

文章编号: 1005-0329(2014)08-0056-04

# RS-485 总线在泵站监控系统中的应用研究

杨冠群

(东北大学, 辽宁沈阳 110004)

**摘要:** 在一些大型泵站中,需要由多台上位计算机通过 RS-485 总线同时监控多台变频器,从而实现控制多台泵驱动电机的需要,本文提出了将 RS-485 通信模式由传统的一主多从式网络结构拓展为多主多从式结构,并将其应用于泵站分布式监控系统。对于多主多从式 RS-485 总线网络结构在具体应用时所出现的问题做了详细的分析,通过在软件中添加从节点地址识别码、在各主节点与从节点之间采用多路开关切换的方法,克服了主节点中访问报文与应答报文识别冲突问题和多主节点同时访问总线所出现的短路问题,实现了大型泵站中多台上位计算机对多台泵驱动电机的分布式监控,在不增加成本的情况下满足了系统要求,提升了系统性能。

**关键词:** RS-485 总线;多主多从;分布式监控;泵站

中图分类号: TH311;TP237

文献标志码: B

doi:10.3969/j.issn.1005-0329.2014.08.012

## Research on RS-485 Bus Application in Multiple PC Distributed Monitor System of Centrifugal Pump Station

YANG Guan-qun

(Northeastern University, Shenyang 110004, China)

**Abstract:** In view of the actual application requirements in the pump station, many host computers monitor many inverters through RS-485 bus simultaneously, and control the drive motor of the centrifugal pump. The RS-485 communication mode from the traditional mode of one master more slaves network structure to the multiple masters multiple slaves type structure is presented to apply for the distributed monitoring system. We detailedly analyze the problems in the specific application of multiple masters multiple slaves network structure of the RS-485 bus. By adding the address identification code on the slave node, and using a multiple switching between the master node and the slave node in the software, we overcome the identification conflict problem of the access message and the response message in the master node and the short circuit problem of multi master nodes visiting at the same time, and achieve the distributed monitoring of multiple hosts to multiple motors driven by the pump in the large hydraulic pumping station. The result satisfies the system requirement and enhances the system performance without increasing cost.

**Key words:** RS-485 bus; multiple masters multiple slaves; distributed monitoring; pump station

### 1 前言

在一些大型泵站分布式监控系统中,通常需要对系统中的多台泵驱动电机进行变频调速控制,一般需要用多台上位监控计算机通过总线控制多台变频器,从而控制多台泵机组的电机速度,并实时监测相关参数。由于 RS-485 总线价格低廉、布线简单、通信方便,且现场设备大多带 RS-485 总线接口,从而得到了广泛的应用。但是,传

统的 RS-485 总线一主多从模式只能有一个主节点,通常由一台上位机作为主节点监控多台作为从节点的设备,不能实现上述监控目的;而采用 CAN 总线等多主多从式现场总线需要额外的软硬件投入,增加了成本和复杂性。

本文提出将 RS-485 通信模式由传统的一个主节点控制的一主多从式网络结构拓展为多个主节点控制的多主多从式结构的想法,并实际应用于一个大型泵站的分布式监控系统中,取得了良

好的效果。

### 2 大型泵站多 PC 机分布式监控系统介绍

如图 1 所示,在某大型泵站中,位于不同位置的 4 台上位 PC 机分别监控 4 个不同的离心泵实验台。为方便数据传输和实验台监控,要求任意 1 台 PC 机不仅可以监控就地实验台还可以监测其余 3 个实验台的数据,需用串行总线将各个主节点连接起来。在这种结构下,可以同时启动 4 台 PC 机对各个试验台进行控制和数据的访问,也可以只启动 1 台 PC 机进行对应实验台的控制和其余实验台的数据监测。这样每 1 台 PC 机可以作为其余 PC 机的冗余结构,即使有 1 台 PC 机出错,其余 PC 机也可以对其进行代替做监测工作。

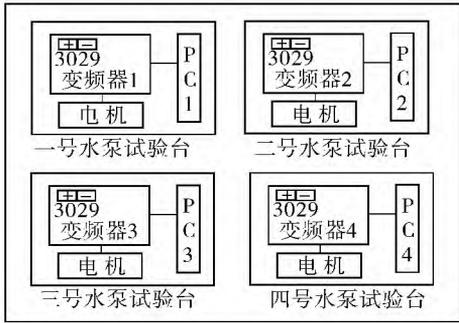


图 1 水泵实验台布局图

### 3 基于 RS-485 总线的多主节点式大型泵站监控系统结构

#### 3.1 一主多从式 RS-485 拓扑结构

RS-485 一主多从式结构是指一个主节点控制多个从节点的网络拓扑结构,如图 2 所示为用 1 台 PC 机作为主节点对作为从节点的多台泵驱动电机变频器的控制。这种方式下,实验操作人员仅用 1 台 PC 机就可以控制其余任意 1 个实验台,得到任意 1 个实验台的实时数据。这种结构被广泛应用于工业现场。

