

文章编号: 1671-6612 (2021) 01-129-05

基于分布式 温度采集技术的中央空调节能运行方案设计

陈孜虎

(中冶建工集团有限公司 重庆 400084)

【摘 要】 针对楼宇中央空调系统运行温度智能控制存在的问题, 提出了一种现场可编程门阵列 FPGA 控制的数字式温湿度传感器对各楼层、多点进行温度实时巡检, 对温度、湿度进行定时采集, 测量结果通过 RS485 总线传输至主机, 分析计算后输出控制指令对风机盘管进行变频控制。对水系统的温度和流量参数进行采集, 通过工控机对空调负荷与末端负荷进行匹配分析, 输出对水系统进行变频控制指令, 使其与末端负荷实现匹配运行, 从而达到节能的效果。采用神经网络与预测控制相结合控制策略, 实现了对大迟延、大惯性对象优化控制; 采用组态软件 LabVIEW 编写了通讯与控制程序。

【关键词】 中央空调; 变频控制; 预测控制; 变流量; 节能
中图分类号 TU831.3 文献标识码 A

Design of Energy-saving Operation Scheme for Central Air Conditioning Based on Bus-powered Measurement Technology

Chen Zihu

(China Metallurgical Construction Engineering Group Co., Ltd, Chongqing, 400084)

【Abstract】 In view of the problems in the intelligent control of the operating temperature of the building central air conditioning system, a digital temperature and humidity sensor controlled by FPGA is put forward to inspect the temperature of each floor and multiple points in real time and collect the temperature and humidity regularly. The measurement results are transmitted to the host computer through RS485 bus. After analysis and calculation, the control command is output to carry out frequency conversion control on the fan coil. The temperature and flow parameters of the water system are collected, the air conditioning load and the terminal load are matched and analyzed by the industrial computer, and the frequency conversion control instructions are output to the water system, so that it can be matched with the terminal load for operation, so as to achieve the effect of energy saving. The control scheme combining neural network and predictive control is adopted to realize the optimal control of large delay and large inertia objects. The communication and control program is written by LabVIEW.

【Keywords】 Central air condition; Frequency conversion control; Predictive control; Variable flow; Energy saving

基金项目: 重庆市科技重大主题专项项目《建筑行业智慧建造关键技术及管控平台研究与示范推广》

(项目编号 18jszx-cyztzxX0031)

作者(通讯作者)简介: 陈孜虎(1983-), 男, 硕士, 高级工程师, E-mail: 841015153@qq.com

收稿日期: 2020-05-12

0 引言

由于中央空调系统设计是以最大负荷工况考虑的,因此大部分时间空调系统都运行在设计负荷的 60%以下,空调系统换热端实际负荷与设计负荷之间存在较大的差别。对于民用建筑而言,中央空调运行能耗占建筑物总能耗的 30%~50%,对于大型水系统中央空调来说,水系统耗电量约占空调总耗电量的 15%~20%。中央空调水系统是采用定流量的运行方式,在部分负荷工况下,造成严重浪费。另外,对于医院等公共场所,末端用户温度过低或者长时间打开门窗的现象非常普遍,这样也增加了空调系统的运行能耗^[1]。

因此,根据空调系统末端的负荷变化,对水系统进行变流量控制及对末端盘管电机进行变频调速控制,既可降低中央空调系统循环水泵的能耗,又可改善末端用户的舒适温度;通过变频控制能够将中央空调运行状态与末端负荷进行良好的匹配,从而使得制冷机组、循环水泵与末端盘管风机之间处于合理的运行参数上,因此,将会带来相当可观的节能效果。通过变频节能设计与改造,实现建筑的节能具有十分重要的意义^[2]。

1 变频节能设计方案简述

对于水系统中央空调系统而言,变频控制包括两个方面,一是机房内的循环水泵电机进行变频控制^[2,3],二是末端风机盘管的变频控制;实现冷却水冷冻水循环量与末端用户总负荷相匹配的目的。末端用户内,工控机根据温湿度传感器的数据,计算出末端需要的合适参数,发布指令对末端盘管电机进行变频调节,将末端风量与末端实际制冷负荷匹配。机房内,工控机根据全部末端所需冷量的总和,计算冷冻水循环水泵需要提供的冷冻水流量,进而确定冷却水所需的流量,发布指令对循环水泵电机进行变频控制。整个中央空调系统采用集中控制的模式,将机组负荷、循环水泵流量、末端用户风量进行综合协调控制,从而达运行能耗的目的。

