

负控规约测试系统的设计

王丽丽¹, 郭传铁², 祁兵¹

(1. 华北电力大学电气与电子工程学院, 北京 102206; 2. 营口供电公司通信所, 辽宁 营口 115000)

摘要: 作为电力负荷管理系统的核心, 负荷控制系统对整个电力部门起着至关重要的作用。提出了一套完整的针对电力负荷管理系统中负控规约的测试方法, 分三层对负控终端的通信情况进行测试, 来检测终端的通信软件的运行是否严格符合国家电网公司的数据传输规约。实际测试运行表明, 该测试系统运行可靠, 可作为测试其它通信规约的通用架构, 具有一定的通用性。

关键词: 负荷管理; 负控规约; 负控终端; 测试方法; 数据传输规约

Design for test system of the load control protocol

WANG Li-li¹, GUO Chuan-tie², QI Bing¹

(1. School of Electronic and Electric Engineering, North China Electric Power University, Beijing 102206, China;
2. Communications Center, Yingkou Electric Power Company, Yingkou 115000, China)

Abstract: As the core of power load management system, load control system plays a significant part in power department. A complete set of test method for the load control statute in power load management system is presented in this paper, and the communication status of load control terminal is tested by three levels. The test result can detect whether the communication software of the terminal can operate strictly complying with the data transmission protocol of the State Grid Corporation. The actual test shows its reliability and good versatility as it can be used as a common communication protocol framework.

Key words: load management; load control protocol; load control terminal; test method; data transmission protocol

中图分类号: TM76 文献标识码: A 文章编号: 1674-3415(2009)20-0108-05

0 引言

随着技术的发展和现代化管理的不断深入, 新一代的电力负荷管理系统在传统负荷管理系统的基础上进行了功能扩展, 最重要的是实现了用电管理的智能化。而作为整个新一代电力负荷管理系统中最为核心的部分——负荷控制终端, 却在整个系统中起着至关重要的作用。国家为了对负荷管理系统进一步规范化, 推行了《电力负荷管理系统数据传输规约-2004[M]》规约^[1], 同时也要求终端设备与主站的通信规约严格支持规约中的规定。负控终端与主站之间是否能够正常通信, 及时把数据上传十分重要。这其中的关键技术除了终端与主站之间所采用何种通信方式有关, 还与终端自身通信软件的质量密切相关。所以有必要研究一种合理的手段和科学的方法对终端发送的数据进行测试, 检测终端发送的数据帧是否严格符合规约中的标准。

虽然协议测试在国内外一直是研究的重点和

热点, 但是在负控规约测试上研究的却不多。本文根据一致性测试方法设计了一套完整的负控规约的测试方法, 主要是测试终端的数据传输是否严格符合负控数据传输规约的要求; 按照物理层、链路层和应用层三层完成了其 13 种应用报文的测试, 以及终端的可能通信操作。

1 系统分析与设计

1.1 系统分析

电力负荷管理系统数据传输规约-2004[M]是负控终端与主站之间正常通信的准则, 也是对负控规约的测试的指导, 经分析知道, 电力负荷管理系统中主站和终端之间进行数据传输采用 GB/T18657.1 的 6.2.4FT1.2 异步式传输帧格式, 定义如表 1 所示。

负控数据帧可分为三个组成部分: 固定长度的报文头、用户数据区和帧尾。报文头由 6 个字节组成。其中第一和第六字节为固定的帧头标识符 (68H), 其第二、第三字节为除去帧头、帧尾外用

户数据区的总长度, 四、五字节与二、三字节内容相同。这样做的目的是为了增加数据帧的抗错能力。用户数据区由控制域、地址域和链路用户数据组成。其中控制域与地址域为固定的字节长度, 而链路用户数据则根据不同的应用报文有不同的内容和长度。最后帧尾包含了效验和 CS, 它是用户数据区八位位组的算术合, 不考虑进位的结果。用于接收时对数据帧进行的差错效验。最后一个字节为固定的帧尾标识符 (16H)。

表 1 异步式传输帧格式

Tab.1 Asynchronous transmission frame format

起始字符 (68H)	↑	固定长度的报文头
长度L		
长度L		
起始字符 (68H)	↓	
控制域C	控制域	用户数据区
地址域A	地址域	
链路用户数据	链路用户数据 (应用层)	
校验和CS	帧校验和	
结束字符 (16H)		

