

应用于电网故障信息关联的以太网通信协议

唐喜, 孟岩

(北京四方继保自动化股份有限公司 研发中心, 北京 100085)

摘要: 电网故障信息关联的以太网通信协议扩展了 IEC 60870-5-103 协议, 将 IEC 60870-5-103 协议采用 RS-485 通信方式扩展为以太网通信方式, 链路层采用 IEC 60870-5-104 模式, 将故障时刻的录波、事故报告、定值、压板设置、开关变位、版本号等信息关联起来, 提出“通用文件传输”模式, 采用“滑动窗口”技术, 智能识别文件简报信息, 消除不同智能电子设备(IED)厂家故障信息的个性问题, 减轻故障信息系统子站拼接故障信息的负担。故障信息传输简单、高效, 故障信息中的录波、定值等无需配置。

关键词: 故障信息关联; 以太网通信协议; 通用文件传输; 滑动窗口

中图分类号: TM 727

文献标识码: A

文章编号: 1006-6047(2006)09-0061-04

1 变电站自动化系统结构^[1-6]

随着电力系统规模的扩大, 能够准确分析、定位电力系统故障的原因尤为重要, 如今智能电子设备(IED)厂家很多, 不同厂家 IED 与后台监控采用 IEC 60870-5-103 协议(简称 103 协议)^[4]通信, 受 103 协议的限制, 故障信息系统子站(简称子站)搜集的故障信息不完整, 电网故障信息关联的以太网通信协议(简称 103 扩展协议)提出采用面向对象的思想, 对故障信息进行建模, 间隔层与监控层乃至调度中心均采用以太网通信, 网络拓扑如图 1 所示, 故障信息传输兼容扰动数据传输方式, 采用基于应用服务数据单元(ASDU)的通用文件传输模式^[4-6]。

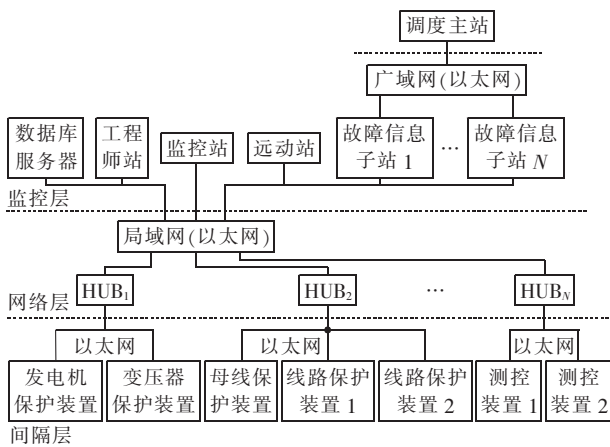


图 1 变电站自动化系统主要结构拓扑

Fig.1 Topology of substation automation system

为保证信息传输的实时性, 信息传输的目标方案为数据网络传输。103 协议适用于传输 IED 信息,

但该协议只规定采用 RS-485 串行通信方式, 而没有规定采用网络通信方式时如何处理。考虑到网络方式和串行方式下通信的差异, 故障信息系统对通信实时性的要求, 并考虑到实现的方便, 103 扩展协议规定: 在网络方式时采用 TCP/IP, 通信链路采用 IEC 60870-5-104 协议(简称 104 协议)^[5], 其应用层报文包含应用规约控制信息(APCI)^[5], 示意图如图 2 所示(图 2 仅为示意说明, 不代表实际的网络配置或控制系统、IED 软件实现)。

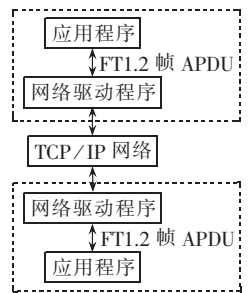


图 2 一般体系结构
Fig.2 General system structure

2 链路层/网络层说明

控制系统与 IED 之间的通信应遵循以下约定^[4-10]。

2.1 链路层说明

网络方式下, 链路层传输由底层网络 TCP/IP 协议子集(RFC 2200)实现, 不在本规范范围内。采用电力数据网(TCP/IP)通信时, 网络通信规则是:

