

PLC变频节能技术在电气自动化设备中的应用

侯雪

石家庄职业技术学院，河北 石家庄 050000

DOI:10.61369/ME.2025070016

摘要：在当前能源供需矛盾凸显以及绿色发展理念普遍推广的形势下，电气自动化设备节能改造成为工业领域转型升级的关键方向。PLC变频节能技术凭借其精确的控制能力及显著的能耗优化效果逐渐成为提高电气自动化设备能效的核心技术手段。本文首先阐述PLC变频节能技术的基本原理，包括PLC控制逻辑与变频调速技术的融合机制；然后结合风机，水泵，压缩机等典型电气自动化设备，进一步分析该技术在不同应用场景中的具体实现方式与节能路径；探讨技术应用过程中存在的硬件适配，控制算法优化等关键问题并提出相应的解决思路；最后展望PLC变频节能技术与物联网，人工智能等新兴技术融合的发展趋势，为工业领域电气自动化设备的节能升级提供理论参考与实践借鉴。

关键词：PLC变频节能技术；电气自动化设备；变频调速；节能改造；控制逻辑

Application of PLC Variable Frequency Energy-Saving Technology in Electrical Automation Equipment

Hou Xue

Shijiazhuang Vocational Technology Institute, Shijiazhuang, Hebei 050000

Abstract : Amid the current prominent contradiction between energy supply and demand and the widespread promotion of green development concepts, the energy-saving transformation of electrical automation equipment has emerged as a crucial direction for industrial transformation and upgrading. PLC variable frequency energy-saving technology, with its precise control capabilities and significant energy consumption optimization effects, has gradually become a core technical means to enhance the energy efficiency of electrical automation equipment. This paper first elaborates on the basic principles of PLC variable frequency energy-saving technology, including the integration mechanism of PLC control logic and variable frequency speed regulation technology. Subsequently, by combining typical electrical automation equipment such as fans, pumps, and compressors, it further analyzes the specific implementation methods and energy-saving pathways of this technology in different application scenarios. It explores key issues such as hardware adaptation and control algorithm optimization during the application process and proposes corresponding solutions. Finally, it looks forward to the development trend of integrating PLC variable frequency energy-saving technology with emerging technologies such as the Internet of Things (IoT) and artificial intelligence (AI), providing theoretical references and practical insights for the energy-saving upgrade of electrical automation equipment in the industrial sector.

Keywords : PLC variable frequency energy-saving technology; electrical automation equipment; variable frequency speed regulation; energy-saving transformation; control logic

引言

随着工业生产规模的不断扩大，电气自动化设备在工业中的应用范围随之扩展，其能耗问题越来越引起人们的关注。传统电气自动化设备多为定速运行模式，在实际生产中往往会因为负载的波动而造成能源的浪费，不仅增加了企业生产成本，也违背了当前绿色低碳的发展要求^[1]。PLC变频节能技术将可编程逻辑控制器（PLC）的灵活控制功能与变频调速技术的能耗调节优势相结合，对该技术的深入研究在电气自动化设备中应用，对于降低工业能耗、提高设备运行稳定性、促进工业绿色可持续发展具有重要意义。

一、PLC变频节能技术的基本原理

(一) PLC控制技术的主要功能

PLC是一种数字运算操作的电子系统，具有逻辑控制、时序控制、数据处理等核心功能。在电气自动化设备中，PLC接收传感器，编码器等检测元件发送的信号，对设备运行状态进行实时监测；同时根据预设的控制程序，向变频器，接触器等执行元件发送控制指令，实现对设备运行过程的精准调控。其模块化的硬件结构以及可编程的软件特点，使PLC能够适应不同类型电气自动化设备的控制需求，为变频节能技术的应用提供稳定的控制平台。

(二) 变频调速技术的节能机制

变频调速技术是利用电机转速与供电频率成正比的原理，通过改变电机定子绕组供电频率，实现对电机转速的平滑调节。对于传统的定速运行的电气自动化设备，当负载需求降低时，控制输出通常采用阀门节流、挡板调节等方式，这样会产生大量的能量损耗。而变频调速技术能够根据负载实际需求，动态调整电机转速，使电机输出功率与负载需求保持匹配^[2]。例如，当风机负载需求降至额定负载的一半时，通过变频调速将电机转速降至额定转速的一半，根据流体力学原理，风机的轴功率与转速的三次方成正比，此时电机能耗仅为额定能耗的八分之一，节能效果显著。

(三) PLC与变频调速技术的融合方式

PLC与变频调速技术的融合是实现电气自动化设备节能控制的关键。在硬件连接方面，PLC通过RS485、Profinet等通信接口与变频器建立数据通信，实现控制指令与运行参数的双向传输；同时，PLC的数字量输出接口可直接连接变频器的启停控制端，实现对变频器的紧急控制。在软件控制方面，PLC通过编写专用的控制程序，实现对变频器输出频率的精准调节^[3]。例如，在恒压供水系统中，PLC根据压力传感器检测到的管网压力信号，与预设的目标压力进行比较，通过PID（比例-积分-微分）控制算法计算出所需的变频器输出频率，进而调整水泵电机转速，使管网压力稳定在目标范围内，既保证供水质量，又避免能源浪费。

