

IEC60870-5-103 规约在 110 kV 可控电抗器控制装置中的应用

余梦泽, 田翠华, 陈柏超, 邱昊

(武汉大学电气工程学院, 湖北 武汉 430072)

摘要: 介绍了 IEC 60870-5-103 通信规约在 110 kV 裂心式高压并联可控电抗器控制装置中的应用。首先简要介绍了变电站综合自动化系统(SAS)的局域网结构及 IEC 60870-5-103 通信规约(103 规约)的特点, 然后分析了可控电抗器的运行数据结构, 给出了 103 规约在可控电抗器的控制装置中的具体实现方法。试验和现场运行表明, 可控电抗器控制装置采用 103 规约能够与 SAS 系统进行可靠的通信, 并且具有开放性。

关键词: IEC 60870-5-103; 通信规约; 微机保护; 可控电抗器; 变电站; 高压

Application of IEC60870-5-103 protocol in the controller of 110 kV controllable reactor

YU Meng-ze, TIAN Cui-hua, CHEN Bai-chao, QIU Hao

(School of Electric Engineering, Wuhan University, Wuhan 430072, China)

Abstract: This paper introduces the application of IEC 60870-5-103 protocol in the controller of the 110kV split-core type shunt controllable reactor. Firstly, characteristics of LAN of the substation automation system(SAS) and IEC 60870-5-103 protocol are introduced briefly. Afterwards, the structure of data from the controllable reactor is analyzed. According to the 103 protocol, the method to use it in the controller is introduced in detail. Now, the test from the field has proved that the controller with 103 protocol can communicate with SAS reliably, and the controller is open to other devices.

Key words: IEC60870-5-103; communication protocol; microcomputer-based protection; controllable reactor; substation; high voltage

中图分类号: TM73 文献标识码: A 文章编号: 1003-4897(2008)05-0063-04

0 引言

湖南怀化电业局 220 kV 田家变电站于 2004 年 6 月投运, 为湘西地区枢纽变电站, 它既是凤滩水电厂西电东送的重要枢纽, 又承担辰溪、溆浦两县及湘黔铁路怀化地区东段的供电任务。在丰水期, 其电压长期处于高水平运行。投运两年中, 在主变空载运行时, 高压侧瞬时值曾达到 233.4 kV, 中压侧 123.6 kV, 低压侧 11.33 kV。过高的电压给设备绝缘带来隐患。虽然低压侧有无功自投装置, 可以有效地改善中压侧电压水平, 但是对于高压侧降压并不理想, 高压侧电压偏高一直是比较突出的问题。另外, 田家变的主要负荷是湘黔铁路在怀化地区东段的电气化铁路。由于电力机车是典型的大型冲击性负荷, 造成 110 kV 母线电压波动的幅值和变化的频度都远远高于国家标准。

为了改善 220 kV 母线电压水平, 同时减小中压侧 110 kV 母线电压波动, 在中压侧增设一组可控电抗器^[1], 容量为 30 Mvar。

本文研究了国内首台 110 kV 可控电抗器控制

装置, 如何实现与田家变变电站综合自动化系统(SAS)进行信息数据和功能数据交换的方法, 并开发了相应的硬件装置和软件。试验和运行表明, 该控制装置与SAS局域网通信可靠, 并具有开放性。

1 SAS系统及103规约简析

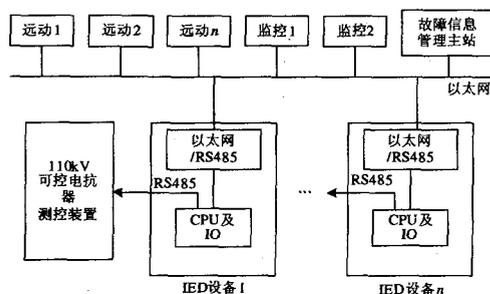


图1 变电站自动化系统的局域网结构

Fig. 1 The LAN structure of SAS

SAS系统分为变电站主站层和智能电子装置 IED (Intelligent Electronic Device)层^[2], 站内局域网结构如图1所示。

主站与IED设备间采用光纤以太网通信,采用104规约。为保证通信方式的灵活性,微机电抗器保护柜(IED设备1),另有EIA RS-485串行通信接口,与110 kV可控电抗器控制装置通信,采用103规约。

103规约^[3, 4]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。它依据的网络模型是增强性能结构EPA(Enhanced Performance Architecture),该结构是根据ISO的OSI(Open System Interconnect)七层标准模型简化而来。考虑到传输的效率问题,要使远动系统在优先的带宽下获得尽可能短的反应时间,使用的参考模型只有三层,它们是:应用层、链路层和物理层。

