

应用 101 (104) 规约的“电网调度自动化系统” 在现场调试维护中的关键技术分析

张士勇¹, 陈春¹, 贾大昌², 陈云仑³

(1. 大丰市供电公司, 江苏 盐城 224100; 2. 无锡市供电公司, 江苏 无锡 214061;
3. 国电南京自动化股份有限公司, 江苏 南京 210003)

摘要: 针对 101 (104) 规约在调试运行中的一些常见问题, 着重以分析报文为手段, 介绍了数字通道、模拟通道的优缺点、101 (104) 规约设置时的注意点, 分析了如何选择适合的 101 规约通道方式、101 规约时对齐是否达标的判别。对改造扩建中误遥控问题、通道误码率较大的问题、遥测死区值的问题, 变压器档位上送问题、通信服务器的可利用资源问题进行了分析, 并提出解决方法。介绍了判别 104 规约对齐是否达标的方法, 指出了分析报文对于发现规约通信问题的重要性。

关键词: 101 规约; 104 规约; 调试; 运行; 通道; 对齐; 调度自动化

Analysis of the pivotal technique in fieldwork of electric power grid SCADA system which applied 101(104) protocols

ZHANG Shi-yong¹, CHEN Chun¹, JIA Da-chang², CHEN Yun-lun³

(1. Dafeng Electric Power-Supply Company, Yancheng 224100, China; 2. Wuxi Electric Power-Supply Company, Wuxi 214061, China; 3. Guodian Nanjing Automation Co., Ltd, Nanjing 210003, China)

Abstract: The pro and con of digital channel and analog channel, the setup points of IEC 60870-5-101/104 transmission protocols (101/104 protocols) are introduced for the debug common problems of 101/104 protocols by analyzing messages. How to choose proper channel mode of protocol 101 and differentiate eligible timing alignment of protocols 101 is analyzed. The issues of error telecontrol of rebuild, high error code rate of channel, telemeter dead zone value, submission of transformer layers and available resource of communication server are analyzed and resolved. The method of differentiating timing alignment of protocol 104 is presented, and the importance of discovering protocol communication problems by analyzing messages is pointed out.

Key words: protocol 101; protocol 104; debug; operation; channel; time alignment; SCADA

中图分类号: TM76 文献标识码: B 文章编号: 1674-3415(2011)05-0148-05

0 引言

随着国民经济增长, 对电能的需求越来越大, 随之一个变电站的主变、出线间隔数量也越来越多, 需上传至主站的信号量也越来越大, 这对调度自动化系统和厂、站自动化系统的数据通信提出了更高的要求^[1], 而传统的 CDT 规约传输的遥信量为 512 个、遥测量为 256 个、遥控量为 256 个, 对于一个普通的 35 kV 变电站, 容量足够, 但对于一个 220 kV 变电站或出线较多的 110 kV 变电站则远远不够, 为此, 目前“电网调度自动化系统”产品已大量采用 101 (104) 规约, 相应的变电站自动化产品技术也

完全支持该规约接口。据统计自 2005 年起, 华东地区新建变电站和改造站的自动化系统逐步改用 101 规约和 104 规约。

截止 2009 年底, 江苏盐城市的直属变电站有 209 座, 其中采用 101 与 104 双通道的有 84 座, 采用 101 单通道的有 5 座, 采用 104 单通道的有 13 座, 采用 104 通道与其他通道 (非 101 通道) 有 13 座, 采用其他通道有 94 座, 其各自所占比例见图 1。

但由于规约的自由度比较高, 各厂家对规约的解释执行也不完全一样, 这给调试工作带来一些麻烦, 下面将对对在调试过程中一些值得注意的问题作简要分析。

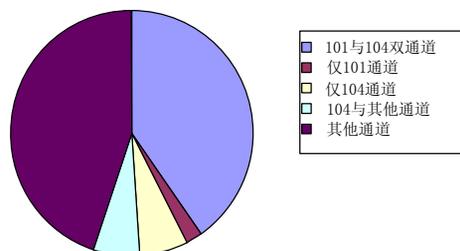


图1 江苏盐城直属变电站自动化通道示意图

Fig.1 The schematic chart of transformer substation automatic channel of Yancheng, Jiangsu

