

空调制冷系统的自动化控制与节能策略研究

王明章 王 锋 郭重阳

华商国际工程有限公司, 北京 100069

[摘要]建筑能耗在整体能源消耗里所占的比例不断升高, 空调制冷系统是关键的能耗主体, 其自动化控制以及节能技术变成研究的重点对象。当下, 许多传统空调系统大都使用定频控制模式, 存在着能耗偏高、控制响应速度慢, 还有运行效率不高等诸多问题。尽管近些年来变频技术、智能传感器以及自动化控制系统获得了广泛的应用, 然而系统的整体智能化程度依然存在改进和提高的部分, 在达成个性化调节以及动态负荷优化这些方面还需要探索与研究。所以深入研究更为精准且高效的自动化控制策略以及节能办法, 促使空调制冷系统朝着智能化、绿色化的方向去发展, 有着十分重要的实际意义和应用价值。

[关键词]空调制冷系统; 自动化控制; 节能策略

DOI: 10.33142/ect.v3i7.17195

中图分类号: TP29

文献标识码: A

Research on Automation Control and Energy-saving Strategy of Air Conditioning Refrigeration System

WANG Mingzhang, WANG Feng, GUO Chongyang

Huashang International Engineering Co., Ltd., Beijing, 100069, China

Abstract: The proportion of building energy consumption in overall energy consumption is constantly increasing, and air conditioning and refrigeration systems are the key energy consuming entities. Their automation control and energy-saving technologies have become the focus of research. At present, many traditional air conditioning systems mostly use fixed frequency control mode, which has many problems such as high energy consumption, slow control response speed, and low operating efficiency. Although frequency conversion technology, intelligent sensors, and automation control systems have been widely used in recent years, there is still room for improvement and enhancement in the overall intelligence of the system. Further exploration and research are needed to achieve personalized regulation and dynamic load optimization. Therefore, in-depth research on more precise and efficient automation control strategies and energy-saving methods is of great practical significance and application value in promoting the development of air conditioning refrigeration systems towards intelligence and green direction.

Keywords: air conditioning refrigeration system; automated control; energy-saving strategy

引言

全球能源消耗总量不断增多, 环境保护的压力也越来越大, 在这样的情况下, 空调制冷系统作为建筑能耗的关键部分, 其节能以及智能化控制方面的问题受到了很多关注。空调系统一方面在营造舒适环境这件事上起着极为重要的作用, 另一方面也是能源消耗以及碳排放的重要部分。传统的空调系统大多使用定频运行为主的方式, 存在着能耗偏高、调节粗放以及设备磨损较为严重等诸多问题, 很难满足现代建筑对于节能环保目标和智能管理的要求。随着自动化技术、传感器技术以及信息通信技术不断发展与进步, 空调制冷系统的自动化控制程度也在不断提高, 智能调控以及动态节能变成了有可能实现的事情。借助引入先进的控制算法、变频技术、负荷预测以及热能回收等一系列节能策略, 不但能够对系统运行效率加以优化, 而且还可以有效地减少能源消耗以及运营成本, 推动绿色建筑以及可持续发展目标达成。所以, 深入且细致地去研究空调制冷系统的自动化控制技术以及节能策略, 有着十分重要的理论层面的价值以及实际应用方面的意义。这篇文章

会围绕空调制冷系统的自动化控制当下状况、关键技术以及节能策略展开全面分析, 探寻怎样依靠智能化的方式提高系统性能, 达成节能减排的目的, 从而给相关领域在技术发展以及工程实践方面给予一定的参考。

1 当前空调自动化控制的主要挑战

当前空调自动化控制于实际应用进程里碰到不少难题。其一, 不同使用场合针对温度、湿度、空气质量等舒适性参数所提出的要求有着明显区别, 这致使系统设计以及控制策略很难达成通用化, 进而让系统开发及运维的复杂程度有所增加。其二, 现有空调系统当中存在着传感器控制精度有一定限制、布置不够合理之类的问题, 这些问题有可能致使环境数据采集出现不精准的情况, 对控制系统的实时响应以及调节成效产生影响。建筑结构具备复杂性且空调负荷变化存在不确定性, 这就使得系统在应对动态环境变化的时候难以达成高效且稳定的调控效果。在传统控制系统方面, 普遍存在着响应存在滞后情况、调节精度不够等技术方面的局限, 特别是在多区域、多联机空调系统当中, 协调控制的难度会更大一些。与此部分设备

