

变频器在电气自动化控制中的应用

黄 鹏

云南云铝海鑫铝业有限公司 云南 昭通 657000

摘 要：本文阐述了变频器在电气自动化控制中的基础原理与核心价值，包括其电能转换系统及在提高系统效率、设备稳定性等方面的优势。还介绍了变频器在工业生产、交通运输、楼宇建筑等领域的深度应用，如实现生产线协同控制、电动汽车智能驱动、中央空调节能控制等，凸显了变频器在电气自动化控制中的重要作用。

关键词：变频器；电气自动化；控制；应用

引言：在电气自动化控制蓬勃发展的当下，变频器作为核心电力电子设备，凭借其独特基础原理，在众多领域展现出不可替代的核心价值。从工业生产中自动化生产线的协同运作、纺织工艺的精准把控，到冶金大型设备的高效驱动；从交通运输领域电动汽车的智能驱动、轨道交通的稳定运行，到船舶航运的操控优化；再到楼宇建筑中中央空调的节能、电梯的安全高效运行以及给排水的恒压控制，变频器均发挥着关键作用。本文将深入探讨其在各领域的具体应用，展现其技术魅力与实用价值。

1 变频器在电气自动化控制中的基础原理与核心价值

在电气自动化控制领域，变频器作为关键的电力电子设备，发挥着不可或缺的作用，其基础原理与核心价值深刻影响着自动化系统的运行效能。（1）变频器集成了整流、滤波、逆变等核心模块，构建起一个复杂而高效的电能转换系统。整流模块首先将输入的工频交流电转换为直流电，这一过程通过电力电子器件的开关动作实现，将交流电的正负半周分别整流成单向脉动的直流电。随后，滤波模块对整流后的直流电进行平滑处理，消除其中的脉动成分，得到稳定的直流电压，为后续的逆变过程提供高质量的直流电源。逆变模块则是变频器的关键环节，它利用半导体开关器件（如绝缘栅双极型晶体管IGBT）的高速开关特性，将稳定的直流电逆变成频率和电压均可调的交流电。通过精确控制开关器件的导通和关断时间，变频器能够生成不同频率和幅值的交流输出，从而实现对电机转速和转矩的灵活调节。（2）变频器在电气自动化控制中的核心价值体现在多个方面。从系统效率角度看，它能够根据实际负载需求动态调整电机的运行参数。在传统电气控制系统中，电机通常以固定转速运行，无论负载大小如何变化，电机的能耗基本保持不变，这导致了大量能源的浪费。而变频器可以根据负载的变化实时调整电机的转速和转矩，使电

机始终运行在最佳效率点，有效降低了能源消耗，提高了系统的整体能效。（3）在设备运行的稳定性和可靠性方面，变频器也具有显著优势。它能够精确控制电机的启动和停止过程，避免传统直接启动方式下产生的大电流冲击，减少对电机和电网的损害，延长设备的使用寿命。同时，变频器还可以实现对电机转速的平滑调节，避免了因转速突变而引起的机械振动和冲击，提高了设备运行的稳定性和可靠性。（4）在自动化生产过程中，变频器能够与自动化控制系统紧密配合，根据生产节拍和工艺要求自动调整设备的运行速度。例如，在自动化生产线上，不同工序对设备运行速度的要求可能不同，变频器可以根据预设的程序实时调整电机的转速，使设备运行参数与生产需求精准匹配，大大提高了生产效率和产品质量^[1]。

2 变频器在工业生产电气自动化控制中的深度应用

2.1 自动化生产线的智能协同控制

在现代化制造业的自动化生产线中，设备之间的协同运作至关重要，而变频器则成为了实现多设备联动控制的核心元件。以汽车制造生产线为例，这是一个高度复杂且对生产节奏要求极高的系统，其中输送带作为物料传输的关键环节，其运行速度必须与其他工位的自动化设备精准匹配。（1）变频器安装在输送带电机上，能够根据预设的生产节拍和实际生产需求，灵活调节电机的转速。当焊接工位正在进行精细的焊接作业时，变频器会适当降低输送带速度，确保待焊接的零部件能够准确停在焊接位置，为焊接机器人提供充足的操作时间，保证焊接质量。而在喷涂工位，为了使涂料能够均匀地覆盖在车身上，变频器又会根据喷涂工艺的要求，精确控制输送带的移动速度，使车身与喷枪保持最佳的相对运动状态。（2）结合安装在生产线各环节的传感器反馈的实时数据，变频器具备了智能调节的能力。当传感器检测到物料在某个区域出现堆积时，会立即将信号传输

