

101规约在配电自动化系统中的应用与开发

王建杰¹, 霍利民¹, 张敬平², 刘伟娜¹, 张立国¹

(1. 河北农业大学, 河北 保定 071001; 2. 华北电力大学, 河北 保定 071003)

摘要: 对国际标准规约 IEC60870-5-101 规约在我国配电自动化应用中的一些问题进行了探讨, 并结合实际工程进行配电自动化通信系统程序开发。采用面向对象的 Visual C# 语言作为开发工具, 利用多线程串行通信技术和高效率的光纤通信, 严格遵守多点共线方式下 101 规约的快速-校验-过程规定, 提出具体的开发思想, 成功开发了配电自动化通信系统, 保证了主站与 FTU 之间的通信, 实现了 FTU 采集的数据的快速准确上传。经过实际测试, 系统满足开发要求, 数据收集实时准确, 目前该系统已成功稳定运行。事实证明, 101 规约能很好地满足现代配电自动化系统的要求, 有很高的应用价值。

关键词: 101 规约; 配电自动化; 串行通信

中图分类号: TN915.04; TM76 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-4897(2006)22-0056-04

0 引言

配电自动化系统是利用现代通信和计算机技术、对配电网在线运行的设备进行远方监视和控制的网络系统。目前应用的远动规约有多种, 我国讨论较多的适用于配电自动化系统的通讯规约主要有 DNP3.0 规约和 101 规约两种。DNP3.0 规约是一种在北美流行, 并且采用平衡式传输方式的通信规约。101 规约是由 IEC 电力系统控制和通信技术委员会 (TC57) 制定的基本远动配套标准, 我国制定并出版的电力行业标准 DL/T634.5101-2002 (代替 DL/T634-1997)^[1] 等同采用 IEC 颁布的 IEC60870-5-101 基本远动任务配套标准。本文结合实际工程, 介绍了 101 规约在配电自动化系统中的应用和通信系统程序的开发思想和实现过程。

1 配电自动化系统对通信规约的要求

配电自动化系统信息传输的特点^[2]是: 有些信息是重要信息, 需要立即传输, 有较高的传输优先级; 有些信息传输优先级较低, 可以慢慢地传输。基于此原则, 在我们开发的配电网综合自动化系统中, 故障发生时优先、快速、准确传送故障状态信息成为快速判断故障区域的关键。由于 FTU 是沿着配电线路安装, 考虑到通信通道节约投资的问题, 比较合理有效的通信通道配置是采用多点共线方式。101 规约严格规定只有在点对点或多个点对点的全双工通道才采用平衡式传输, 对于其它网络拓扑结

构都采用非平衡式传输并采用快速-校验-过程通信规约的规定来判断故障区域, 这样保证了 FTU 的重要数据的优先、快速上传。

2 101 规约简介

2.1 规约的参考网络模型及帧格式

IEC60870-5-101 远动规约的参考网络模型^[3]是 EPA (Enhanced Performance Architecture) 结构, 该增强性能模型结构是根据 ISO 的 OSI 七层标准模型转化而来的。考虑到传输的效率, 101 规约使用的参考模型只有 3 层, 即应用层、链路层、物理层。

101 规约采用的帧格式^[1,4]是基本标准中的 F TL.2 异步式字节传输帧格式, 分为 F TL.2 可变帧长帧 (如图 1) 和 F TL.2 固定帧长帧两种 (如图 2)。F TL.2 可变帧长格式用于主站向子站传输数据或由子站向主站传输数据; F TL.2 固定帧长格式用于子站回答主站的确认报文或主站向子站的询问报文。

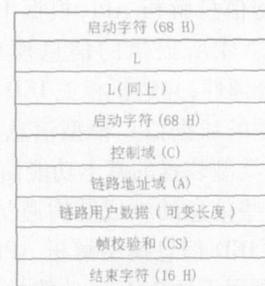


图 1 可变帧长帧格式

Fig 1 The format of variable length frame

基金项目: 河北省科技厅 (032135109)

启动字符 (10 H)
控制域 (C)
链路地址域 (A)
帧校验和 (CS)
结束字符 (16 H)

图 2 固定帧长帧格式

Fig 2 The format of fixed length frame

3 101规约在配电自动化系统的应用实例

本系统所应用的配电自动化系统馈线上安装各个 FTU 的通道结构是多点共线,101 规约明确规定,在全双工、多点共线的馈线自动化中,不采用 101 规约的状态量变位主动上报的方式(平衡传输的方式),而采用 101 规约的快速-校验-过程规定。