缺少统一的通信协议以及标准接口,这就致使自动化系统的集成性较差、兼容性不足,对系统整体的运行效率以及智能化水平都产生了影响。用户使用行为带有随机性并且存在差异性,这又进一步加大了空调负荷预测的难度,对自动化控制系统的精细化以及智能化发展形成了限制。

2 空调制冷系统的自动化控制技术

2.1 温度、湿度与压力的监测与调控技术

在空调制冷系统里,对温度、湿度以及压力展开监测并加以调控的技术,构成了实现自动化控制的关键基石。借助安装高精度传感器这一举措,系统便能够持续且实时地收集室内外的温度、湿度方面的数据,同时也能获取系统内部的压力数据,进而构建起完备的数据感知网络体系。这些传感器一般都会与中央控制器或者 PLC 模块建立连接关联,依据所设定的逻辑算法来针对环境参数展开分析与判定操作,以此推动压缩机、风机、阀门等一系列执行机构达成自动调节的目的,从而确保能维持住设定好的舒适环境区间范围^[1]。比如说,要是检测发现室内温度超过了设定的数值,那么系统就会自动增加制冷输出的强度;而当湿度处于过低的状态或者出现压力波动异常的情况时,同样也会迅速对运行状态做出调整,以此来保证系统的安全状况以及运行的效率水平。

2.2 PLC 控制系统应用

在空调制冷系统里,PLC 控制系统得到应用之后,系统的自动化程度以及运行效率都得到了明显提升。PLC 自身具备很高的可靠性,还有灵活的编程能力以及强大的逻辑处理功能,可以针对空调系统里面的压缩机、冷凝器、蒸发器、电动阀、风机等这些关键设备展开精准控制。借助预先设置好的控制程序和控制策略,PLC 能够依据实时所采集到的温度、湿度、压力等相关参数,自动完成启动、调节以及停机等一系列操作,以此来保证系统在不一样的运行工况之下始终处于最佳的系统状态。除此之外,PLC 还能匹配多种通信协议模块,这使得其与上位机、触摸屏以及建筑管理系统(BAS)进行信息交互时较为便利,进而达成对整个空调系统的集中监控以及远程操作。

2.3 传感器与执行器的集成控制

在空调制冷系统的自动化控制方面,传感器与执行器的集成控制属于实现高效且智能运行的关键环节。传感器主要用来实时采集温度、湿度、压力以及流量等关键参数,把采集到的这些数据反馈给控制单元,从而让系统可以精准地判断当下的运行状态。执行器包含电动阀、风机调速器、压缩机启动器等设备,其作用是依据控制命令来执行相应的调节动作。传感器与执行器的集成控制一方面达成了信息采集与设备动作的闭环控制,另一方面还能够借助控制逻辑达成动态联动调节,以此提高响应速度以及控制精度。伴随技术的不断发展,越来越多的系统开始采用总线技术或者智能模块,这使得传感器和执行器之间的通讯变得更加高

效且稳定,进而进一步强化了系统的智能化程度。

2.4 智能控制与远程监测技术

在空调制冷系统当中,智能控制以及远程监测技术的应用,这无疑代表着自动化水平有所提升,同时也体现出管理模式方面存在创新之处。智能控制借助引入人工智能算法、模糊逻辑还有神经网络等一系列的技术手段,进而达成对空调运行状态的自学习以及自适应调节,使得系统可以依据环境所发生的各种变化以及用户的各类行为来自动地去优化自身的运行策略,如此一来便能够促使能效比得以提高,同时舒适性也得到了相应的提升^[2]。与此远程监测技术依靠物联网平台以及云计算技术,把传感器所采集到的诸如温度、湿度、压力以及电能消耗等方面的数据实时地上传至中央管理系统或者云端服务器,管理人员能够凭借电脑、手机这类终端设备来远程查看系统的运行状态、历史数据以及报警信息,并且还能够实现远程的操作与维护相关事宜。

