

Analysis of the Design Task of Automatic Control for Power and Electrical Drive Systems

Yahao Hu

Henan Tianli Electric Equipment Co., Ltd., Nanyang, Henan, 473000, China

Abstract

This paper conducts an in-depth analysis of the design tasks of the automatic control of the power and electrical drive system. Firstly, the significance and development status of the automatic control of the power and electrical drive system in modern industrial production are expounded, and the limitations of the traditional control methods are pointed out. The design tasks are analyzed in detail from multiple dimensions such as system requirement analysis, hardware design, software programming, and reliability guarantee, including determining control objectives and performance indicators, selecting appropriate controllers, sensors, and actuators, and conducting PLC or DCS programming to achieve logical control and data processing, etc. Provide comprehensive and systematic theoretical and practical guidance for the design of automatic control of power and electrical drive systems, and promote the development of power and electrical drive systems towards intelligence and efficiency.

Keywords

power and electrical drive system; Automated control; Design tasks; Hardware design; Software programming

电力电气拖动系统自动化控制的设计任务分析

胡亚浩

河南天力电气设备有限公司, 中国·河南 南阳 473000

摘要

本文围绕电力电气拖动系统自动化控制的设计任务展开深入分析。首先阐述了电力电气拖动系统自动化控制在现代工业生产中的重要意义与发展现状,指出传统控制方式存在的局限性。从系统需求分析、硬件设计、软件编程、可靠性保障等多个维度详细剖析设计任务,包括确定控制目标与性能指标,选择合适的控制器、传感器及执行机构,进行PLC或DCS编程实现逻辑控制与数据处理等,为电力电气拖动系统自动化控制的设计提供全面、系统的理论与实践指导,推动电力电气拖动系统向智能化、高效化方向发展。

关键词

电力电气拖动系统; 自动化控制; 设计任务; 硬件设计; 软件编程

1 引言

从全球范围来看,工业4.0及智能制造战略不断推进,为电力电气拖动系统的自动化控制提出了更上一层楼的要求,受我国《中国制造2025》等政策激励与推动,促使电气自动化技术在电力领域应用提速,在实际开展设计工作时,电力电气拖动系统实现自动化控制时,面临多学科知识融合、复杂工况适应及系统可靠性保障等重重挑战。本文旨在深入分析其设计任务,优化系统性能、降低能耗、推动电力行业技术升级。

【作者简介】胡亚浩(1990-),中国河南南阳人,从事电力拖动与自动化控制研究。

2 电力电气拖动系统自动化控制的设计任务分解

2.1 系统需求分析

2.1.1 明确控制目标

设计开始阶段得与用户充分沟通好,厘定系统的控制目标,若以电梯拖动系统而言,控制意在实现平稳升降、平层精准无误且响应迅速;在风机相关拖动系统里,应实现风量可自由调节、节能运行等效果。

2.1.2 性能指标确定

结合应用的实际场景,明确系统的性能指标细则,涉及调速范围大小、控制精度高低、响应时间快慢、过载能力强弱等,就数控机床的进给拖动系统而言,要求实现的调速范围为1:定位精度须小于0.01mm这一数值。

2.1.3 工况分析

顾及系统运作的环境情况,像温度、湿度以及电磁干

扰这类要素,保证设计的系统在复杂工作环境下稳定运转,在冶金行业的电气拖动系统设计工作里,必须重点留意高温、粉尘以及强电磁干扰对设备所起的影响。

2.2 硬件设计

2.2.1 控制器选型

可编程逻辑控制器(PLC)、集散控制系统(DCS)、工业控制计算机(IPC)皆为常用控制器,PLC呈现出可靠性强、编程简易的特质,适合以逻辑控制为核心的系统;大规模、分布式的复杂控制系统适合采用DCS;IPC于数据处理和人机交互方面优势凸显,在小型生产线的电气拖动体系里,可采用小型PLC实现电机的启停、调速控制功能。

2.2.2 传感器与执行机构选择

按照系统监测所需达成的要求,选出恰当的传感器,诸如用于转速测量的光电编码器、用于电流探查的霍尔传感器等;执行机构要与电动机的功率及控制要求相适配,普遍可见的是接触器、变频器、伺服驱动器等,处于交流异步电动机调速系统当中,电机的无级调速可借助变频器达成。

2.2.3 电气控制柜设计

恰当规划电气控制柜的空间布局,保障电气元件安装符合既定规范、布线整齐有序,需考量散热、防尘与电磁屏蔽等相关问题,强化系统的可靠水平,通过安装散热风扇及通风孔,实现控制柜内温度的降低;选取金属制的屏蔽外壳,减弱电磁干扰力度^[1]。