3.1 采用 101 规约的平衡传输的方式的局限性

在配电自动化的全双工、多点共线的情况下,如果采用 101 的平衡传输方式,当在馈线的某个区段发生故障时,将会有不只 1 个 FTU 检测到故障电流,产生 1 级数据,各个 FTU 将同时向主站发送 1 级数据,因此就产生了信息传输冲突,主站无法正确收集到各个 FTU 的 1 级数据。为了避免冲突,只能采用载波监测的方式。在各个 FTU 监测通道是否被其它 FTU 占用的同时也增加了该 FTU 信息上传的时间,还有丢失报文的可能,同时 FTU 硬件设计的难度增大。主站不能及时地收集到所有 FTU 的 1 级数据,做不到快速准确地确定故障区域,因此就不能迅速采取减小配电网损失的措施,导致不能很好地满足现代配电自动化系统的要求。因此多点共线的情况下采用 101 的平衡传输方式具有一定的局限性^[5]。

3.2 采用 101 规约快速-校验-过程规定

在全双工、多点共线的情况下应该严格采用 101 规约的快速-校验-过程规定,具体介绍见文献[2]。这样主站是主动向各个 FTU 召唤数据,而不是被动地等待接收数据。这种情况下一旦有多个 FTU 同时产生 1 级数据,主站可以采用一些检索方法来及时确定故障区域,比如依次召唤各个 FTU 的 1 级数据,或者应用对半分检索方法,线路上串联 7 个 FTU,主站只需召唤 3 次,用时 0.66 s 就可以确定故障区域,从而进行故障隔离,恢复供电,然后就向 ACD 置 1(即有要求访问位)的 FTU 召唤 1 级数据。

采用 101 规约的快速-校验-过程规定可以减少数据收集的时间,能够快速准确地判断故障区域

并实施相应措施,对减小由于线路故障造成的损失起到了很好的作用。本系统在开发设计的过程中采用了这种规定。

3.3 配电自动化通信系统程序开发

本系统采用面向对象的 Visual C# 语言编程,应用串行通信技术,利用串口实现计算机对 FTU 的集中控制。目前,在国内已有很多配电网采用了新型的光纤传输设备来替代原有的配电线载波终端。光纤通信的优点是可靠性高,带宽宽,不易受干扰。本系统就是采用了光纤通信技术实现主站系统与馈线上 FTU 的通信。

3.3.1 配电自动化通信系统串行通信的实现思想

实现计算机的串行通信有多种方法,由于 MSComm 控件使用灵活简单,本系统采用 MSComm 控件实现串行通信程序,在通过串口对 FTU 进行控制之前首先对串口进行基本参数设定,比如波特率、数据位、停止位、校验方式、流控制方式等。由于实际馈线的 FTU 数量较多,因此配电自动化通信系统大多采用多串口通信方式来减轻后台计算机的压力。实现多串口同时通信有轮询式和线程式,轮询式实现简单,但实时性不高;线程式实现复杂,但实时性良好。本系统所应用的配电自动化系统对实时性的要求较高,因此本文选用多线程方式实现多串口通信,每个串口的通信由 1 个主线程控制,每个串口对应多点共线的 6~7 个 FTU。硬件方面采用台湾生产的 Moxa(摩莎卡)扩展串口,根据实际配电网情况选用 16 串口摩莎卡。该产品稳定性能好,为以后配电网增大时预留串口扩展空间。串口与 FTU 的数据通信通过异步通信光模块 ODM-7 完成,该模块通道数多,组网能力强,工作方式灵活,可靠性高,已经在很多地区的配电网成功应用,是性价比较高的异步通信光传输模块。

3.3.2 配电自动化系统通信程序流程图的实现

本文严格采用 101 规约的快速-校验-过程规定,实现了主站端与 FTU 的通信,满足了收集各 FTU 数据的要求,尤其实现了对 1 级数据的快速采集。通信程序流程图如图 3 所示。

3.3.3 数据解析程序的实现过程

主站与 FTU 通信过程中,通过串口收到的 FTU 上传数据帧是否符合规约规定直接关系到主站端能否对配电网运行状况做到正确认识和判断。因此本系统在程序编制时把数据解析^[4]程序做为重点来抓。把数据解析程序放入 Visual C# 的一个类中调用,通信主程序开辟一个单独的线程始终保持对