二、PLC变频节能技术在典型电气自动化设备中的应用

(一) 在风机设备中的应用

风机是工业生产中使用最广泛的设备，广泛用于通风，冷却，除尘等工序，风机的能耗占工业总能耗的比例较大。传统风机设备多采用定速运行模式，采用调节挡风板开度控制风量，这种方式不仅调节精度低，而且节流损失大。PLC变频节能技术应用于风机设备后可以做到风量精准调节，能耗大幅下降。在实际中，PLC首先通过风量传感器或者压力传感器获取风机出口的实际风量或系统压力信号，再将其送入PLC的模拟量输入模块^[4]。PLC根据设置的风量或压力设定值，采用PID控制算法对采集到的信号进行运算处理，得到相应的变频器输出频率控制信号。然后，PLC通过通信接口把控制信号发送给变频器，变频器根据控制信号调整输出频率，改变风机电机转速。当系统所需风量大

时，PLC控制变频器提高输出频率，电机转速上升，风机风量增大；当系统所需风量小时，变频器降低输出频率，电机转速下降，风机风量减小。

(二) 在水泵设备中的应用

水泵设备在工业供水、污水处理、化工生产等领域，运行能耗也是不可忽视的。传统水泵设备的运行方式往往是利用阀门调节流量，当系统所需流量减小时，阀门开度变小，管道阻力变大，大量能量用在阀门节流上。PLC变频节能技术应用于水泵设备可以很好地解决这个问题，从而进行流量的动态调节和能源的高效利用。以工业循环水系统中水泵为例，PLC利用流量传感器或液位传感器实时采集循环水系统流量或水箱液位信号。将采集到的信号与系统预设的流量或液位设定值相比较，若实际流量小于设定值或实际液位小于设定液位，PLC通过PID控制算法计算出需要提高的变频器输出频率，并向变频器发出控制指令，变频器提高输出频率，水泵电机转速高，循环水流量增大；反之，若实际流量大于设定值或实际液位大于设定液位，PLC控制变频器降低输出频率，水泵电机转速低，循环水流量小。

(三) 在压缩机设备中的应用

压缩机是一种将低压气体上升为高压气体的流体机械，用于制冷、化工、机械制造等行业。传统压缩机多采用加载/卸载的控制方式，当系统压力达到设定上限时，压缩机卸载运行，电机处于空转状态，仍消耗大量电能；当系统压力降至设定下限时，压缩机重新加载运行，这种频繁的加载/卸载，不但造成能源浪费，还会加剧设备的机械磨损，降低设备运行稳定性。PLC变频节能技术应用在压缩机设备上，可以平滑调节压缩机运行状态，PLC通过压力传感器实时采集压缩机排气压力信号，并将压力信号转换成数字信号进行处理^[5]。将处理后的压力信号与预设的压力控制范围进行比较，若排气压力高于上限值，PLC控制变频器降低输出频率，压缩机电机转速下降，排气量减少，系统压力逐渐降低；若排气压力低于下限值，PLC控制变频器提高输出频率，压缩机电机转速升高，排气量增加，系统压力逐渐升高。另外，PLC还可以根据系统的实际用气量变化，提前预测压力变化趋势，利用优化控制算法对压缩机转速进行提前调节，避免系统压力大幅度波动。

三、PLC变频节能技术应用中关键问题及解决思路

(一) 硬件适配问题

在PLC变频节能技术的应用过程中，硬件适配是影响技术应用效果的重要因素。不同类型的电气自动化设备对PLC的输入/输出点数、通信接口类型、处理速度等参数要求不同，对变频器的功率、电压等级、控制方式等也有所不同。如果硬件选择不当，PLC与变频器会不能正常通信，变频器会满足设备的负载需求，影响设备的正常运行和节能效果。针对这个问题，首先在技术应用前要对电气自动化设备的运行参数进行全面调研，包括设备的额定功率、额定转速、负载特性、控制精度要求等。根据调研结果，选择与设备参数相匹配的PLC与变频器。例如，对大功率压缩机设备，需要采用输出功率较高，对过载能力好的变频器；对控制精度要求较高的恒压供水系统，需要采用高速处理能力和通信接口比较丰富的PLC。其次，在硬件安装过程中，注意

PLC与变频器之间的布线规范，避免由于布线不当而产生的电磁干扰。

(二) 控制算法优化问题

PLC变频节能技术的节能效果与设备运行稳定性直接关系到控制算法是否合理。目前，PID控制算法在PLC变频节能控制中应用最广泛。然而，传统的PID控制算法在面对电气自动化设备具有非线性、大滞后、时变特性时，容易产生超调量大、响应速度慢、控制精度低等问题，无法达到理想的节能控制效果。而要解决这个问题，需要对传统的PID控制算法进行优化。一方面，可以利用自适应PID控制算法，它可以根据设备运行过程中负载特性的变化，自动调节PID控制器的比例系数，积分时间常数与微分时间常数，使控制器始终保持最佳的控制性能。例如，在风机设备运行中，当负载发生突变时，自适应PID控制算法就可以迅速调整控制参数，避免系统出现大的波动，提高控制精度和响应速度。另一方面，可以结合模糊控制、神经网络等智能控制算法，实现对PLC变频节能控制的优化。模糊控制算法能够处理具有模糊性与不确定性的控制问题，通过建立模糊规则库，实现对变频器输出频率的灵活调节；神经网络控制算法具有自学习、自适应能力，能够通过对设备运行数据的学习，建立设备运行状态与控制参数之间的映射关系，实现更精准的控制。

