

变电站自动化系统通信网关的设计

徐云松¹, 崔占平², 徐冰³

(1. 许继电气技术中心, 河南 许昌 461000; 2. 许继电源有限公司, 河南 许昌 461000;

3. 丰宁社保局计算中心, 河北 丰宁 068350)

摘要: 在深入研究了变电站通信网络层次结构和数据流的基础上, 把变电站划分为站控层、通信层和间隔层三个层次的模型。为了在通信层实现不同规约信息的真实无误传输, 必须进行规约转换。通过对目前变电站最常用的 IEC103 和 IEC104 通信规约进行分析和抽象, 给出了通用的通信规约转换平台的软硬件架构、实现方案和部分程序的流程图。实践证明, 采用这种软件架构的网关具有良好的可扩展性、可维护性和灵活配置性。

关键词: 变电站自动化; 通信; 网关; 规约

Design of communication gateway in substation automation system

XU Yun-song¹, CUI Zhan-ping², XU Bing³

(1. XJ Electrical Co., Ltd, Xuchang 461000, China; 2. XJ Power Co., Ltd, Xuchang 461000, China;

3. Fengning Social Security Bureau, Fengning 068350, China)

Abstract: On the basis of deeply studying the structure of the communication network and characteristics of data flow, the substation can be divided into three layers generally, including the station monitor and control layer, the communication layer and the bay layer. In order to implement data lossless transmission, protocol convert is needed. Through analyzing the most popular IEC103 and IEC104 protocols in substation, this paper puts forward a general communication platform software and some flow chart. In fact, gateway using this framework is extendable, maintainable and flexible.

Key words: substation automation; communication; gateway; protocol

中图分类号: TM76

文献标识码: A

文章编号: 1003-4897(2007)03-0056-05

0 引言

整个电力系统是由发电、输电、变电、配电和用户五个部分组成的, 它把其它类型的能量转化成电能后, 分配给用户。变电站是其中重要的一环, 是电厂和用户之间的桥梁, 是发电和用电之间的纽带。从通信的角度可以把变电站自动化系统划分成站控层 (Station Level)、通信层 (Communication Level) 和间隔层 (Bay Level), 如图 1。站控层对整个变电站的多个间隔的设备进行监视和操作, 对外提供与调度控制中心的接口或与远方维护工程师站的接口; 通信层负责站控层和间隔层之间的数据传输和规约转换; 间隔层主要是对该间隔的一次设备进行操作。

变电站自动化系统在中国的发展仅有十几年的时间, 随着 IED 的大量使用, 变电站规模日益扩

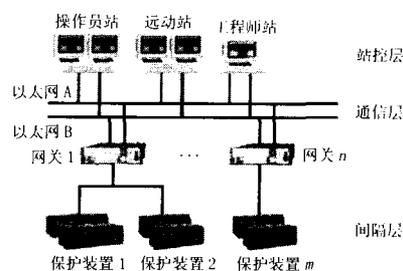


图1 变电站自动化系统网络结构图

Fig.1 Network structure of SAS

大, 现有的系统往往被接入多达数十种专用的二次设备。由于历史的原因, 国内外各变电站自动化系统生产厂家采用多种通信协议, 这些通信协议往往互不兼容, 加之变电站自动化通信网经历了星型、串行总线型、现场总线型和工业以太网等不同的拓扑结构, 于是不同生产厂家之间甚至同一生产厂家

的不同代的产品之间都存在互连问题、缺乏互操作性。因此,开放的网络通信成为系统的迫切要求,它要求变电站各功能单元之间采用通用的传输层及应用层框架,使变电站的数据传输迅速、完整、可靠,使整个变电站成为一个通用的、开放的系统。

1995 到 2002 年,IEC 相继推出了《远动设备及系统第 5 部分传输规约 第 101 篇》、《基本远动任务配套标准 第 102 篇》、《电力系统电能累计量传输配套标准 第 103 篇》、《继电保护设备信息接口配套标准 第 104 篇》、《采用标准传输文件集的 IEC 60870-5-101 网络访问》,国家标准委员会根据 IEC 相关标准推出了等同的国家标准,这使得变电站自动化通信开始有章可循,加上国内电力装备制造厂商大力跟进,才形成了目前保护测控装置出口采用 103 规约、网络层采用 104 规约的通信系统格局。