给变频器，变频器迅速响应，降低输送带的运行速度，避免生产堵塞情况的发生。而当物料顺利通过该区域后，变频器又会根据后续工位的生产进度，逐步提高输送带速度，确保整个生产流程的无缝衔接。这种基于变频器的智能协同控制，显著提升了生产线的自动化协同水平，减少了人工干预，大大提高了生产效率。

2.2 纺织工业自动化生产的精准控制

纺织工业对工艺参数的稳定性有着极高的要求，任何微小的波动都可能影响产品的质量。变频器在纺织电气自动化系统中发挥着不可或缺的关键作用，为纺织生产的精准控制提供了有力保障。（1）在纺纱工序中，纱线张力的稳定性直接关系到纱线的品质。变频器与纱线张力传感器紧密配合，实时监测纱线的张力变化。当传感器检测到纱线张力出现波动时，会立即将信号传递给变频器，变频器迅速调整纺纱机电机的转速，使纱线的张力始终保持在设定的恒定值。这种精确的控制方式，有效避免了因张力不均而导致的纱线粗细不均、断头等问题，提高了纱线的质量和生产的稳定性。（2）在织布环节，变频器与PLC控制系统协同工作，实现了织布机不同织造工艺的快速切换。根据不同的织物组织要求，PLC控制系统会向变频器发送相应的指令，变频器根据指令自动切换电机的运行模式，调整电机的转速和转向，从而满足不同织造工艺的需求。例如，在织造平纹织物时，变频器控制电机以一种特定的速度和转向运行；而当需要织造斜纹织物时，变频器又能迅速调整电机的运行参数，实现织造工艺的快速转换。这种高度自动化的控制方式，极大提升了纺织生产的自动化程度和产品质量的稳定性^[2]。

2.3 冶金工业自动化系统的高效驱动

冶金工业是一个对设备动力驱动和控制精度要求极高的行业，变频器在冶金电气自动化系统中为轧钢机、高炉风机等大型设备提供了高效、精准的动力驱动与控制。在轧钢过程中，变频器根据轧制程序指令，能够快速、准确地调整轧辊电机的转速与转矩。当轧制不同规格的钢材时，变频器会根据预设的参数，精确控制轧辊的旋转速度，实现对钢材轧制速度和厚度的精确控制。同时，结合自动化监测系统反馈的温度、压力等数据，变频器能够实时优化电机的运行参数。例如，当监测到轧制过程中的温度过高时，变频器会适当降低电机的输出功率，减少轧辊的发热；而当压力出现异常波动时，变频器又能及时调整电机的转矩，确保轧制的稳定性。这种基于变频器的精准控制，保障了轧钢生产的连续性与稳定性，提高了冶金产品的质量和生产效率。

3 变频器在交通运输电气自动化控制中的创新应用

3.1 电动汽车驱动系统的智能控制

在电动汽车的电气自动化驱动系统里，变频器是当之无愧的核心控制部件。电动汽车的动力来源是电池，其输出为直流电，而驱动电机通常需要三相交流电，变频器就承担了将直流电转换为三相交流电的关键任务。

（1）变频器与整车控制系统（VCU）保持着实时通讯。当车辆处于加速工况时，VCU会将加速信号传递给变频器，变频器迅速响应，精确调节电机的转速与转矩，使电机输出更大的动力，推动车辆快速加速。在减速过程中，变频器同样会根据VCU的指令，合理调整电机的运行状态，实现平稳减速。当车辆面临爬坡等需要大扭矩的工况时，变频器能够通过复杂的算法，将电池的电能高效地转化为电机所需的机械能，确保车辆有足够的动力克服坡度^[3]。（2）更为重要的是，在制动过程中，变频器与能量回收系统紧密配合。当驾驶员踩下制动踏板时，车辆的动能本会以热量的形式散失，但变频器可以将这部分动能转化为电能，回充到电池中。这种能量回收机制大大提升了电动汽车的能源利用效率，有效延长了车辆的续航里程，解决了电动汽车用户普遍关心的“里程焦虑”问题。

3.2 轨道交通自动化运行的稳定保障

轨道交通电气自动化系统对运行的稳定性和准点性要求极高，变频器在其中发挥了至关重要的作用。在列车运行过程中，无论是启动、加速还是制动，变频器都依据信号系统发出的指令，精准控制牵引电机的运行参数。（1）列车启动时，变频器会逐步提高电机的转速，使列车平稳加速，避免因突然加速给乘客带来不适。在行驶过程中，根据线路状况和运行计划，变频器实时调整电机的输出功率，确保列车能够按照预定的时间准点停靠。同时，轨道交通列车通常由多节车厢组成，变频器通过对多台电机的协同控制，使各节车厢的动力输出保持一致，避免了因动力不均导致的列车晃动或倾斜，大大提升了列车运行的稳定性与安全性。（2）变频器还应用于轨道交通的辅助设备控制，如通风系统。它可以根据客流量的变化，自动调节通风系统风机的转速。当客流量较大时，提高风机转速，增强通风效果，为乘客提供舒适的乘车环境；当客流量较小时，降低风机转速，减少能源消耗，实现轨道交通系统的智能化、节能化运行。