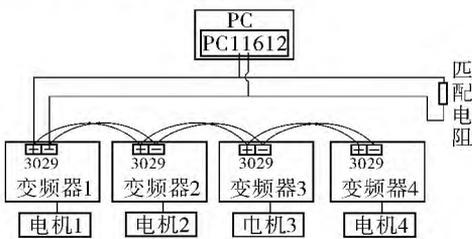


图 2 一主多从式 RS-485 变频调速系统  
万方数据

但在一些特殊场合下,使用多台 PC 机对多个目标进行监控更加方便。如下所述,对 RS-485 总线的一主多从式结构进行了推广,同时接入多个 PC 机作为主节点对系统进行控制,并成功地应用于某大型泵站分布式监控系统中。

#### 3.2 多主多从式 RS-485 拓扑结构应用

在某大型泵站分布式监控系统中,对实验台泵驱动电机进行变频调速时,每个实验台配置 1 台 PC 机作为就地监控计算机,这样在改变转速等参数时可以对现场情况有直观的判断,各变频器与 PC 机之间通过 RS-485 总线通信。这种结构下可以方便的用就地 PC 机对最近的实验台进行控制和实时数据采集,对其余 3 台实验台进行数据监测。本系统的实现主要由 4 台工控机作为主节点(每台工控机配有 1 张 PCI1612 板卡)对实验台进行监控;4 台 MM-440 变频器作为从节点对实验台泵驱动电机进行调速。如图 3 所示。

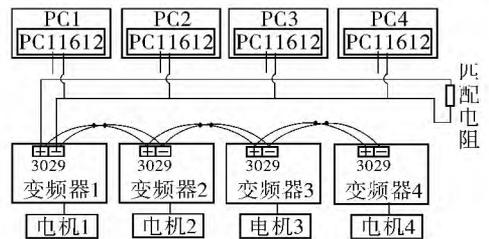


图 3 多主多从式 RS-485 变频调速系统

### 4 一主多从式 RS-485 拓扑结构扩展为多主多从结构出现的问题分析

把 RS-485 通信结构由传统的一个主节点控制结构扩展到由多个主节点控制的结构,通常会出现总线短路和报文冲突的问题。

#### 4.1 多主节点同时访问出现的总线短路问题

RS-485 总线是一种基于差分信号传输的物理层信号传输标准,逻辑“0”以两线间的电压差 +2 ~ +6 V 表示,逻辑“1”以两线间的电压差 -6 ~ -2V 表示。下面以 PC 机作为主节点,变频器作为从节点,说明在多节点同时发送报文控制从节点引起的总线短路问题。

如图 4 所示,总线电压用  $V_{OAB}$  表示,则主节点发送逻辑“1”时总线电压  $V_{OAB}$  为正,主节点发送逻辑“0”时总线电压  $V_{OAB}$  为负。所以如果有两个以上的主节点同时发送报文时,比如 PC1 发送逻辑“1”的同时 PC2 发送逻辑“0”,出现逻辑混乱和短路问题,造成总线控制芯片的损坏。

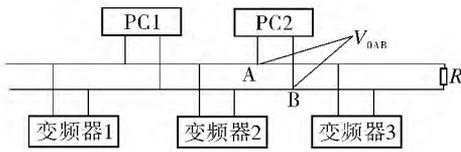


图4 多主节点 RS-485 短路结构示意图

### 4.2 多主节点非同时刻通信时的报文冲突

RS485 轮寻式通信方式的特点,为多 PC 机多变频器的通信结构带来了一定的问题。下面详述多 PC 机多变频器通信结构引起的访问和应答报文冲突问题。

#### (1) RS485 一主多从通信方式

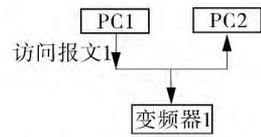
当作为主节点的 PC 机向作为从节点的变频器发送访问报文时,连接在 RS-485 总线的所有从节点(包括所有变频器和仪表)都会接收到该条报文。访问报文包含有特定从节点的地址码,如果访问报文的地址码与从节点设定的地址码一致,则从节点对这条访问报文做出响应,并返回主节点所要访问的参数。与访问报文地址码不一致的从节点对这条报文不做回应。