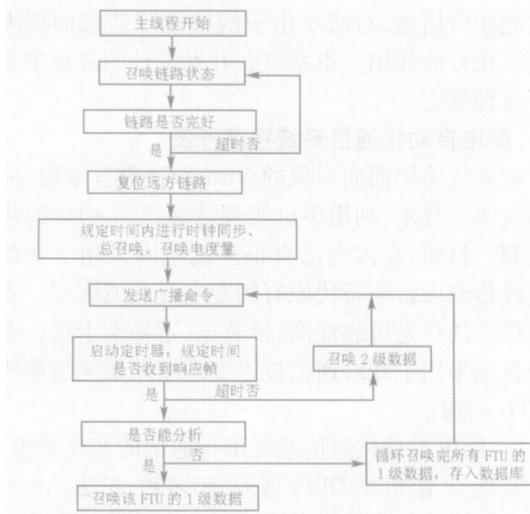


图3 程序流程图

Fig 3 Procedure flow chart

串口进行监视,直到收到线路空闲间隔状态,表明读到了一次数据,把读到的数据放入缓冲区,然后调用数据解析类对该缓冲区内数据进行分析,该类包括对链路层的解析和对应用层的解析。

(1) 链路层解析函数

链路层解析函数包括对两个启动字符、两个L、控制域、地址域、帧校验和、结束字符的解析。首先判断数组的启动字符,可变帧长帧为68H,固定帧为10H,对没有启动字符的数据视为无效帧,舍弃后读取下一个缓冲区内数据进行判断。如果启动字符正确,对于固定帧,帧长度为5字节,对于可变帧长帧,帧长度为L+6,特别注意的是不能按照结束字符16H来判断一个完整帧,因为在帧中也可能包括一个或多个16H,容易造成错误分析。结束字符的前一位是帧校验和,对于校验和错误的帧一定要坚决舍弃。在对控制域分析时,如果要求访问位ACD=1,程序应立即对FTU请求1级数据。链路层各部分的解析在数据解析类中通过一个公共的链路层分析函数已得到很好的解决,经链路层分析函数解析通过的数据帧接着调用应用层解析函数继续分析。

(2) 应用层解析函数

应用层解析函数包括对数据类型标识、可变结构限定词、传送原因、公共地址、信息体的解析。帧中的类型标识和传送原因决定了帧的类型(包括遥信帧、遥测帧、故障录波、事件顺序记录帧等),本系统将不同类型的帧建立不同的分析函数,将应用层数据放入对应的函数分析。通过判断可变结构限定词的SQ位,可得出信息体的排列方式,SQ=0表示

信息体是非顺序排列,信息体个数由可变结构限定词的低七位二进制数表示,每一个信息体对应一个信息对象地址;SQ=0表示信息体是顺序排列,后续信息体地址为第一个信息对象地址依次加1。按照信息体的个数依次取出各个信息体数据进行分析,存入相应的SQL Server数据库表中,为故障诊断、网络重构、潮流计算、线损计算等高级功能模块提供原始数据。

3.4 配电自动化通信系统主要实现功能及问题解决

系统在与FTU进行通信时,主要实现了以下功能:时间同步、召唤1级数据、召唤2级数据、总召唤、召唤电能量、读取远方参数、设置远方参数、遥控等。在系统实际运行过程中,重点解决了以下问题:

(1)在对各FTU进行总召唤时,发现主站只能收到FTU上传的召唤确认帧和遥测帧,而收不到遥信帧和总召唤结束帧,经研究是主站设定的匹配超时时间过短,由于干扰等原因导致主站端在收到召唤确认帧和遥测帧后定时时间到,主站继续下发数据帧命令,导致FTU上传的数据不完整。因此在主站设定匹配超时时间时要考虑到数据帧长短、发送接收是否受到干扰、波特率等因素,合理设定匹配超时时间以保证数据的完整性和实时性。

(2)在配电自动化系统中,故障发生时1级数据尤其是故障电流能否准确传送成为快速进行故障诊断的重要因素。在召唤1级数据时,FTU将故障前后各5个周波的数据组成读命令响应帧上传,程序在设计过程中加入了故障录波回放功能,在给定的界面上描述了故障前后的电流波形,更直观地表示故障前后电流变化情况。