目前变电站常用的通信介质有两种:一种是 RS-485 串行总线,另外一种工业以太网。RS-485 从早期的变电站自动化系统到目前成熟的变电站自动化系统,都是普遍采用的网络之一,目前它仍然是保护装置和测控装置的主要通信接口。随着变电站电压等级的升高,变电站中需要测控的节点数大大增加,对站内通信网的通信能力提出了更高的要求,工业以太网的出现解决了这个问题。以太网是一种应用十分广泛的信息网络通信技术,它采用 CSMA/CD 介质访问协议,以其协议简单、完全开放、稳定性和可靠性好而获得了广泛的支持。

在装置使用的串口和站控层使用的工业以太网之间需要一种协议和介质转换装置——网关或者通信管理机。本文所设计的网关能够屏蔽各通信对象之间通信协议、通信介质上的差异,为系统中的通信对象提供统一的传输方式。

1 网关概述

网关采用的是台湾 Atop 公司的一款型号为

GW21C—MEGA 双网口双串口网关,它基于 ARM7 系列 CPU 的硬件,主要技术参数如下:

CPU : ATOP TCP/IP Engine ES3200 (70MHz)
Flash : 8M Bytes for Application program
Main Memory : 16M Bytes
Watch Dog Reset : Disable/Enable 0.7 Sec
Digital TTL Input/Output * 4
EtherNet Interface:10/100M LAN Transformer * 2
Debug Port : CPU Build in Com
Input Power : AC/DC 220V
Power Consumption : 2.4W
内嵌 uClinux 操作系统。

2 网关软件设计方案

2.1 总体架构

网关是 ARM7+FLASH+RAM 的硬件配置,没有 MMU (内存管理单元),所以在使用多线程技术的时候会受到限制,从安全性上考虑,采用多进程的方式实现规约转换。系统启动后,同时有 4 个用户进程在运行:103 主站进程、104 子站进程、TCP103 子站进程和守护进程,如图 2。前三个进程之间采用共享内存技术进行信息交换,上行和下行的报文通过共享内存中的数据通道进行传输,数据点的状态从装置总召唤上来后更新共享库,当监控站向装置要遥测和遥信量的时候,网关不把召唤命令向装置转发,而是从共享库中取出遥测和遥信量的当前状态上送。守护进程监视前三个进程的运行状态。各个模块的功能简述见表 1。

由于采用了通用的通信平台库来屏蔽不同的规约,所以三个通信进程的程序结构都非常简单并且完全相同,进程之间采用共享内存技术进行信息交换。守护进程监视前三个进程的运行,一旦发现三个进程出现运行异常,就采取重启系统或者打印出错信息等措施。

表 1 规约转换器模块功能表

Tab.1 Founctions of protocol transducer module

序号	模块名称	存在形式	实现功能
1	共享内存库	共享内存库	存储系统实时共享信息并提供统一访问接口
2	103 主站	可执行模块	串口通信、IEC103 标准规约解析及数据转换
3	TCP103 子站	可执行模块	数据过滤、IEC103 标准规约解析及 TCP 通信
4	104 子站	可执行模块	数据过滤、IEC104 标准规约解析及 TCP 通信
5	守护进程	可执行模块	监视其他运行模块的状态

