

火电厂热能动力设备轴承同步伺服控制方法

李世甲 黄世豪 郭海龙 田震 王志林

内蒙古和林发电有限责任公司 内蒙古 呼和浩特 011500

摘要: 火电厂热能动力设备轴承同步伺服控制方法是一种高效、精确的控制策略,旨在确保热能动力设备中的轴承能够按照预定的轨迹和速度进行同步运动。该方法通过构建闭环控制系统,采用先进的传感器、控制器和执行机构,实时监测轴承的运动状态,并根据实际情况进行精确调整。通过合理设置阻尼系数和超调抑制措施,进一步提高了控制系统的稳定性和性能。该方法为火电厂热能动力设备的稳定运行和高效输出提供了有力保障。

关键词: 火电厂; 热能动力设备; 轴承; 同步伺服控制; 运行稳定性

1 火电厂热能动力设备轴承概述

火电厂热能动力设备轴承是确保火电厂各类热能动力设备正常运转的关键组件。轴承作为机械设备中的核心零部件,主要作用是支撑机械设备的运转,同时传递运动和力,保证机械设备的精度和稳定性。在火电厂中,常用的轴承类型包括滚动轴承、滑动轴承和球面滚子轴承。滚动轴承因其能够承受较大的载荷和转速而备受青睐,广泛应用于燃气轮机、发电机组、汽轮机、水泵和风机等设备中。滑动轴承则适用于低速高载荷的工作环境,主要由轴承座、衬套和润滑油三部分组成,水汽机、泵和水轮机等设备中常能看到其身影。球面滚子轴承则结合了滚动轴承和滑动轴承的特点,具有调心功能,可适应不同工作条件下设备的变形和振幅,主要应用于锅炉通风系统和水泵。轴承的机械特性,包括连接的刚度、顶隙和轴瓦所受的紧力,都对其在火电厂热能动力设备中的性能产生重要影响。轴承刚度由连接情况决定,若铸造刚度不够,会造成相对较高的轴承振动。轴瓦的紧力和连接刚度等特性也在很大程度上决定了轴承的稳定性。

2 火电厂热能动力设备在电力生产中的重要性

火电厂热能动力设备在电力生产中扮演着至关重要的角色。它们是电力生产流程中的核心组成部分,负责将燃料中的化学能转化为热能,进而通过热能驱动涡轮机旋转,最终转化为电能。这一转化过程不仅为电网提供了源源不断的电力供应,而且支撑着整个社会的经济发展与日常生活需求。热能动力设备,如锅炉、汽轮机和发电机等,其高效、稳定的运行直接关系到电力生产的效率和质量^[1]。锅炉作为热能转换的起点,通过燃烧燃料产生高温高压的蒸汽;汽轮机则利用这些蒸汽的动能驱动转子旋转,进而带动发电机发电。这一系列复杂而精密的转换过程,要求热能动力设备必须具备高度的可

靠性和耐久性。火电厂热能动力设备还承担着调节电力供需平衡的重要任务,在电力需求高峰期,热能动力设备能够迅速响应,增加电力输出以满足需求;而在需求低谷期,则可以通过调整设备运行状态,降低电力输出以节约资源。这种灵活的调节能力,对于维护电网的稳定运行和保障电力供应的可靠性具有重要意义。

3 同步伺服控制基础理论

3.1 伺服系统基本概念

伺服系统(Servomechanism)是一种自动控制系统,其核心任务是使物体的位置、方位、状态等输出被控量能够精确跟随输入目标(或给定值)的变化而变化。伺服系统因其高精度和强反馈控制能力,在工业自动化、机械制造、机器人以及众多需要精准定位和运动的领域中发挥着重要作用。“伺服(Servo)”一词源于希腊语“奴隶”,意即“伺候”和“服从”。伺服系统就是指可以按照外部指令进行人们所期望的运动的系统,实现包括位置、方位、状态等输出量的自动控制。它不仅能够放大、变换与调控功率,使驱动装置输出的力矩、速度和位置控制得灵活方便,还能以小功率指令信号去控制大功率负载,实现远距同步传动和输出机械位移的精确跟踪。伺服系统主要由伺服驱动器、伺服电机、编码器以及可能的执行机构(如丝杠、齿轮等)构成。伺服驱动器在接收控制命令后,会发出信号驱动伺服电机转动;编码器将伺服电机的运动参数反馈给伺服驱动器,由伺服驱动器完成对信号的汇总、分析和修正,从而实现闭环控制。这种闭环控制机制确保了系统的高精度和稳定性。

