

电气自动化系统中变频器应用与技术管理研究

王刚

中智广州经济技术合作有限公司，广东 广州 510000

DOI: 10.61369/ME.2024070006

摘要：随着工业自动化和智能制造的快速发展，变频器作为电气自动化系统中的关键设备，其应用与技术管理的重要性日益凸显。本文深入探讨变频器在电气自动化系统中的应用及其技术管理，研究变频器技术管理对工业自动化发展具有重要意义。

关键词：变频器；技术管理；工业自动化

Research on the Application and Technical Management of Frequency Converters in Electrical Automation Systems

Wang Gang

Zhongzhi Guangzhou Economic and Technological Cooperation Co., Ltd. Guangzhou, Guangdong 510000

Abstract： With the rapid development of industrial automation and intelligent manufacturing, frequency converters, as key equipment in electrical automation systems, have become increasingly important in terms of their application and technical management. This article explores in depth the application and technical management of frequency converters in electrical automation systems, and the study of frequency converter technical management is of great significance for the development of industrial automation.

Keywords： frequency converter; technical management; industrial automation

引言

变频器通过调节电机的转速和功率，实现节能与高效控制，在工业生产中发挥着重要作用。近年来，国家出台了一系列政策支持变频器行业的发展。例如，《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》明确提出推动电机系统节能改造，变频器作为电机调速的关键设备，迎来了更大的发展机遇。在这样的背景下，深入研究变频器的应用与技术管理，不仅有助于提高工业生产的效率和稳定性，还能为实现国家的节能减排目标提供有力支持。

一、电气自动化系统概述

（一）电气自动化系统的基本构成

电气自动化系统主要由以下几个关键部分构成：首先是传感器，用于采集现场的各种物理量，如温度、压力、流量等，将这些物理量转换为电信号。其次是控制器，如可编程逻辑控制器（PLC）或分布式控制系统（DCS），它们根据预设的程序对采集到的信号进行分析和处理，发出控制指令^[1]。接着是执行器，如电机、电磁阀等，根据控制器的指令完成具体的动作。此外，还包括通信网络，用于实现系统内各设备之间的数据传输和信息交互，以及人机界面（HMI），用于操作人员对系统的监控与操作。这些部分相互协作，共同实现电气自动化系统的自动化控制功能。

（二）电气自动化系统的发展趋势

随着科技的不断进步，电气自动化系统呈现出多维度的发展

趋势。一方面，智能化成为核心发展方向，借助人工智能技术，系统能够实现自适应控制、故障诊断与预测性维护，提高系统的可靠性和运行效率^[2]。另一方面，网络化趋势愈发明显，工业物联网（IIoT）的兴起使得设备之间的互联互通更加便捷，数据共享与远程监控成为常态。同时，集成化也在不断推进，系统功能更加集中，模块化设计使得系统的扩展与升级更加灵活。此外，对节能环保的要求越来越高，通过优化控制策略和采用高效节能设备，降低能耗，减少对环境的影响，成为电气自动化系统发展的重要考量因素。

二、变频器的基本原理与功能

（一）变频器的工作原理

变频器是一种通过改变电源频率来控制电动机转速的电力电子设备。其工作原理基于交流-直流-交流（AC-DC-AC）的变

流过程。首先，整流电路将输入的交流电转换为直流电，然后通过中间直流环节进行滤波和储能，最后逆变电路将直流电转换为频率和幅值可调的交流电，供给电动机。通过调节逆变电路中开关器件的导通和关断时间，改变输出交流电的频率和电压，从而实现了对电动机的无级调速。这种调速方式不仅能够精确控制电动机的转速，还能有效降低启动电流，减少机械冲击，提高系统的可靠性和使用寿命。

（二）变频器的主要功能与应用场景

变频器的主要功能包括电机调速、软启动、节能控制和保护功能。通过调节输出频率，可实现电机的无级调速，满足不同负载对转速的要求；软启动功能可降低电机启动电流，减少对电网和机械系统的冲击；节能控制功能可根据负载需求自动调节电机功率，降低能耗；保护功能可实现过载、过压、欠压等保护，提高系统安全性。变频器广泛应用于工业领域，如风机、水泵的调速节能，传送带的调速控制，机床的主轴驱动等，还可用于电梯的平稳运行控制和空调系统的变频调速，为各行业提供了高效、节能的解决方案^[3]。