2 103规约网络结构和信息交换方法

2.1 物理层

103规约规定,在变电站自动化系统(SAS)中物理层应采用光纤传输系统或RS-485总线系统。

本控制装置有一个串口通讯口,可以通过跳线选择EIA RS-232或EIA RS-485,分别使用MAX202E和MAX485芯片来实现电平转换。这里采用RS-485作为通讯接口。硬件电路如图2所示。

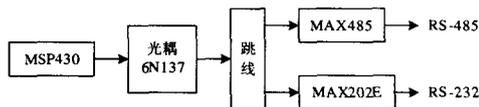


图2 硬件结构框图

Fig.2 Diagram of hardware structure

2.2 链路层

103规约链路层由一系列采用明确链路规约控制信息(LPCI)的传输过程所组成,为应用层提供差错的数据传输服务。需要包括数据帧格式、控制域以及链路传输规则等措施来进行差错控制。

采用IEC870-5-2的FT1.2帧格式^[5],若链路监测超时50 ms没有接收到数据,则重发,最大重发次数为3次。

103规约采用IEC870-5-1提供的链路传输规则^[6]。在建立连接时,由主站启动,采用非平衡传输方式。

控制域分“主->从”和“从->主”两种情况^[7]。规定链路地址0x00做主站地址,0xff做广播地址,0x01到0xfe用来做子站地址。

2.3 应用层

应用层主要提供用户之间进行信息交换的接口,包括数据域传输的帧、应用服务数据单元

(ASDU)和基本应用功能。链路用户数据的ASDU帧结构如表1所示。

表1 ASDU帧结构

Tab.1 ASDU frame structure

TYPE	类别标识	
S	VSQ	可变结构限定词
COT		传输原因
COMADDR		单元公共地址
FUN		功能类型
INF		信息序号
信息元素数据		信息元素
...		信息元素

TYPE: = 变长帧的报文类型

VSQ: = 信息元素的数目

S: = <0> 表示一个信息体内顺序的信息元素

S: = <1> 表示由信息体地址寻址的单个信息元素或综合信息元素。

2.4 信息交换方法

103规约描述了两种信息交换方法:

1) 兼容范围。基于严格规定的应用服务数据单元(ASDU)和“标准化”报文的传输应用过程、方法。

2) 通用分类服务(generic service)。采用各间隔层单元自我描述和自我定义的方法对要求传输的信息进行定义,具有传送任何类型数据的能力。数据可通过通用分类服务按同一种方式进行访问。所有数据可在所有设备上按相同方法构成,这样就解决了各厂家所要传输信息无法统一的矛盾。这使新技术不受限制,提高了开放的可能性。

3 103规约在电抗器控制装置中的实现

本文所述的可控电抗器控制装置所要传输的信息丰富,有多种测量值、开关量和运行方式等,均为兼容范围所定义的标准量。因此,本监控系统采用第一种基于应用服务数据单元(ASDU)和“标准化”报文的传输应用过程和方法,可以简洁、快速地完成所有功能。

103规约在DCCR控制系统中的实现包括三个过程:通信初始化过程、循环召唤过程和重新初始化过程,并画出了控制装置使用103规约的流程图。

3.1 DCCR控制装置的数据帧格式

本控制装置采用RS-485进行传输,通信格式:异步,1位起始位,8位数据位,1位偶校验,1位停止位;波特率为9 600 bit/s。通信方式为主从式,控制装置为从站。

103通信规约有固定帧长和可变帧长两种报文格

式。前者用于传送“复位、召唤、确认、无所要求、链路状态/响应、忙帧”等信息,如表1所示。后者主要用于传送“命令、数据”等信息,如表2所示。

表2 固定帧长报文格式

Tab.2 Fixed length frame datagram format

链路用户数据	ASDU
68H	启动字符
Length	长度
Length	长度(重复)
68H	启动字符
CODE	控制域
ADDR	地址域
CS	校验和
16H	结束字符

表3 可变帧长报文格式

Tab.3 Adjustable length frame datagram format

10H	启动字符
CODE	控制域
ADDR	地址域
CS	校验和
16H	结束字符

本监控系统传输的数据帧校验采用求和校验,校验和占一个字节。在固定帧长报文格式中,校验和为控制域与地址域累加之后不考虑进位的结果。在可变帧长报文格式中,校验和是控制域、地址域和链路用户数据代码累加之后不考虑进位的结果,其中的长度字节等于传输数据所采用的ASDU字节数加一。

