,从图2可见,IEC 60870-5-104规约是将IEC 60870-5-101与TCP / IP提供的网络传输功能相结合。根据相同的定义,不同的ASDU(应用服务数据单元),包括IEC 60870-5全部配套标准所定义的ASDU,可以与TCP/IP相结合。IEC 60870-5-104实际上是处于应用层协议。基于TCP/IP的应用层协议很多,每一种应用层协议都对应着一个网络端口号,根据其在传输层上使用是TCP协议(传输控制协议)还是UDP协议(用户数据报文协议),端口号又分为TCP端口和UDP端口<sup>[4]</sup>,为了保证可靠地传输远动数据,IEC60870-5-104规定传输层使用的是TCP协议,

因此其对应的端口号是TCP端口。IEC 60870-5-104规定本标准使用的端口号为2404,并且此端口号已经得到互联网地址分配机构IANA (Internet Assigned Numbers Authority)的确认。

1.3 应用规约数据单元的结构

如图3所示,IEC60870-5-104的APDU(应用规约数据单元)由APCI(应用规约控制信息)和ASDU(应用服务数据单元)构成,和IEC 60870-5-101的帧结构相比,其中应用服务数据单元是兼容的,而且还增加了类型标识为58到64,以及类型标识为107的新ASDU,相异之处在于,IEC 60870-5-104使用应用规约控制信息(APCI),而IEC 60870-5-101使用链路规约控制信息(LPCI)。

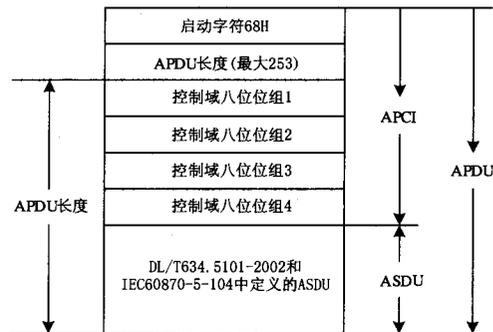


图3 应用规约数据单元的结构

Fig.3 The structure of the APDU

传输接口(TCP到用户)是一个定向流接口<sup>[5]</sup>,它没有为IEC60870-5-101中的ASDU定义任何启动或者停止机制。为了检测出ASDU的启动和结束,每个APCI包括下列的定界元素:一个启动字符,ASDU的规定长度,以及控制域。启动字符68H定义了数据流中的起点。APDU的长度域定义了APDU体的长度,它包括APCI的4个控制域8位位组和ASDU。APDU的控制域包括4个8位位组,根据其定义,可以将APDU分成3种报文格式,即I格式、S格式和U格式。控制域的第一个8位位组的第1比特=0定义了I格式<sup>[6]</sup>,它表明APDU中包含应用服务数据单元ASDU;控制域的第一个8位位组的第1比特为1,第2比特为0定义了S格式,此种格式的APDU不包含ASDU,当报文接收方收到发送方的I格式报文后,如果没有I格式报文需要发送给对方,可以向对方发送S格式报文以对所接收到的报文进行确认;控制域的第一个8位位组的第1比特=1,第2比特=1定义了U格式,此种格式的APDU也不含ASDU,其作用主要在于实现3种控制功能,即启动子站进行数据传输(STARTDT)、停止子站的数据传输(STOPDT)和TCP链路测试(TESTFR)<sup>[7]</sup>。

### 1.4 防止报文丢失和重复传输

在最底层的计算机通信网络中,所提供的服务是不可靠的分组传送,所以当传送过程中出现错误以及在网络硬件失效或网络负荷太重时,有可能会造成数据包的丢失、延迟、重复和乱序,因此应用层协议必须使用超时和重传机制。

