

DOI:10.12158/j.2096-3203.2020.03.028

# 基于图形化编程的 HVDC 以太网 103 双网通信设计

岳亚菲, 胡欢, 于海, 曾丽丽, 郝俊芳, 李正雄

(许继电气股份有限公司, 河南 许昌 461000)

**摘要:**为了实现高压直流输电(HVDC)控制保护系统与保护信息子站之间快速可靠的数据交互,提出一种基于图形化编程的 HVDC 以太网 103 双网通信设计方法。该方法针对 IEC 60870-5-103 定义的串口 103 通信进行扩展,提出以太网 103 双网通信方案,提高通信实时性和可靠性;此外,该方法将应用程序与底层通信处理程序相分离,采用 IEC 61131 图形化设计语言,开发出高度封装的底层通信处理模块与用户功能模块相融合的图形化编程方法,软件编程简单高效,系统运行及调试信息可在线监测。锡泰和扎青等 HVDC 工程的实验数据表明,该方法具有可靠性高,开发进度快,运行维护方便的特点,对于实现控制保护系统与保护信息子站之间快速可靠的数据交互具有重要的应用价值。

**关键词:**高压直流输电(HVDC);控制保护系统;以太网 103;双网通信;图形化编程

**中图分类号:**TM774

**文献标志码:**A

**文章编号:**2096-3203(2020)03-0192-08

## 0 引言

在高压直流输电(high voltage direct current, HVDC)工程中,控制保护设备与保护信息子站要进行状态量、模拟量、软压板、顺序事件、故障录播数据等多种信息交互<sup>[1-3]</sup>。

现阶段,控制保护设备广泛应用由国际电工委员会定义的 IEC 60870-5-103 完成与上位机调试系统的通信,但是该 103 规约的传输机制是针对串口传输而言的<sup>[4-5]</sup>。随着电力系统的不断发展,电力通信对数据传输的实时性、可靠性和抗干扰性提出了更加苛刻的要求。而串口通信传输速率不高,在电缆层高干扰环境下传输误码率高,加上日益复杂的保护装置和受限的装置人机接口,串口 103 通信在实际应用中具有一定的局限性<sup>[6-7]</sup>。

为了满足 HVDC 控制保护设备与保护信息子站之间快速、可靠的通信需求<sup>[8-9]</sup>,文中对 103 规约在以太网下的通信协议进行了深入研究<sup>[10-13]</sup>。综合考虑 HVDC 工程项目难度大、保护装置数量庞大、工程应用需求变化频繁、项目开发时间短等特点,基于现有的软硬件平台系统,采用标准的 IEC 61131 图形化编程语言<sup>[14-19]</sup>,开发出 HVDC 以太网 103 双网通信设计方法。

文中采用以太网口 TCP/IP 协议,传输符合 IEC 60870-5-103 及 DL/T 667—1999 定义的应用服务数据单元(application service data unit, ASDU),数据传

送速率与串行传送相比明显提升,误码率几乎可以忽略不计,具有优良的抗干扰能力和高可靠性。文中分析并设计了 HVDC 控制保护设备与保护信息子站间以太网 103 双网通信机制,给出了具体的实现方案,有效避免了单网络发生硬件故障时引起的通信长时间中断,对于提高通信效率和可靠性具有重要的意义。

在实际应用中,以太网 103 通信协议规范不统一已经成为最大的问题,传送的报文格式也有不同程度的差别。无论是站内不同厂家设备之间还是在远方调度的连接中,软件编程都是实际工程中开发和调试量最大的项目,重复开发和冗繁的情况既耗费人力物力,也不便于运行维护,是目前自动化技术发展的一大问题<sup>[20]</sup>。

文中将应用程序与底层通信处理程序相分离,开发出高度封装的底层通信处理模块与用户连续控制图(continuous function chart, CFC)模块相融合的图形化编程方法,实现了双网通信程序设计,软件编程简单高效,系统运行及调试信息可在线监测,解决了现有技术开发工作量繁重以及代码维护和调试复杂等问题。

## 1 HVDC 以太网 103 双网通信总体架构设计

HVDC 控制保护系统与 2 个保护信息子站之间通过以太网 103 进行状态量、模拟量、软压板、顺序事件、故障录播数据等信息的交互。HVDC 控制保护系统采用分层设计理念,由嵌入式硬件层、系统软件层和图形化开发层构成,编程可视化、应用组

收稿日期:2019-11-27;修回日期:2019-12-29

基金项目:国家重点研发计划资助项目(2016YFB0900600);  
国家电网有限公司科技项目(52094017000W)