另外,对于公共建筑而言,会出现长时间的门窗开启现象,从而导致严重的能源浪费。因此,该方案中采用感应式门窗状态传感器,对门窗的开关状态进行监测,如果超过设定时长门窗依然处于开启状态,则传感器会将信号发送至接收器,接收器经过数据处理之后发送指令房间温度控制器,关闭房间空调末端;或者启动报警器,提示用户进门窗

的关闭操作。

2 分布式温度采集系统

分布式温度采集通过单总线数字式温度采集传感器 DS18B20^[3]来实现,仅需要单线即可实现微处理器与 DS18B20 的双向通讯,将数据线、控制线和地址线融合为一体,一根信号线上能够连接数百个器件,通过微处理器芯片唯一对应的序列号进行编码识别。总线采用数字信号传输,系统抗干扰能力强、可靠性高、传输距离远、功耗小,对于需要采集各个末端温度信号的中央空调控制系统而言,是非常适合的,且节省工控机的 I/O 口资源,系统构成简单,成本低,便于总线扩展维护。

DS18B20 由一根 I/O 数据实现供电和传输数据,并可由用户设置温度报警界限,被广泛应用于分布式温度测量和控制温度的场所。温度监测电路如图 1 所示。

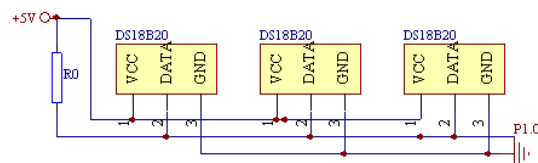


图 1 温度监测电路图

Fig.1 Temperature detection circuit diagram

DS18B20 数字式传感器内部结构如图 2 所示,包括光刻 ROM、感温元件和报警触发器等。DS18B20 的检测的数字转换结果采用 16 位二进制数的格式文本存储于 ROM 中,微处理器根据巡检指令进行读取与传输。温度测量范围为 $-55^{\circ}\text{C}\sim 125^{\circ}\text{C}$,数字转换结果以二进制方式输出,转换的位数可通过寄存器设定。DS18B20 内部有 2 个字节 RAM 单元用来存放转换后的数据参数。

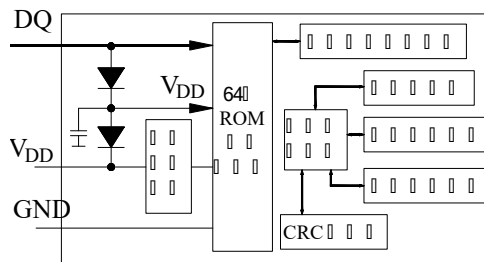


图 2 DS18B20 数字式温度传感器结构图

Fig.2 Structure Diagram of Digital Temperature Sensor DS18B20

为了实现温度的分布式温度采集系统的实时

性,采用 FPGA 作为温度采集微处理,可同时实现多个用户的温度检测,并无需每一个数字式传感器的序列编号,这就大大提高了温度采集系统的实时性和可靠性。虽然基于 FPGA 的分布式温度系统成本相对较高,但对于空调系统需要较高的温度实时性,该方式对于大型中央空调系统而言依然是合理的。

3 控制方案设计

分布式温度采集系统完成温度数据的采集、显示、执行设备的启动与关闭、报警,以及与上位机之间的通信等。在某大厦的分布式温度采集与监控系统的构成为:在各个监控点布若干个温度采样传感器,这些温度传感器构成一个分支线路,配置一个控制器。根据采样点所在楼层和分支总线的位置,确定该点对应的唯一编号;如此类推,不同楼层的采用点的控制器通过 RS485 总线将采集到的温度数据传输给上位机,在主机上监控各温度采样点的温度值。系统主要由 FPGA 和单总线数字式温度传感器 DS18B20 组成。

中央空调的变频节能控制系统的主要由以下几部分组成:工控机、西门子 MM430 变频器、风机盘管变频器、温度采集模块、RS232/RS485 信号转换器、铂电阻温度传感、数字式温度传感器、总线线缆和软件等。变流量水系统采用温差控制,水泵全变频方式。