为了防止I格式报文在传送过程中丢失或重复传送,IEC 60870-5-104的I格式报文的控制域定义了发送序号N(S)和接收序号R(S),发送方每发送一个I格式报文,其发送序号应加1,接收方每接收到一个与其接收序号相等的I格式报文后,其接收序号也应加1。需要注意的是,每次重新建立TCP连接后,调度主站和子站FTU的接收序号和发送序号都应清零,因此在双方开始数据传送后,接收方若收到个I格式报文,应判断此I格式报文的发送序号是否等于自己的接收序号。若相等则应将自己接收序号加1,若此I格式报文的发送序号大于自己的接收序号,这说明发送方发送的一些报文出现了丢失;若此I格式报文的发送序号小于自己的接收序号,这意味着发送方出现了重复传送。

## 2 系统硬件结构

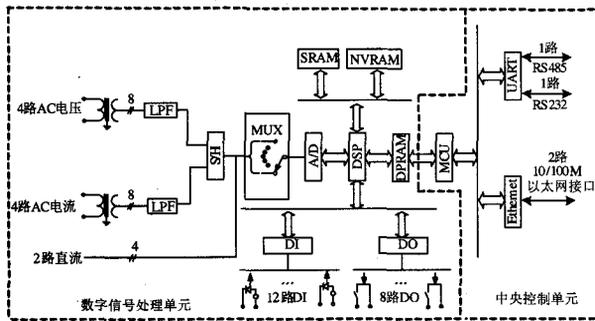


图4 FTU系统图

Fig.4 System configuration of FTU

图4为FTU的系统图,系统采用双CPU体系结构,按功能分为2大模块:数字信号处理单元和中央控制单元。数字信号处理单元的核心处理器采用DSP(TMS320F2812),中央控制单元的核心处理器采用ARM9(EP9302),两个CPU之间通过一个4K的双口RAM进行通信。数字信号处理单元主要完成数字信号处理和继电保护功能,中央控制单元采用嵌入式LINUX操作系统,主要完成通讯和维护等外围事务管理功能。本装置设有高速工业Ethernet接口(带隔离)2个,1个作为IEC60870-5-104通讯规约接口,1个作为internet web server 服务接口;RS-485(带隔离)接口一个,作

为IEC60870-5-101通讯接口;RS-232(带隔离)接口一个,作为维护口或转发TTU数据。

保护、测量功能和其它扩展功能分开,一方面可以使DSP专注与保护算法,降低软件设计的复杂程度,提高保护算法的可靠性,同时增强了程序的可读性;另一方面,扩展功能可由更擅长,诸如网络通讯、人机接口等功能的MCU完成,做到各施所长。

### 3 104规约的软件实现

对于基于TCP的应用程序来说,存在两种工作模式,即服务器模式和客户端模式。服务器模式和客户端模式的区别是,在建立TCP连接时,服务器从不主动发起连接请求,它一直处于监听状态,当监听到来自客户端的连接请求后,则接受此请求,由此建立一个TCP连接,服务器和客户端就可以通过这个虚拟的通信链路进行数据的收发。

IEC60870-5-104中定义在正常情况下,控制站(即主站)等同于客户端(连接者),被控站(即子站)等同于服务器<sup>[8]</sup>(监听者)。为实现全双工的平衡传输模式,保证故障信息的主动快速上报,被控站和控制站同时具有服务器和客户端功能。如图5所示<sup>[9]</sup>,在程序设计中采用LINUX下多线程技术,主线程实现监听、接收、处理等功能,另一线程负责主动上送一级数据的任务。