3 空调制冷系统的节能策略分析

3.1 变频技术在节能中的应用

在当下空调制冷系统所应用的节能技术当中,变频技术已然成为其中极为重要的一项核心手段。它从以往传统的“普通电机加上外置变频器”这样一种模式逐步发展转变为了“变频电机搭配变频器”或者“变频电机配上定制化的控制模块”这样更为集成的一体化解决办法。这样一种在结构层面所进行的技术升级,一方面极大地提高了系统整体的运行效率,另一方面也达成了在更高层次上对于能耗的有效控制以及智能化的精准调节。就变频电机而言,其自身有着更为出色的能效特性,并且当它与专门为其配备的变频控制单元共同协作开展工作的時候,能够依据环境负荷的具体变化情况来实时对压缩机、电风机等那些关键部件的运行频率做出相应的调节,进而让系统即便处在部分负荷的状态之下依旧能够维持高效运行的良好态势,最大程度地避免了传统空调在频繁进行启停操作的过程中所产生的那种能耗方面的浪费情况出现。多亏了变频电机自身在电磁设计方面所做的优化处理以及控制策略朝着智能化方向的发展,整个系统在实际运行的过程当中对于电网所产生的冲击力有了大幅度的降低,如此一来便有效地缓解了配电系统所面临的负荷压力,使得供电系统的稳定性以及安全性都得到了提升。除此之外,由于变频运行具备着连续且平滑的加减速特点,所以设备在处于低速运行的状态之时,其振动的幅度是比较小的,电磁噪声也是相对较低的,这样一来,设备的整体运行噪声水平就明显降低了,这无疑进一步增进了用户在使用过程中的舒适性体验,同时也提升了设备对于环境的适应能力。

3.2 负荷预测与优化运行策略

负荷预测及优化运行策略对于提高空调制冷系统的能效水平而言,算得上是很关键的手段,其重点就在于借助对系统未来负荷变化趋势做出较为科学的预估,达成设

备运行的前馈控制以及动态优化这一目的。空调系统的负荷会受到诸多因素的影响,像室外的气候条件、人员的活动情况、建筑的结构特点、设备的运行状态等等,所以说,构建起具备高精度的负荷预测模型,这便成了开展节能控制工作的前提条件。当下被广泛运用的方法涵盖了依据历史数据展开的时间序列分析方式、凭借多变量输入构建起来的机器学习模型以及将气象预测、用户行为以及实时监测数据融合在一起的混合算法模型,通过精准地预测在未来短时或者长时间尺度之内的冷负荷需求,促使系统可以提前去调节自身的运行参数,进而实现按照实际需求来供冷、供风的目的,防止出现系统过载或者低效运行的状况^[3]。在此基础之上,优化运行策略会通过建立数学模型或者是控制逻辑的方式,针对压缩机组的启停顺序、冷却塔水泵的转速、冷冻水的流量、能源切换模式等方面展开动态调度操作,以此尽可能地降低单位能耗。在存在多机组或者多区域联动的系统当中,优化策略还得考虑到设备之间负载分配的均衡性以及整个系统的运行经济性,从而达成系统整体能效的最优化状态。