国家规定的规约即是对测试系统的指导, 所以测试规约的方法采用一致性测试。一致性测试主要测试协议实现是否严格遵循相应的协议标准, 其目的在于测试给定协议的实现是否符合协议规范, 即使协议的规范本身存在着某种设计错误, 按照这种错误的设计去实现的协议也是可以通过一致性测试的。也就是说, 一致性测试失败只可能是协议实现出现了和规范不一致的地方。所以一致性测试的目标是保证实现和标准的一致性^[2]。这也是负控规约测试系统所需要的, 按照国家规约要求来对终端发送的数据进行测试, 检测终端发送的数据帧是否符合电力负荷管理系统数据传输规约-2004[M]。

1.2 总体设计方案

测试系统主要由前端接口和后端 PC 机上的测试分析软件组成。规约使用的物理通道的选择是很多的, 一般串口和红外通道可以作为测试使用, 在本测试系统中, 为了保证数据的有效性, 选用通过串口进行测试。其结构见图 1。

前端接口部分完成物理层和部分链路层测试, 后端 PC 分析测试软件完成部分链路层和应用层测试, 并完成相应测试用例的产生和发送。前端接口与 PC 之间采用 RS232 串口连接, 接口与负控终端之间同样采用 RS232 串口连接。

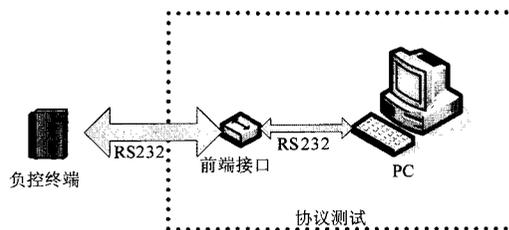


图 1 测试系统结构图

Fig.1 Structure of the test system

根据串行口通信协议和规约要求, 测试分配任务为: 物理层测试串行口两字节间的不定时长、数据帧两帧之间的间隔测试、每个字节的奇偶效验; 链路层主要包括帧头的起始字符和长度 L、效验和 CS 和结束字符; 由于控制域和地址域与具体的用户数据有关, 所以其测试放在应用层测试中完成。在应用层测试中给出测试用例, 测试用例是依据负控规约的 13 种功能帧。

对负控规约的测试分为: 物理层测试、数据链路层测试和应用层测试。测试流程见图 2。

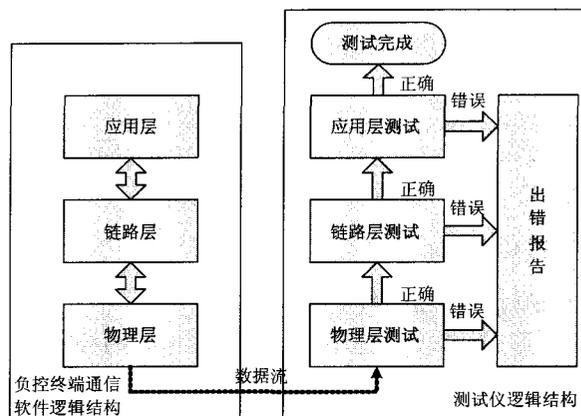


图 2 测试流程图

Fig.2 Testing process

因为不能直接测试负控终端的链路层与应用层, 所以只能从负控终端的最下层, 物理层间接的测试其上层协议。测试用例全部来源于应用层, 通过向终端的应用层发送测试用例来测试终端返回的 PDU (协议数据单元) 是否满足一致性的需求。但是这种对返回 PDU 的测试是逐层递增的, 也就是说从物理层起, 链路层一直到应用层。其中某一层出现错误或者不适合都将终止测试过程。在测试完成后, 测试仪把测试的情况显示在测试界面上 (正确、哪一层错误或者不适合)。

2 硬件结构

测试装置前端接口电路核心为一片 AT89C51 单片机，主要完成数据的接收、转发和物理层的测试功能。其通过 SC16C550 扩展一个串口，实现双串口的结构。串口一端连接终端，一端连接 PC。接口将收到的数据暂存在 SRAM 中。