态化、硬件模块化,针对不同应用场景可实现灵活的软硬件裁剪和配置。HVDC 控制保护系统以太网 103 双网通信总体架构如图 1 所示。

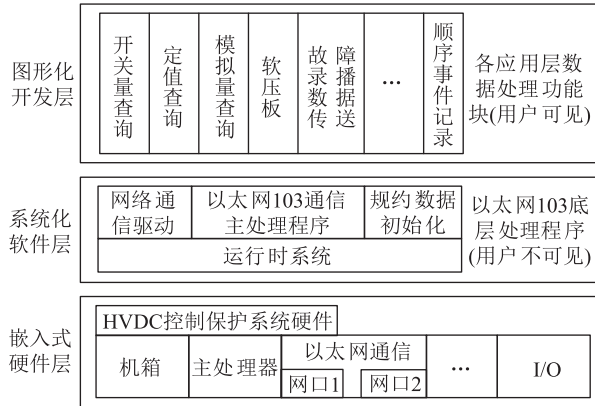


图 1 HVDC 控制保护系统以太网 103 双网通信总体架构

Fig.1 Overall architecture of Ethernet 103 dual network communication in HVDC control and protection system

HVDC 控制保护系统采用 103 规约与 TCP/IP 协议相结合的网络传输协议,在硬件设计上,利用 10 M/100 M 的双以太网口实现硬件传输,在物理通道上配置 2 条通信链路,分别为 LAN1 和 LAN2。控制保护系统通过上述以太网口和通信链路,与各保护信息子站进行信息传输。当一条通信链路发生硬件故障时,可通过另外一条链路与本站通信,避免因链路故障导致通信长时间中断,从而提高控制保护系统与保护信息子站之间通信的可靠性。每条链路最大支持 4 个 103 客户端,每个客户端需要有独立的 TCP/IP 接收发送驱动。

HVDC 控制保护系统以太网 103 双网通信软件设计的主要指导思想是:以太网 103 通信主处理程序构建于运行时系统之上,隐藏于用户接口功能块之下。其中一部分是用户可见部分,即各应用层数据处理部分,各接口功能块通过 ViGET 图形化编程工具配置,用于将用户需要传输或者接收数据的导入,完成用户应用数据与规约处理程序部分的接口工作。另一部分是用户不可见部分,通过以太网 103 通信主处理功能块周期调用以太网 103 底层处理程序,周期可由用户配置,其中运行时系统用于图形化编程工具代码的解析和执行、任务管理及调度,规约数据初始化模块用于初始化规约信息体数据,网络通信驱动模块用于配置通信板卡信息。

按应用数据类型划分,HVDC 控制保护系统支持以下数据类型的访问及查询服务,均可由控制保护程序设计人员自行配置使能。如总召唤、模拟量或状态量周期上送、状态量突变主动上送、软压板

状态查询、压板投退、定值数据查询功能、顺序事件记录(sequence of event, SOE)、故障录播数据传送等。

## 2 HVDC 以太网 103 报文通信机制

### 2.1 I 报文通信机制

控制域第一个八位数组的第一位比特为 0 定义为 I 格式,I 格式的控制信息如图 2 所示。



图 2 信息传输格式类型(I 格式)的控制域

Fig.2 Control field of information transmission type(I format)

每一个 I 报文中均应包含一个 ASDU,双方任何一方一旦有 ASDU 需要传送,下一个发送周期则需要发送 I 报文。

发送序列号等于上一次的发送序列号加 1,表示这是一帧新报文,等待对方确认;接收序列号等于对方的发送序列号,表示确认对方的报文。每一次通信关闭后,重新发起通信后,发送序列号和接收序列号总是从 0 开始。

如果双方在每一个回应周期的回应时间都不超时,且接收的报文条数也不超过最大条数,则双方都以 I 报文交互。

### 2.2 S 报文通信机制

控制域第一个八位数组的第一位比特为 1 并且第二位比特为 0 定义为 S 格式,S 格式的控制信息如图 3 所示。



图 3 编号的监视功能类型(S 格式)的控制域

Fig.3 Control field of numbered monitoring function type(S format)

某一通信过程中,一方发送多帧 I 报文,接收方在某一时间后或者接收最大条数到达后,需要回应对方一帧 S 报文,接收序列号为对方的最后一帧发送序列号,表示确认之前的多帧数据。

### 2.3 U 报文通信机制

控制域第一个八位数组的第一位比特和第二位比特均为 1 定义为 U 格式,U 格式的控制信息如

图 4 所示。

比特 8	7	6	5	4	3	2	1	
TESTFR		STOPDT		STARTDT		1	1	八位数组1
确认	生效	确认	生效	确认	生效			八位数组2
0								八位数组3
0							0	八位数组4
0								

图 4 未编号的控制功能类型(U格式)的控制域

Fig.4 Control field of unnumbered control function type(U format)

装置上电或者链路切换,需要发送该报文,控制域中 STARTDT 生效标志置位表示发起通信,接收方收到后,发送同样的 U 报文 STARTDT 确认标志置位表示确认,链路已经连接,可以进行下一步的 ASDU 数据收发。

同理,当从已工作链路切换到另外一条链路时,控制域中 STOPDT 生效标志置位表示请求结束通信,接收方收到后,发送同样的 U 报文 STOPDT 确认标志置位表示确认请求,该链路已经关闭,可以进行另一链路的发起。