- a. 控制系统与 IED 之间使用 TCP 协议交换信息;
- b. 控制系统作为连接的客户端, IED 作为连接的服务器端(监听者);
- c. 使用 TCP 连接的端口号应是可配置的, 在缺省情况下使用 104 协议标准中经互联网编号分配管理机构(IANA)确认的端口号 2404。

2.2 通信异常处理

控制系统与 IED 间的通信异常主要有 2 种情况。

- a. 控制系统出现异常。此时, 不管 IED 是否回答, 均认为通信异常。需要等待控制系统恢复后重

新经过初始化过程方可认为通信正常。

b. 链路或 IED 出现异常。此时, TCP 连接已断开。控制系统不断连接(connect)IED, 直至重新建立 TCP 连接。在 TCP 连接建立后, 重新初始化过程。

3 协议实现

3.1 公共协议解析

103 协议传输帧格式采用 FT1.2 帧格式^[4], 固定帧长帧由启动字符(10 H)、控制域(C)、地址域(A)、帧校验和(CS)、结束字符(16 H)组成; 可变帧长帧(2 个启动字符为 68 H), 除包含固定帧长帧的元素外还包括链路服务数据单元(LSDU)^[5](由于应用规约控制信息未用, LSDU=ASDU)和长度域(L), 如图 3、4 所示。

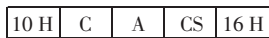


图 3 固定帧长帧格式

Fig.3 Fixed transmission frame

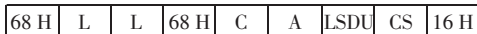


图 4 可变帧长帧格式

Fig.4 Variable transmission frame

3.2 通用录波文件传输协议解析

当电网发生故障时, IED 应将故障时的报告、录波、定值、压板、开关变位、版本号等打包上送到控制系统, 采用通用文件传输格式将故障时的所有信息关联起来, 数据交换流程如图 5 所示。

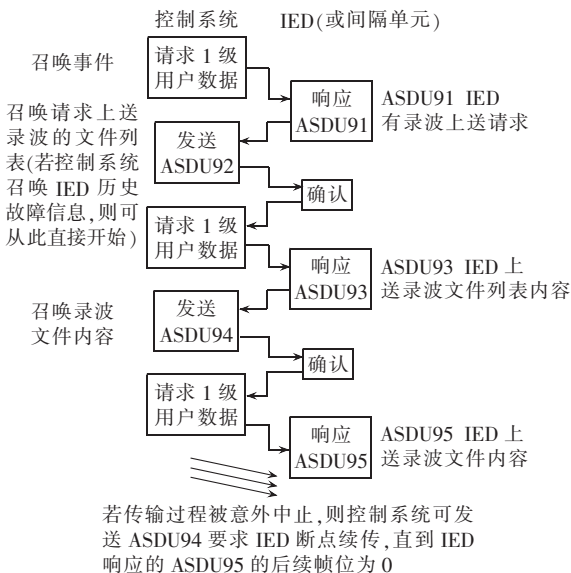


图 5 控制系统与 IED 通用文件传输流程

Fig.5 Flowchart of general file communication between control system and IEDs

此外, 控制系统也可先通过召唤获得某段时间内的故障录波文件列表, 再从列表中选定要召唤的文件, IED 将被选文件打包上送。下面解析具体协议帧格式。

IED: ASDU91 (上送故障录波数据传输请求), IED 上送录波文件如表 1 所示。

表 1 IED 故障录波数据上送请求

Tab.1 IED quests for sending up fault wave recordings

内 容	说 明
	未使用字节补 0
文件 1 长度 (4 字节, 低字节在先)	
...	...
文件 n 名称(含扩展名)	字符串, 共 40 个字节 未使用字节补 0
文件 n 长度 (4 字节, 低字节在先)	

表 1 作如下说明:

