

Research on the Design and Performance Optimization of Variable Flow Valves in Fluid Transmission Systems

Chaohua Meng Fuxiu Liu

Beihai Campus, Guilin University of Electronic Science and Technology, Guilin, Guangxi, 536002, China

Abstract

In order to improve the efficiency of fluid transmission systems and reduce energy loss, this paper conducted optimization analysis on the design and performance of the converter valve. Firstly, a flow and stress model of the variable flow valve was established based on fluid dynamics theory and finite element method. Secondly, simulation calculations were conducted under various working conditions to investigate the effects of factors such as valve core structure, working pressure, and working flow rate on the performance of the variable flow valve. Finally, it was found that optimizing the length and diameter ratio of the valve core, as well as optimizing the valve body eye hole design, can effectively improve the performance of the variable flow valve. After optimization, not only can the opening performance of the valve be improved, allowing it to quickly and smoothly open and close under various working conditions, but also the vortex and turbulence generated inside the valve are significantly reduced, the loss of fluid energy is reduced, and the overload capacity of the system is improved.

Keywords

fluid transmission system; converter valve design; performance optimization

流体传动系统中变流阀的设计与性能优化研究

蒙超华 刘福秀

桂林电子科技大学北海校区, 中国·广西 桂林 536002

摘要

为了提高流体传动系统中的工作效率并减少能量损失, 论文针对变流阀的设计与性能进行了优化分析。首先, 基于流体动力学理论和有限元方法建立了变流阀的流动和应力模型。其次, 进行了多种工况下的模拟计算, 研究了阀芯结构、工作压力、工作流量等因素对变流阀性能的影响。最后, 发现通过优化阀芯的长度及直径比例以及优化阀体眼孔设计能有效改善变流阀的性能。在优化后, 不仅可以提高阀的开启性能, 使其在各种工况下均能快速、平稳地打开和关闭, 且显著降低了阀内产生的涡旋和湍流, 减小了流体能量的损失, 提高了系统的过载能力。

关键词

流体传动系统; 变流阀设计; 性能优化

1 引言

在流体传动系统中, 变流阀是一种至关重要的装置, 其性能直接影响到系统的工作效率和能耗。该装置的主要功能是通过控制流体的流速和流向, 调整系统的工作状态。然而, 由于变流阀内的流体状态复杂、变化多端, 使得阀的设计和性能优化面临着诸多困难和挑战。因此, 对于如何优化变流阀的设计, 以及通过优化其性能进一步提升流体传动系统的整体工作效率, 一直是业界关注的重大课题。为了解决这一问题, 论文基于流体动力学理论和有限元方法, 针对变流阀的设计与性能进行了优化分析, 深入探讨了阀芯结构、工作压力、工作流量等因素对变流阀性能的影响, 成功实现

了阀的开启性能的提升和流体能量损失的减小, 为流体传动系统的设计和优化提供了有益的参考和借鉴。

2 流体传动系统及变流阀基础

2.1 流体传动系统的概述

流体传动系统是一种常用的能量传输和控制装置, 广泛应用于各行各业^[1]。它通过使用流体介质(如液体或气体)来传递能量和实现机械运动, 具有运动平稳、传动效率高、反应灵敏等优点。流体传动系统主要由能源装置、传动装置和执行装置等组成, 被广泛应用于工业机械、航空航天、汽车工程、冶金等领域。

2.2 变流阀的基本结构与工作原理

流体传动系统中的变流阀主要由阀体、阀芯、阀座和弹簧等部分组成^[2]。阀体是阀的外壳, 提供了供流体通过的通道和阀芯朝引导流体运动的轨道。阀芯是一个可沿阀体内

【作者简介】蒙超华(1978-), 男, 中国广西南宁人, 本科, 讲师、工程师, 从事机械工程、流体控制研究。

轴线滑动的部分,负责调节流体的流入和流出。阀座通常是阀体内的一个圆形开口,用于控制流体的流动方向。而弹簧则主要用于保持阀芯在未工作状态时的位置。

在理解了变流阀的基本结构基础上,进一步探析其工作原理也显得尤为必要。仿佛流体机械系统中的角色扮演者,变流阀“阅读”并“执行”了液压泵的控制指令,通过调整阀芯的位置,精确控制流体的流量和流向,从而实现各种流体动力学效果。

对变流阀的基本结构与工作原理的深入理解,并非仅为了满足理论探究的欲望,而是要帮助设计人员从原理层面把握变流阀的性能特性,为优化设计提供理论参考和指导方向。研究变流阀的设计和性能优化,要从其基本结构与工作原理入手,从理论和实践两方面挖掘和探索新的设计思路和改进方案,共同促进流体传动系统的进一步发展。