某一通信过程中,如果双方在一定时间都没有报文发送,或者一方发送多帧 I 报文,接收方在某一时间后或接收最大天数到达后无回应,则到达特定时间的那一方开始发送 U 报文 TESTFR 生效标志置位,接收方收到后,发送同样的 U 报文 TESTFR 确认标志置位表示确认,通信链路连接正确;如果回应方没有回应,表示连接故障,发起方需要关闭链路,重新开始监听或者连接,发送和接收序号需要设置成 0。

### 3 HVDC 以太网 103 双网通信数据处理方案设计

HVDC 控制保护系统以太网 103 通信数据处理流程如图 5 所示。初始化过程包括:103 客户端初始化,配置通信规约信息,如站号、功能码、各应用扇区数目等信息;接收数据链表初始化;发送数据链表初始化;故障录播数据链表初始化;初始化链路数据、接收报文计数器、回应报文计数器等信息;通信驱动初始化。初始化成功后输出 103 通信信息体地址及信息,供应用层数据传输接口使用。除模拟量或状态量周期上送、状态量突变上送外,控制保护系统根据接收到的子站命令,进行相应处理,如处理总召唤命令、处理压板查询命令、处理扰动信息查询命令、处理版本号查询命令、处理定值查询命令等。

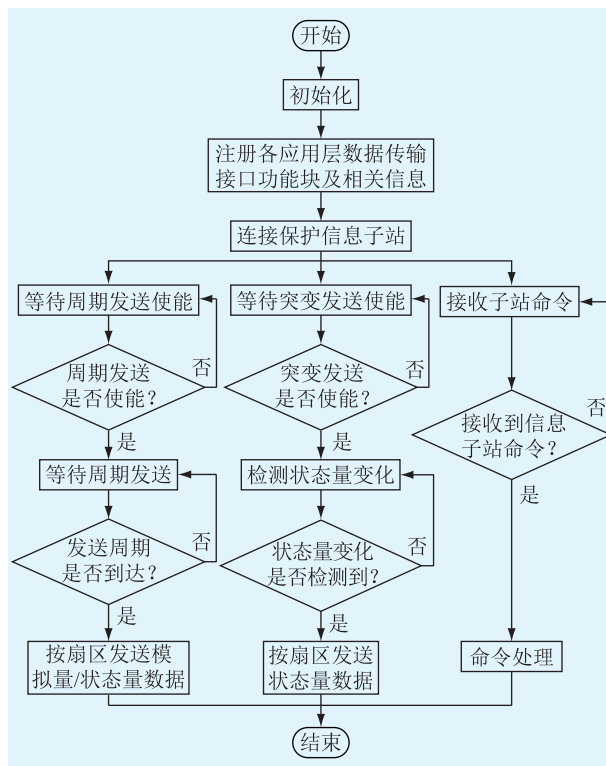


图 5 HVDC 以太网 103 通信数据处理流程

Fig.5 Process flow chart of Ethernet 103 communication data in HVDC

#### 3.1 接收及解析数据实现方案

每一个 103 通信客户端均对应一个 103 信息结构体,所有与 103 通信有关的链路数据、应用数据及其他信息均配于 103 信息结构体中。该信息体主要包含以下信息:

- (1) 103 客户端的通信配置信息,如通信状态、IP 地址和端口号;
- (2) 103 客户端的规约信息,如功能类型、装置地址;
- (3) 服务器监听任务编号,接收任务编号,发送任务编号,接收发送套接字信息,103 规约链路层监视状态信息;
- (4) 接收发送报文指针及长度;
- (5) 各种功能的使能信息,如周期使能,突变使能,总召使能等;
- (6) 带有 3 个优先级的发送数据缓存区指针信息;
- (7) 周期性应用 ASDU 的计时计数器及超时信息;
- (8) 周期性数据的模拟量、状态量、定值、压板等各个应用数据按扇区配置的地址信息;
- (9) 故障录播数据信息。

根据以上的 103 信息体数据信息,应用程序通过以太网 103 初始化功能块申请相应的 103 信息结

构体。根据相关各个接口功能块配置,对该信息体中的相关元素初始化。整个通信程序由该信息体将数据整合在一起,完成 103 通信功能。

在运行过程中,2 条通信链路 LAN1 和 LAN2 都具备接收和发送条件。当有接收数据任务时,以太网 103 通信主处理功能块根据接收的数据,调用 103 底层通信处理程序,按帧解析接收数据并准备好处理完成待发送的数据,按照优先级顺序插入到相应的发送数据链表中,具体流程如图 6 所示。

