

500 kV 三堡变电站远动系统改造

张文明, 梁 栋

(徐州供电公司, 江苏 徐州 221005)

摘要: 三堡变电站远动系统第 1 次扩建后, 各远动终端单元(RTU)节点间可相互通信、相互读取数据, 远动系统在运行过程中也暴露出一些问题; 通过对问题进行分析, 强调再次扩建远动系统进行系统改造的必要性。基于集中管理思想, 提出了 500 kV 三堡变电站远动系统的改造方案。该方案使用通信处理机对全部 RTU 节点进行集中管理并负责与各级调度通信, 改造后各 RTU 节点只负责自身数据采集和处理, RTU 从原来复杂的通信事务中解脱出来。阐述了改造后远动系统的结构和功能, 并对新系统的特点和运行状况进行了总结。

关键词: RTU; 通信处理机; 国家电力数据网

中图分类号: TM 63

文献标识码: B

文章编号: 1006-6047(2006)12-0071-04

500 kV 三堡变电站 2000 年 1 月投运, 由国家电网公司直接管辖, 它担负着山西阳城电厂电力输送的重要任务, 是西电东送、北电南送的枢纽变电站。三堡变电站为有人值班变电站, 远动设备为进口设备, 价格昂贵、性能良好, 能满足生产需要。随着电网负荷的快速增长, 为满足供电需求, 变电站要不断地进行扩建和改造, 这必然会导致远动设备容量和数据处理能力的不足, 影响设备的安全稳定运行, 因此有必要对远动系统进行扩容和改造。

1 基建完成后远动系统的规模及运行状况

在最初设计中, 三堡变电站为 500 kV 开关站, 远动设备容量配置较小, 系统结构较为简单, 但足以满足当时运行的需要。三堡变电站远动设备选用加拿大 CAE 公司的产品, 型号为 DSS-M。基建完成时远动系统的结构如图 1 所示, 它主要由 2 台远动终端单元(RTU)、通信设备、全球定位系统(GPS)和站内 SCADA 系统组成。

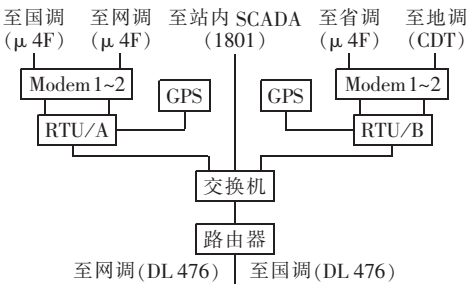


图 1 基建完成时远动系统结构图

Fig.1 The basic structure of remote-control system

2 台 RTU 分别称为 RTU/A 节点和 RTU/B 节点, 它们之间为并列关系, 同时用于变电站的信息采集和数据处理; 通信设备包括调制解调器(Modem)、交换机、路由器等, 用于数据传输; GPS 为校时设备,

用来保证远动系统的时间精度; 站内 SCADA 系统选用网络 1801 规约, 通过交换机从 RTU/A 节点上获取全站信息, 用于满足运行值班员监视全站设备信息的需要。RTU/A 通过串行方式, 选用 $\mu 4F$ 通信规约分别与国调、华东网调进行通信, 同时又选用 DL476 规约通过网络方式与国调通信; RTU/B 通过串行方式, 选用 $\mu 4F$ 通信规约与江苏省调通信, 选用 CDT 规约与徐州地调通信, 同时又选用 DL476 规约通过网络方式与华东网调通信。网络方式为国调、华东网调提供了第 1 路数据来源; 串行通信方式为国调、华东网调提供了第 2 路数据来源。RTU/A 和 RTU/B 的数据库互相映射, 2 个 RTU 节点连接到交换机上, 通过网络通信方式互相读取数据, 从而保证每个 RTU 节点上都具有全站数据信息。整个远动系统满足实时性、可靠性要求, 运行状况良好。

2 第 1 次扩建后远动系统的规模及运行状况

2002 年 11 月, 三堡变电站一次系统进行了第 1 次扩建, 新增 1 台容量为 750 MV·A 的变压器, 命名为 1 号变, 同时增加 220 kV 出线 6 条。为满足各级调度主站信息量的需求, 必须对远动系统进行扩容, 于是新增 1 台 RTU, 称为 RTU/C 节点, 扩建后远动系统的结构如图 2 所示。