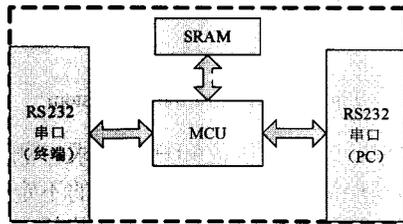


图 3 接口模块原理框图

Fig. 3 Interface module functional block diagram

AT89C51 单片机只带有一个串口。但是整个接口模块需要同时和终端、PC 通信，所以需要在原有串口的基础上扩展一个新的串口。因此采用 SC16C550 芯片实现串口扩展。SC16C550 一端与单片机 P0 口连接，另一端连接 SP3232 电平转换电路。这就实现了使用单片机并口扩展一个串口的目的。由于单片机和 SC16C550 芯片的串口输入、输出都是用的 TTL 电平，而 RS232 的电平为正负 15 伏之间，这就需要一种电路来实现电平的转换。在此设计中采用了 SP3232 芯片来实现这种转换。一片 SP3232 芯片可提供两路串口电平转换。

3 软件结构

3.1 前端接口模块软件设计

前端接口模块程序主要完成数据帧的接收、定界和转发，同时进行物理层的各项测试，包括串口两字节间不定时长的测量、接收字节的奇偶效验和两帧间间隔的判定。前端接口模块程序主要包括：SC16C550 驱动程序、数据帧接收定界程序和串口两字节间不定时长的测量程序^[3]。主程序如图 4 所示。

SC16C550 的控制程序主要是指芯片的驱动程序。包括以下几个功能函数：芯片初始化、波特率设置、数据发送和数据接收。SC16C550 的初始化主要是对其内部寄存器进行相应的设置，如：波特率选择、数据位和效验位选择、模式选择、中断使能等等。波特率设置主要是根据需要进行选择合适的通信速率，本设计中使用 4 800 bps。不应设置过高，否则误码率会增大。数据发送和接收就是将要发送的数据按字节写入 SC16C550 相应的发送和接收寄存器。

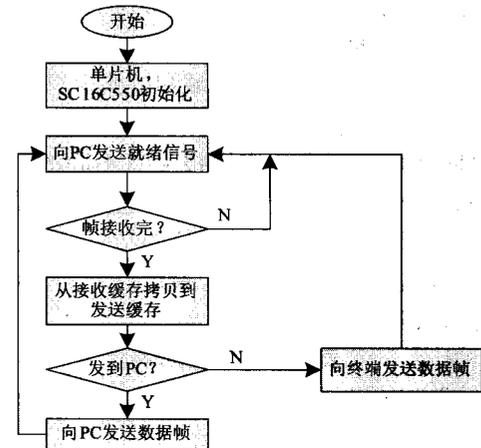


图 4 主程序流程图

Fig.4 Main program flowchart

对负控规约所规定的的数据帧（见表 1 帧结构及传输规则）的接收采用了逐个状态递增的方法。具体为将帧的接收分为 3 个同步状态：帧头第一个 68H 的搜索、帧头第二个 68H 的搜索和帧尾 16H 搜索。当以上三个状态都通过后，程序就认为找到了一帧数据。若其中任一状态不满足，立即返回到第一状态重新搜索。这样就可以在一串数据流中找出完整的一帧数据而不会发生错帧、丢帧等现象。

这种算法具体采用循环队列来实现。循环队列用于数据的同步，若为所需要的就拷贝到接收缓存（自定义的数据存放区），否则就出队列丢弃掉。这样做可以有效地避免帧碎片的干扰。帧定界函数流程图见图 5。

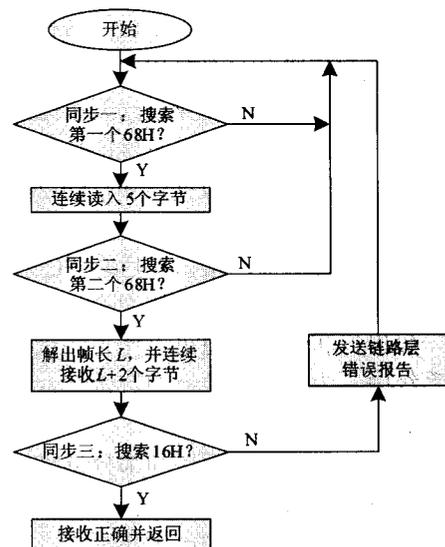


图 5 帧定界函数流程图

Fig.5 Frame-bound function flowchart

3.2 后端 PC 测试分析软件设计

PC 上的程序是在 VC++ 基于 MFC 对话框的基础上开发的。主要包括串口通信程序和测试分析程序两部分。串口程序部分主要完成与前端接口间数据的接收和发送, 包括十六进制收发, 和接收发送数据的显示; 测试分析程序主要完成数据帧的判定接收, 链路层的部分测试 (效验和 CS) 和应用层的测试以及测试结果的显示。