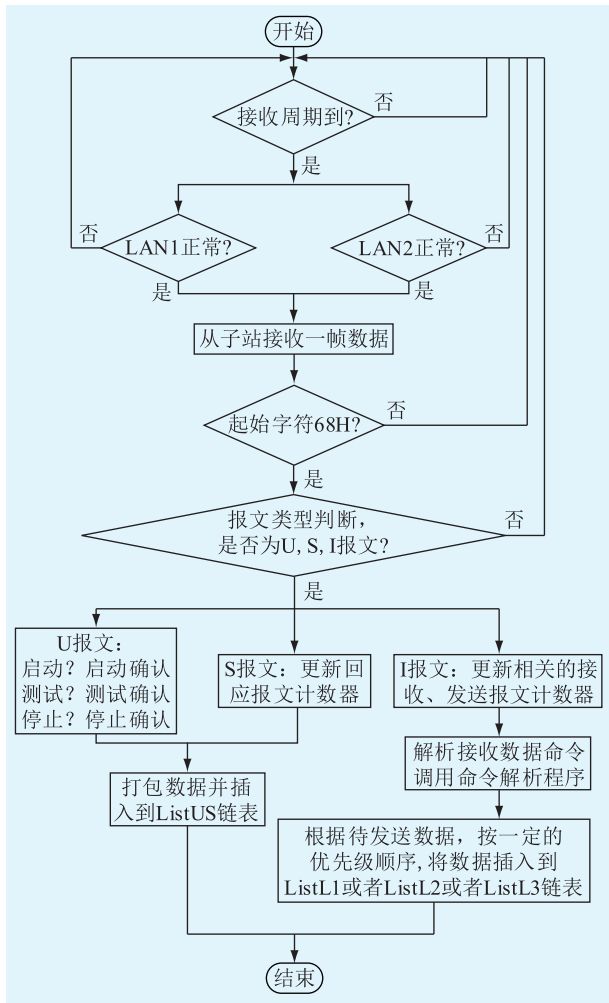


图 6 以太网 103 接收数据及解析数据流程

Fig.6 Flow chart of Ethernet 103 receive and analyze data

### 3.2 发送数据实现方案

HVDC 以太网 103 通信在处理发送数据时,从报文类型区分,主要有 2 种类型的数据:

(1) U 报文数据,对子站数据 U 报文的回应,及自身主动产生的测试报文数据;

(2) I 报文数据,这部分数据包含对子站下发命令的回应,如总召回应、查询等,还包含有周期上送信息及突变上送信息组成的 ASDU。

具体流程如图 7 所示。

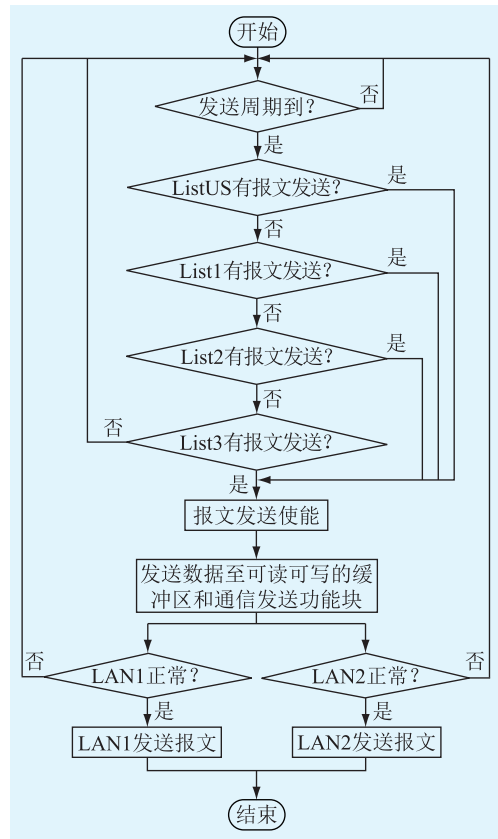


图 7 以太网 103 发送数据流程

Fig.7 Flow chart of Ethernet 103 send data

发送数据是有优先级顺序的,一般说来,遵循以下的优先级顺序:

- (1) 优先级 H,保护动作信息,顺序事件,突变上送数据;
- (2) 优先级 M,一般数据的回应,如总召、查询、周期;
- (3) 优先级 L,故障录播数据传输。

发送数据原则如下:高优先级的数据会被优先发送,低优先级的数据则后发送,另外,链路控制的 U,S 报文优先级均高于上述应用数据的优先级。

根据不同的优先级顺序,程序中申请了不同的数据发送缓冲区,分别是:

- (1) ListUS,发送 U,S 报文,优先级最高;
- (2) ListL1,发送优先级 H 数据;
- (3) ListL2,发送优先级 M 数据;
- (4) ListL2,发送优先级 L 数据。