2.3 变流阀在流体传动系统中的作用及应用状况

变流阀在流体传动系统中有着重要的作用。它可以有效控制液体或气体的流动方向和流量,保证系统的正常运行,并且在载荷变化时能够快速调节系统的工作状态。变流阀广泛应用于液压系统、气动系统、自动控制系统等领域,如工程机械、船舶、冶金设备等。通过对流体传动系统和变流阀的基础知识进行了详细的解释和说明,为后续章节的研究工作奠定了基础。

3 变流阀设计及其性能模拟分析

3.1 流体动力学理论和有限元方法在变流阀设计中的应用

在变流阀设计中,流体动力学理论和有限元方法是两种重要的工具。流体动力学理论可以提供对流体流动和压力分布的详细解释,有限元方法则用于模拟和分析变流阀的结构和性能。

流体动力学理论通过运用连续介质力学和 Navier-Stokes 方程等基本理论,可以获得流体在阀芯和阀体之间的流动性能。通过这些理论,设计人员可以深入了解流体的速度、压力和流量分布,从而确定最佳的阀芯形状和孔隙尺寸。

有限元方法是一种数值模拟方法,通过将三维空间划分成有限个小单元,在每个小单元内建立数学模型来描述流体运动。这种方法可以用于模拟变流阀在不同工况下的流动特性,如压力损失、流量分布等。通过有限元分析,可以评估不同设计参数对变流阀性能的影响,并进一步优化设计。

3.2 变流阀流动和应力模型的建立

在变流阀的设计过程中,建立准确的流动和应力模型是非常重要的。流动模型主要用于预测阀芯和阀体之间的流动性能,而应力模型则用于评估变流阀在不同工况下的力学性能。

在建立流动模型时,需要考虑阀芯与阀体之间的间隙流动、阀门局部压力分布等因素。通过数值计算方法,可以

获得不同工况下的流量、压力损失等参数,以评估变流阀的性能和可靠性。

在应力模型的建立过程中,需要考虑变流阀受力情况、材料性质等影响因素。通过有限元分析等方法,可以计算出不同工况下的应力分布,并进行应力强度评估。这可以帮助设计人员检测变流阀的强度和耐久性,确保其运行安全可靠。

3.3 阀芯结构、工作压力、工作流量等因素对变流阀性能的影响分析

变流阀的性能受多种因素的影响,包括阀芯结构、工作压力、工作流量等。对这些因素的分析 and 优化可以提高变流阀的性能和工作效率。

阀芯结构对变流阀的性能起着关键作用。不同形状和长度的阀芯会对流体的流量和压力分布产生不同影响。通过对阀芯结构的优化设计,可以减小流通阻力,提高流量控制精度和稳定性。

工作压力是影响变流阀性能的重要因素。在不同压力条件下,阀芯和阀体之间的流动特性会发生变化。通过分析不同工作压力下的流量和压力分布,可以确定最佳的工作压力范围,以保证变流阀的正常运行。

工作流量也对变流阀的性能产生重要影响。流量大小直接影响了变流阀的控制精度和输出性能^[3]。通过分析不同工作流量下的流动特性,可以选择合适的阀芯形状和孔隙尺寸,以提高变流阀的响应速度和输出稳定性。

通过以上对变流阀设计及其性能模拟分析的探讨,可以为变流阀的优化和改进提供理论支持和工程指导。也为进一步提高流体传动系统的效率和可靠性奠定了基础。

4 变流阀性能优化策略及效果评估

4.1 阀芯、阀体眼孔的优化设计

在变流阀性能优化中,阀芯和阀体眼孔的设计是关键的一步。通过优化阀芯的结构和阀体眼孔的形状,可以改善变流阀的流动特性和工作效率。基于流体动力学理论和有限元方法的模拟分析,可以得到阀芯和阀体眼孔的最佳设计参数。优化设计的目标是降低流体传动系统中的能量损失和压力波动,并提高系统的稳定性和响应速度。

可以使用数值模拟方法研究不同形状和尺寸的阀芯对流体流动的影响。通过改变阀芯的几何形状、厚度以及开启程度,可以调整阀芯的流量限制和通道扰动,从而优化流体的流动特性。通过优化阀体眼孔的形状和尺寸,可以减小流体流经阀体眼孔时的压力降和流动阻力,从而提高变流阀的工作效率和响应速度。

可以采用优化算法进行阀芯和阀体眼孔的多目标优化设计。通过综合考虑阀芯和阀体眼孔的多项性能指标,如流量限制、压力损失、涡流产生和噪音等,可以得到最优的阀芯和阀体眼孔的设计参数。优化设计的目标是在满足流体传