#### (2) 多主多从式 RS-485 结构通信报文分析

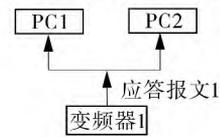
与一主多从式 RS-485 通信模式不同,多主节点 RS-485 结构中,存在 2 种情况:1) 当一个主节点 PC 发送报文,其余主节点 PC 不发送报文时,只有发送报文的主节点 PC 可以接收到正确的应答报文(由从节点变频器返回),而其余主节点均会收到两条干扰报文,即主节点发送的访问报文和对应从节点返回的应答报文,形成干扰数据;2) 有两个以上的主节点同时访问不同的变频器,则会出现各个主节点访问报文和应答报文相互干扰的问题,这时各个主节点都不会得到正确的返回值,下边分别描述这两种情况。

如图 5 所示,PC1 要改变一号实验台的电机转速并访问变频器 1 的实际频率值,则通信过程为:PC1 发送含有变频器 1 访问地址码和转速设置值的“访问报文 1”给 RS-485 总线,PC2 和变频器 1 都会接收到“访问报文 1”,变频器 1 在接收到该报文后做出响应,返回相应的“应答报文 1”。变频器 1 返回的“应答报文 1”会同时被 PC1 和 PC2 接收到。结果:PC1 发送报文正确;一号实验台的电机转速设置正确;PC1 接收到并显示正确的实际频率值;PC2 在没有发送报文的情况下收到两条报文——“访问报文 1”和“应答报文 1”,形成干扰数据。

万方数据



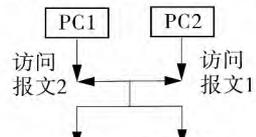
(a) 发送访问报文示意



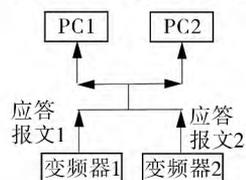
(b) 接受应答报文示意

图5 多主多从式 RS-485 通信原理示意

如图 6 所示,PC2 要改变二号实验台的电机转速并访问变频器 2 的实际频率值,则通信过程为:PC2 通过 RS-485 总线发送含有变频器 2 访问地址码和转速设定值的“访问报文 2”给变频器 2,变频器 2 在接收到“访问报文 2”后做出响应,改变二号实验台电机的转速并返回“应答报文 2”;PC2 要改变一号实验台的电机转速并访问变频器 1 的实际频率,则通信过程为:PC2 通过 RS-485 总线发送含有变频器 1 访问地址码和转速设定值的“访问报文 1”给变频器 1,变频器 1 接收到“访问报文 1”后做出响应,改变一号实验台电机转速并返回相应的“应答报文 1”。变频器 1 返回的“应答报文 1”会同时被 PC1 和 PC2 接收到,变频器 2 返回的“应答报文 2”也会同时被 PC1 和 PC2 接收到。结果:实验台一的电机转速设定正确,实验台二的电机转速设定正确;PC1 发出一条报文——“访问报文 2”,接收到三条报文——“访问报文 1”,“应答报文 1”,“应答报文 2”,后三条报文排列组合;PC2 发出一条报文——“访问报文 1”,接收到三条报文——“访问报文 2”,“应答报文 1”,“应答报文 2”,后三条报文排列组合;PC1,PC2 得到的实际频率值会互相干扰,得到错误结果。