## 4 HVDC 以太网 103 双网通信图形化编程实现及实验验证

### 4.1 HVDC 以太网 103 双网通信图形化编程设计

ViGET 图形化编程工具为 HVDC 控制保护系统提供项目管理、硬件配置、图形化软件开发、在线调试、故障诊断等各项功能,功能结构如图 8 所示。

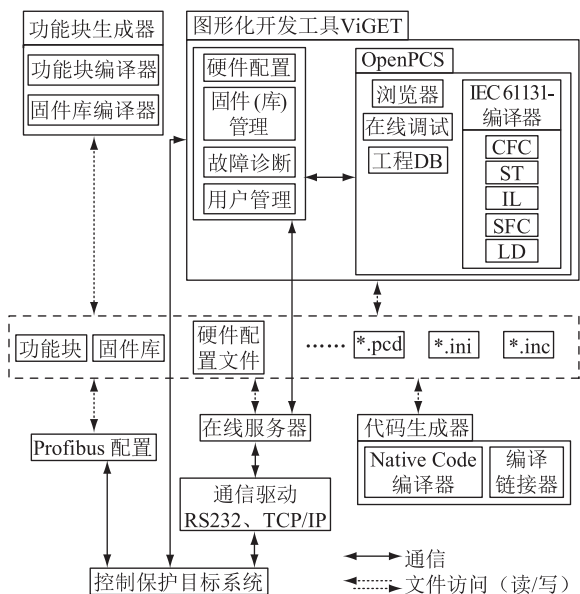


图8 ViGET 图形化编程工具功能结构

Fig.8 Function structure of ViGET graphical programming tool

ViGET 图形化编程工具支持适合工控开发的 IEC 61131-3 5 种标准语言及增强型 CFC 图形化编程语言,提供面向二次应用开发的接口,应用开发人员不需要关注具体的底层实现,可以更专注于控制保护相关功能的研究和开发,极大地缩短了应用程序的编制和调试时间。在线调试功能可以直接观测每个功能块管脚的实时运行值,为复杂应用的快速、高效编程提供了非常便利的手段。HVDC 控制保护系统通信数据内容如表 1 所示。

表 1 HVDC 控制保护系统通信数据内容  
Table 1 Content of HVDC control and protection system communication data

报文类型	详细描述	传输方向
Process data telegram	状态量	Control to Workstation
	模拟量	Control to Workstation
	定值	Control to Workstation
	SOE	Control to Workstation
Command telegram	命令	Workstation to Control
	参数	Workstation to Control

在 HVDC 以太网 103 双网通信图形化编程过程中,对于状态量、模拟量和定值,只需要将数据在应用程序中的入口地址,导入到以太网 103 通信服务相关接口功能块的数据接入地址,并配置相关的扇区号及信息序号等信息,即可完成数据的传送。对于通信实时性要求较高的 SOE 数据,由于原 HVDC 控制保护系统 SOE 格式与以太网 103 SOE 格式不同,在传送之前需要进行转换。

HVDC 控制保护系统 SOE 格式如表 2 所示。

以太网 103 SOE 格式如表 3 所示。

表 2 HVDC 控制保护系统 SOE 格式  
Table 2 SOE format of HVDC control and protection system

序号	消息内容	解释
1	Signal_NO.+ status(low byte)	消息号 + 消息状态 (低字节)
2	Signal_NO.+ status(high byte)	消息号 + 消息状态 (高字节)
3	YEAR	年
4	MONTH	月
5	DAY	日
6	HOUR	时
7	MIMUTE	分
8	SECOND	秒
9	MS(low byte)	毫秒(低字节)
10	MS(high byte)	毫秒(高字节)

表 3 以太网 103 SOE 格式  
Table 3 SOE format of Ethernet 103

序号	消息内容	解释
1	sec	扇区号
2	inf	信息序号
3	dpi	双点指示值
4	ms(low byte)	毫秒(低字节)
5	ms(high byte)	毫秒(高字节)
6	min	分
7	hour	时

HVDC 控制保护系统 SOE 转换成以太网 103 SOE,相关的转换工作由 SOE 格式转换功能块完成,转换公式如下:

$$s_e = (N_o + F - 1) / 256 + S \quad (1)$$

$$i_n = (N_o + F - 1) \% 256 + 1 \quad (2)$$

$$d_p = S_t + 1 \quad (3)$$

$$m_s = M_s + 1000S_E \quad (4)$$

$$m_i = M_I \quad (5)$$

$$h_o = H_o \quad (6)$$

式中:  $s_e$ ,  $i_n$ ,  $d_p$ ,  $m_s$ ,  $m_i$ ,  $h_o$  分别为以太网 103 SOE 扇区号、信息序号、双点指示值、毫秒、分和时;  $N_o$ ,  $S_t$ ,  $M_s$ ,  $S_E$ ,  $M_I$ ,  $H_o$  分别为原 HVDC 控制保护系统 SOE 消息号、消息状态、毫秒、秒、分和时;  $F$  和  $S$  为 SOE 格式转换功能块输入管脚值,其中  $F$  用来配置转化后消息的扇区偏移,  $S$  用来设定原系统消息号的偏移,二者配合使用将原消息配置到指定扇区。