2.3 软件编程与系统调试

2.3.1 控制程序设计

按照控制逻辑及算法,采用如梯形图、结构化文本之类的编程语言编写程序,若涉及PLC控制的系统,需达成对电机启动/停止的控制、正反转的切换以及速度的调节等功能;处在DCS系统里,应完成数据的采集、处理和分布式控制相关任务。

2.3.2 人机界面(HMI)设计

设计宜人的人机交互界面,为操作人员对系统进行参数设定、状态监测及故障排查提供便利,采用触摸屏或上位机软件,即时展现系统运行相关参数,诸如电机的电流、温度、转速等,也具备发出报警提示的功能。

2.3.3 系统调试与优化

待硬件安装以及软件编程结束后,开展对系统的调试,先着手进行单体调试,检查各电气元件、模块的功能是否运作正常;再之后开展联机调试,对系统整体性能开展测试,就调试过程中发现的问题而言,对控制算法及参数设定做优化处理,保证系统达成设计规格。

3 电力电气拖动系统自动化控制设计的关键技术与难点

3.1 关键技术

3.1.1 电机控制算法

处于电力电气拖动系统自动化控制范畴中,高性能控

制实现的核心是电机控制算法,面向磁场的控制,FOC技术借由坐标变换达成操作,将异步电动机定子电流划分成产生磁场的励磁电流分量以及产生转矩的转矩电流分量,再分别实施管控,进而实现对电机磁通、转矩的分别调控。此技术可赋予异步电动机与直流电动机相匹配的动态性能,被广泛应用于工业机器人、数控机床等对调速精度和动态响应要求较高的范畴,在数控机床主轴驱动系统这个环境里,运用矢量控制技术,电机能在宽调速范围实现高精度的稳定工作,实现加工的高精度状态^[2]。

采用直接方式的转矩控制,DTC抛弃了矢量控制里复杂的坐标变换内容,直接于定子坐标系下开展交流电动机数学模型分析,依靠检测电机的定子电压和电流,得出磁链与转矩的数值,再把算出的磁链和转矩跟给定值对比,借助滞环比较器产出PWM信号控制逆变器工作,进而对电机运行状态加以调节,DTC技术的控制结构简单,动态响应十分快速,尤其适宜于动态性能要求较高的场合,就如电梯拖动系统、起重机械这类。

3.1.2 传感器技术

传感器充当系统的“感知枢纽”,其性能直接影响控制精度及可靠性能,诸如光电编码器与磁电编码器的高精度转速传感器,能把电机的机械转速转变为电信号进行输出,每转的分辨率可达数千脉冲,为电机调速控制精准反馈信号,在伺服系统这个环境里,利用光电编码器可实现电机转速闭环控制,让定位精度实现微米级水平。

电流传感器一般用霍尔传感器和分流器这两类,基于霍尔效应的霍尔传感器,能实现对交直流电流的绝缘式测量,有着快速响应、抗干扰作用强的属性,多用于变频器、伺服驱动器的电流检测工作;分流器可借助测量电阻两端的电压来算出电流,具备高精度、低成本的长处,适用于精度要求高的小电流测量情形。

用温度传感器来监测电机绕组、功率器件等关键地方的温度,杜绝因过热引起的设备损毁;位置传感器在直线电机以及步进电机的控制里,可精确检测运动部件所在位置,实现精准的位置标定,伴随MEMS(微机电系统)技术的进步,持续有小型化、集成化传感器诞生,可以符合系统对空间与成本的苛刻要求^[3]。

3.1.3 通信技术

系统各部件间数据交互和远程监控的实现,依赖于通信技术这一基础,工业以太网仗其高速率、大容量的独特属性,成为自动化控制系统里主流的通信途径,诸如PROFINET、EtherCAT这类工业以太网协议,支撑实时数据的传输工作,能契合多轴联动控制、分布式I/O通信等应用需求,实现设备相互的精准配合。

面向现场的总线技术,诸如PROFIBUS、MODBUS之类,有着抗干扰性能佳、布线简易的长处,多应用于连接传感器、执行器等现场设施,借助PROFIBUS-DP协议,主站与从站可实现高速数据交换,可适配对实时性要求较高的自

动化生产线路；MODBUS 协议凭借开放与通用的特质，在工业控制领域得以广泛采用，不同厂商的设备可凭借该协议实现互操作。

3.2 设计难点及解决策略

3.2.1 电磁兼容性（EMC）问题

电力电气拖动系统中存有大量电力电子器件，诸如像变频器、逆变器类，工作过程中，这些器件会产生高频谐波与电磁干扰，说不定会让控制系统误动作、传感器信号失去真实性等问题出现，外部电磁环境也会干扰系统，诸如周边的高压输电线路、大功率电机启动等现象。