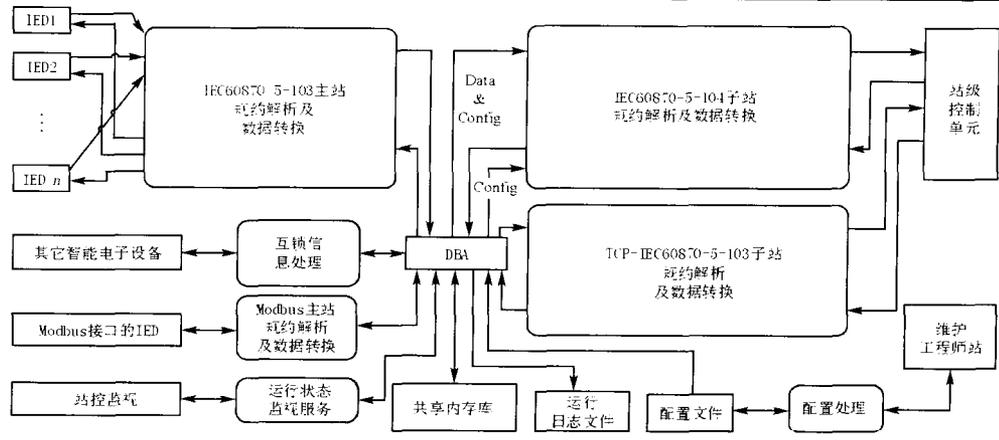


图2 网关软件设计方案

Fig.2 Software project of gateway

2.2 规约解析方案设计

网关的核心部分是规约解析，目前电力系统的所有通信规约，它们的通信模型基本都能够通过抽象，和OSI的七层模型建立对应关系。规约的数据模型如图3。

通过抽象对通信软件平台的对外接口进行简化，提供类似于读写的服务，使用户在进行数据通信的时候可以不考虑规约如何解析的问题，需要做的仅仅是把数据“写入”通信平台库，或者从通信平台库“读出”数据。

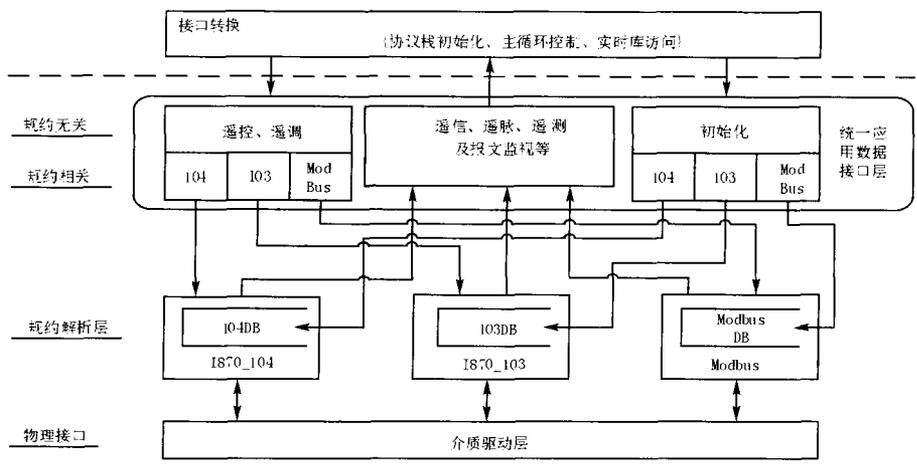


图3 通信规约的数据模型

Fig.3 Data model of communication protocol

2.3 规约解析程序设计

每种规约的解析程序都可以划分为3个模块：初始化模块，上行数据解析模块和下行数据解析模块。流程图分别见图4、图5和图6。初始化模块和规约的物理介质，数据类型，数据结构有密切联系，它具有本规约不同于其它规约的特点，也就是规约相关的。