3.2 DCCR控制装置的信息交换内容

110 kV可控电抗器控制装置的监控范围包括:

- 1) 可控电抗器输出的三相电流、励磁电流;
- 2) 220 kV母线和110 kV母线三相电压;
- 3) 110 kV母线上传输的无功功率和有功功率;
- 4) 可控电抗器的8个开关量;
- 5) 可控电抗器的运行方式:定母线电压、定母线电流、定DCCR阻抗、定功率因数。

传输数据可以分为一级数据和二级数据,一级数据的传输优先级高于二级数据,一级数据一般都是需要立刻通知和处理的各各种信息。下面说明控制装置的各种数据类型,并注明它是一级数据还是二级数据。

3.2.1 遥信量

遥信量为一级数据,在收到召唤一级命令时传输,它包括开关量的状态、变位方向和工作方式,以ASDU_1进行传输。

3.2.2 遥测量

遥测量为二级数据,在收到召唤二级命令时传输。用于显示保护测控单元的运行参数,包括220 kV

和110 kV母线电压、可控电抗器输出电流、励磁电流、110 kV母线上传输有功和无功,以ASDU_9传输。

3.2.3 召测量

召测量为一级数据,仅在系统召唤时召测,其内容包括:召测实时电量、召测开关状态、召测时间报告和召测故障报告,以ASDU_1、ASDU_5、ASDU_6、ASDU_9进行传输。

3.2.4 事件顺序记录

遥信量的各个信号发生变化时,按照时间顺序记录,为一级数据。内容包括:开关状态及变位方向、变位时间,以ASDU_1、ASDU_6进行传输。

3.2.5 故障报告

故障报告为一级数据,它记录了故障发生时的各种参数和系统状态,包括:故障时间、故障动作开关号、保护元件动作类型及相关电量参数,以ASDU_1、ASDU_6、ASDU_9进行传输。

3.2.6 事件报告

事件报告为一级数据,它记录了监控装置的工作状态,包括复位FCB信息、复位CU信息、时间同步信息和整定值修改信息,以ASDU_5、ASDU_6、ASDU_7进行传输。

3.3 DCCR监控系统通信的实现

整个系统的通信过程可以分为:通信初始化过程、循环召唤过程、重新初始化过程,如图3流程图所示。

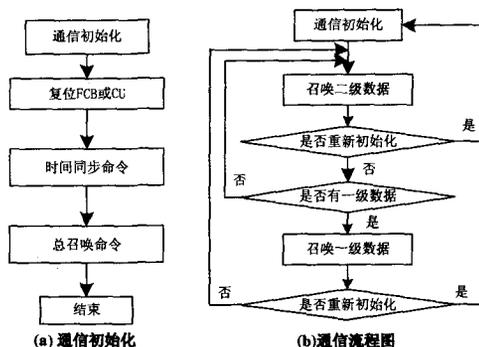


图3 通信过程流程图

Fig.3 Flow chart of communication process

3.3.1 通信初始化过程

当可控电抗器控制装置与主站开始通信时,进行初始化过程。主站首先交替发送“复位FCB”命令或“复位CU”命令,等待控制装置回答确认报文。“复位FCB”可以验证此时传输线路是否畅通,“复位CU”命令将删除发送缓冲区的报文。控制装置正确回答确认报文后,主站进入交替发送“召唤一级数据”命令或“召唤二级数据”命令过程。在此过程中,

主站首先形成ASDU_5, 传送原因为复位CU 或复位FCB 的一级数据报文, 置ACD为1, 在收到召唤一级数据命令时回答; 然后, 控制装置形成ASDU_5, 传送原因为启动/重新启动的一级数据报文, 置ACD为1, 在收到召唤一级数据命令时回答。在收到两个ASDU_5后, 主站依次发送“时间同步”命令和“总召唤启动”命令, 监控系统依次回答相应的响应报文。时间设定命令包含了发送报文第一位的瞬间的当前的实时时间, 必须将收到的时间加上传输时间加以修正, 此传输时间是时间设定命令的帧长和传输速度的乘积。