数字式温度传感器 DS18B20 模块将采集各个采样点的温度数据并通过 RS485 总线传送给工控机,工控机根据各个采样点的温湿度参数,执行程序计算出各个用户所需要的空调负荷,发布相应频率信号,通过总线通讯的方式控制对应末端风机的输入频率;工控机将冷冻水和冷却水的进出水温度及末端用户的温湿度参数,根据相应的执行程序计算出整个空调系统所需要的负荷,发布变频器控制泵电机的运行频率,使实际末端负荷和机组的负荷匹配运行,实现机组和末端的协调控制,从而产生较好的节能效果。如图 3 所示,是整个中央空调节能系统的硬件组成示意图。

为了提高数据采集系统的稳定性和可靠性,传感器应采用冗余设计。保证在某个传感器出现故障时,不至于出现无法获得目标温度的情况出现,保证温度采集正常运行。同时,硬件设计中需要的几

个问题:

(1) RS232/RS485 转换模块必须采用有源转换器;因为有源模块的传输信号使用差动电压的方式,有较强的抗干扰、抗噪能力;通讯电缆应采用屏蔽双绞线,增加其抗干扰能力。

(2) 在变频器进线电缆上加装电抗器,以防谐波干扰及冲击电流对变频器造成损害。

(3) 必须有可靠的接电处理,接地线线缆截面积应足够大,以保证通讯的安全。

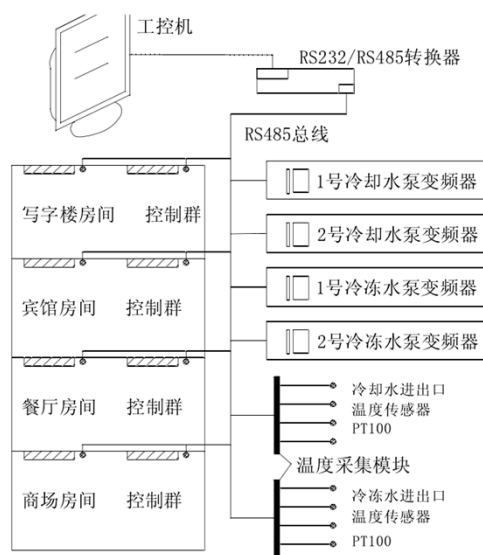


图 3 变频节能控制系统构成示意图

Fig.3 Schematic diagram of frequency conversion energy-saving control system

4 控制系统软件

4.1 控制算法

对于水系统中央空调而言,水流管路较长,因此系统的响应速度缓慢,是典型的大延时、大惯性的纯滞后系统。如何实现准确的预估中央空调的运行工况,是控制方案选择的关键所在。理论上讲,Smith 预估控制理论能够较好地解决纯滞后系统的控制难题,但由于 Smith 预估控制是建立在精确数学模型的基础上的,要获取中央空调系统的精确数学模型是极其困难的,因此实际应用不太现实。针对该问题,本文采用了自学习能力的 Elman 神经网络预测控制算法^[3,4],该算法充分利用了神经网络的非线性逼近、自学习、自组织的特性与能力,及预测控制算法在滚动优化和反馈校正方面的技术优势,且不需要控制对象精确的数学模型,便能够

实现针对被控对象的自适应控制。

中央空调水系统滞后时间可达数分钟,因此会引起水系统流量的超调或振荡,使控制系统很难达到稳定状态。为了增加系统控制的稳定性与准确性,引入了具有自适应能力的 Elman 神经网络预测控制算法。

4.2 软件程序的设计

DS18B20 数字式温度传感器具有严格的通信协议^[3],以保证数据传输的准确性。该协议定义了初始化时序、写时序、读时序等集中信号的时序。这些时序都是将主机定义为主设备,单总线器件定义为从设备。DS18B20 数字式温度传感器对时序和电性参数要求很高,因此主机 CPU 经过单总线接口访问 DS18B20 时,必须要严格遵守协议的操作顺序。否则,有任何的顺序错乱或者步骤的缺失,DS18B20 都不会响应。温度巡检测量软件的流程如图 4 所示。根据其通信协议,巡检测量一次温度数据需要两次完整的通信过程。