1) 初始化

完成配置文件读取，串口数据初始化，连接实时数据库和线程创建及定时器的创建。

2) 下行数据解析

103 规约的数据发送采用命令优先的机制，对目前已经存在的命令根据不同的优先级顺序生成串口数据按着链路规则发到串口。

3) 上行数据解析

上行数据包括遥控的选择和执行的返校，遥信变位，遥测越限，SOE 事件，遥脉的定时上送等。

2.4 共享内存库

共享内存库定义了共享数据的内部结构和对外接口，以实现 103、104 等执行模块间互相交换信息。

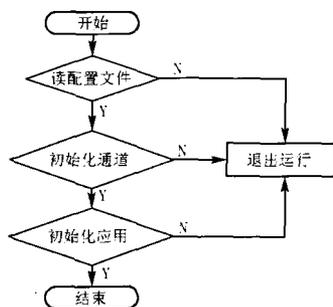


图4 初始化流程图

Fig.4 Flow chart of initialization

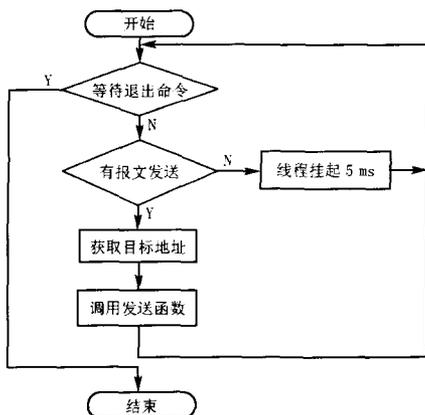


图5 下行数据流程图

Fig.5 Flow chart of control direction

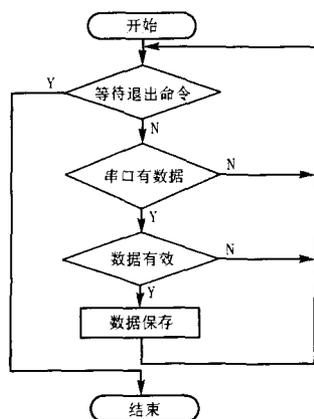


图6 规约解析上行数据流程框图

Fig.6 Flow chart of monitor direction

该模块以静态链接库形式存在。

共享内存的锁定机制采用记录锁。几个程序共用同一个文件，通过对文件中的首字节进行加锁和解锁来获得共享内存的控制权，只有获得控制权的进程才能对共享内存进行读写操作。

共享内存的作用是实现报文缓冲。报文缓冲以

队列的形式实现，分为控制方向和监视方向（也就是通常所说的下行和上行）。控制方向的队列用于下发一般控制命令、总召、对时、电度召唤、定值操作、启动录波。监视方向的队列主要用于传递状态的变化、模拟量值、保护事件以及定值、录波数据等过程信息。

2.5 守护进程

守护进程 (Daemon) 是运行在后台的一种特殊进程。它独立于控制终端并且周期性地执行某种任务或等待处理某些发生的事件。守护进程是一种很有用的进程，Linux 的大多数服务器就是用守护进程实现的。比如 Internet 服务器 inetd, Web 服务器 httpd 等。同时，守护进程完成许多系统任务，比如作业规划进程 crond, 打印进程 lpd 等。

守护进程最重要的特性是后台运行，在这一点上 DOS 下的常驻内存程序 TSR 与之相似。其次，守护进程必须与其运行前的环境隔离开来。这些环境包括未关闭的文件描述符，控制终端，会话和进程组，工作目录以及文件创建掩模等。这些环境通常是守护进程从执行它的父进程（特别是 shell）中继承下来的。最后，守护进程的启动方式有其特殊之处。它可以在 Linux 系统启动时从启动脚本 /etc/rc.d 中启动，可以由作业规划进程 crond 启动，还可以由用户终端（通常是 shell）执行。

除开这些特殊性以外，守护进程与普通进程基本上没有什么区别。因此，编写守护进程实际上是把一个普通进程按照上述的守护进程的特性改造成为守护进程。

本文采用的守护进程是比较简单的，它被编译进 uClinux 内核中，随系统的启动而启动，这个进程的主要功能是接收其余三个进程抛出的信号，根据信号的类型判断应该进行的操作，如果某一进程出现致命的错误，则启动看门狗以重启系统。

3 结束语

目前国内各保护厂家对于规约的理解存在较大的差异。对于规约中没有严格规定的部分，各家采用的做法都不同，这种不同主要体现在应用层。例如对于定值的传送，许继电气采用的是 IEC103 规约的专用部分来传送，而南瑞和南自公司采用的是该规约中的通用分类服务。再比如对于某一信息点数较多的装置的处理，三家的作法更是各不相同。许继利用扇区来区分，南瑞利用功能类型来区分，而南自则采用逻辑装置来区分。因为通信网络