(a) 发送访问报文示意



(b) 接受应答报文示意

图6 多主多从式 RS-485 通信原理示意

## 5 问题解决方案

### 5.1 软件地址码识别法解决报文冲突

如图 7 所示为多主多从式结构的通信软件流程图,主要分为编写访问报文、发送访问报文、接收应答报文和地址码对比等四部分。曲线内为接收应答报文和地址码对比程序流程。

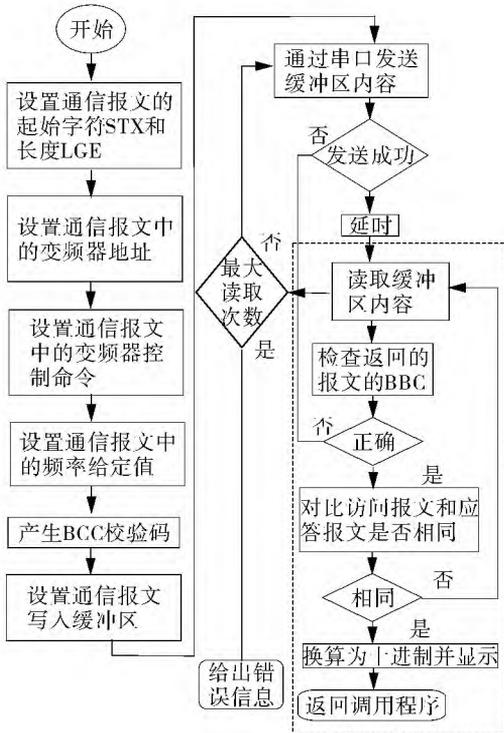


图 7 RS-485 多主多从结构通信流程

多主多从式结构主要存在的问题在于多个主节点访问不同的从节点时造成的报文冲突,所以采用软件地址码识别法可以很好的解决,具体方式如下:在接收应答报文和地址码对比流程阶段加入访问报文和应答报文的地址码比对,如果主节点发送的访问报文和从节点返回的应答报文地址码一致,则该主节点接收该应答报文,反之则不接收该应答报文。这样,如果有两个以上的主节点访问不同的从节点,只接收来自对应访问的从节点发出的应答报文,对其余不访问的从节点发出的应答报文不做反应。

软件地址码识别法可以解决大部分的报文冲突,但是,由于这种方法解决报文冲突是基于对访问报文和应答报文的地址码比对,所以如果多台 PC 访问同一变频器,就会存在两个应答  
万方数据

报文地址码相同的问题,这种情况可以在多主多从式 RS-485 通信结构中加入自动切换开关解决,具体方法是在 PC 机与 RS-485 总线之间的屏蔽双绞线中加入一个可以自动切换的电子开关,可以在不关机的情况下断开 PC 机与其余仪器的通信。

一般情况下,几台 PC 机在同一时间访问同一变频器的概率很小,所以仅用软件识别的方式就可以解决大部分多主多从模式下的报文冲突问题

### 5.2 硬件开关切换法解决多主节点同时访问总线时的总线短路问题

如上所述,多主节点同时访问从节点会造成总线短路问题,现有文献提出了多主节点“令牌”式轮询访问的方法,其主要思想是提供仲裁结构,即只有得到令牌的主节点才能访问从节点,在报文中添加令牌地址码,一个主节点得到令牌访问完毕后交由下一个地址码从节点进行访问<sup>[1-3]</sup>。这种方法较好的解决了多主节点同时访问所造成的短路现象,实现过程复杂,但其成本较高<sup>[4-7]</sup>。本文提出在多主多从式 RS-485 通信结构中简单加入开关切换,可以强行断开其余 PC 机与 RS-485 总线的连接,避免多台 PC 机频繁访问变频器而造成短路问题。由于系统中多台 PC 机同时高频率的访问变频器的现象并不多见,所以开关切换方式可以简单有效的解决多 PC 机同时访问所造成的短路问题。

## 6 结论

(1)提出了实现多主多从式 RS-485 总线网络模式的思想 and 实现方法,采用上位机软件中加入地址码识别和硬件开关切换的方法,解决了该模式各主节点(PC机)之间的通信报文冲突和多个主节点同时访问总线时总线短路的问题。该方案已成功应用于某大型泵站的分布式监控系统中,方便地实现了用多台上位机计算机对多台液压泵驱动电机进行变频调速控制和参数实时监测的任务。

(2)提出的多主多从式 RS-485 网络模式不仅适用于西门子变频器,也可应用于其他具有 RS-485 协议的变频器和通信仪表等,具有一定的通用性。

(下转第 45 页)

多公司也在竞相开发这类产品,如瑞士苏尔寿、日本新泻制作所、大连深蓝泵业,兰州西禹泵业等。瑞士苏尔寿为石家庄化肥厂热钾碱脱碳工艺制造的ZR150~3250卧式单流蜗壳反转泵透平,流量为 $690\text{ m}^3/\text{h}$ ,总压力为 $1.3\text{ MPa}$ ,回收功率 $202\text{ kW}$ ,回收效率 $69\%$ 。兰州西禹泵业为刘家峡化肥厂等厂家供应了泵反转液力透平,运行良好。

但是,液力透平还存在很多问题,这些问题有待进一步作更深入的研究。采用新的理论与方法研制用于各种特殊工况,例如高扬程、高速度、变流量工况的透平,并且提高透平的效率。正确配置设备及系统参数,并在运行工况偏离设计点时,选择合理的调节方式来充分回收余压能是未来液力透平研究的一个方向。