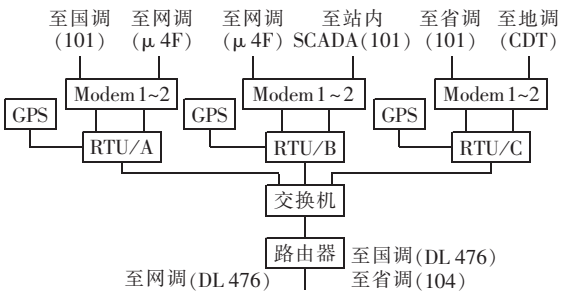


图 2 第 1 次扩建后远动系统结构图

Fig.2 The structure of remote-control system after first expansion

本期远动系统扩建对硬件系统进行了增容,与各级调度主站的通信路径和规约进行了调整,其他未做变动。

RTU/A 的串口 1 采用 101 规约^[1-2]与国调通信,串口 2 采用 $\mu 4F$ 规约与华东网调通信,网口采用 DL 476 规约与国调通信,同时通过自定义网络规约与 RTU/B、RTU/C 通信。RTU/B 的串口 1 采用 $\mu 4F$ 规约与华东网调通信,串口 2 采用 101 规约与站内 SCADA 系统通信,网口采用 104 规约^[3]与江苏省调通信,同时通过自定义网络规约与 RTU/A、RTU/C 通信。RTU/C 的串口 1 采用 101 规约与江苏省调通信,串口 2 采用 CDT 规约与徐州地调通信,网口采用 DL 476 规约与华东网调通信,同时通过自定义网络规约与 RTU/A、RTU/B 通信。

本次远动系统扩建产生了如下问题:

- 与调度主站的通信不定期中断,且中断后不能自行恢复;
- 数据信息上传不全,各级调度时常数据缺损;
- 设备出现异常后,不敢对设备进行硬件复位,因为复位后曾出现更严重故障,且故障现象随机,后果难以预料,只能通过软件复位临时解决问题;
- 运行状况较差,维护人员疲于应付各种缺陷,厂家每隔二十多天就来现场服务一次,始终没找到好的解决方法。

3 第 2 次扩建远动系统所面临的难题

随着电力负荷的迅速增长,2005 年 1 月三堡变电站扩建 2 号主变,容量为 $750 \text{ MV} \cdot \text{A}$ 。2 号主变的信息量较大,意味着将有大量的信息要通过 RTU 上传到各级调度,原远动系统已没有剩余容量,只有再增加 1 个 RTU 节点,这样就会有 4 个 RTU 节点,它们相互通信,相互读取数据,同时还要和各级调度通信,这对本来运行状况就不好的远动系统更为不利,整个系统极有可能瘫痪,后果不堪设想。所以远动系统的扩建,成为扩建 2 号主变工程的难点,为此必须对远动系统进行升级改造。

4 第 2 次远动系统扩建和改造方案的确立

4.1 第 1 次扩建后远动系统存在问题的原因

a. RTU 节点存储容量仅为 2 M,每个节点有自己独立的数据库,且还有 RTU 节点间及 RTU 与多级调度间各不相同的通信规约,数据量大,2 M 空间相对较小,从而导致 RTU 节点死机或节点间的数据交换中断,在 1 个 RTU 节点读不到其他 2 个 RTU 节点的遥测值和遥信状态,就会出现上传数据缺损现象。

b. 为保证每个 RTU 节点都能获取全站数据信息,各 RTU 节点采用自定义规约通过网络方式相互通信,每个 RTU 节点都要与 2 级以上调度通信且采用不同的规约,数据交换量极大,CPU 不堪重负,大部分时间负载率在 75 % 左右,大大超出其允许的正常的工作范围。

4.2 远动系统扩建和改造方案

改造目的就是要释放 RTU 节点的存储空间,减轻 CPU 负担,让 RTU 从繁杂的通信事务中解脱出来。于是考虑选用 1 台设备作为所有 RTU 节点的“大脑”,专门对各 RTU 节点进行集中管理,同时负责与各级调度的通信事务。在这种集中管理思想^[4-6]的指导下,形成了三堡变电站远动系统扩建和改造方案,新系统结构如图 3 所示。