- 后续位标志, 为 0, 表示 ASDU93 传输完毕;
 - 控制系统通过召唤获得录波文件列表后, 可从列表中选择 1 个或多个文件并通过命令 ASDU92 召唤获得录波文件;
 - 文件名命名规则, IED 地址+CPU 号+CP 56 Time2a+扩展名, 如 110120051208101532500.dat。
- 控制系统: ASDU94 召唤录波文件内容如表 2 所示。

表 2 控制系统召唤录波文件列表

Tab.2 Control system calls for file lists

内 容	十六进制	内 容	说 明
类型标识(TYP)	5E H	返回信息标识符(RII)	
可变结构限定词(VSQ)	81 H	含扩展部分	字符串, 共 40 个字节, 未使用字节补 0
传送原因(COT)	00(未用)	ASDU 地址	起始传输位置 (4 字节整数, 低字节在先)
ASDU 地址		功能类型(FUN)	FF H
信息序号(INF)	00 H	ASDU 地址	00 H

IED: ASDU95 上送录波文件内容如表 3 所示。

表 3 IED 上送录波文件列表

Tab.3 IED sends up file lists

内 容	十六进制	内 容	十六进制
类型标识	5F H	可变结构限定词(VSQ)	81 H
可变结构限定词(VSQ)	81 H	传送原因(COT)	00(未用)
传送原因(COT)	00(未用)	ASDU 地址	
ASDU 地址		功能类型(FUN)	FF H
功能类型(FUN)	FF H	信息序号(INF)	00 H
信息序号(INF)	00 H	返回信息标识符(RII)	
返回信息标识符(RII)		故障时间(CP 56 Time 2a)	
后续位标志		故障序号	
类型标识(TYP)	5B H	电网故障序号	

控制系统: ASDU92 调文件列表如表 4 所示。

表 4 控制系统召唤录波文件内容

Tab.4 Control system calls for the contents of a file

内 容	十六进制	内 容	十六进制
类型标识(TYP)	5C H	信息序号(INF)	00 H
可变结构限定词(VSQ)	81 H	返回信息标识符(RII)	
传送原因(COT)	00(未用)	查询起始时间(CP56Time2a)	
ASDU 地址		查询终止时间(CP56Time2a)	
功能类型(FUN)	FF H		

注意:ASDU 92 也可用于召唤历史录波,如果“查询起始时间”等于“查询终止时间”等于装置 ASDU 91 上送的“故障时间”,则表明控制系统在召唤 IED 的当前录波;如果“查询起始时间”不等于“查询终止时间”,则表明控制系统在召唤 IED 历史录波。

IED:ASDU 93(上送文件列表内容,多帧报文通过后续位标志标识)如表 5 所示。

表 5 IED 上送录波文件内容

Tab.5 IED sends up the contents of a file

内 容	十六进制码	内 容	说 明
类型标识	5D H	返回信息标志符(RII)	
可变结构限定词(VSQ)	81 H	后续位标志 本帧包含文件数	
传送原因	90H 上送当前录波;91H 上送历史录波	查询起始时间(CP56Time2a) 查询终止时间(CP56Time2a)	
ASDU 地址		文件 1 名称 (含扩展名)	字符串,共 40 个字节
功能类型(FUN)	FF H	文件名(含扩展名)	
信息序号(INF)	00 H	起始传输位置 (4 字节,低字节在先) 文件数据	...

下面补充几点说明。

- a. 录波文件名中含扩展部分的文件名称。
- b. 当后续位标志为 0,表示 ASDU95 传输完毕。
- c. IED 上送时把“文件数据”分成多块,每帧送 1 块,且每帧中都标明本帧数据在整个“文件数据”中的“起始传输位置”(以字节为单位)。如:召唤命令中文件名为 20010203143254;IED 需上送的 3 个文件为 20010203143254.HDR,200 字节;20010203143254.CFG,200 字节;20010203143254.DAT,12 000 字节;这样,全部“文件数据”包大小=200+200+12 000+40(文件名)+7(时标)+3*(1+4)=12 422 字节。

