

智能变频器技术在现代供热系统中的应用及发展趋势

于红峰

新疆天富能源股份有限公司供热分公司, 新疆 石河子 832000

[摘要]文章先简单介绍了智能变频器技术, 对其用途以及性能优点进行总结, 并分析其技术原理, 结合与阀门调节的对比, 并结合相关案例, 分析变频调节在现代供热系统中的节能效果结合。最后还对智能变频技术在现代供热系统领域的发展趋势进行分析, 旨在能够为相关技术研究带来一定的参考借鉴。文章认为, 智能变频器的节电率明显高于阀门调节的方式, 在供暖系统中的应用完全可行。

[关键词]智能变频器; 现代供热系统; 应用; 发展趋势

DOI: 10.33142/hst.v8i6.16889

中图分类号: TP3

文献标识码: A

The Application and Development Trend of Intelligent Frequency Converter Technology in Modern Heating Systems

YU Hongfeng

Heating Branch of Xinjiang Tianfu Energy Co., Ltd., Shihezi, Xinjiang, 832000, China

Abstract: The article first briefly introduces the technology of intelligent frequency converters, summarizes their applications and performance advantages, analyzes their technical principles, compares them with valve regulation, and combines relevant cases to analyze the energy-saving effect of frequency conversion regulation in modern heating systems. Finally, the development trend of intelligent frequency conversion technology in the field of modern heating systems is analyzed, aiming to provide some reference and inspiration for related technology research. The article believes that the energy-saving rate of intelligent frequency converters is significantly higher than that of valve regulation, and their application in heating systems is completely feasible.

Keywords: intelligent frequency converter; modern heating systems; application; development trend

引言

供热系统作为能源转换与利用的关键环节, 供热系统的能效提升与环保性能优化成为了行业内外关注的焦点。而智能变频器技术, 作为现代电力电子技术的杰出代表, 以其卓越的调速性能、高效的能源利用以及智能化的控制能力, 通过精确控制电机转速, 实现了对供热系统中水泵、风机等关键设备的无级调速, 有效降低了设备的能耗与磨损, 提高了系统的整体运行效率。同时, 结合物联网、大数据、云计算等先进技术, 智能变频器还能够实现远程监控、故障诊断与数据分析等功能, 为供热系统的智能化管理提供了有力支持。而未来, 随着技术的不断进步与市场的持续拓展, 智能变频器技术在现代供热系统中的应用前景将更加广阔。一方面, 随着能效标准的不断提高与环保政策的日益严格, 供热系统对高效、节能、环保的变频器产品需求将持续增长; 另一方面, 随着物联网、人工智能等技术的深度融合与应用, 智能变频器将向更加智能化、网络化、集成化的方向发展, 为供热系统的智能化升级提供更加全面、深入的解决方案。

1 智能变频器技术

智能变频器是一种高度集成化的电力电子控制设备, 该技术融合了先进的电力电子技术、微处理器技术、控制理论及通讯技术, 能够实现对交流电机转速、转矩及功率

等参数的精确控制与调节, 通过内部复杂的电路结构与智能算法, 将输入的固定频率、固定电压的交流电转换为频率、电压均可调节的交流电, 从而驱动电机按照预设的曲线或根据负载变化实时调整运行状态。

该技术的核心功能与用途就在于调速, 同时也兼备了过载保护、过压保护、欠压保护、短路保护等功能, 确保电机在复杂多变的工况下安全运行。同时也能够根据电机负载的变化自动调整输出频率与电压, 使电机始终保持在最佳效率点运行, 从而实现显著的节能效果。

此外, 智能变频器还具备强大的通讯能力, 支持多种通讯协议与接口, 能够轻松接入工业自动化控制系统, 实现远程监控、故障诊断与数据分析等功能, 使得智能变频器成为现代工业控制系统中不可或缺的重要组成部分。