1 101 规约

101规约采用专线问答式传输,目前在系统中使用的基本是2个版本——97版和02版,两者的最大区别是新版101标准为等同采用国际标准而老版101标准为非等同采用国际标准^[2],而大多数新变电站采用的是02版。下面就此类系统在调试维护过程中常遇到的问题做相应分析说明。

1.1 链路通道建立前

101规约传输可采用数字通道RS-232方式和模拟通道4线E/M方式,数字通道RS-232传输方式的优点是可选用较高的传输速率(一般设为 $\geq 2\ 400\ \text{bit/s}$),但由于RS-232传输方式有着先天性不足(理论上采用 $19.2\ \text{kb/s}$ 速率时,传输距离小于 $15\ \text{m}$),加上变电站电磁干扰比较严重,一般适合在传输距离小于 $15\ \text{m}$ 的情况下使用,如超几十米,应采用RS-422或其它接口方式进行转换^[3],但由于该类装置故障率比较高,实际很少采用。模拟通道正好相反,传输速率一般 $\leq 1\ 200\ \text{bit/s}$,而国际上建议的最低速率为 $1\ 200\ \text{bit/s}$,但在实际应用中能达到的最大传输距离,目前没有明确的数据。我市实际运行中最长的一条模拟通道为 $72\ \text{m}$,沿着 $10\ \text{kV}$ 电缆沟铺设通信线路,传输介质是带屏蔽层的网线,采用的传输速率为 $1\ 200\ \text{bit/s}$,中心频率为 $1\ 700\ \text{Hz}$,频偏为 $\pm 400\ \text{Hz}$,发送电平为 $-6\ \text{dbm}$,目前状况良好。因此需根据实际环境,选择适合的通道方式,如选择不当,主站端、厂站端均不能收到对方的报文。

通道方式确定之后,双方仍需确定传输速率、校验方式、数据位、启停位、校验位(采用校验的时候需约定)、链路地址。最常见的情况是双方校验方式不一致而导致链路不通,在厂站端查看接收报文,可发现接收到了数据都是错误的,此时厂站端根本不会响应主站端的建立链路请求。一般对于数字通道速率设为 $2\ 400\ \text{bit/s}$ 或更高,模拟通道速率为 $1\ 200\ \text{bit/s}$,偶校验、8位数据位、起停校验各1位,链路地址为1字节。

1.2 链路通道建立后

101规约功能强大,定义相对灵活,同时给调试带来一些不确定因素,因此在调试前期,主站和厂站需确定一些基本因素,如遥信、遥测、遥控起始地址、单点遥控还是双点遥控、服务单元公共地址、信息体地址、信息体元素字节数等。

1.2.1 起始地址问题

遥信的起始地址一般都设为1、遥测、遥控的起始地址一般为 0701H 、 $0\text{b}01\text{H}$ 或 4001H 、 6001H ,02版规约中推荐的是后一组。在实际调试中,偶尔会出现遥测、遥控错位的情况,这由于主站和厂站习惯的起始点不同造成,调试中仍需注意双方的第一个点定义为“0”或“1”。如调试时,主站端发现遥信遥测数据不对或遥控不能执行,可查看下接收到的报文。遥信遥测不对时,可查看下报文中遥信遥测点所对应信息体地址。遥控操作时,如是改造站或扩建站(涉及到更换成101(104)规约的),厂站端务必将除需遥控对象外的其他遥控对象置于“就地”或“封锁”位置,尤其是在主站端第一次做遥控试验的时候,此时极可能出现因遥控起始地址差一位而出现误遥控现象。如主站端收到传输原因为 $47\ \text{H}$ (未知的信息对象地址)的拒绝报文,这一般是遥控起始地址相差比较大造成的,可查下双方的遥控起始地址,常见的是一方用是 $0\text{b}01\text{H}$,而另一方用的是 6001H 。服务单元公共地址为1字节。信息体地址为2个字节^[4]。