假设每帧可以送 200 个字节的文件数据,则第 1 帧 起始传输位置=0,“文件数据”部分为 200 字节;
第 2 帧 起始传输位置=200,“文件数据”部分为 200 字节;
⋮
第 62 帧 起始传输位置=12 200,“文件数据”部分为 200 字节;
第 63 帧 起始传输位置=12 400,“文件数据”部分=12 422-12 400=22 字节。

控制系统在收到所有帧后拼装完整再进行分析处理。

- d. 断点续传。由上文可知,如果传输过程中出现丢帧等差错,则控制系统无法拼装出完整的文件,而且从头开始再召唤也是很现实的,因此,控制系统可以只召唤丢失部分,即在召唤命令中指明起始传输位置。如上例中假设丢失第 8 帧,则控制系统发现丢帧后发出召唤命令 ASDU 94,其中起始传输位

置=1 400,控制系统把第 8 帧报文再次上送。

3.3 通用文件传输说明

采用 103 协议模式,按通用分类服务面向文件传输,新增 ASDU 传输通用文件模式,通用文件包括以下几种:COMTRADE 头文件(.HDR);COMTRADE 配置文件(.CFG);COMTRADE 数据文件(.DAT);定值文件(.SET);事故报告文件(.EVT);版本号文件(.VER);压板状态、设备文件(.YBS)。

如果不同 IED 厂家有不同需求可扩展文件类型,文件传输采用“黑匣子”作法,通用文件格式如下定义。COMTRADE 文件格式采用 99 标准;定值文件(.SET)格式为[定值序号]\t[定值数值]\t[定值名称]\t[量纲]\t[定值下限]\t[定值上限]\t<CR/LF>。

样例:控制系统读取此定值文件以列表形式显示,如表 6 所示。

表 6 定值文件格式

Tab.6 Format of setting file

定值序号	定值数值	定值名称	量纲	定值下限	定值上限
1	00EC	距离控制字		0000 H	FFFF H
2	0.2	突变量电流定值	A	0.010	20.000
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

事故报告文件(.EVT)格式如下:[动作时间]\t[事件名称]\t[绝对时间]\t[事件参数]\t<CR/LF>。

样例:控制系统读取此事故报告文件以列表形式显示,如表 7 所示。

表 7 事故报告文件格式

Tab.7 Format of event report file

动作时间/ms	事件名称	绝对时间	事件参数
9	分相差动出口	2005-05-10 11:30:7.358	$I_A=2.500 A$ $I_B=0.027 A$ $I_C=0.027 A$
14	I 段阻抗出口		$X=0.340 \Omega$ $R=0.070 \Omega$

说明:绝对时间的显示格式为年-月-日,时-分-秒·毫秒;动作时间单位为 ms 或 s,其他内容以字符串表示,便于控制系统将不同 IED 故障信息时间匹配。

版本号文件(.VER):[装置名称]\t[版本号]\t[日期]\t[软件 CRC]\t[配置 CRC]\t<CR/LF>。

样例:控制系统读取此版本号文件以列表形式显示,如表 8 所示。

表 8 版本号文件格式

Tab.8 The format of version file

装置名称	版本号	日期	软件 CRC	配置 CRC
CSC103A	V1.15	2005.03	F 716	B 757

说明:以上内容均以字符串形式表示,缺省内容以单个空格表示。

压板状态文件(.YBS)格式如下:[压板名称]\t[软压板状态]\t[总压板状态]\t<CR/LF>。

样例:控制系统读取此压板状态文件以列表形

式显示,如表9所示(以软、硬压板串联为例)。

表9 压板文件格式

Tab.9 The format of enable pin state file

压板名称	软压板状态	总压板状态
距离 I 段压板	投	投

说明:以上内容均以字符串形式表示,缺省内容以单个空格表示。

4 结语

103 扩展协议首次实现了 103 协议的以太网通信规范,将故障信息关联起来,采用通用文件传输模式,增加 103 协议召唤历史录波功能,软件容易实现,故障信息完整、传输效率高。为电网故障诊断提供了有力的帮助,协议推广后必将带来巨大的社会效益和经济效益,促进电力行业的发展。