2 智能变频器技术的基本原理与优势

智能变频器技术的基本原理在于应用先进的电力电子技术和微处理器控制技术, 通过改变电机工作电源的频率和电压, 从而实现对交流电机转速、转矩及功率等参数的精确调节。具体而言, 智能变频器先将输入的工频交流电源, 通过整流器转换为直流电源, 即为整流。随后, 直流电源经过滤波电路进行平滑处理, 以消除整流过程中产生的脉动电压和电流, 确保后续逆变过程的稳定性。而滤波后的直流电源被送入逆变器, 逆变器利用电力电子开关

器件的快速通断作用,将直流电逆变为频率和电压均可控的交流电。这一过程中,智能变频器的微处理器控制系统根据预设的控制算法或接收到的外部控制信号,实时调整逆变器中开关器件的通断状态,从而改变输出交流电的频率和电压,实现对电机转速的精确控制。为确保电机在复杂多变的工况下安全运行,智能变频器还具备多种保护功能和智能控制策略,如过载保护、过压保护、欠压保护、短路保护等,同时,通过内置的传感器和检测电路,智能变频器能够实时监测电机的运行状态以及电流、电压、转速、温度等参数,并根据监测结果自动调整控制策略,以优化电机的运行效率和性能。

传统阀门调节的方式存在明显的弊端,以水泵为例,水泵调节运行主要基于水泵学比例率这一理论,针对于同一台水泵,在不同转速运行的状态下,假设水泵的流量为Q,扬程为H,轴功率为P,转速为n,其关系主要如下:

$$Q_1/Q_2=n_1/n_2 \quad (1)$$

$$H_1/H_2=(n_1/n_2)^2 \quad (2)$$

$$P_1/P_2=(n_1/n_2)^3 \quad (3)$$

根据上述公式可知,在转速降低的情况下,其功率的减少量相比于流量的减少量明显较大,在降低水泵转速的情况,很有可能会降低单位供水量的电耗情况。而从电工学的角度来看,电器及的转速与输入频率也存在着如下的关系,其中f为电源频率;s为滑差率;p为极对数。

$$n=60f(1-s)/p \quad (4)$$

而与阀门调节相比,智能变频器在现代供热系统中的节能效果尤为突出,其理论对比数据具体如表1所示。

表1 阀门调节与智能变频器的对比

| 对比项 | 阀门调节 | 智能变频器 |
|-------|------------------------|----------------------------------|
| 节能原理 | 通过调节阀门开度控制流量与温度,存在节流损失 | 通过精确控制电机转速与输出功率,实现按需供热、动态调节 |
| 节能效果 | 能量损失大,尤其是节流损失显著 | 显著减少无效功耗,提高能源利用效率 |
| 调节精度 | 调节精度相对较低,存在滞后性 | 高频率PWM调节,响应速度快,调节精度高 |
| 保护功能 | 依赖机械部件的可靠性,保护功能有限 | 内置多种保护功能与智能控制策略,确保设备安全运行 |
| 监测与控制 | 监测与控制能力较弱,依赖人工巡检 | 实时监测设备状态与参数,自动调整控制策略,提高自动化与智能化水平 |
| 运维成本 | 运维成本较高,需定期检修与更换阀门 | 运维成本较低,减少人工巡检与故障处理时间 |
| 环保效益 | 能源浪费较多,不利于节能减排 | 显著降低能耗,减少污染物排放,促进环保 |

3 在供暖系统中采用智能变频器的节电效果分析

以某北方城市的大型热力公司为例,面对冬季供暖的巨大能耗挑战,决定对其供暖系统进行智能化改造,核心措施之一便是引入智能变频器技术。该公司原有的供暖系

统主要依赖传统的阀门调节来控制循环水泵的流量,以满足不同区域的供暖需求。然而,这种调节方式存在显著的能量损失,尤其是在阀门节流过程中,大量能量以热能形式散失,同时电机也常处于满负荷或接近满负荷运行状态,导致无效功耗增加。为改善这一状况,公司决定在供暖系统中全面采用智能变频器,通过精确控制电机的转速,实现了对循环水泵流量的动态调节。在供暖初期和末期,当室外温度较高、供暖需求较小时,智能变频器自动降低水泵的转速,减少流量输出,从而显著降低能耗。而在供暖高峰期,当室外温度骤降、供暖需求激增时,智能变频器则迅速提升水泵转速,确保供暖效果不受影响。