3.3 热回收与余热再利用技术

在空调制冷系统的节能策略方面,热回收以及余热再利用技术已然成为一项极为关键的节能减排举措,其重要性正一天天凸显出来,备受各方关注。这项技术的核心要义就在于大幅度削减系统运行期间所产生的诸多热排放,进而达成能源得以循环利用的目标,同时让环境所承受的负荷得到明显降低。就传统空调系统来讲,在其制冷的过程当中,会有大量的冷凝热径直借助冷凝器排散至外部环境之中,如此一来,既造成了热能出现极大的浪费情况,又使得城市热岛效应不断加剧,还致使碳排放总量有所增加。然而当热回收以及余热再利用技术得以施行的时候,便能够通过系统在系统里设置高效的热交换器,把原本理应在排放掉的高品位余热给回收起来,然后将其应用于生活热水的供应环节、建筑的采暖环节以及空调的再加热环节,甚至还可以将其耦合到吸收式制冷系统当中,以此进一步转化成可以被利用的冷量,从而实现冷热双回收所产生的协同效应。此技术在促使系统综合能源利用率得以提升的同时,还使得对一次能源的消耗量大幅减少,在医院、宾馆、商场等这类冷热负荷同步存在的建筑当中,该技术所展现出来的节能效率以及运行经济性都非常之高。更为重要的是,热回收系统的引入是从源头处减少了废热对大气环境的排放情况,有效地缓解了因为大量制冷设备集中运行而引发的环境温度升高问题,它无疑是推动建筑空调系统朝着绿色方向转型、达成碳达峰以及碳中和目标的一条极为重要的技术途径。

3.4 多联机系统的节能优化

在空调制冷系统节能优化策略方面,多联机系统因有灵活且高效的运行特性,所以当下在商业建筑以及大型公

共设施里被广泛采用,其节能效益关键在于对主机变频技术的充分运用。从系统运行能耗构成来讲,主机部分一般占整个空调系统能耗的差不多 70%,所以对主机能效进行优化,这对整个系统的节能程度起决定性作用。现代多联机系统大多使用高性能直流变频压缩机,借助变频控制技术让压缩机的运行频率可依据室内负荷实时做出调整,如此一来就能防止传统定频系统频繁启停所引发的能耗波动以及电能浪费情况出现^[4]。在部分负荷工况下,变频主机能够处于低速高效的状态持续运转,在维持室内温度稳定的时候把能耗大幅降低,其节能贡献率能达到系统整体节能效果的 70%以上,是节能控制的主导因素。而且主机的智能控制系统可协同各室内机的运行状况,依照各区域负荷变化动态调节冷媒流量与压力,进一步提升系统能效比(EER)与综合部分负荷性能系数(IPLV)。这不但提高了用户的舒适度,还增加了设备的使用寿命,降低了运维成本。从建筑节能角度来讲,主机变频技术多联机系统里的深度集成,既是提高系统运行效率的重要因素,也是达成绿色建筑和低碳运营目标的核心技术途径,所以在设计选型以及工程实施当中需要给予高度关注并优先采用。

4 结语

空调制冷系统的自动化控制以及节能策略,对于提高系统运行效率、减少能源消耗而言,是极为关键的途径,也是达成绿色建筑目标的重要方式。借助先进的传感技术、智能控制算法,还有像变频、热回收这类节能举措,能够切实提升系统的动态响应能力以及运行稳定性,并且能够满足不同环境以及用户所提出的个性化需求。在未来,随着物联网、大数据、人工智能等技术相互融合的程度越来越高,空调制冷系统会朝着更为智能化、精准化以及协同化的趋势去发展,从而实现节能与舒适的高度统一。强化理论研究和工程实践之间的结合,持续对控制策略以及节能技术加以优化,这将会为推动建筑领域的节能减排以及可持续发展作出积极的贡献。

【参考文献】

- [1]赵奇剑,应雪明,陈敏霞,等.空调制冷系统的自动化控制与节能策略研究[J].现代工业经济和信息化,2022,12(6):96-98.
 - [2]侯艳君.浅谈空调制冷系统在航站楼的应用[J].科技创新导报,2013(5):103-104.
 - [3]洪刘兵.制冷空调设备控制器软件自动化测试工具的改进[J].制冷与空调,2017,17(9):50-53.
 - [4]李辉辉.制冷与空调设备电气自动控制技术研究[J].中国设备工程,2024(21):227-229.
- 作者简介:王明章(1973—),男,民族:汉,籍贯:天津,职称:高级工程师,学历:本科,毕业院校:浙江工业大学,研究方向:制冷空调控制与节能方向。