动系统的要求的前提下尽可能减小能量损失和压力波动,提高系统的稳定性和响应速度。

4.2 优化后变流阀的开启性能、耐久性和可靠性分析

优化后变流阀的开启性能、耐久性和可靠性是评估其优化效果及应用价值的关键指标,对这三方面进行了深入分析和评估。

对于变流阀的开启性能,主要关注阀体眼孔的大小和形状对阀门开启速度和稳定性的影响。实验结果表明,优化设计的阀体眼孔,具有更佳的流动特性,可以在更短的时间内实现更大的流量传输,而阀门的开启和关闭也更稳定,且无明显溢流现象。研究揭示,优化后的阀体眼孔设计在提高开启性能方面显现出明显的优势。

耐久性作为阀门性能的关键指标,其主要从阀门的磨损率和使用寿命两方面进行评估。优化后的变流阀,在特定工作压力和工作流量下,显示出更低的阀芯磨损率,从而具有更长的使用寿命。进一步,研究发现阀芯的材质、硬度、粗糙度等因素对变流阀的耐久性有显著影响,优化设计应重点考虑这些因素,以保障变流阀的耐久性。

对于变流阀的可靠性,主要通过分析阀门在各种工作条件下的稳定性和失效率来评估。研究表明,优化后的变流阀,在运行过程中稳定性较强,即使在压力、温度变化较大的情况下,也能保持良好的工作状态。与此研究也揭示了阀芯结构、工作压力、工作流量等因素对变流阀可靠性的影响,结论显示这些因素在可靠性评价中具有较高的权重,在阀门设计过程中,这些因素应被充分考虑,着力提升变流阀的可靠性。

实验还对比分析了优化前后变流阀在同样工作条件下的性能变化,结果显示,优化后的变流阀不仅在开启性能、耐久性和可靠性上都有显著提升,而且整体性能更加稳定,适应范围也更广泛。据此,认为这次优化设计的成功,对流体传动系统的性能提升工作有深远影响。

4.3 优化后流体传动系统的工作效率和过载能力评估

优化后的变流阀不仅可以提高其自身的性能,还能对整个流体传动系统的工作效率和过载能力产生积极影响。通过减小变流阀的能量损失和压力波动,流体传动系统的效率可以得到提高。优化后的变流阀能够实现更精准和稳定的流

量调节,降低系统的能耗和损耗。

优化后的变流阀可以提高系统的过载能力。通过优化阀芯和阀体眼孔的设计,变流阀的响应速度和控制精度得到改善,系统对突发负载变化的适应能力加强。这样,流体传动系统在运行过程中能够更好地应对外部扰动和工况变化,保持稳定的工作状态。

通过以上的性能优化策略和效果评估,可以使流体传动系统中的变流阀在工作中发挥更高的性能,提高系统的工作效率和稳定性。基于模拟和实验验证的结果可以为变流阀的进一步优化和应用提供理论基础和实践指导。

5 结语

本研究以改善流体传动系统工作效率并降低能耗的目标为导向,针对变流阀的设计与性能进行了深入细致的优化研究。通过系统地分析了变流阀的内部结构,并成功构建了相关的流动和应力模型,进一步模拟研究了多种工况下阀芯结构、工作压力、工作流量等因素对阀门性能的影响。研究结果表明,优化阀芯的长度和直径比例以及阀体眼孔设计,可有效改善变流阀的性能,大幅提高阀的开启性能,同时也显著提高了阀的可靠性和耐久性。尽管本研究已取得了明显的现实成果,但我认为仍有一些可以进行进一步研究的方向。首先,可寻找更多的阀体眼孔设计优化方案,以寻找更加合适的设计策略。其次,考虑到流体传动系统的复杂性,未来可以针对更多类型的变流阀进行优化研究。最后,我们也可以在此基础上,探讨将此优化方案应用于更大规模的工程项目中,以便从中获取更深入的实践经验。总的来看,本次研究的成果不仅能有效提升流体传动系统的整体工作效率,还能为实际工程应用提供有力的技术支持,其科学意义和社会价值都十分显著。希望该研究能引起行业内的关注,促进相关领域的持续发展。

参考文献

- [1] 冷冰,赵晶.核阀流体动力学及流固耦合特性数值模拟[J].流体机械,2021,49(4).
- [2] 郑鸿.烟气消白烟道流体动力学数值模拟流场优化设计[J].能源与环境,2022(1).
- [3] 朱星.云团形成的流体动力学[J].物理,2022,51(10).