4 结论

本系统在实际设计、实现过程中,全面分析了101规约在配电自动化系统的应用,充分利用Visual C#面向对象的强大开发功能,严格遵守101规约的规定,重点在通信的可靠性和实时性,多线程串行通信提高了通信效率,减少了计算机的资源浪费,同时考虑了该通信系统与其他厂家的FTU的兼容性。目前该系统已应用在某县供电公司的配电自动化系统中,数据传输实时准确,满足1级数据快速上传的要求,程序层次分明,维护方便简单,运行稳定,通用性强。目前系统运行状况良好,表明101规约完全满足现代配电自动化系统的要求,有很高的实际应用价值。

参考文献:

- [1] 中华人民共和国电力行业标准 DL/T634-5101-2002/IEC608-70-5-101: 2002 [M]. 北京: 中国电力出版社, 2003.
The Industrial Standard of Electric Power in the People's Republic of China DL/T634-5101-2002/IEC608-70-5-101: 2002 [M]. Beijing: China Electric Power Press, 2003.
- [2] 谭文恕. 关于配电自动化系统的传输规约 [J]. 电力系统自动化, 1999, 23 (16): 37-39.
TAN Wen-shu. The Transmission Protocol of Distribution Automation System [J]. Automation of Electric Power Systems, 1999, 23 (16): 37-39.
- [3] 方炯. IEC 60870-5-101通信协议的实现与应用 [J]. 计算机应用与软件, 2005, 22 (9): 65-66.
FANG Jiong. The Realization and Application of IEC 60870-5-101 Data Communication Protocol [J]. Computer Applications and Software, 2005, 22 (9): 65-66.
- [4] 魏民, 罗安. 使用面向对象的设计技术实现电力通信规约 [J]. 电网技术, 2002, 26 (3): 68-71.
WEI Min, LUO An. Implementation of Power System Communication Protocol by Object-oriented Method [J]. Power System Technology, 2002, 26 (3): 68-71.
- [5] 夏远福, 江道灼, 黄民翔. 101规约在馈线自动化系统中的应用 [J]. 继电器, 2002, 30 (10): 29-32.
XIA Yuan-fu, JIANG Dao-zhuo, HUANG Min-xiang. Application of 101 Protocol to Feeder Automation System [J]. Relay, 2002, 30 (10): 29-32.

收稿日期: 2006-06-26

作者简介:

王建杰 (1979 -), 男, 硕士研究生, 研究方向为人工智能在电力系统中的应用; E-mail: wangjianjie2007@163.com

霍利民 (1965 -), 男, 博士, 教授, 研究方向为人工智能及其应用, 电力系统分析和计算。

Application and development of 101 protocol to distribution automation

WANG Jian-jie¹, HUO Limin¹, ZHANG Jing-ping², LIU Wei-na¹, ZHANG Li-guo¹

(1. Hebei Agricultural University, Baoding 071001, China;

2 North China Electric Power University, Baoding 071002, China)

Abstract: Some special problems of applying the standard protocol IEC60870-5-101 to distribution automation system are discussed in this paper. Based on engineering practice, the communication system for distribution automation is developed by taking Visual C# which is object-oriented as developing tool and making use of multi-threading serial communication technique, and the data collected by FTU is also guaranteed to transmit quickly and accurately. According to the real test to this system, the requirement of development is satisfied, now this system runs successfully and stability. The applications indicate that 101 protocol has high application value.

Key words: 101 protocol; distribution automation; serial communication

(上接第 13页 continued from page 13)

Analysis of inverse time zero-sequence current relay and its selectivity

ZANG Rui, LIAO Xiao-yu, ZHANG Yu-e

(Henan Power Dispatching and Communication Center, Zhengzhou 450052, China)

Abstract: This paper analyzes the distribution of zero - sequence current to ground faults. It discusses that in some operating conditions, zero-sequence current of the fault line maybe less than or equal to the next line. So the inverse time zero - sequence relay of next line will trip before the fault line. Even if the breakers of the the next line trip successively, the selectivity of inverse time zero - sequence current relay can not be provided. As an alternative of simplifying zero - sequence protection, inverse time zero - sequence current protection with a lagged timer can be used as an auxiliary to the grounding distance protection. It will provide sensitivity to high impedance ground faults.

Key words: transmission line; inverse time zero-sequence protection; selectivity; zero-sequence protection; simplified calculation