1.2.2 传输机制问题

101规约在链路建立后,仍需注意主站和厂站的传输机制问题,有非平衡式流程(在厂站端“确认”了主站的“复位远方链路”报文后,主站需发出“总召唤”报文,如图2所示)和平衡式流程(在厂站端“确认”了主站的“复位远方链路”报文后,厂站主动上送变化遥测、变化遥信)两种,当主站采用平衡式流程,而厂站采用的是非平衡式流程时,从报文上看,主站和厂站在不停的建立链路,该情况与主站厂站均采用平衡式流程,而厂站总控单元在没有综自装置或其他智能装置接入时的情况一致,调试时需加以区分。

在调试的时候还有可能碰到一种情况,能监测到收发报文,从主站系统一次接线图上看到的开关位置,有功、无功、电压、电流等数据都是正常的,但遥控命令经常不成功。这时候在厂站端研究收到的报文,会发现报文中帧计数位(FCB)经常不翻转,尤其是在厂站端上次发送的是长报文时,这种情况很可能是由通道误码率较高造成。首先可采取的措施是更换模拟/数字通道板,增大发射电平,更

换通信介质等，如仍没有效果，可更改通道方式，如此时通道为模拟通道，可改成数字通道；如是数字通道，则改成模拟通道。

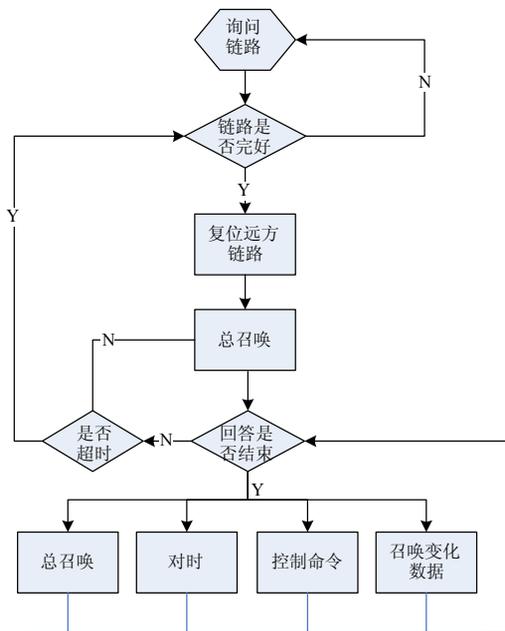


图2 101协议非平衡式流程

Fig.2 The unbalanced flow chart of Protocol 101

当主站和厂站的通信建立，遥信、遥测、遥控检查无误之后，还有一个问题需要检查解决，即对时问题。因为时钟同步对于电力系统的故障分析、监视控制及运行管理具有重要意义^[5]。对于配置GPS的厂站，可把GPS设置为时钟源，而没有配GPS的厂站，应取主站的时间为时钟源。所以检查对时情况，首先要确认时钟源，如配有GPS，就不需取主站的时间，有时在对厂站端总控单元或通信服务器时间修改后，接到主站的对时报文也能马上修正，但仍需进一步分析相应报文，以下是南瑞农电on2000系统与南瑞城乡电网总控单元DSA208间对时的报文：

主站->厂站: 68 0f 0f 68 73 0d 67 01 06 0d 00 00 4c aa 2a 0a 0f 0b 09 48 16

厂站->主站: 68 0f 0f 68 80 0d 67 01 07 0d 00 00 ec a9 2a 0a 0f 0b 09 f5 16

从以上报文中可看出主站发往厂站与厂站回应主站的时间不一致，主站发往厂站的时间是09年11月15日10时42分43秒596毫秒，厂站回复主站的时间是09年11月15日10时42分43秒500毫秒，正常情况回复的应该是和主站发送报文里时间一致的报文，所以这里面存在着问题，接着又追踪了一条对时报文：