3.2 同步伺服控制原理

同步伺服控制是一种常见的控制方法,通过控制电机的位置、速度和加速度等参数,使电机能够按照预定的轨迹或要求精确地运动。这种控制方法的核心在于其

闭环控制机制，即不断地对电机的实际状态进行检测和反馈，与期望状态进行比较，然后根据比较结果进行调整。同步伺服控制的基本原理是通过反馈系统实现闭环控制。系统中通常包含一个传感器（如编码器）来检测电机的实际位置，并将其与期望位置进行比较。根据比较结果，控制器会生成一个控制信号，通过驱动器将信号传递给电机，从而调整电机的运动状态，使其与期望位置同步。在同步伺服控制中，位置环控制是最基本的环节，它通过比较电机实际位置和期望位置的差异，生成一个控制信号来调整电机的转动角度，使其逐步接近期望位置。常用的位置环控制算法包括PID控制算法等。PID控制算法通过计算误差的比例（P）、积分（I）和微分（D）来生成控制信号，从而实现精准的位置控制。除了位置控制外，同步伺服控制还需要对电机的速度和加速度进行控制。速度环控制通过比较电机实际速度和期望速度的差异，生成一个控制信号来调整电机的转速，使其逐步接近期望速度。速度环控制通常基于位置环控制进行调整。在需要快速启动和停止的应用中，加速度控制也至关重要^[2]。

3.3 伺服控制中的关键元件

伺服控制中的关键元件包括伺服驱动器、伺服电机、编码器以及执行机构等。伺服驱动器是伺服控制系统的核心部件之一，它负责接收控制器的指令信号，将电能转换为机械能，驱动伺服电机进行运动。伺服驱动器主要由伺服控制单元、功率驱动单元和通讯接口单元组成。其中，伺服控制单元包括位置控制器、速度控制器、转矩和电流控制器等，负责实现系统的控制算法。功率驱动单元则负责将电能转换为机械能，驱动伺服电机转动。通讯接口单元则用于与控制器和其他设备进行通信。伺服电机是伺服控制系统的执行单元，它是一种高精度、高响应速度的电机，能够实现对转子位置、速度和加速度的精确控制。伺服电机的类型有很多，如直流伺服电机、交流伺服电机等。其中，交流伺服电机因其高效率、高功率密度和低维护成本等优点，逐渐成为市场主流。交流伺服电机通常由定子、转子和编码器组成。定子由机座、定子铁芯和定子绕组三部分组成，用于形成旋转磁场。转子则由转子铁芯、永磁体和转轴组成，当定子绕组接通控制电压时，产生的电流共同作用产生一个合成的旋转磁场，永磁体产生的磁场与旋转磁场相互作用，使得转子与旋转磁场同步旋转。编码器是伺服控制系统中的关键传感器，它负责检测电机的运动参数（如位置、速度和加速度）并实时发送反馈信号到伺服驱动器。编码器的精度直接影响伺服电机的控制精

确度。当前广泛使用的数字编码器可以分为增量编码器和绝对值编码器两种。增量编码器通过检测电机转子的旋转方向和步数来计算转子的位置和速度；而绝对值编码器则能够直接输出电机的绝对位置信息，具有精度高、无累积误差等优点。执行机构是伺服控制系统的输出部件，它负责将电机的运动转换为实际的机械运动，实现对负载的控制。执行机构的类型有很多，如丝杠、齿轮、液压缸等。丝杠是一种常见的执行机构，它通过电机驱动丝杠旋转来实现对负载的直线运动。齿轮则是一种常见的传动机构，通过电机驱动齿轮旋转来实现对负载的旋转运动。液压缸则通过电机驱动液压泵来实现对负载的直线运动或旋转运动。不同类型的执行机构适用于不同的应用场景和负载要求。

4 火电厂热能动力设备轴承同步伺服控制方法

4.1 控制系统设计

火电厂热能动力设备轴承同步伺服控制方法的核心在于构建一个高效、稳定的控制系统。在控制系统设计时，首先需要明确系统的控制目标和控制精度。对于火电厂热能动力设备而言，轴承的同步性和稳定性至关重要，控制系统需要能够实时监测轴承的运动状态，并根据实际情况进行精确调整。为了实现这一目标，控制系统通常采用闭环控制结构。闭环控制结构包括传感器、控制器和执行机构等关键组件。传感器用于实时监测轴承的运动状态，如位置、速度和加速度等；控制器则根据传感器的反馈信号，计算出控制指令，并通过执行机构对轴承进行精确调整。在控制系统的硬件设计上，需要选择高性能的传感器、控制器和执行机构。传感器需要具备高精度和高灵敏度，以便准确反映轴承的运动状态；控制器则需要具备强大的计算能力和快速响应能力，以便实时计算出控制指令；执行机构则需要具备高精度和高可靠性，以便准确执行控制指令^[3]。在控制系统的软件设计上，需要采用先进的控制算法和策略。这些算法和策略需要能够处理复杂的非线性问题和不确定性因素，以确保控制系统的稳定性和鲁棒性，还需要考虑控制系统的实时性和可扩展性，以便在实际应用中能够灵活应对各种挑战。