参考文献:

- [1] 王延安,张继忠,于朝辉,等. 基于 IEC 60870-5-103 的变电站多子站仿真测试系统设计[J]. 电力自动化设备, 2005, 25(9): 73-76, 79.
- [2] 胡明,周全林,柳凤凤,等. 变电站自动化系统采用 IEC 60870-5-103, 104 协议的优势[J]. 继电器, 2003, 31(5): 62-64.
- [3] 廖泽友,蔡运清. IEC 60870-5-103 和 IEC 60870-5-104 协议应用经验[J]. 电力系统自动化, 2003, 27(4): 66-68.
- [4] IEC. IEC 60870-5-103 Transmission protocols—companion standard for informative interface of protection equipment[S]. Geneva, Switzerland: International Electrotechnical Commission, 1997.
- [5] IEC. IEC 60870-5-104 Transmission protocols—network access for IEC 60870-5-101 using standard transport profiles[S]. Geneva,

- Switzerland: International Electrotechnical Commission, 2000.
- [6] IEC. IEC 60870-5-3 General structure of application data[S]. Geneva, Switzerland: International Electrotechnical Commission, 1992.
- [7] IEC. IEC 60870-5-2 Link transmission procedures[S]. Geneva, Switzerland: International Electrotechnical Commission, 1992.
- [8] MELIPOULOS A P S, GEORGE J, COKKINIDES A. Virtual environment for protective relaying evaluation and testing[J]. IEEE Trans on Power Systems, 2004, 19(1): 104-111.
- [9] LARSSON M. ObjectStab—an educational tool for power system stability studies[J]. IEEE Trans on Power Systems, 2004, 19(1): 56-63.
- [10] VOURNAS C D, POTAMIANAKIS E G, MOORS C, et al. An educational simulation tool for power system control and stability[J]. IEEE Trans on Power Systems, 2004, 19(1): 48-55.
- [11] 丁俊健, 陆于平. COMTRADE99 版新标准在大型发变组故障录波分析软件中应用研究[J]. 电力自动化设备, 2001, 21(11): 22-24.
- [12] 陈生贵, 卢继平, 王维庆. 电力系统继电保护[M]. 重庆: 重庆大学出版社, 2003.
- [13] 廖泽友, 连湛伟, 柳凤凤. 继电保护故障信息处理系统通信方案的工程实现[J]. 电力系统自动化, 2004, 28(4): 78-80, 87.
- [14] 吴在军, 胡敏强, 杜炎森. 嵌入式以太网在变电站通信系统中的应用[J]. 电网技术, 2003, 27(1): 71-75.

(责任编辑: 汪仪珍)



唐 喜

作者简介:

唐 喜(1979-), 男, 吉林松原人, 工程师, 主要从事电力系统通信、电力系统规约和电力系统软件组件方面的科研工作(E-mail: tangxi3721@sf-auto.com);

孟 岩(1979-), 女, 辽宁锦州人, 工程师, 主要从事电力系统高压及超高压的继电保护科研工作(E-mail: mangyan@sf-auto.com)。

Network communication protocol for association of power network fault information

TANG Xi, MENG Yan

(Research & Develop Center, Beijing Sifang Automation Co., Ltd., Beijing 100085, China)

Abstract: The network communication protocol for association of power network fault information is the extended IEC 60870-5-103 protocol from RS-485 to Ethernet communication mode, and its link layer adopts IEC 60870-5-104 protocol. It collects all the associated fault information, such as fault wave recording, event report, settings, enable pin states, change of state and versions. It puts forward “general file transmission” mode, adopts “glide windows” technique and identifies the abstract information of file to avoid the individual issues of different IED(Intelligent Electronic Device) suppliers and relieve the fault information integration in substations. The fault information transmission is simple and efficient, and no configuration is needed for wave recording and setting.

Key words: fault information association; communication protocol of Ethernet; general file transmission; glide windows