HVDC 控制保护系统以太网 103 双网通信图形化编程设计原理如图 9 所示。

状态量、模拟量和定值数据直接通过相应的接

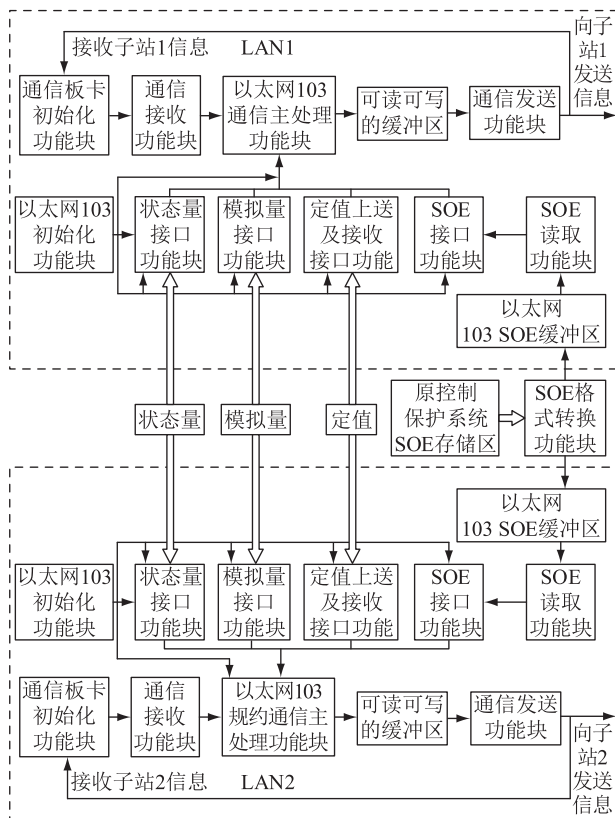


图 9 以太网 103 双网通信图形化编程设计原理

Fig.9 Schematic diagram of graphical programming design for Ethernet 103 dual network communication

口功能块导入以太网 103 通信主处理功能块,并插入到相应的发送缓冲区。SOE 消息预先存储于原控制保护系统 SOE 存储区中,其地址导入到 SOE 格式转换功能块的入口地址,SOE 格式转换功能块每次转换 8 条 HVDC 控制保护系统中的消息,转换后的消息存储于 2 个以太网 103 SOE 缓冲区功能块。消息存储进入以太网 103 SOE 缓冲区后,每一个 103 客户端分别通过 SOE 读取功能块从各自的缓冲区中读取一条消息,然后通过 SOE 接口功能块导入以太网 103 通信主处理功能块,并插入到相应的发送缓冲区。通信发送功能块将发送缓冲区的报文,经 LAN1 和 LAN2 传送至 2 个保护信息子站,系统运行及调试信息可在线监测。

#### 4.2 HVDC 以太网 103 双网通信实验验证

针对 HVDC 控制保护系统与 2 个保护信息子站在网络正常状况下进行双网 103 通信时,LAN2 链路遇到网络故障的情况进行模拟验证实验。图 10 描述其通信数据交互过程,其中  $V(S)$  为发送状态变量; $V(R)$  为接收状态变量; $I(a, b)$  为信息格式 ASDU, $a$  为发送序列号, $b$  为接收序列号; $S(b)$  为监视格式 ASDU; $U$  为未编号的控制功能 ASDU; $T_1$  为接收方无数据报文时确认的超时时间,10 s; $T_2$  为

通道长期空闲时发送测试帧的超时时间,20 s; $T_3$  为发送或测试 ASDU 的超时时间,15 s。

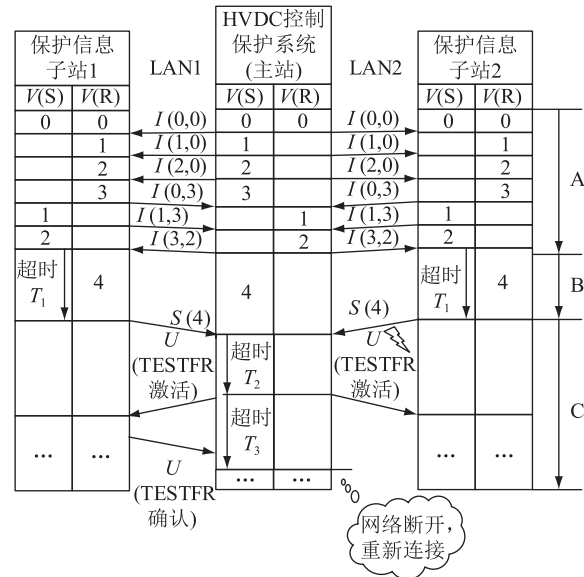


图 10 以太网 103 双网通信实验数据交互过程

Fig.10 Data interaction process for Ethernet 103 dual network communication experiment

实验结果如下:(1) 在 A 阶段,双方都以 I 报文进行交互;(2) 在 B 阶段,主站方有数据主动上送,子站方无数据下传, $T_1$  时间后,子站强制回应 S 报文;(3) 在 C 阶段,LAN2 遇到网络故障,双方在  $T_2$  时间内都没有报文发送, $T_2$  时间后主站开始发送 U 报文测试,子站 2 经过  $T_3$  时间后无回应,表示通信链路故障,重新发起通信;LAN1 在  $T_3$  时间内回应 U 报文确认,表示通信链路正常,继续保持正常 103 通信,不受 LAN2 网络故障影响。