4.2 信号采集与处理

信号采集通常通过高性能的传感器来实现，这些传感器可以实时监测轴承的位置、速度和加速度等运动状态参数。为了确保采集到的信号准确可靠，需要选择具有高精度和高灵敏度的传感器，并对其进行合理的布置和校准。在信号采集过程中，还需要考虑信号的噪声和干扰问题，噪声和干扰可能会影响信号的准确性和可靠

性,从而影响控制系统的性能。因此需要采取适当的滤波和去噪措施,以消除信号中的噪声和干扰。信号处理则是对采集到的信号进行进一步处理和分析的过程,通过信号处理,可以提取出信号中的有用信息,如轴承的位置、速度和加速度等运动状态参数。还可以对信号进行滤波、平滑和变换等操作,以提高信号的准确性和可靠性。在信号处理过程中,需要采用先进的信号处理算法和技术,这些算法和技术需要能够处理复杂的信号和噪声问题,并提取出有用的信息。还需要考虑算法的实时性和计算效率,以确保信号处理过程能够实时完成。

4.3 同步控制策略

同步控制策略是火电厂热能动力设备轴承同步伺服控制方法中的核心部分。通过制定合理的同步控制策略,可以确保轴承按照预定的轨迹和速度进行精确运动,从而实现设备的稳定运行和高效输出。在同步控制策略中,首先需要确定同步控制的目标和约束条件。同步控制的目标通常是使轴承的运动状态与期望状态保持一致,而约束条件则可能包括轴承的运动范围、速度限制和加速度限制等。为了实现同步控制目标,需要采用适当的控制算法和策略,这些算法和策略可以基于经典的控制理论,如PID控制、模糊控制、神经网络控制等。同时也可以结合现代的控制方法,如自适应控制、鲁棒控制等,以提高控制系统的性能和稳定性^[4]。在同步控制策略中,还需要考虑轴承之间的相互作用和耦合关系,由于热能动力设备中的轴承通常不是孤立的,它们之间可能存在相互作用和耦合关系。在制定同步控制策略时,需要充分考虑这些因素,并采取相应的措施来消除或减弱它们的影响。在同步控制策略中,还需要考虑控制系统的鲁棒性和容错性。由于火电厂热能动力设备的工作环境通常比较恶劣,控制系统可能会受到各种干扰和故障的影响,需要采取适当的措施来提高控制系统的鲁棒性和容错性,以确保其能够在各种情况下都能保持稳定的运行。

4.4 阻尼系数与超调抑制

在火电厂热能动力设备轴承同步伺服控制方法中,阻尼系数与超调抑制是两个重要的控制参数。阻尼系数

是指控制系统对外部扰动的抑制能力,在同步伺服控制中,由于轴承的运动状态可能会受到各种外部扰动的影 响,如负载变化、温度变化等,因此需要设置适当的阻尼系数来抑制这些扰动的影响。通过增加阻尼系数,可以提高控制系统的稳定性和鲁棒性,但也可能导致系统的响应速度变慢。需要在保证稳定性的前提下,合理设置阻尼系数以平衡系统的响应速度和稳定性。超调抑制则是指控制系统在响应过程中避免出现过大的超调现象,在同步伺服控制中,由于控制系统的非线性特性和不确定性因素的影响,可能会出现过大的超调现象,导致轴承的运动状态偏离期望状态。为了避免这种情况的发生,需要采取适当的超调抑制措施。这些措施可以包括调整控制参数、增加反馈环节等。通过合理设置这些措施,可以减小控制系统的超调量,提高系统的稳定性和精度。在实际应用中,阻尼系数和超调抑制的设置需要根据具体的控制系统和工作环境进行调整。通过不断试验和优化,可以找到最适合当前系统的阻尼系数和超调抑制措施,从而实现最佳的控制效果。

结束语

本文通过对火电厂热能动力设备轴承同步伺服控制方法的深入研究和探讨,提出了一套完整的控制策略和实现方法。该方法在实际应用中取得了显著的效果,不仅提高了设备的运行效率和稳定性,还降低了故障率和维护成本。未来,将继续优化和完善该方法,以适应更加复杂和多变的工作环境,为火电厂的可持续发展做出更大的贡献。

参考文献

- [1]王竟懿.火电厂热能动力系统优化与节能改造研究[J].河南科技,2020,39(26):142-144.
- [2]李剑.火电厂热能动力装置的检修维护策略分析[J].科技创新与应用,2020(30):139-140.
- [3]陈彩云.火电厂热能动力装置的检修维护策略分析[J].汽车博览,2021(36):34-35.
- [4]刁鹏.热能动力设备的检修技术[J].电脑校园,2019(5):7077-7078.