4 测试说明

表 2 功能帧格式

Tab.2 Function frame format

68H
L
L
68H
C
A
AFN=?
SEQ
数据单元标识1
数据单元1
.....
数据单元标识 n
数据单元 n
EC
TP
CS
16H

负控数据帧根据 AFN 的不同一共分为 13 种功能帧, 分别是: 确认/否认 (AFN=00H)、复位命令 (AFN=01H)、链路接口检测 (AFN=02H)、中继站命令 (AFN=03H)、设置参数 (AFN=04H)、控制命令 (AFN=05H)、查询参数 (AFN=0AH)、任务数据查询 (AFN=0BH)、请求 1 类数据 (AFN=0CH)、请求 2 类数据 (AFN=0DH)、请求 3 类数据 (AFN=0EH)、文件传输 (AFN=0FH) 和数据转发 (AFN=10H)。

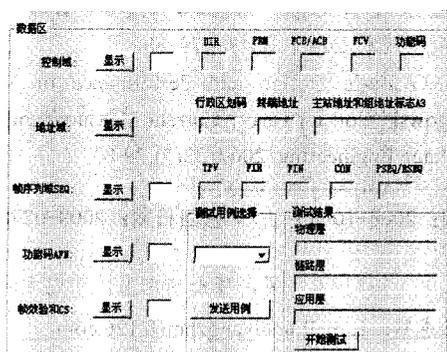


图 6 测试分析程序界面

Fig.6 Interface of test analysis program

测试系统向负控终端发送命令, 终端按照规约的规定, 向主站发送所要查询的数据。

测试系统框图和参见上文的系统框图, 下面结合测试用例 1 说明。

测试用例: 测试确认 / 否认帧 (AFN=00H)。

测试仪向负控终端发送复位命令 (AFN=01H), 终端返回确认 / 否认命令。此复位命令根据数据单元标识分为: F1 发硬件初始化; F2 数据区初始化; F3 参数及全体数据区初始化。无数据单元。

测试组合为: {a1 复位命令不带附加信息域; CON=1。a2 复位命令带附加信息域; 包含 TP 和正确的 PW, CON=1。a3 复位命令带附加信息域; 包含 TP 和错误的 PW, CON=1。}

对返回数据帧的测试:

a) 控制域 C

DIR=1; 此时数据从终端来, 为上行方向。

PRM=0; 此报文来自从动站。

ACD=0; 表示无重要事件等待访问, 测试附加信息域中是否不包含 EC。

ACD=1; 则表示有重要事件等待访问, 测试附加信息域中的 EC。

功能码=0; 注: 认可。

b) 地址域 A

表 3 地址域

Tab.3 Address field

地址域	数据格式	字节数
行政区划码 A1	BCD	2
终端地址 A2	BIN	2
主站地址和组地址标志 A3	BIN	1

行政区划码 A1 和设置是否一致。

终端地址 A2 和设置是否一致。

主站地址和组地址标志 A3 和设置是否一致。

c) 应用层功能码 AFN=00H

d) 帧序列 SEQ

表 4 帧序列 SEQ

Tab.4 Frame sequence

D7	D6	D5	D4	D3-D0
TpV	FIR	FIN	CON	PSEQ/RSEQ

TpV=0; a1 复位命令返回的确认/否认帧附加信息域中没有时间标签, 无附加信息域。

TpV=1; a2、a3 复位命令返回的确认/否认帧中有时间标签 TP, 再附加信息域中测试。

FIR=1; FIN=1; 确认帧为单帧。

CON=0; 确认帧无需再确认。

RSEQ 与复位命令中的 PSEQ 相等。

e) 数据单元标识和数据单元

确认/否认命令的有三种: b1全部确认; b2全部否认; b3按数据单元标识确认和否认。

对于复位命令的测试用例, 返回的确认/否认帧只可能是b1或者b2。并且无数据体。

全部确认: DA1=0; DA2=0。DT1=0x01; DT2=0。

全部否认: DA1=0; DA2=0。DT1=0x02; DT2=0。

a1、a2复位命令返回的确认/否认帧的DA、DT在以上两种情况下为正确; a3复位命令返回否认帧。

f) 附加信息域

若ACD=0, a1复位命令返回的确认/否认帧无此域; a2、a3情况下应测试收到TP与发送的TP, 若相同为正确。若ACD=1, a1复位命令返回的确认/否认帧中测试EC; a2、a3应测试收到TP与发送的TP, 若相同为正确, 还有测试是否有EC^[4]。

5 结论

本文主要论述了负控通信规约测试系统的设计, 包括测试方法、测试硬件电路和软件设计。设计的目的是测试负控终端的通信是否严格按照国家电网公司制订的负控终端通信规约的标准去运行。通过 13 种功能帧的测试, 较好地实现了对负控终端

对负控规约运行的测试, 此测试装置可作为测试系统计算机软件的通用架构, 具有一定的工程实用价值。

参考文献

[1] 国家电网公司生产运营部. 电力负荷管理系统数据传输规约-2004[M].2004.

[2] Lai R A. Survey of Communication Protocol Testing[J]. The Journal of Systems and Software, 2002, 62: 21-46.

[3] Uyar M U, Fecko M A. Experience in Developing and Testing Network Protocol Software Using FDTs [J]. Information and Software Technology, 2003, 45: 815-835.

[4] 谭刚. 电力负荷管理系统的设计、分析与研究[D]. 重庆: 重庆大学, 2003.

收稿日期: 2008-10-20; 修回日期: 2009-11-24

作者简介:

王丽丽 (1984-), 女, 硕士研究生, 从事电力系统通信研究; E-mail:w_l_lking@163.com

郭传铁 (1969-), 男, 工程师, 主要从事电力系统通信管理工作;

祁兵 (1965-), 男, 副教授, 主要从事电力系统通信、无线通信、通信网络管理等方面的研究。

(上接第 103 页 continued from page 103)

[4] 郭晓华, 朱明钧. Rogowski 线圈工业化应用中若干问题的探讨[J]. 高电压技术, 2003, 29 (3) :16-17.
GUO Xiao-hua, ZHU Ming-jun. Discussion on Industrial Production of Rogowski Coil[J]. High Voltage Engineering, 2003, 29(3):16-17.

[5] 罗苏南, 田朝勃. 空心线圈电流互感器性能分析[J]. 中国电机工程学报, 2004, (3) :108-113.
LUO Su-nan ,TIAN Zhao-bo. Performance Analysis of Air-core Current Transformer[J]. Proceedings of the CSEE, 2004, (3):103-113.

[6] 程汉湘, 骆国铭. Rogowski 线圈电流传感器分析[J]. 科技交流, 2006, (6) :65-66.
CHEN Han-xiang, LUO Guo-ming. Analysis of Current transducer Based on Rogowski Coil[J]. Science and Technology Communication, 2006, (6): 65-66.

[7] 田朝勃, 索南加乐, 罗苏南, 等. 应用于 GIS 保护及监测的罗氏线圈电子式电流互感器[J]. 中国电力, 2003,

36(10): 53-56

TIAN Zhao-bo, SUONAN Jia-le, LUO Su-nan, et al. Rogowski Coil Electronic Current Transducer Applied to Protection and Monitoring of GIS[J]. Electric Power, 2005, 36(10): 53-56.

[8] 龙祖利. 小型大电流 Rogowski 线圈设计及性能[J]. 高电压技术, 2007, 33(7) :79-83.
LONG Zu-li. Design and Performance of Miniature Rogowski Coil for Heavy Current Measurement[J]. High Voltage Engineering, 2007, 33(7):79-83.

收稿日期: 2008-10-30; 修回日期: 2009-03-06

作者简介:

周文中 (1983-), 男, 硕士研究生, 研究方向为电子式电流互感器; E-mail:huaiyangzhou@126.com

赵国生 (1965-), 男, 博士, 副教授, 主要从事电力电子方面的教学和研究。