实验数据分析表明,以太网 103 双网通信某一链路遇到网络故障时,HVDC 控制保护系统可以通过另外一条链路与保护信息子站进行实时数据交互,通信过程稳定可靠。

## 5 结语

为了实现 HVDC 控制保护系统与保护信息子站之间快速可靠的数据交互,文中提出一种基于图形化编程的 HVDC 以太网 103 双网通信设计方法,主要包括:

(1) 提出 TCP/IP 以太网 103 双网通信方案,提高 HVDC 控制保护系统与 2 个保护信息子站之间信息交互的实时性和可靠性;

(2) 开发出高度封装的底层通信处理模块与用户 CFC 模块相融合的图形化编程方法,实现双网通信程序设计,软件编程难度大大降低,系统运行及调试信息可在线监测,开发及调试效率明显提高。

目前,该成果已经与上海许继信保子站、四方继保信息子站、南瑞继保信息子站等装置实现了数据交互功能,并成功应用于扎青、锡泰、渝鄂等 HVDC 工程,运行稳定,为国家节省了大量的建设资金,具有重要的实际工程价值。

参考文献:

- [1] 张志宏.  $\pm 800$  kV 特高压直流输电控制保护系统分析[J]. 通信电源技术,2019,36(12):36-37.  
ZHANG Zhihong. Discussion of  $\pm 800$  kV UHVDC transmission control and protection system[J]. Telecom Power Technology, 2019,36(12):36-37.
- [2] 殷嘉伟,王天宇,张俊伟. 基于通讯规约选择与实现的变电站自动化改造[J]. 机电信息,2017(33):33-35.  
YIN Jiawei, WANG Tianyu, ZHANG Junwei. Substation automation transformation based on communication protocol selection and implementation[J]. Mechanical and Electrical Information, 2017(33):33-35.
- [3] ZHANG Baohui, HAO Zhiguo, BO Zhiqian. New development in relay protection for smart grid[J]. Protection and Control of Modern Power Systems, 2016(1):14.
- [4] 运动设备及系统,第5部分:传输规约,第103篇:继电保护设备信息接口配套标准:DL/T 667—1999[S].  
Telecontrol equipment and systems, part5: transmission protocols, section 103 companion: standard for the information interface of protection equipment: DL/T 667—1999[S].
- [5] 高同亮. 基于 IEC 60870-5-103 标准的微机继电保护串行通讯研究[J]. 通讯世界,2015(24):254.  
GAO Tongliang. Research of microcomputer relay protection serial communication based on IEC 60870-5-103 standard[J]. Telecom World, 2015(24):254.
- [6] 李鹏,范三龙. 基于 IEC 60870-5-103 规约扩展的牵引供电实时负荷录波设计与实现[J]. 电气技术,2015(10):117-119.  
LI Peng, FAN Sanlong. Design and implementation of real-time load recording for traction power supply based on IEC 60870-5-103 protocol extension[J]. Electrical Engineering, 2015(10):117-119.
- [7] 冯利虎,时谊,丘慧龙,等. 电力系统通信规约库抽象设计与实现[J]. 测控技术,2018,37(7):119-122,125.  
FENG Lihu, SHI Yi, QIU Huilong, et al. Abstract design and implementation of power system communication protocol library[J]. Measurement & Control Technology, 2018, 37(7):119-122,125.
- [8] 金鑫. 高压直流输电系统极控信号通信网络可靠性分析[J]. 电力系统保护与控制,2015,43(12):110-116.  
JIN Xin. Reliability analysis on HVDC pole control signal transmission network[J]. Power System Protection and Control, 2015,43(12):110-116.
- [9] 严春香,席颖颖,翟鹏举,等. 一起特高压直流输电工程控制保护装置通信故障的分析及处理[J]. 电气工程学报,2019,14(1):21-25.  
YAN Chunxiang, XI Yingying, ZHAI Pengju, et al. Analysis and treatment of communication failure of UHVDC transmission project control protection device[J]. Journal of Electrical Engineering, 2019, 14(1):21-25.
- [10] 张磊,陈宏君,吴相楠,等. 基于扩展 103 规约的保护装置通信与调试系统设计[J]. 电力系统保护与控制,2015,43(21):126-130.  
ZHANG Lei, CHEN Hongjun, WU Xiangnan, et al. Design of communication and debugging system for protection device based on extended 103 protocol[J]. Power System Protection and Control, 2015, 43(21):126-130.
- [11] 姬希娜,浮明军,杨生苹. 国家电网以太网 103 规约测试工具的设计与实现[J]. 测控技术,2016,35(12):114-117.  
JI Xina, FU Mingjun, YANG Shengping. Design and realization of state grid ethernet 103 protocol test tool[J]. Measurement & Control Technology, 2016, 35(12):114-117.
- [12] 李豪,吴方林,严浩,等. 以太网 103 与 IEC 61850 双网实现方案对比分析[J]. 自动化应用,2016(9):12-14,21.  
LI Hao, WU Fanglin, YAN Hao, et al. Comparative analysis of dual network implementation scheme between Ethernet 103 and IEC 61850[J]. Automation Application, 2016(9):12-14,21.
- [13] 胡欢,王国玉,曾丽丽,等. 双系统双网络通道架构下的 HVDC 冗余网络通讯故障检测与控制策略研究[J]. 电力系统保护与控制,2015,43(15):103-110.  
HU Huan, WANG Guoyu, ZENG Lili, et al. Communication fault detection and control research in dual system with dual network channel architecture of HVDC control and protect system[J]. Power System Protection and Control, 2015, 43(15):103-110.
- [14] 岳亚菲,胡欢,沈开奎,等. 高压直流输电控制保护系统测控装置联锁图形化二次编程功能研究[J]. 电力系统保护与控制,2016,44(24):123-129.  
YUE Yafei, HU Huan, SHEN Kaikui, et al. Research on interlock schematic second programmable function in measurement & control device of control and protection system for HVDC[J]. Power System Protection and Control, 2016, 44(24):123-129.
- [15] 谭良良,陈宏君,张磊,等. 支持 IEC 61131-3 标准的编程软件设计[J]. 工业控制计算机,2019,32(6):1-3.  
TAN Liangliang, CHEN Hongjun, ZHANG Lei, et al. Design of programming software supporting for IEC 61131-3 standard[J]. Industrial Control Computer, 2019, 32(6):1-3.
- [16] 汪玲彦. 可视化编程在电力系统保护技术中实现[J]. 电工技术,2018(16):83-85.  
WANG Lingyan. Realization of visual programming in power system protection technology[J]. Electric Engineering, 2018(16):83-85.
- [17] 张凯,杨涛. 基于 IEC 61131-3 标准的软 PLC 开发系统的研究与实现[J]. 制造业自动化,2018,40(11):123-126.  
ZHANG Kai, YANG Tao. Research and implementation of soft PLC development system based on IEC 61131-3 standard[J]. Manufacturing Automation, 2018, 40(11):123-126.
- [18] 张玉姣,卓怀忠,沈开奎,等. 基于 IEC 61131-3 标准的 ST