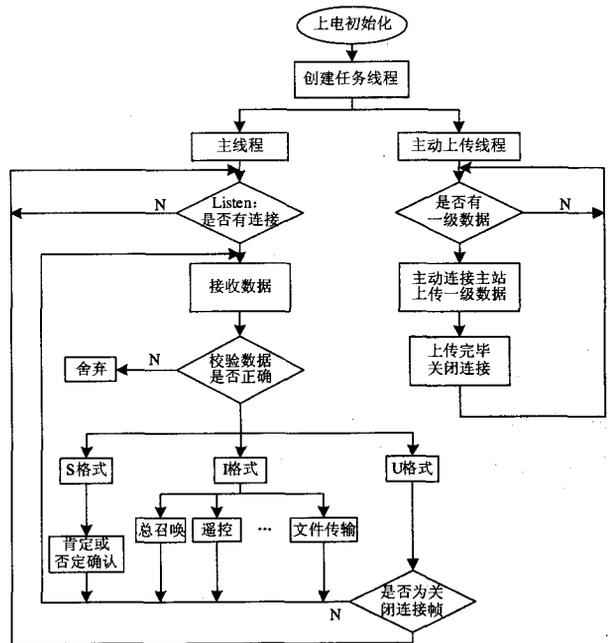


图5 程序流程图

Fig.5 Program structure diagram

负责监听、接收、处理等功能的主线程, 主要实现 101 协议的大部分功能。在 TCP 连接建立前, 一直处于侦听状态并等待主站的连接请求, 当 TCP 连接已经建立, 则应持续地监测 TCP 连接的状态。TCP 连接建立后, 在主线程中接收处理的主站下发的数据, 包括: 总召唤, 时钟同步, 遥测, 遥信, 遥控, 遥脉, 录波, 报告, 谐波, 定值的远方修改与察看, 测量值限值设定等功能。如果检测到有一级数据或者长时间没有接收到主站的信息, 则主动上传线程自发上传数据。首先与主站建立 TCP 连接, 然后上传一级数据或者全数据。其中传送全数据的周期由子站确定。

为了适应电力系统发展的需要, 最大限度地满足不同用户的需求, 根据 DL/T 721 标准, 本装置不仅实现了馈线远方终端的基本功能, 而且实现了选配功能。主要包括总召唤, 时钟同步, 遥测, 遥信, 遥控, 遥脉, 录波, 报告(保护动作的详细信息), 谐波, 定值的远方修改与察看, 测量值限值设定等功能, 采用平衡式传输方式。

1) 总召唤。采用 GB/T 18657.5—2002<sup>[10]</sup> 中 6.6 的召唤过程。主站向子站发送总召唤命令帧(类型标识为 100, 传送原因为 06), 子站向主站发送总召唤命令确认帧(类型标识为 100, 传送原因为 07), 然后子站向主站发送单点遥信帧(类型标识为 01, 传送原因为 20), 双点遥信帧(类型标识为 03, 传送原因为 20), 遥测帧(类型标识为 13, 传送原因为 20), 最后向主站发送总召唤命令结束帧(类型标识为 100, 传送原因为 10)。

2) 时钟同步。采用 GB/T 18657.5—2002 中 6.7 的同步过程。主站向子站发送时钟同步命令(类型标识为 103, 传送原因为 06), 传输延时由主站计算并附加到向子站传送的时间上。子站对时成功后, 向主站发送相同的时钟进行确认(类型标识为 103, 传送原因为 07)。

3) 遥控。采用 GB/T 18657.5—2002 中 6.8 的命令传输过程。为适应国内电力系统的需要, 本装置设有 3 个遥控功能, 分别为: 遥控一, 远方复归(对保护动作信号进行远方复位)和电池活化。3 个功能用不同的信息对象地址加以区分(遥控一为 6001H, 远方复归为 6002H, 电池活化为 6003H)。主站向子站发送遥控选择命令(类型标识为 46, 传送原因为 06), 选择成功后可以发送遥控执行命令(类型标识为 46, 传送原因为 06), 如果选择不执行, 可以发送遥控撤消命令(类型标识为 46, 传送原因为 08)。遥控操作结束后, 子站向主站发送遥控命令结束帧(类型标识为 46, 传送原因为

10)。DOC 中的 DCS, QU 和 S/E 的值用来区别命令的性质, DCS=1 代表开, DCS=2 代表和; QU=1 代表短脉冲, QU=2 代表长脉冲, QU=3 代表持续输出; S/E=0 代表执行, S/E=1 代表选择。