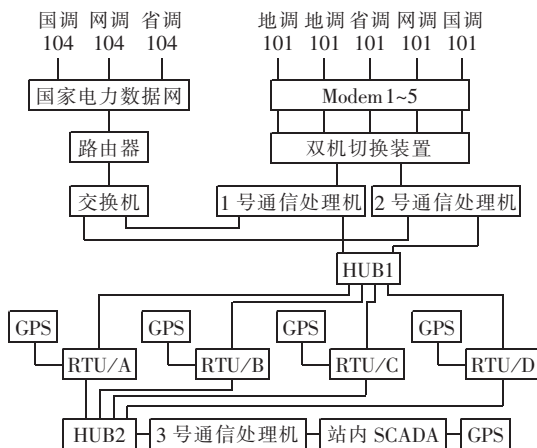


图 3 第 2 次扩建和改造后远动系统结构图

Fig.3 The structure of retrofitted remote control system after further expansion

5 新系统各部分构成和功能

5.1 RTU 的功能

RTU 是以微型计算机为核心,具有多输入/多输出通道、功能较齐全的计算机系统,系统中硬件在软件支持下完成规定功能^[7]。RTU 具有很强的数据处理能力,更改程序比较方便,工作灵活,适应性强。

a. 四遥功能。四遥功能是 RTU 最基本的功能,四遥包括遥信、遥测、遥控、遥调。遥信即远程信号,指变电站设备的状态信息,如断路器、隔离开关的位置状态,保护动作信息等;遥测即远程测量,如线路的有功功率、无功功率、电流,母线电压,主变温度等;遥控即远程控制,指 RTU 执行远方传来的控制命令,用以改变变电站设备的工作状态,如拉合断路器、隔离开关等;遥调即远程调节,指 RTU 执行远方传来的调节命令,如调节主变分接头等。

b. 事件顺序记录功能。事件顺序记录即事件发生的先后顺序,当 RTU 检测到遥信变位时,立即组织变位信息,在最短时间内上传至调度中心,同时记录发生遥信变位的时刻、变位状态和变位设备的序号,形成事件顺序记录信息向调度中心发送。

c. 对时功能。电力系统要求统一时钟,便于事故分析,因此 RTU 必须具备对时功能。

d. 支持多种通信规约和转发功能。RTU 必须支持多种通信规约,以满足不同调度主站的需求。同时 RTU 还能够接收其他 RTU 送来的远动信息,并按要求的规约编辑组装后转发给指定的调度中心。

e. RTU 具备 CRT 显示、汉字报表打印、支持本

机键盘操作功能,同时具备显示、自检和自恢复功能。

改造后的远动系统由 4 台 RTU 组成,分别为 RTU/A 节点、RTU/B 节点、RTU/C 节点、RTU/D 节点,每个节点可以提供 2 个 100 M 网口和多个串口,2 个 100 M 网口分别为 net 1 口和 net 2 口。RTU/A、RTU/B 用于采集基建完成时全站的遥测、遥信信息,RTU/C 用于采集第 1 次扩建的 1 号主变及 220 kV 出线的相关信息,RTU/D 用于采集本期扩建的 2 号主变的相关信息,4 个 RTU 节点分别通过 net1 口连接于 HUB1。HUB1 连接于 1 号通信处理机的 100 M 网口 net2 上,同时又连接于 2 号通信处理机的 100 M 网口 net2 上。1 号通信处理机和 2 号通信处理机分别通过 HUB1 与 4 个 RTU 节点通信,这样 1 号通信处理机和 2 号通信处理机分别汇集了全站所有的遥测、遥信信息。

4 个 RTU 节点又分别通过 net2 口连接于 HUB2, HUB2 连接于 3 号通信处理机的 100 M 网口 net 2 上。3 号通信处理机通过 HUB2 与 4 个 RTU 节点通信,这样 3 号通信处理机也汇集了全站所有的遥测信息和遥信信息。

5.2 通信处理机的功能

通信处理机采用面向对象技术,在通用软件平台基础上搭建各种可任意增减的通信模块,可以满足复杂现场的各种应用需求,多套通信处理机可以组成复杂的通信处理系统,实现集散系统信息数据的全面采集以及实时数据的综合处理功能:包括处理上行、下行信息;完成不同规约转发;实现不同系统应用软件的透明传输。可以为不同的 SCADA 系统、电力保护装置、各种智能设备以及不同的管理系统,提供包含以太网、标准 RS-232、标准 RS-485、CAN 网、光纤接口等通信接口的综合数据通信处理功能。最多可以同时与 16 个主站通信,每个主站可以采用不同的规约。