要处理电磁兼容性问题，可从屏蔽、滤波、接地三方面着手，就屏蔽事宜而言，给电气控制柜装上金属材料外壳，并保证电气连接处于良好情形，生成法拉第笼样式，抵御外部电磁干扰的侵入；把双层屏蔽电缆用作信号电缆，应让屏蔽层两端的接地做到可靠连接。在电源输入端装设电源滤波器，遏制电网中存在的谐波干扰；在变频器输出口安装输出滤波器，减轻谐波对电机与周边设备造成的影响，构建分离的接地系统，设置保护接地、工作接地和屏蔽接地时彼此分开，降低地电位差所引发的干扰，对电气元件做合理排布，把强电回路与弱电回路分开进行布线，也能高效降低电磁干扰^[4]。

3.2.2 多电机协同控制

在部分大型工业装置里，诸如造纸的机械设备、钢铁连铸机等，要求多个电机协同运作，达成诸如速度同步、负荷均衡之类的控制目标，因各电机在参数上有差异、负载特性上不同以及控制算法误差，容易让电机相互间出现速度偏差以及负荷不均衡现象，致使设备无法正常运行，降低使用寿命。

为实现多电机的同步协同控制，可采用主从控制这种策略，即把一台电机选作主电机，把另外的电机当作从电机，从电机跟随主电机给出的速度或转矩指令而运行，采用在主从电机之间建立通信链路的做法，及时传输控制信号与状态资讯，保证从电机与主电机实现同步运行。交叉耦合控制策略借助检测各电机之间速度或转矩的偏差，把偏差信号反馈至各个电机的控制器内，对电机控制参数做相应调整，实现负荷的对等分配，采用神经网络、模糊控制等智能控制算法构建的多电机协同控制方案，能更高效地适应系统参数的变化以及外部干扰，提高控制精准度及鲁棒性。

3.2.3 故障诊断与容错控制

运行中的电力电气拖动系统，有概率因设备老化、元件损毁、外部干扰之类的缘由出现故障，一旦系统面临故障情形，倘若不能迅速诊断且处理，也许会引起设备损坏，甚至触发安全事故，传统故障诊断方式大多依靠人工巡检与经验判定，效率有限且精准度偏低^[5]。

为化解这一困境，能构建起基于数据驱动的故障诊断体系，运用传感器所采集的大量运行数据，采用机器学习算法（像支持向量机、深度学习神经网络）设立故障诊断模型，实现对电机故障（如轴承故障、绕组短路问题）、电力电子器件故障（如 IGBT 开路、短路问题）的自动识别与定位，经过对电机电流信号频谱特征的分析，能判别电机是否存在转子断条等故障现象。

在容错控制范畴，若系统探测到故障出现了，可凭借冗余设计完成故障部件自动替换，在双电机驱动系统这个范畴内，若一台电机出现故障的话，控制系统可自主调整另一台电机的输出水平，保障设备的基础运转；也能采用控制重构技术，就故障类型调整控制算法，让系统在故障情形下依旧能保有一定性能指标。

4 结论

电力电气拖动系统自动化控制的设计是一项复杂的系统工程，涉及需求分析、硬件设计、软件编程等多个环节。通过明确控制目标、合理选择硬件设备、优化控制算法，能够有效提升系统的性能和可靠性。未来，随着人工智能、物联网等新技术的发展，电力电气拖动系统自动化控制将朝着智能化、集成化方向发展，为工业生产的高效、绿色、可持续发展提供更强有力的技术支撑。

参考文献

- [1] 吕杰. 电力工程中电力拖动系统自动控制与安全保护问题探析[J]. 电子元器件与信息技术, 2024, 8(05): 24-26.
- [2] 张海建. 电力工程中电力拖动系统自动控制与安全保护研究[J]. 新型工业化, 2021, 11(02): 213-214+218.
- [3] 蒲天旺. 电力工程中电力拖动系统自动控制与安全保护的探析[J]. 电子元器件与信息技术, 2021, 5(01): 103-104+109.
- [4] 沈朱. 电力系统中电力拖动设备的安装与调试研究[J]. 电子世界, 2020, (20): 20-21.
- [5] 任小文, 杨妮. 探析电气制动在交流电力拖动系统的应用[J]. 南方农机, 2020, 51(19): 133-135.