4) 文件传输。采用 GB/T 18657.5—2002 中 6.12.1 的文件传输过程。本装置共有三种数据采用文件传输的方式, 分别为: 谐波数据, 录波数据和报告文件。谐波数据为 8 个通道的 1 到 11 次谐波, 信息对象地址定义为 6802H, 分为 1 节 3 段进行传输。本装置能存储 16 套录波数据, 套号为 1 至 16, 0 号为当前录波, 不同的录波文件用不同的信息对象地址加以区分, 例如: 当前录波的信息对象地址定义为 6810H, 1 号录波的信息对象地址定义为 6811H, 2 号录波的信息对象地址定义为 6812H, 依次类推。每套录波文件分为 8 节, 每节分为 3 段进行传输。报告文件记录了保护动作的详细信息, 本装置支持 32 套报告文件的存储, 套号的规定和区分和录波文件方法相同。报告文件较小, 一帧就可以输送完毕, 但是 101 规约中并未定义满足报告文件传输的 ASDU, 所以本装置采用文件传输的形式来传送报告文件。

5) 保护定值。国内电力系统常常要求能够远方查看和修改保护定值, 由于 DL/T 634.5101—2002 是引进标准, 所以在这方面的定义不能完全满足国内电力系统的需要。本装置本着尽量符合规约的原则, 实现了上述功能。本装置共有十套定值, 主站查看保护定值时, 向子站发送类型标识为 136(DL/T 634.5101—2002 附录 C 中定义), 传送原因为 05, 不带定值数据的帧格式, 套号也是由信息对象地址加以区分。子站收到查看定值命令以后, 给主站回复类型标识为 136, 传送原因为 05, 带定值数据的帧格式。主站修改保护定值时, 向子站发送类型标识为 136, 传送原因为 06, 带修改后定值数据的帧格式, 子站接收到定值数据后, 给主站肯定确认(类型标识为 136, 传送原因为 07)。需要注意的是子站接收到保护定值后, 只是保存起来, 并没有激活应用。主站如果想激活某套定值, 向子站发送类型标识为 113, 传送原因为 06 的帧格式, 套号也是由信息对象地址加以区别, 子站激活相应套号的定值成功后, 给主站肯定确认(型标识为 113, 传送原因为 07)。

6) 遥脉和测量值限值设定。由于本装置只有两路遥脉量, 所以采用和遥测量一起组帧上传的方式。测量值限值设定采用 GB/T 18657.5—2002 中 6.10 的装载参数过程。

7) 主动上传数据。当发上故障时, FTU 主动上

传遥信变位帧和SOE。遥信变位帧格式和总召唤时相同,如果子站有SOE数据,则也应主动上传(单点遥信类型标识为30,双点遥信类型标识为31,传送原因为03)。

#### 4 结论

IEC 60870-5-104 规约在实际工程中的应用,标志着我国在调度自动化方面向国际标准靠拢,改变了电网调度自动化系统仅靠串口通信机制进行实时数据传输的现状。本文详细介绍了104规约在FTU中的具体应用,采用LINUX多线程编程技术,实现了一级数据的主动上报,对于规约中没有详细定义,但是国内电力系统又要求的一些功能给出了具体的解决方案,但是不同的人对规约的理解不同,一些细节问题还需要在不同厂家的产品进行联调时协商解决。