主站->厂站: 68 0f 0f 68 73 0d 67 01 06 0d 00 00 44 c8 2f 0a 0f 0b 09 63 16

厂站->主站: 68 0f 0f 68 80 0d 67 01 07 0d 00 00 2c c9 2f 0a 0f 0b 09 5a 16

主站发往厂站的时间是09年11月15日10时47分51秒268毫秒，厂站回复主站的时间是09年11月15日10时47分51秒500毫秒，后来又连续追踪了几条报文，厂站回复的毫秒都是500。修改了总控单元时间后（秒以上的计量单位），接收到对时报文，总控单元的时间也能马上修改，但准确度还值得商榷。

2 104规约

104规约是101规约的网络化应用，其规约本身有许多同101规约相似的地方，不同点主要体现在104规约传输采用的是网络通道^[6]。目前在平原地区，变电站基本上采用的是光纤通道，如没有专用的调度数据网，可由光端机下来2 M电信号，经网桥设备转换成10 M信号与厂站的总控单元或通信服务器通信。如建立了调度数据网，对于电压等级在220 kV及以上的变电站，需经过加密装置与主站进行通信，220 kV以下的变电站可直接与主站通信。下面对实际中碰到的问题做简要说明。

2.1 网络通道建立之前

在调试网络通道时，主站固定分配一个IP地址给厂站，同时需将厂站路由器（对已有调度数据网而言）的相应的IP地址、端口号（2404）、网络接口开放（二次防护要求未使用的IP地址、端口号、网络接口必须屏蔽）。厂站调试人员在配置完IP后，厂站和主站可用ping命令测试网络是否连接，如果不通，问题一般出现在厂站路由器配置和总控单元或通信服务器的设置上。检查总控单元或通信服务器时，需注意检查IP地址和MAC地址，有些厂家的IP地址采用的十六进制写入装置，可能会出现错误。MAC地址有问题的可能性比较小，但也曾出现过MAC地址为00-00-00-00-00-00的情况，该情况下，即使IP地址配置正确，用ping命令测试还是不通，此时需将MAC地址参照其他的装置（如后台机）修改，但MAC地址不要相同。

2.2 网络通道建立之后

104规约内容大部分与101规约相同，所以101规约调试时一些值得注意的问题在104规约调试时也同样需要注意，如遥信、遥测、遥控起始地址，遥信、遥测、遥控第一个点的地址是“0”还是“1”的问题等。相同中也存在着部分不同，如104规约使用2个字节站地址、传送原因，3字节的信息体地址等。

由于104规约采用的是网络传输，网络必然存在网络延时，且延时不稳定，这造成主站在使用104

通道对厂站对时时,无法采用101规约所使用的时间修正方法,目前最新的规定是,事件顺序记录站间分辨率应小于10 ms^[7],怎样判断是否达到该目标呢,仍可通过ping命令实现,ping命令的一般格式如下:

```
C:\Documents and Settings\user>ping 10.32.141.226 -t
Pinging 10.32.141.226 with 32 bytes of data:
Reply from 10.32.141.226: bytes=32 time<10ms TTL=64
Reply from 10.32.141.226: bytes=32 time=15ms TTL=64
.....
```

Ping statistics for 10.32.141.226:

Packets: Sent = 20000, Received = 20000, Lost = 0 (0% loss),

Approximate round trip times in milli-seconds:

Minimum = 0ms, Maximum = 16ms, Average = 3ms

数据包长度用默认32bytes即可,一般ping5-10 min,按ctrl-c组合键中止,我们需要关心的是客户端最大、最小回应请求时间,用数值除以2就可以得出该网络最大、最小延时,记录所有变电所的最大、最小延时,取其中的最大、最小值,如最大延时与最小延时差值在10 ms范围内,可认为该地区调度自动化系统使用104通道对时符合规范要求,如超出10 ms,看看其中是否存在延时偏大的通道,如存在,则对应的厂站建议使用其他通道对时,如每个厂站的最大、最小延时均超过10 ms,则建议该地区调度自动化系统不使用104通道对时,使用其他通道对时。