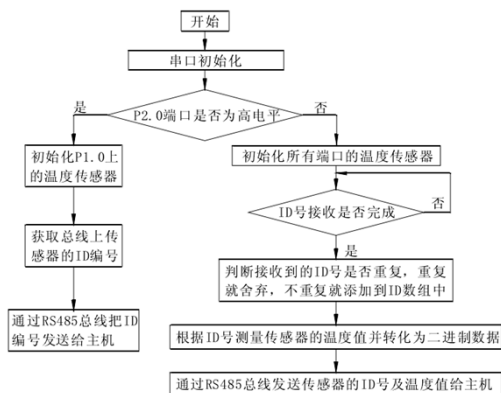


图 4 温度巡检测量软件的流程图

Fig.4 Flowchart of Temperature Inspection and Measurement Software

第一次通讯过程: 主机 CPU 命令 DS18B20 开始测温:

- (1) 主机发送初始化指令, 拉低总线电位, 网络复位;
- (2) 收到应答信号后, 发送 ROM 指令;
- (3) 发送 RAM 指令, 对应序列号匹配的 DS18B20 开始进行温度数据的测量。

第二次通讯过程: 延时后测温结束, 主机读取温度值:

- (4) 发送初始化指令;
- (5) 发送相应 ROM 指令;

(6) 发送 RAM 命令, 从网络总线上读取温度数据。

4.3 控制软件的编写

采用组态软件 LabVIEW 编写控制的程序, 其主要功能有: 数据采集与通讯、数据分析与处理、曲线显示、存储、用户参数显示及操作界面、数据打印、故障报警等。

通讯是基于 RS485 串行通讯总线的, 在整个软件设计中, 如何实现计算机串行接口与变频器之间的通讯是整个软件编写的关键。采用 LabVIEW 编写的主机串行接口与变频器的串行通讯程序如图 5 所示。

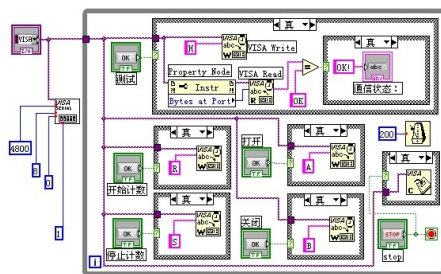


图 5 LabVIEW 编写的串行通讯程序

Fig.5 Serial Communication Program Written by LabVIEW

该方案中的西门子变频器都有一个 RS485 双绞线连接的串行接口, 采用通用串行接口协议 (USS)。总线上可以同时连接一个主站和最多 31 个从站。主站根据通讯报文中的地址字符确定要传输数据的从站。如果主站没有要求与从站进行通讯, 那么从站则不能主动发送数据; 各从站之间也不能直接进行信息的交换。

用户根据操作界面显示的关键参数可以获得系统运行的状态信息, 如需要对系统进行人工控制的话, 直接切换至手动按钮即可设置各种运行参数。

5 结论

(1) 通过末端变频控制技术, 可以较精确的控制用户区域的温度, 使末端环境温度一直控制在体感温度较为舒适的范围内, 提高了环境舒适度。当房间门窗长时间处于开启状态时, 将会指令控制切断空调末端或者报警提示用户对门窗状态进行检查。

(2) 变频节能控制系统的理论节能率在 40% 左右, 因此该方案是一种较好的节能方案, 同时变

频技术日趋成熟,节能改造的成本也更容易被业主接受。

(3) 根据实际应用案例的分析结果,实际节能率约为 33%左右,小于理论计算值。主要是因为空调初次开机时必须满负荷运行约 2 小时,使冷冻水温度达到设定值,因此满负荷运行的时间比例增大了。另外为了保证空调系统应对突增负荷的能力,预留了部分流量裕量,这也造成了实际节能效率的下降。

(4) 分布式温度采集使用的数字式传感器小巧、灵敏、适应性强,并且价格低廉,变频节能控制系统具有操作简单、技术成熟可靠、智能化程度高、节能效果良好等优点。

总之,采用变频节能控制系统可以有效降低空

调系统的能耗,降低业主的运行成本,有着良好的经济效益和社会效益。另外电机的变频启动可以减小启动瞬间对泵造成的冲击,提高了泵的使用寿命。

参考文献:

- [1] 孙一坚. 空调水系统变流量节能控制[J]. 暖通空调, 2001,31(6):5-7.
- [2] 高养田. 空调变流量水系统设计技术发展[J]. 暖通空调,1996,(3):20-22.
- [3] 陈孜虎. 中央空调末端盘管及水系统变频节能运行控制研究和实现[D].重庆:重庆大学,2010:31-49.
- [4] 马宝萍,徐治泉.基于改进的 Elman 网络的内模控制及其应用[J].热能动力工程,2000,(7):429-431.