(三) 设备兼容性与升级问题

在现有工业生产场景中，部分电气自动化设备运行年限较长，设备型号老旧，其控制接口、通信协议等与新型的PLC、变频器存在兼容性问题。同时，随着工业自动化水平的不断提升，企业对电气自动化设备的控制功能与节能效果提出了更高的要求，需要对现有设备进行升级改造。针对设备兼容性问题，首先可以通过加装接口转换模块的方式，实现老旧设备与新型PLC、变频器之间的通信连接。例如，对于采用传统模拟量控制的老旧风机设备，可以加装模拟量转数字量的转换模块，使风机设备的运行信号能够被新型PLC采集，同时PLC的控制信号也能够通过转换模块传输至变频器。其次，在设备升级改造过程中，应制定合理的升级方案，充分考虑设备的现有状况与未来发展需求。

四、PLC变频节能技术的发展趋势

(一) 与物联网技术的融合

随着物联网技术的快速发展，PLC变频节能技术与物联网技术的融合是未来发展的趋势。通过接入物联网平台将PLC、变频器等设备进行远程监测与控制，实现对电气自动化设备运行状态的远程监测与控制。物联网平台可以实时采集设备的运行参数如电机转速，输出功率，能耗数据等，并通过大数据分析技术对数

据进行处理，为企业提供设备运行状态评估，能耗分析，故障预警等服务。再如，企业管理人员能够在物联网平台上随时随地查看各车间风机，水泵等设备的运行情况，当设备出现能耗异常或者出现故障隐患时，平台能够及时发出预警信号，管理人员可以及时安排维修人员进行处理，减少设备停机时间，提高设备运行效率。同时，基于物联网平台采集的大量运行数据，还可持续地对PLC变频节能控制算法进行优化，提高设备的节能效果。

(二) 与人工智能技术深度融合

人工智能技术的发展为PLC变频节能技术升级提供了新的机遇。将人工智能技术与PLC变频节能技术深度结合，实现电气自动化设备智能化控制与节能优化。例如，对设备的历史运行数据，通过机器学习算法进行学习，建立设备能耗和运行参数之间的预测模型，根据预测模型，提前调整变频器的输出频率，实现对设备能耗的精确定位。另外，人工智能技术还可用于设备故障诊断与维护，通过对设备运行数据的实时分析，识别设备的故障类型与故障位置，自动生成维修方案，提高设备维护的效率与准确性。同时，基于人工智能的优化算法还可以实现多台设备之间的协同控制，根据整个生产系统的负载需求，合理分配各设备的运行参数，实现系统整体能耗的最小化。

(三) 绿色化与小型化发展

PLC变频节能技术在绿色低碳发展理念的指引下将向着更加绿色化的方向发展。一方面，不断优化PLC与变频器的硬件设计，采用低功耗的芯片、元器件等，降低设备自身的能耗。再比如研制新型的节能型PLC，其待机功耗与运行功耗较传统PLC高。另一方面，进一步完善变频调速技术，提高能源转换效率，降低能耗。同时，随着电子元器件集成度的提高，PLC与变频器的体积将会逐渐小型化，不仅节省了设备安装空间，而且容易在小型电气自动化设备中应用，扩大PLC变频节能技术的应用范围。

五、结论

PLC变频节能技术作为一种高效的节能控制技术，在电气自动化设备中具有广泛的应用前景。PLC与变频调速技术的融合使得可以精确控制电气自动化设备的运行过程，大大降低设备能耗，提高设备的运行稳定性。本文通过对PLC变频节能技术基本原理的阐述，结合风机、水泵、压缩机等典型电气自动化设备的应用分析，深入探讨了技术应用中的关键问题与解决思路，并对技术的发展趋势进行了展望。实践证明，PLC变频节能技术能解决传统电气自动化设备的能耗大、控制精度低等问题，为工业节能降耗与绿色发展提供了有力的支撑。

参考文献

- [1] 张晖. PLC变频节能技术在自动化系统中的应用 [J]. 集成电路应用, 2024, 41 (05): 188–189.
- [2] 邹忠高. PLC变频节能在电气自动化设备中的应用探讨 [J]. 中国设备工程, 2023, (21): 229–230.
- [3] 关若心. PLC变频节能技术在电气自动化设备中的具体运用 [J]. 信息记录材料, 2021, 22 (11): 121–122.
- [4] 陈飞飞. PLC变频节能技术在电气自动化设备中的应用与研究 [J]. 数字技术与应用, 2021, 39 (09): 4–6.
- [5] 康金生. PLC变频节能技术在电气自动化设备中的应用 [J]. 数字技术与应用, 2021, 39 (08): 4–6.