三、变频器在电气自动化系统中的应用

（一）变频器在电机控制中的应用

1. 电机调速与节能

变频器通过调节电机的输入频率和电压，实现对电机转速的精确控制，从而达到节能的目的。在风机、水泵等设备中，变频器可以根据实际负载需求调整电机转速，避免电机在高转速下运行导致的能耗浪费。例如，当风机的风量需求降低时，变频器可以降低电机转速，从而显著减少电机的能耗。此外，变频器的节能效果还体现在其能够根据负载的变化动态调整电机的功率输出，进一步提高系统的能效。

2. 电机软启动与保护

变频器的软启动功能通过逐步升高输出电压和频率，使电机逐渐达到额定转速，从而避免启动时的瞬间大电流冲击。这种启动方式不仅可以减少对电网的冲击，还能降低电机的机械磨损，延长电机的使用寿命。此外，变频器还具备多种保护功能，如过载保护、过热保护等，能够实时监测电机的运行状态，确保电机在安全范围内运行^[4]。通过这些保护功能，变频器可以有效防止电机因过载或过热而损坏，提高系统的可靠性和稳定性。

（二）变频器在PLC控制中的应用

1. PLC与变频器的通信方式

PLC与变频器之间的通信方式多样，主要包括模拟量控制、数字量控制、RS-485通信以及现场总线通信。模拟量控制通过PLC的模拟量输出模块发送0~10V电压信号或4~20mA电流信号至变频器，控制其输出频率，这种方式简单但需注意阻抗匹配。数字量控制则利用PLC的数字输出端口，通过控制变频器的RUN和STOP端子实现电机的启动与停止，还可发送数字信号选择预设频率档位。RS-485通信支持点对点和多点连接，结合Modbus-RTU协议，PLC可集中管理最多30台变频器^[5]。现场总

线通信如CC-Link、Profibus DP等，具有通讯速度快、距离远、可连接更多变频器等优点。

2. 基于PLC的变频器控制策略

基于PLC的变频器控制策略涵盖开环控制、闭环控制、PID控制和多机协同控制。开环控制中，PLC依据预设程序直接向变频器发送指令，调节电机转速和转矩，适用于精度要求不高的场景^[6]。闭环控制结合传感器实时反馈，如在恒压供水系统中，PLC根据压力传感器信号调节变频器输出，确保供水压力恒定。PID控制通过PID算法实现精确控制，如在温度控制系统中，PLC根据温度传感器反馈，调节变频器输出频率，精确控制温度。多机协同控制则通过通信协议，使PLC同时控制多台变频器，实现多台电机的同步运行，如自动化生产线上的输送带同步控制。

四、变频器的技术管理

（一）变频器的选型与配置

1. 选型原则与依据

变频器的选型需要综合考虑多方面因素，以确保其能够满足工艺要求并实现最佳性价比。首先，需明确机械设备的类型、负载转矩特性、调速范围、启动转矩、静态速度精度及使用环境等要求。在技术参数方面，重点关注电机的实际工作电流，变频器的输出电流必须大于电机的实际工作电流^[7]。此外，还需考虑负载类型，如恒转矩负载或风机、泵类负载，并根据负载特性选择合适的变频器型号。环境因素如温度、湿度、防护等级以及电磁兼容性标准也会影响选型。

2. 配置方案与优化

变频器的配置方案应根据具体应用需求进行优化。在配置时，需考虑变频器与电机之间的电缆长度，若电缆过长，可能需要配置输出电抗器以避免杂散电容对变频器工作的影响。对于需要高可靠性的场合，可在变频器与电源之间配置熔断器和隔离开关，以保护变频器免受内部短路的损害。在多台电机并联运行时，要确保变频器到各电机的电缆长度总和在变频器允许范围内。此外，针对特殊应用环境，如高海拔、高温或高湿度等，可能需要对变频器进行降容处理，或选择更高防护等级的型号。通过这些优化措施，可以提高变频器系统的稳定性和运行效率^[8]。

（二）变频器的安装与调试

1. 安装环境要求

变频器的安装环境对其性能和使用寿命有着重要影响。首先，安装位置应选择在通风良好、温度适宜的场所，通常要求环境温度在-10℃至40℃之间，相对湿度不超过90%（无凝露），以确保变频器的散热效果和电气性能。此外，应避免将变频器安装在有腐蚀性气体、粉尘较多或强电磁干扰的环境中，以免影响其正常工作。安装时还应注意变频器的周围空间，为其留出足够的散热空间和维护通道，一般要求变频器与周围墙壁或其他设备之间保持至少100mm的距离。同时，变频器的安装方式应符合其产品说明书的要求，通常采用垂直安装，以保证散热器的散热效果最佳。