3 需注意的问题

3.1 主站部分

由于各种需要,主站系统的地理分布范围比较广,如目前监控中心在变电运行工区,而调度中心在调度大楼,一般这两个部门的距离比较远,但却都需使用调度自动化主站系统,所以必须通过中转设备建立通信(如图3所示),其效果往往没有直接接在同一交换机上的好。对于有些主站系统,当主站的遥信、遥测、遥控信息量比较大时,距离较远的监控中心收到的变化遥测数据就比较慢,甚至会远远超出相关规程的要求。

目前的无功优化(VQC)系统一般放置在监控中心,通过接入主站系统放置在监控中心的工作站来控制整个地区的主变分接头位置和电容器组的投切,有些厂站可以将主变档位通过遥测量上传,但由于监控中心工作站接收到变化遥测数据较慢,无功优化系统不能及时接收到档位的变化,从而会产生连续调档的问题。解决这个问题的方法有多种,自动化人员也可以从自己的技术范围内来解决这个

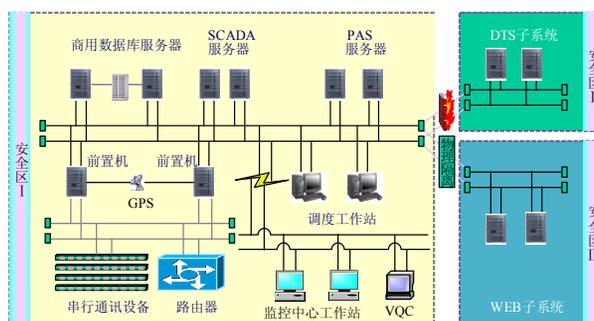


图3 调度自动化系统逻辑结构图

Fig.3 The logical block chart of supervisory control and data acquisition (SCADA) system

问题,厂站的有载调压机构或控制器一般具有档位的辅助触点,其形式有BCD码的,也有档位与辅助触点一一对应的,而主站系统传输变化遥信的效率要高于变化遥测,所以可要求每个厂站将相应的档位遥信点号传至主站,再由主站经计算将遥信转遥测,这样在档位变化时,主站刷新速度有较大提升,所以厂站采用101(104)通道时,尽量将档位通过遥信的方式上传至主站。

3.2 厂站部分

101规约和104规约能容纳的遥信、遥测、遥控量很大,但当配置远传区较多时,很多厂家的设备并不能支持这么多的信息量,曾碰到一个2006年投运的220 kV变电站,使用的是国电南京自动化股份有限公司PSX600的通信服务器,配置了6个远传区(按规定,3个至市调,3个至县调),经过3年的扩建完成,总的上传遥信量8 000多个,遥测量1 000多个,遥控量300多个,这导致主通信服务器的可用内存已接近100 kB,经常重启。各个厂家的设备各不相同,在平时巡检的时候要多加注意,发现问题,及时申请更换。

由于101规约、104规约传送的是变化遥测,所以总控单元或通信服务器的遥测死区值要设置的适中,太小容易增加总控单元或通信服务器的负担,太大会使历史查询中调出的曲线接近直线段,让监控人员误认为数据不刷新,有些厂家的测控装置本身具有设置遥测死区值的功能,可针对需要设置,如一般习惯上将采集母线电压的测控装置遥测死区值设置偏小。

4 结束语

在调试通道时,分析报文是一个很好的手段,以上提出的问题,大多数都可以通过分析报文来发现。主站自动化系统的功能相对于厂站要强大得多,

不仅可保存报文,有些主站甚至带有分析报文的功
能,而目前厂站系统能保存报文的也屈指可数,所
以主站自动化人员更需熟练掌握 101 规约、104 规
约,以便在调试维护时及时发现问题并解决。

参考文献

[1] 黄益庄.变电站自动化技术的发展方向[J]. 继电器, 2008, 36 (6): 1-3.
HUANG Yi-zhuang. Development tendency of substation automation technology[J]. Relay, 2008, 36 (6): 1-3.

[2] 中华人民共和国国家经济贸易委员会. DL/T634.5101-2002 远动设备及系统第 5-101 部分:传输规约基本远动任务配套标准[M]. 北京:中国电力出版社, 2003.