3.3 船舶航运自动化操控的优化升级

船舶电气自动化系统中，变频器的应用贯穿于推进、电力、辅助等多个子系统，为船舶航运的自动化操

控带来了优化升级。(1)在船舶推进系统方面,变频器根据导航系统提供的航向信息和驾驶人员的指令,精确调节螺旋桨电机的转速与转向。这使得船舶能够实现灵活的操控,无论是直线航行、转弯还是掉头,都能精准执行。同时,结合气象、海况监测数据,变频器可以自动调整电机的运行模式。例如,在逆风逆流的情况下,提高电机转速,优化船舶航速,降低能耗;在风平浪静的海域,适当降低电机转速,节约能源。(2)在船舶电力系统中,变频器控制发电机的转速,确保输出电压与频率稳定。船舶上各类设备对电能的质量要求各不相同,稳定的电压和频率能够满足不同设备的用电需求,避免因电压波动或频率不稳导致的设备故障,提升了船舶航运的自动化操控水平与航行安全性。

4 变频器在楼宇建筑电气自动化控制中的广泛应用

4.1 中央空调自动化节能控制

楼宇中央空调系统能耗占比较大,节能潜力突出。在中央空调电气自动化系统里,变频器与水泵、风机等设备协同工作。它和温度、湿度传感器以及楼宇自控系统(BAS)紧密联动。传感器实时监测室内外环境参数,BAS依据这些数据和预设的空调负荷需求模型,精准计算当前所需负荷。变频器接收BAS指令后,动态调节水泵转速与风机风量。当室内温度接近设定值,负荷降低,变频器降低水泵和风机转速,减少水流和风量,降低设备能耗。当负荷增加,它自动提升设备运行功率,保障室内环境舒适。相比传统定速运行模式,这种自动化节能控制方式可根据实际需求灵活调节,大幅降低中央空调系统能耗。

4.2 电梯自动化运行的安全高效保障

电梯是楼宇内人员垂直运输的重要工具,安全与效率至关重要。在电梯电气自动化控制系统中,变频器与电梯控制器(ECU)配合默契。ECU根据乘客指令和楼层信号生成运行指令,变频器据此精确控制电机启动、加速、匀速、减速及制动过程,确保电梯运行平稳舒

适。同时,变频器具备过流、过压、欠压等多种保护功能。一旦电梯运行出现异常,它能迅速采取保护措施,保障乘客安全。此外,结合群控系统,变频器可优化电梯调度,根据乘客流量和楼层分布,合理安排电梯运行,提高运行效率与服务质量^[4]。

4.3 给排水自动化恒压控制

楼宇给排水系统需要稳定的水压供应。在给排水电气自动化系统中,变频器通过压力传感器反馈信号,实现水泵的恒压供水控制。当用水需求变化时,它自动调节水泵转速。夜间用水低谷,水泵低速运行;用水高峰,水泵高速运转。这种控制方式避免了传统阀门调节造成的能量浪费,实现了给排水系统的自动化、节能化运行。

结束语

综上所述,变频器在电气自动化控制的多个领域均展现出卓越性能与重要价值。在工业生产中,它助力自动化生产线智能协同、纺织工业精准控制、冶金工业高效驱动;于交通运输领域,推动电动汽车智能驱动、轨道交通稳定运行、船舶航运优化操控;在楼宇建筑内,保障中央空调整能、电梯安全高效、给排水恒压节能。变频器凭借其先进的基础原理,为各行业电气自动化系统带来效率提升、能耗降低、运行稳定等多重优势,是推动电气自动化发展、实现智能化与节能化目标的关键力量。

参考文献

- [1]魏福江.电气自动化控制中变频调速技术运用研究[J].中外企业家,2020(20):136-140.
- [2]刘洋.电气自动化控制中变频调速技术运用分析[J].中国设备工程,2020(10):177-178.
- [3]时永豹.变频器在集中供热电气自动化控制中的应用分析[J].现代工业经济和信息化,2019,9(09):94-95+98.
- [4]关剑.变频调速在工业电气自动化控制中的运行思路探究[J].智能建筑与智慧城市,2017(08):69-70.