2. 调试方法与步骤

变频器的调试是确保其正常运行的关键环节。调试前，需仔细检查变频器的接线是否正确，包括电源线、控制线和电机线的连接是否牢固且符合要求。调试时，首先进行空载调试，通过变频器的操作面板或外部控制设备设置基本参数，如电机额定电压、额定频率、额定电流等，并进行低速运行测试，观察变频器的输出电压、频率和电流是否正常。接着进行负载调试，逐步增加电机的负载，检查电机的启动、运行和停止是否平稳，同时监测变频器的输出参数和电机的运行状态，确保无异常振动、噪音和过热现象。在调试过程中，还需根据实际运行情况进行参数优化，如调整加减速时间、转矩补偿等参数，以达到最佳的运行效果^[9]。

（三）变频器的维护与故障处理

1. 日常维护与保养措施

变频器的日常维护与保养是确保其长期稳定运行的关键。首先，应定期检查变频器的通风状况，清理滤网和散热器上的灰尘，防止散热不良导致过热。检查变频器的外观，包括接线端子是否松动、是否有烧焦或腐蚀迹象。定期检查控制柜内的电气元件，确保其接触良好、无异常发热。同时，检查变频器的运行参数，如输出电压、电流和频率，确保其在正常范围内。建议每季度进行一次全面检查，包括紧固所有螺丝和接线端子，检查接地线是否牢固。此外，应保持变频器周围环境的清洁和干燥，避免灰尘和水分进入设备内部。通过这些日常维护措施，可以有效延长变频器的使用寿命并减少故障发生率。

2. 常见故障分析与处理方法

变频器在运行过程中可能会出现一些常见故障，及时准确地

分析和处理这些故障至关重要。例如，当变频器显示过热故障时，可能是散热器堵塞或冷却风扇故障，应清理散热器并检查风扇是否正常运转^[10]。若出现过流故障，可能是负载过大或电机短路，需检查电机负载是否在额定范围内，并检测电机绕组是否短路。对于欠压故障，应检查电源电压是否过低或电源接触不良。参数设置错误也可能导致变频器无法正常工作，此时需重新核对参数设置是否符合电机和负载的要求。在处理故障时，应先切断电源，确保安全，然后根据变频器的故障代码进行排查和修复。定期记录变频器的运行数据和故障信息，有助于分析故障原因并采取预防措施。

五、总结

本文深入探讨了变频器在电气自动化系统中的应用及其技术管理。变频器作为一种关键的电气设备，通过调节电机转速实现节能与高效控制，广泛应用于电机调速、PLC控制等领域。在技术管理方面，从选型配置到安装调试，再到日常维护与故障处理，每一个环节都至关重要。合理的选型与配置能够确保变频器的性能与系统需求相匹配；良好的安装调试可保障设备的稳定运行；而有效的维护与及时的故障处理则能延长设备寿命，降低运行成本。随着电气自动化技术的不断发展，变频器的应用将更加广泛，其技术管理也将更加精细化和智能化，为工业自动化的发展提供有力支持。

参考文献

- [1] 张杰. 论变频器在电气自动化控制中的应用——以中央空调系统为例 [J]. 数字化用户, 2017, 23(52): 70.
- [2] 丁菊萍. PLC 与变频器在电气设备自动化控制中的应用 [J]. 电力设备管理, 2023(6): 130–132.
- [3] 韩冰. 变频器在集中供热电气自动化控制中的应用分析 [J]. 建筑·建材·装饰, 2020(15): 127–128.
- [4] 李庆华. PLC 与变频器在自动化控制系统中的应用 [J]. 数字化用户, 2018, 24(17): 73.
- [5] 韩名晓. PLC 与变频器在自动化控制系统中的应用 [J]. 集成电路应用, 2021, 38(7): 184–185.
- [6] 董晓佩. 浅谈电力系统中的电气自动化技术 [J]. 房地产导刊, 2015(22): 232–232.
- [7] 李宏. 探讨电力系统中的电气自动化 [J]. 城市建设理论研究（电子版）, 2015, 5(13): 1129–1130.
- [8] 崔鹏琨. 电力系统中电气自动化技术的探索 [J]. 城市建设理论研究（电子版）, 2013(33).
- [9] 郑维扬. 试论电力系统中运用电气自动化控制技术 [J]. 建材与装饰, 2013(25): 248–249.
- [10] 李鹰. 变频器调速技术在电气自动化控制中的应用 [J]. 集成电路应用, 2023, 40(8): 384–385.