转化为 IL 语言的设计与实现[J]. 自动化与仪表, 2016, 31(9): 74-76.

ZHANG Yujiao, ZHUO Huaizhong, SHEN Kaikui, et al. Design and implementation of ST to IL language based on IEC 61131-3 standard[J]. Automation & Instrumentation, 2016, 31(9): 74-76.

[19] 康永玲. 基于 IEC 61131-3 标准的嵌入式软 PLC 的应用[J]. 煤矿机电, 2018(4): 44-47, 50.

KANG Yongling. Application of embedded soft PLC based on IEC 61131-3 standard[J]. Colliery Mechanical & Electrical Technology, 2018(4): 44-47, 50.

[20] 刘亮亮, 沈泽明, 杨启. 浅谈网络 103 规约在监控系统中应用优势及存在的问题[C]//中国电机工程学会. 中国电机工程学会电力系统自动化专业委员会 2012 年学术交流会. 厦门, 中国, 2012: 1-5.

LIU Liangliang, SHEN Zeming, YANG Qi. Brief discussion about the application advantages and problems of network 103 protocol in monitoring system [C]//Chinese Society of Electrical Engineering (CSEE). 2012 Automation of Electric Power Systems Committee Conference on Chinese Society of Electrical Engineering (CSEE). Xiamen, China, 2012: 1-5.

作者简介:



岳亚菲

岳亚菲(1988), 女, 硕士, 工程师, 从事高压直流输电控制保护装置研发工作(E-mail: yueyafei\_xj@163.com);

胡欢(1981), 男, 硕士, 高级工程师, 从事电力系统自动化装置研发工作;

于海(1982), 男, 硕士, 高级工程师, 从事高压直流输电控制保护设备软件平台研发工作。

## Design of Ethernet 103 dual network communication in HVDC based on graphical programming

YUE Yafei, HU Huan, YU Hai, ZENG Lili, HAO Junfang, LI Zhengxiang

(XJ Electric Co., Ltd., Xuchang 461000, China)

**Abstract:** In order to achieve the fast and reliable data interaction between HVDC control and protection system and protect information substation, an Ethernet 103 dual network communication method in HVDC based on graphical programming is proposed. The method extends the serial port 103 communication defined by IEC 60870-5-103 standard, and proposes the Ethernet 103 dual network communication scheme to improve the real-time and reliability of communication. In addition, the method separates the application program from the underlying communication procedures, and uses the standard IEC 61131 graphical design language to develop a graphical programming method for the integration of highly encapsulated underlying communication processing module and user function module, the software programming is easy and efficient, system running and debugging information can be on-line monitoring. The experimental data of project such as Xilingol League-Taizhou project and Zhalute-Qingzhou project shows that the method has characteristics of high reliability, fast development progress, convenient operation and maintenance. Also it has an important application value to achieve the fast and reliable data interaction between control and protection system and protect information substation.

**Keywords:** high voltage direct current (HVDC); control and protection system; Ethernet 103; dual network communication; graphical programming

(编辑 方晶)