3.3.2 循环召唤过程

在循环召唤过程中, 遥信量变位、遥测量越限和进行时间同步等突发事件, 都会产生一级数据。

主站不断发送召唤二级数据命令, 如果监控系统没有一级、二级数据, 则使 ACD 置 0, 回复无召唤数据帧 M_NV_NA_3; 如果监控系统有二级数据, 无一级数据, 则使 ACD 置 0, 回复二级数据帧; 如监控系统无二级数据, 有一级数据, 则使 ACD 置 1, 并回复无召唤数据帧, 主站收到 ACD 为 1 的消息后, 马上发送召唤一级数据命令, 监控系统回复一级数据帧; 如监控系统既有二级数据, 又有一级数据, 则使 ACD 置 1, 并回复二级数据帧, 主站收到 ACD 为 1 的消息后, 马上发送召唤一级数据命令, 监控系统回复一级数据帧。

3.3.3 重新初始化过程

在监控系统与主站之间由于各种原因通信中断后, 或者是装置或控制系统CPU复位时, 均要重新从通信初始化开始。

4 试验

为了测试通信的可靠性, 首先在 PC 机上用 Visual C++6.0 编写了上位机程序, 并按照 103 规约规定的帧格式和通信流程, 使用 PC 机与电抗器的控制装置进行通信, 试验过程与试验结果如下:

1) 通过跳线, 将控制装置的通信接口改为 RS-232。通信双方首先进行通信初始化, 复位 FCB、复位 CU、进行时间同步和总召唤启动, 这些不在上位机程序中进行显示, 只在通信初始化过程发生异常中断, 或者收到的返回时间同步帧出错、遥测值越线、开关量异常时弹出对话框, 进行提示。

2) 上位机界面由 5 个子界面组成, 分别是: 综合数据、电压数据、功率数据、电流数据、历史数据。上位机将从监控系统中收到的数据全部存入数据库中, 在历史数据界面进行读取。

3) 从上位机的图中可以看出, 使用 103 规约

标准的控制装置, 可以将它在不同时刻的各个数据和状态准确的传入主站监控系统中, 能够达到预期的功能要求。

4) 将通信接口改为 RS-485, 电抗器控制装置与微机电抗器保护柜 (IED 设备 1) 进行联机通信。试验证明, 通信可靠, 完全符合设计要求。

5 结语

根据 103 规约, 采用标准数据帧格式和标准流程, 使 110 kV 并联电抗器控制装置与其它厂家的各种变电站自动化设备进行数据交换, 而且避免了规约转换。

根据现场运行情况, 本文所述的电抗器控制装置达到预期的设计要求, 通信可靠, 而且对于将来扩展的功能和数据具有开放性。

参考文献

- [1] 刘涤尘, 陈柏超, 田翠华, 等. 新型可控电抗器在电网中的应用与选型分析[J]. 电网技术, 1999, 23(2): 52-58. LIU Di-chen, CHEN Bai-chao, TIAN Cui-hua, et al. Application and Type Selection Analysis of New Type Controlled Reactor in Power System[J]. Power System Technology, 1999, 23(2): 52-58.
- [2] 胡明, 周全林, 柳凤凤, 等. 变电站自动化系统采用 IEC60870-5-103. 104 协议的优势[J]. 继电器, 2003, 31(5): 62-64. HU Ming, ZHOU Quan-lin, LIU Feng-su, et al. The Experience of Using IEC 60870-5-103 and IEC 60870-5-104 Transmission Protocols in Substation Automation[J]. Relay, 2003, 31(5): 62-64.
- [3] IEC. IEC 60870-5-103, Telecontrol Equipment and Systems: Transmission Protocol-Companion Standard for Informative Interface of Protection Equipment. 1997[S].
- [4] 电力行业标准 DL/T 667-1999 idt IEC 60870-5-103: 1997 [S].
- [5] IEC. IEC 60870-5-2. Telecontrol Equipment and Systems. Part 5: Transmission Protocols. Section 2: Link Transmission Procedures[S]. Geneva: IEC, 1992.
- [6] IEC. IEC 60870-5-1. Telecontrol Equipment and Systems. Part 5: Transmission Protocol. Section 1: Transmission Frame Formats[S]. Geneva: IEC, 1990.
- [7] 许继 103 通信规约 2004[Z].

收稿日期: 2007-08-10; 修回日期: 2007-09-11

作者简介:

余梦泽 (1980-), 男, 博士研究生, 主要从事电能质量与控制, 电力电子技术在高电压中的应用研究; E-mail: yumengze98@163.com

田翠华 (1971-), 女, 工学博士, 副教授, 研究方向为电力系统过电压及抑制, 电力电子技术的应用;

陈柏超 (1960-), 男, 工学博士, 博士生导师, 教授, 研究方向为电力系统过电压及抑制、电能质量与控制、电力电子技术应用。