#### 参考文献

- [1] 盛树仁. 利用水泵逆转及水轮机回收能量的研究[J]. 流体机械,1984,(6):41-45.
- [2] 张雪宁,杨军虎,王晓晖,等. 能量回收液力透平研究综述[J]. 流体机械,2011,39(6):29~33.
- [3] 杨守智,马小兵. 合成氨原料气湿法脱碳富液能量回收方法的选择[J]. 化肥工业,2005,33(5):17-19.
- [4] 龚时宏. 水泵作为水轮机运行时的选型[J]. 小水电,1989,(5):25-27.
- [5] Shahram Derakhshan, Ahmad Nourbakhsh. Experimental study of characteristic curves of centrifugal pumps working as turbines in different specific speeds[J]. Experimental Thermal and Fluid Science, 2008,(32):800-807.
- [6] (日)新滨 仁. 逆转的水泵作为水轮机运行的研究[C]. 日本机械学会论文集:B编,1999,(10):72-77.
- [7] 施咸道. 叶片泵第三象限性能的试验研究[J]. 水泵技术,1989,(1):51-54.
- [8] 范德明. 工业泵选用手册[M]. 北京:化学工业出版社,1998:72~74.
- [9] Pradeep Bansal, Nick Marsh. Feasibility of hydraulic power recovery from waste energy in bio-gas scrubbing processes[J]. Applied Energy, 2010,87(3):1048-1053.
- [10] 杨军虎,王晓晖. 叶片形状对能量回收水力透平性能的影响[J]. 排灌机械工程学报,2011,29(4):287-291.
- [11] 刘小兵,程良骏. 离心泵用作水轮机时的特性分析及问题讨论[J]. 排灌机械,1993,(3):7-9,59.
- [12] Singh P, Nestmann F. An optimization routine on a prediction and selection model for the turbine, Exp. Therm [J]. Fluid Sci. (2009), doi:1.1016/j.expthermusci.2009.10.004.
- [13] Shahram Derakhshan, Bijan Mohammadi, Ahmad Nourbakhsh. Efficiency Improvement of Centrifugal Reverse Pumps[J]. Journal of Fluids Engineering, 2009,131(2).
- [14] Shahram Derakhshan, Bijan Mohammadi, Ahmad Nourbakhsh. Incomplete sensitivities for 3D radial turbomachinery blade optimization[J]. Computers & Fluids, 2008,37,1354-1363.
- [15] 陈涛,陈学东,吕运容,等. 国产乙烯裂解炉管抽样检测状况[J]. 压力容器,2014,31(3):49-59.
- [16] 徐晖阔,王世昌. 反渗透淡化系统余压水力能量回收装置的研究进展[J]. 水处理技术,2002,28(2):63-66.
- [17] (日)新滨 仁. 水泵逆转作水轮机运行的研究—径向推力的飞逸转速特性[C]. 日本机械学会论文集:B编,2001,(1):72-75.
- [18] Ventrone G, Ardizzone G, Pavese G. Direct and reverse flow conditions in radial flow hydraulic turbomachines, Proc Instn Mech Engrs. 2000,214(A):635-644.

作者简介:毕智高(1982-),男,助教,主要从事机泵节能工作,通讯地址:719000 陕西榆林市榆阳区崇文路4号 榆林学院化学与化工学院

(上接第59页)

#### 参考文献

- [1] 项美根,项晓明,戴学祥. 现场总线与无线控制的阀门电动装置的设计[J]. 流体机械,2013,41(1):53-54,72.
- [2] 卞正防,高晋占,姚丹亚. 基于PC的多台MicroMaster440变频器集中控制[J]. 微计算机信息,2006,(13):1-3.
- [3] 庄致,郭胜. 基于RS485总线的串口令牌环通信的研究[J]. 微计算机信息,2007,(10):225-227.
- [4] 崔三俊,李成海,徐欣中. RS-485总线短路故障检测技术[J]. 计算机工程与科学,2010,(12):149-151.
- [5] 冯子陵,俞建新. RS485总线通信协议的设计与实现[J]. 计算机工程,2012,(20):215-218.
- [6] 李智斌,包士毅,高增梁. 弹簧全启式安全阀的FMECA分析[J]. 压力容器,2013,30(3):29-35.
- [7] 黄建,王剑,章茂森,等. 阀门流量阻测试装置数据监控系统研制[J]. 流体机械,2010,38(7):33-37.

作者简介:杨冠群(1995-),男,本科,主要从事电气控制和自动化方面的研究,通讯地址:110004 辽宁沈阳市东北大学资源与土木工程学院。