

基于位移传感器的磁悬浮齿轮控制系统研究

刘芳

(内蒙古机电职业技术学院 内蒙古 呼和浩特 010070)

[摘要]为弥补差动模式装配下径向磁悬浮齿轮在抗外部干扰、反应速度及精度等方面存在的不足,文章通过改进系统结构模型,来进一步强化系统的抗外部干扰能力及反应速度;通过坐标原点不是磁力中心的电磁力模型计算控制电流参数,来进一步提高结算结果的精度;通过采集实际运行系统的参数,对设计参数进行不断优化,将输出电流的误差值降到最小范围内。研究结果表明,经过优化后的径向磁悬浮齿轮控制系统在抗外部干扰能力、反应速度、精度等方面均达到了工业实施紧密控制的实际要求。

[关键词]位移传感器;磁悬浮齿轮;控制系统;参数优化

[DOI] 10.12252/j.issn.2096-6288.2021.05.494

1. 引言

近年来,随着现代化工业进程发展速度不断加快,其对一些旋转机械的转速要求也在日渐提高。转速的提升会直接导致转子与传统滚动齿轮间因高速摩擦而严重发热,最终造成齿轮可靠性大幅下降。20世纪60年代,部分发达国家开始着手探索主动磁悬浮齿轮技术。这一时期,磁悬浮齿轮凭借低功耗、无机械损耗、无摩擦、高速等优势,在机床、航空、高速旋转设备及交通等工业领域的应用愈加广泛。传统的径向磁悬浮齿轮大多选择在垂直和水平的坐标方向摆置磁力线圈。这主要是因为当齿轮处于悬停状态时,水平轴上具有的控制电流会相对较小,外部因素扰动时易于导致齿轮不稳定。为此,需进一步改进齿轮结构来提升其低于外部因素干扰的能力。差动模式装配的磁悬浮齿轮控制系统中,计算电磁力时常将坐标原点假设为磁力中心,容易忽视由于位置偏移量产生的平方值,所以最终选择通过电磁力计算来控制电流。当控制电流较低时,便可以忽略平方值;计算产生的误差时需位移传感器的积分项吸收。误差较大时,易于对系统的稳定性和精准性造成诸多不良影响。故此,在提出紧密控制的要求时,需要选用坐标原点不是磁力中心的表达式来控制电流和电磁力进行计算。由于实际设备在生产及组装过程中,不可避免的会存在一定计算误差。因此本文设定的磁力参数并不完全与实际参数相同。系统安装好后应依据实际运行数据作出具体调试,进一步借助优化算法对磁力参数进行优化,一起将控制电流与实际所需参数误差控制在极小范围内,以此提升系统精准度。

2. 基于位移传感器的磁悬浮齿轮控制系统模型设计

本系统选用差动模式装配的磁悬浮齿轮结构。具体假设转子的直径为100mm,深沟球轴承和转子间的距离为0.15mm,磁轴承和转子之间的距离为0.5mm,位移传感器的精度为0.001mm;大圆是受控转子,坐标轴上的位移传感器用以测量齿轮在两个坐标轴上的偏移程度。为进一步提高系统的鲁棒性,将x和y坐标轴朝逆时针方向旋转45度后形成A和B坐标系。然后在A和B坐标轴方向摆放4个电磁线圈,偏置电流相同;线圈下半部分的电流为控制电流,A和B坐标轴同方向上的两个线圈的控制电流相同,上侧与偏置的控制电流方向相同,下侧与偏置的控制电流方向相反。

在运用逆变器对电流方向进行控制时,为确保同一桥臂上的所有开关器件直通,需要在脉宽调制信号中设置死区时间。死区时间的设置必定会导致电流经过零点输出时发生畸变,故通常需加入死区时间作为补偿算法来提高电流经过零点处的控制精度。然而,补偿算法通常只能缓解死区时间造成的影响,并无法完全去除影响。

若电磁线圈置于x和y轴,当齿轮静置在磁力中心时,y坐标轴线圈控制电流的均值将会大于0,电磁力与齿轮的重力会相互抵消;x坐标轴线圈控制电流的均值将会等于0,几乎不产生任何电磁力。x轴的控制电流始终维持在零点附近产生变化,即在死区时间影响下不容易控制电流。若电磁线圈置于A和B轴,一般情况下两个坐标轴上的控制电流均大于0,能够有

效避免死亡时间带来的影响。当齿轮置于某些特定位置时,其控制电流也会途径零点,但这并不是常态,故不会对电流的控制造成持续性影响。

3. 基于位移传感器的磁悬浮齿轮控制系统优化

设计参数与实际参数间产生的微小误差会对通过计算输出的磁力产生直接影响。为精准获取电流的控制效果,需进一步依据实际设备获取的实验数据对各磁力参数进行优化。本文基于最优化算法,通过实验数据计算得出这些磁力参数的最优解,具体步骤如下所示:第一步,运用系统中的设计参数,将可悬浮偏置电流参数设置到最小,使齿轮可以悬浮在某一个平衡点位置;第二步,将偏移量和控制电流在稳定状态下的均值记录下来;第三步,假设偏置电流参数不变,将之前设定的坐标轴目标位置进行修改,然后重复步骤2,将多个位置产生的数据进行采集,直到齿轮无法在某一平衡位置悬浮;第四步,将偏置电流参数调大,并重复上述步骤2和3;第五步,基于当前齿轮静止悬浮的状态,将其在x和y轴方向的受力之和假定为0;第六步,借助最优化算法得到磁力参数的最优质及其输出误差;第七步,采用最优化算法对角度进行优化,将步骤6中的输出误差降低在最小范围内。

4. 结语

为提高磁悬浮齿轮控制系统的抗外部干扰能力、反应速度及精度,本文通过分析差动模式装配的系统特点,提出一种优化参数与结构的方法。首先,对传统电磁线圈的安装坐标系作出进一步改进,将原本集中于y轴的电磁力分散至A和B轴,促使齿轮在x轴方向上也可以受到电磁力控制,从而增强其抵御外部干扰的能力。其次,选用不是磁力中心的坐标原点,并借助电磁力表达式对其控制电流进行计算,以此避免通常情况下由于位置偏移量平方值忽略造成的计算误差。最后,进一步对安装好的系统进行调试,然后获取精准的实验数据,对设计参数的误差值作出优化,将因为使用设计参数造成的误差范围降到最低。最终的实验结果表明:文章提出的优化方案能够将目标控制力的误差范围控制在10N之内,满足了应用过程中工业精密控制的实际要求;而且该系统的抗外部干扰能力、反应速度及精度均发生了明显进步。

参考文献

- [1]关海爽,张建民,蒙彦宇.基于线性自抗扰控制的磁悬浮轴承控制策略[J].北华大学学报:自然科学版,2020,21(5):7.
- [2]胡瑞霞,马卫华,史天成.基于LDC1614的磁浮电涡流位移传感器设计[J].传感器与微系统,2019(7).

基金项目:基金课题:

自治区规划课题:磁悬浮齿轮的设计与研究(NJZY19271)

内蒙古机电职业技术学院:磁悬浮齿轮的设计与研究(NJDZJR1806)

作者简介:刘芳,汉族,(1982-),女,硕士,内蒙古机电职业技术学院副教授,研究方向:机械制造