平台在开发的过程中已经进行了充分的考虑,所以能够满足这些复杂情况的要求。

现场运行表明,通信网关规约转换平台的通用性比较好,能够适应目前各个二次设备厂家的多种设备的通信。

参考文献

- [1] 赵祖康,徐石明.变电站自动化技术综述[J].电力自动化设备,2000,11(3):38-42.
ZHAO Zu-kang,XU Shi-ming.Summarizing of Substation Automation Technology[J].Electric Power Automation Equipment,2000,11(3):38-42.
- [2] 任雁铭,操丰梅,秦立军,等.基于嵌入式以太网的变电站自动化系统通信网络[J].电力系统自动化,2001,17(8):36-38.
REN Yan-ming,CAO Feng-mei,QIN Li-jun,et al. Substation Automation System Communication Network Basing of Embedded Ethernet[J].Automation of Electric Power Systems,2001,17(8):36-38.
- [3] DL/T667-1999. 远动设备及系统 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[M].北京:中国电力出版社,1999.
DL/T667-1999. IEC 60870-5-103:1997 Telecontrol Equipment and Systems Part 5:Transmission Protocols

Section 103 Companion Standard for the Information Interface of Protection Equipment[M].Beijing: China Electric Power Press,1999.

- [4] DL/T634.5104-2002. 远动设备及系统 第5-104部分:传输规约采用标准传输协议子集的IEC60870-5-101网络访问[M].北京:中国电力出版社,2002.
DL/T634.5104-2002.idt IEC 60870-5-104:2002 Telecontrol Equipment and Systems Part 5:Transmission Protocols Section 104 Network Access for IEC 60870-5-101 Using Standard Transport Profiles [M].Beijing: China Electric Power Press,2002.
- [5] 邹思轶.嵌入式Linux设计与应用[M].北京:清华大学出版社,2002.
ZOU Si-yi. Designs and Applications of Embedded Linux[M].Beijing: Tsinghua University Press,2002.

收稿日期:2006-05-24; 修回日期:2006-11-01

作者简介:

徐云松(1972-),男,硕士,研究方向为电力系统通信;E-mail:yunsongx@xjgc.com

崔占平(1973-),女,工程师,研究方向为测控技术;

徐冰(1967-),女,工程师,研究方向为计算机应用技术。

(上接第36页 continued from page 36)

当功率因数从0.70~0.85提高到0.95时,由式(2)可求得有功损耗将降低20%~45%。

4) 改善电压质量

以线路末端只有一个集中负荷为例,假设线路电阻和电抗为 R 、 X ,有功和无功为 P 、 Q ,则电压损失 ΔU 为:

$$\Delta U = (P_R + Q_X) / U_e \times 10^{-3} (\text{kV})$$

两部分损失: $P_R / U_e \rightarrow$ 输送有功负荷 P 产生的;

$Q_X / U_e \rightarrow$ 输送无功负荷 Q 产生的。

配电线路: $X = (2 \sim 4) R$, ΔU 大部分为输送无功负荷 Q 产生的。

变压器: $X = (5 \sim 10) R$ $Q_X / U_e = (5 \sim 10) P_R / U_e$ 变压器 ΔU 几乎全为输送无功负荷 Q 产生的。

可以看出,若减少无功功率 Q ,则有利于线路末端电压的稳定,有利于大电动机的起动。因此,无功补偿能改善电压质量(一般电压稳定不宜超过3%)。但是如果只追求改善电压质量来装设电容器是很不经济的,对于无功补偿应用的主要目的是改善功率因数,减少线损,调压只是一个辅助作用。

5) 三相异步电动机通过就地补偿后,由于电流的下降,功率因数的提高,从而增加了变压器的容量,计算公式如下:

$$\Delta S = P / \cos \phi_1 \times [(\cos \phi_2 / \cos \phi_1) - 1]$$

如一台额定功率为155 kW水泵的电机,补前功率因数为0.857,补偿后功率因数为0.967,根据上面公式计算其增容量为:

$$(155 \div 0.857) \times [(0.967 \div 0.857) - 1] = 24 (\text{kVA})$$

6 结论

文中集中探讨了无功补偿技术对用电单位的低压配电网的影响以及提高功率因数所带来的经济效益和社会效益,介绍了影响功率因数的主要因素和提高功率因数的方法,讨论了如何确定无功功率的补偿容量,确保补偿技术经济、合理、安全可靠,达到节约电能的目的。

收稿日期:2006-11-03; 修回日期:2006-12-13

作者简介:

杨惠(1971-),男,本科,工程师,从事工程技术管理。
E-mail:cdyanghui@163.com