#### 参考文献

- [1] 全国电力系统控制及其通信标准化技术委员会. DL/T 634.5101-2002 远动设备及系统第5-101部分:传输规约基本远动任务配套标准[M].北京:中国电力出版社,2002.  
National Standardization Technical Committees of Power System Control and Associated Communication. Telecontrol Equipment and Systems Part 5: Transmission Protocol Section 101: Companion Standard for Basic Telecontrol Tasks[M]. Beijing: China Electric Power Press, 2002.
- [2] 全国电力系统控制及其通信标准化技术委员会. DL/T 634.5104-2002 远动设备及系统第5-104部分:传输规约采用标准传输协议子集的IEC 60870-5-101访问网络[M].北京:中国电力出版社,2002.  
National Standardization Technical Committees of Power System Control and Associated Communication. Telecontrol Equipment and Systems Part 5-104: Transmission Protocols - Network Access for IEC 60870-5-101 Using Standard Transport Profiles[M]. Beijing: China Electric Power Press, 2002.
- [3] 鞠阳,张惠刚. IEC60870-5-104远动规约的设计及其应用[J]. 继电器,2006,34(17):55-58.  
JU Yang, ZHANG Hui-gang. Design and Application of IEC 60870-5-104 Telecontrol Protocol[J]. Relay, 2006, 34(17): 55-58.
- [4] 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):56-60.  
ZHAO Yuan, SHEN Zhi-jian. Application of TCP/IP Based IEC 60870-5-104 Telecontrol Protocol in Power System[J]. Power System Technology, 2003, 27(10): 56-60.
- [5] 唐岳,廖力清,汪治国. IEC 60870-5-104远动规约在电网调度中的应用[J]. 电力系统通信,2005,26(150):50-53.  
TANG Yue, LIAO Li-qing, WANG Zhi-guo. Application of IEC 60870-5-104 Telecontrol Protocol in Power Network Dispatching System[J]. Telecommunications for Electric Power System, 2005, 26(150): 50-53.
- [6] 刘念,段斌. IEC 60870-5-104远动协议的一种安全报文探讨[J]. 电力系统自动化,2005,29(2):93-96.  
LIU Nian, DUAN Bin. Discussion on Security Message of IEC 60870-5-104 Telecontrol Protocol[J]. Automation of Electric Power Systems, 2005, 29(2): 93-96.
- [7] 黄云龙,郑翔. IEC 60870-5-104在调度自动化系统中的应用[J]. 上海电力学院学报,2005,21(4):25-28.  
HUANG Yun-long, ZHENG Xiang. Application of IEC 60870-5-104 in Dispatching Automation System[J]. Journal of Shanghai University of Electric Power, 2005, 21(4): 25-28.
- [8] 张建设,马维青,郭晋洋. IEC 60870-5-104协议在远动通信中的应用[J]. 电力系统自动化,2003,27(11):91-93.  
ZHANG Jian-she, MA Wei-qing, GUO Jin-yang. Application of ICE 60870-5-104 Protocol in Telecontrol Communication[J]. Automation of Electric Power Systems, 2003, 27(11): 91-93.
- [9] 冯竹建,陈奇志. IEC 60870-5-104规约在城市轨道交通电力监控系统中的应用[J]. 电力系统通信,2005,26(157):11-13.  
FENG Zhu-jian, CHEN Qi-zhi. Application of IEC 60870-5-104 in Power SCADA for Urban Metro System[J]. Telecommunications for Electric Power System, 2005, 26(157): 11-13.
- [10] 全国电力系统控制及其通信标准化技术委员会. GB/T 18657.5-2002 远动设备及系统第五部分:传输规约第五篇:基本应用功能[M].北京:中国电力出版社,2002.  
National Standardization Technical Committees of Power System Control and Associated Communication. Telecontrol Equipment and Systems Part 5: Transmission Protocol Section 5: Basic Application Function[M]. Beijing: China Electric Power Press, 2002.

收稿日期:2007-08-16; 修回日期:2007-09-03

作者简介:

李彬(1980-),男,硕士,研究方向为电力系统微机继电保护,自动及远动技术;E-mail:ncepu-dz@163.com

焦彦军(1963-),男,副教授,主要从事电力系统微机继电保护,自动及远动技术的研究;

张新国(1956-),男,副教授,主要从事电力系统微机继电保护,自动及远动技术的研究。