5.2.1 1 号通信处理机的功能

1 号通信处理机通过网络通信从 4 个 RTU 节点上获取全站的数据信息,根据各级调度的要求按不同的规约、不同的通信方式把这些数据信息组装打包,发送到各级调度,同时接受各级调度的管理。国调、华东网调、江苏省调分别采用了网络和串口 2 种通信方式。

把各级调度所需要的信息按照 104 规约的数据格式进行打包,通过交换机和路由器放到国家一级数据网上,各级调度通过国家一级数据网获取各自所需的数据信息。国家一级数据网是国调、华东网调、江苏省调从三堡变电站获取数据信息的主通道。

把各级调度所需要的信息按照 101 规约的数据格式进行打包,放到通信处理机不同的串口(COM)上,COM1 口为国调所需信息,COM2 口为华东网调所需信息,COM3 口为江苏省调所需信息,COM4 口、COM5 口为徐州地调所需信息。串行通信是国调、华东网调、江苏省调从三堡变电站获取数据信息的备用通道。COM4 口和 COM5 口的串行通信为徐州地调提供了数据信息的主、备通道。

5.2.2 2 号通信处理机的功能

2 号通信处理机的通信口配置和功能完全等同于 1 号通信处理机,双机互为备用,依靠双机切换装置来实现。

5.2.3 3 号通信处理机的功能

3 号通信处理机采集整个变电站的全部信息,按 104 规约组装,采用网络方式传送到站内 SCADA 系统,以便运行人员监视和控制变电站设备。

5.3 双机切换装置功能

a. 完成 1 号通信处理机和 2 号通信处理机的切换。在同一时刻,2 台通信处理机只有一台在运行状态,另一台在热备用状态,2 台通信处理机分别通过串口连接于双机切换装置,一旦在线运行的通信处理机出现故障,双机切换装置立刻启用原处于热备用状态的通信处理机,实现数据不间断切换。

b. 完成双机切换装置内部串口的切换。双机切换装置的 COM1 口负责与国调通信,COM2 口负责与华东网调通信,COM3 口负责与江苏省调通信,COM4 口、COM5 口负责与徐州地调通信。双机切换装置的 5 个串口分别与 1 号、2 号通信处理机的 5 个串口对应。双机切换装置 COM1 口传输的数据与 1 号通信处理机 COM1 口或 2 号通信处理机 COM1 口的数据相同,但在同一时刻,只能有一台通信处理机 COM1 口的数据传输到双机切换装置 COM1 口,如果这台通信处理机出现故障,双机切换装置的内部机制自动将另一台通信处理机 COM1 口的数据传输到双机切换装置 COM1 口,保证国调数据不中断。双机切换装置的 COM2 口、COM3 口、COM4 口、COM5 口与其 COM1 口工作方式相同。

1 号通信处理机 COM6 口与双机切换装置 COM8 口通信,2 号通信处理机 COM6 口与双机切换装置 COM9 口通信,双机切换装置通过 COM8 口和 COM9 口扫描 1 号、2 号通信处理机的工作状况,并以此确定是否进行切换。

5.4 Modem 功能

Modem 是发送端通过调制将数字信号转换为模拟信号,而在接收端通过解调再将模拟信号转换为数字信号的一种装置^[8]。它可以把运动上行信息的数字信号转换成模拟信号,通过电缆、光纤、微波、载波、卫星等传输途径送到各级调度,同时又可以把各级调度通过电缆、光纤、微波、载波、卫星等传输途径发送的下行模拟信号转换成数字信号,再被运动设备的串口接收。在远动专业中,调制解调器通常又叫通道板。双机切换装置 COM1~5 口的数据为数字信号,传输距离受到很大限制,不可能与各级调度直接通信,必须通过 Modem,以实现信号的远距离传输。Modem1~5 为 5 块独立的通道板,与双机切换装置 COM1~5 口依次对应。

5.5 GPS 功能

GPS 除具备导航定位功能外,还具备精密授时功能,时间精度在洲际范围内可达 $0.01 \mu\text{s}$ ^[9]。远动系统只使用 GPS 的精密授时功能。三堡变电站的 RTU 和站内 SCADA 系统从基建完成到现在一直采用串行通信的方式与 GPS 对时。虽然三堡变电站只

有一台 GPS,但其串行口可以任意扩展。

5.6 交换机和路由器的功能

交换机和路由器是网络连接设备,三堡变电站通过交换机和路由器与国家电力数据网交换数据。

5.7 国家电力数据网络

国家电力数据网络(SPDnet)分为三级:国家电力调度通信中心与各大网调及独立省调之间的数据网络称为一级网络,利用电力系统的数字微波和卫星通道,构成其基本网架;大区网调与区内省调及直属地调之间的数据网络称为二级网络;省调与直属地调之间的数据网络称为三级网络。