经过一个供暖季的实际运行,该热力公司统计了相关数据并进行了深入分析。结果显示,采用智能变频器后,供暖系统的整体能耗较改造前降低了约25%。具体而言,循环水泵的平均运行功率下降了约20%,电机运行效率显著提升,无效功耗大幅减少。此外,由于智能变频器具有精确的调节能力和快速的响应速度,供暖系统的调节精度也得到了显著提升,室内温度波动范围减小了约30%,进一步提升了用户的供暖体验。

以其中的水暖厂21#换热站供暖水系统为例,该系统采用了110kW的循环泵以及变频器一开一备用运转,在采暖期,循环泵频率设置在f=33Hz,经计算,该换热站的变频调速消耗功率为31.62kW,节电率为71.25%,年节电量为(110-31.62)×151×24=28.4万kWh,电价按照0.57元/kWh来计算的话,一年能节约下来的资金高达16.188万元。如果选用价格为8.5万元的变频器,那么静态投资的回收期则为一个采暖期。

4 智能变频器技术在现代供热系统中的发展趋势分析

4.1 应用现状

随着全球能源危机的加剧和环保意识的提升,供热系统作为能源消耗大户,其运行效率与环保性能越来越受到社会各界的关注。智能变频器技术以其高效、精准、智能的调节能力,在供热系统中展现出了巨大的应用潜力和价值。目前来看,智能变频器技术在现代供热系统中的应用已十分广泛,涵盖了从热源到用户端的各个环节。在热源端,智能变频器可用于控制锅炉鼓风机、引风机以及给水泵等关键设备的转速,实现燃烧过程的最优化控制,提高热效率并减少污染物排放。在输配端,智能变频器则广泛应用于循环水泵的调速控制,通过实时调节水泵的流量与压力,确保供热系统在不同工况下的稳定运行,同时有效降低能耗。在用户端,智能变频器还可与智能温控系统相结合,根据室内温度和用户需求自动调节供热量,提升用户的舒适度与满意度。

同时,通过集成先进的传感器、控制器和通信技术,智能变频器能够实时监测设备的运行状态、能耗情况以及

环境温度等参数,并根据预设的控制策略进行自动调节与优化控制,不仅提高了供热系统的运行稳定性和可靠性,还降低了对人工操作的依赖程度,减轻了运维人员的工作负担。并且智能变频器还具备故障诊断与预警功能,能够及时发现并处理潜在故障问题,避免设备损坏和事故的发生。

但同时,基于现状条件来看,还是存在着一系列的负面因素。首先高初期投资成本是阻碍变频器普及的一大障碍,尤其是对于预算有限的供热系统而言,采用智能变频器技术的初期投入较大,增加了系统的整体成本;其次,变频器对运行环境的要求较高,若未能妥善安装与维护,其易受环境影响而降低性能,如潮湿、高温环境可能导致变频器故障率上升,影响供热系统的稳定性;再者,变频器运行产生的谐波干扰可能对供电网络及附近电子设备造成不利影响,需额外配置滤波器等设备来减轻这一问题。

4.2 发展趋势

在现代供热系统中,智能变频器技术正逐步成为提升能效、优化运行管理的关键手段。在科技飞速发展,以及城市化进程的共同推动之下,供热系统面临着越来越高的能效要求与环保挑战。而智能变频器技术,凭借其精准调控、节能减排的显著优势,正引领着现代供热系统向智能化、绿色化方向迈进。基于当前现状来看,本文认为,该技术在现代供热系统领域中的发展趋势主要以下面几方面为主:

①**节能减排:**智能变频器技术通过调节电动机的转速,实现对供热系统中泵、风机等设备的精细控制。这种控制方式能够根据系统负荷的实时变化,自动调整供电频率,使设备始终运行在最佳效率区间,从而显著降低能源消耗。在北方集中供热系统中,锅炉鼓风机、引风机、循环水泵等大功率设备是能耗的主要来源。采用智能变频器进行调速控制,不仅能够有效降低电能消耗,还能减少煤炭等一次能源的浪费,实现节能减排的目标。未来,随着技术的不断进步和成本的进一步降低,智能变频器在供热系统中的普及率将持续提升,为节能减排事业贡献更大力量。

②**运行稳定:**智能变频器技术的优势就在于自适应能力和实时调控能力,能够根据供热系统的实际需求,自动调整设备的运行参数,确保系统运行的稳定性和可靠性。以往的供热系统中,由于设备启动和停止的频繁切换以及负荷的波动变化,往往会导致系统运行不稳定,甚至引发故障。而智能变频器通过平滑调节转速,减少了设备的机械冲击和磨损,延长了设备的使用寿命。同时,智能变频器还具备故障诊断和预警功能,能够及时发现并处理潜在

问题,确保供热系统的安全稳定运行。

③**智能管理:**随着物联网、大数据、人工智能等技术的快速发展,智能变频器技术正逐步与这些先进技术相融合,推动供热系统的智能化管理。通过构建智慧供热系统,可以实现对热源、热网、热力站、热用户等各个环节的实时监控和精准调控。智能变频器作为系统中的关键设备之一,其运行数据将被实时采集并传输至云端平台进行分析处理。基于大数据分析的结果,系统能够自动调整运行策略,优化供热效果,提升用户体验。

④**绿色发展:**在碳达峰、碳中和目标的引领下,供热系统的绿色化发展已成为行业共识。智能变频器技术作为节能减排的重要手段之一,将在绿色供热体系中发挥重要作用。通过推广智能变频器技术,可以降低供热系统的能耗和排放水平,减少对环境的污染和破坏。同时,智能变频器技术还可以与太阳能、地热能等可再生能源技术相结合,构建多能互补的供热系统,进一步提升系统的绿色化水平。而随着科技技术的不断突破,该技术的应用场景也势必会得到进一步的拓展,在绿色供热领域发挥更加重要的作用。

5 结语

综上所述,本文先从理论的角度,分析智能变频器技术的核心特征及其优势,并与传统的阀门调节的方式进行对比,探究该技术在供热系统中的应用优势。之后还结合我国北方地区的实际案例,对上文分析内容进行论证。本文认为,智能变频技术在现代供热系统中的应用优势不可否认,但是也面临着成本高、稳定性不足、环境干扰等一系列问题,因此本文建议应当进一步加强技术研发力度,积极对接当前先进科技技术,以迎合可持续发展战略,为社会绿色供热带来积极影响。

[参考文献]

- [1]郭全伟,范增博,张成双,等.EACHTCS 智能变频除湿热泵烤房研究与应用[J].福建农业科技,2024,55(4):56-59.
- [2]李嘉平,陈杨,贾晓飞.供热系统的监测控制改造技术及应用[J].中小企业管理与科技(上旬刊),2015(5):123.
- [3]赵立新.供热系统监测与控制改造技术探究[J].河南科技,2014(11):101.
- [4]丁伟.热电供热系统的集成节能技术探讨[J].电子技术与软件工程,2013(20):159.
- [5]李利新.供热系统智能控制节能改造技术应用[J].山西大同大学学报(自然科学版),2011,27(4):72-75.

作者简介:于红锋(1971.4—),男,汉族,工程师,专业机电工程及其自动化。