[3] 李明珍, 李雨舒, 谢宇昆. 通信自动化通道故障分析与维护[J]. 电力系统保护与控制, 2009, 37 (23): 167-169.
LI Ming-zhen, LI Yu-shu, XIE Yu-kun. Failure analysis and maintenance of automatic communication channel[J]. Power System Protection and Control, 2009, 37 (23): 167-169.

[4] 华东电力调度通信中心. IEC 60870-5-101 华东电网应用规范 (修改稿)[S].

[5] 张信权, 梁德胜, 赵希才. 时钟同步技术及其在变电站中的应用[J]. 继电器, 2008, 36 (9): 69-72.
ZHANG Xin-quan, LIANG De-sheng, ZHAO Xi-cai. Time synchronization and its application in substation[J]. Relay, 2008, 36 (9): 69-72.

[6] 中华人民共和国国家能源局 DL/T634.5104-2009 远动设备及系统 第 5-104 部分 传输规约采用标准传输协议集的 IEC 60870-5-101 网络访问[S]. 北京:中国电力出版社, 2010.

[7] 中华人民共和国国家发展和改革委员会.DL/T 5003-2005 电力系统调度自动化设计技术规程[S]. 北京:中国电力出版社, 2006.

收稿日期: 2010-03-29; 修回日期: 2010-05-29

作者简介:

张士勇 (1982-), 男, 本科, 助理工程师, 研究方向为厂站自动化; E-mail: klemen@163.com

陈 春 (1976-), 男, 本科, 工程师, 研究方向为电力信息; E-mail: dfchenchun@sina.com

贾大昌 (1981-), 男, 本科, 助理工程师, 研究方向为电力通信。

(上接第 133 页 continued from page 133)

[13] 范越, 施围, 等. 在单相自动重合闸中检测电弧故障的新方法[J]. 继电器, 1999, 27(6): 5-7.
FAN Yue, SHI Wei, et al. A new method to detect arc fault in single phase automatic reclosing[J]. Relay, 1999, 27(6): 5-7.

[14] 王平, 罗辞勇, 余波, 等. 基于嵌入式计算机的紫外内窥系统[J]. 光学精密工程, 2008, 16(2): 352-356.
WANG Ping, LUO Ci-yong, YU Bo, et al. UV endoscopic system based on embedded computer[J]. Optics and Precision Engineering, 2008, 16(2): 352-356.

[15] 黄晓博, 杨永明. 基于光电倍增管的高压电力设备放电检测系统的设计[J]. 高压电器, 2009, 45(3): 28-31, 35.
HUANG Xiao-bo, YANG Yong-ming. Design of discharge detection system based on photomultiplier tube for HV electric equipments[J]. High Voltage Apparatus, 2009, 45(3): 28-31, 35.

[16] Jungang Liu, Wei He, Liang Zhou, et al. Application of Ultraviolet Detector in Discharge Detection, International Journal of Emerging Electric Power Systems: Vol. 7: No.

3, Article 2[EB/OL]. <http://www.bepress.com/ijeep/vol17/iss3/art2>.

[17] 汪金钢, 何为, 李青文, 等. 基于紫外脉冲检测的非接触式特高压验电仪的研究[J]. 电工技术学报, 2008, 23(5):137-142.

WANG Jin-gang, HE Wei, LI Qing-wen, et al. Non-contact electro-scope for ultra-high-voltage appliances based on ultra-violet pulse detecting[J]. Transactions of China Electrotechnical Society, 2008, 23(5): 137-142.

[18] 匡红杠, 张占龙. 基于紫外光功率法的电力设备电晕放电检测仪[J]. 现代科学仪器, 2009, 25(4): 36-39.

KUANG Hong-gang, ZHANG Zhan-long. Corona discharge detector of electric equipment based on UV pulse power[J]. Modern Scientific Instruments, 2009, 25(4): 36-39.

收稿日期: 2010-03-22; 修回日期: 2010-05-04

作者简介:

汪金钢 (1979-), 男, 博士, 讲师, 主要研究方向为输电线在线监测、电力设备放电检测与故障诊断。E-mail: jingang_023@163.com