国家电力数据网络在电力系统中的应用主要有 2 类。一类是电力生产数据传输。电力生产数据主要指调度中心之间的实时数据、应用软件所需要的准实时数据、调度中心与厂站之间的实时数据、电量计费数据、云图气象数据、故障录波数据、微机保护的远方检测数据、生产报表数据等与电力生产直接相关的数据,这类数据的数据量不大,但实时性、可靠性要求很高。另一类是管理信息传输。管理信息主要指办公自动化信息或 MIS 系统信息等,这类信息没有实时性要求,但有的远方查询传输量较大,具有随机性和突发性,通用性较强。

目前,开通国家电力一级数据网的变电站很少,三堡变电站恰是其中之一,国家电力一级数据网为三堡变电站远动信号的传输提供了可靠的途径,它不但经济,而且方便、快捷、数据流量大。

6 新系统特点

a. RTU 之间无需互相通信,无需互相读取数据,只需负责自身数据采集和处理,发送自身采集的数据,接受通信处理机的管理,RTU 从老系统繁杂的通信事务中解脱出来,CPU 负载率明显下降。

b. 1 号、2 号通信处理机互为冗余,2 台通信处理机坏掉 1 台,系统仍能安全稳定运行,大幅度提高了远动系统的可靠性。

c. 有良好的切换机制,如果其中一台通信处理机无法正常工作,将自动切换到另一台通信处理机运行,切换过程中无数据中断现象。

d. 国家一级数据网通信速度快、流量大,国调、华东网调、江苏省调能直接从数据网上获取各自需要的信息。

e. 数据通信全部采用 101、104 问答式通信规约,数据传输采用非平衡方式,节省了系统资源,降低了 CPU 负载。

f. 系统结构合理,便于扩充,为变电站继续扩建打下良好基础,以后远动系统扩建只需在原来基础上继续增加 RTU 节点即可。

7 新系统运行情况

该系统从 2005 年 4 月中旬开始改造,5 月底全部竣工并投入运行,RTU 设备的 CPU 负载率明显降低,再未出现通信中断或上传数据信息不全的情况。经过一段时间的试运行,至今未发现任何异常现象,运行状况良好。

参考文献:

- [1] 谭文恕,郭进,刘佩娟,等. 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.
- [2] 岑宗浩. DL/T634.5101-2002 华东电网执行细则[S]. 上海:华东电力调度交易中心,2005.
- [3] 何卫,谭文恕,刘佩娟,等. 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,2003.
- [4] 张永健. 电网监控与调度自动化[M]. 北京:中国电力出版社,2004.
- [5] 张惠刚. 变电站综合自动化原理与系统[M]. 北京:中国电力出版社,2004.
- [6] 丁文书,黄训诚,胡起宙. 变电站综合自动化原理与应用[M]. 北京:中国电力出版社,2003.
- [7] 盛寿麟. 电力系统远动原理[M]. 北京:水利电力出版社,1992.
- [8] 陈艳敏. 调制解调器实用手册[M]. 北京:人民邮电出版社,1995.
- [9] 张勤,李家权. GPS 测量原理及应用[M]. 北京:科学出版社,2005.

(责任编辑:李 玲)

作者简介:

张文明(1969-),男,江苏邳州人,高级工程师,主要从事电力系统继电保护及自动化的研究与实践工作(E-mail: zwm1568@163.com)。

Remote control system reconstruction of Sanbao 500 kV substation

ZHANG Wen-ming, LIANG Dong

(Xuzhou Power Supply Company, Xuzhou 221005, China)

Abstract: After the first expansion of the remote-control system of 500 kV Sanbao substation, problems were found in data exchange among RTU(Remote Terminal Unit) nodes. Based on problem analysis, the necessity of system retrofitting in its further expansion was emphasized. Based on the centralized management concept, the reconstruction scheme of Sanbao 500 kV substation remote-control system was provided, which uses the communication processor to centrally manage all RTU nodes and communicate with dispatch centers at different levels. After reconstruction, each RTU node is only in charge of collecting and processing its own data and gets free from heavy communications. The structure and functions of the new system are described in detail and its features and operation status are summarized.

Key words: RTU; communication processor; state power data network