

模糊控制下的永磁同步电机控制系统分析

储文浩 崔霞 汪汀 罗家泮
(合肥职业技术学院 安徽 合肥 230000)

摘要: 永磁同步电机在运转过程中存在转速超调量较大和响应速度较慢等方面的问题,为达到理想化电机应用效果,开始将模糊控制模式运用到了电机控制系统之中。文章首先介绍了永磁同步电机,然后对模糊控制方式进行展开分析,并在此基础上对模糊控制下的永磁同步电机控制系统展开深度阐述,期望能够达到理想化电机系统控制效果。

关键词: 永磁同步电机;模糊控制规则;模糊控制;模糊控制器

0 引言

与普通电机相比,永磁同步电机具有诸多优势,是现代工业科技领域常用的驱动电机设备。但由于电机对于系统控制精度要求相对较高,所以要运用合理手段对电机运行进行控制。由于电机呈现出非线性问题,采用常规控制系统模式无法达到控制精度要求,无法实现对电机的有效驱动,所以需要通过对模糊控制技术的合理使用,达到良好的控制效果。

1 永磁同步电机

永磁同步电机包括定子和位置传感器等。定子铁芯是运用硅钢片通过叠压处理方式所形成的结构,会通过短距分布绕组处理方式组成定子绕组,能够有效降低谐波磁动势干扰的目标。可以运用星型连接处理模式,对电机杂散损耗问题进行控制。该电机能够代替电磁励,整体结构相对较为简单,可对加工装配成本加以有效控制。目前,较为常用的电机转子材料主要包括锰铝碳磁性材料和铝镍钴铁磁性合金等,会通过转子和定子之间相互作用的方式,产生电磁转矩,对电机进行驱动。转子结构可分为内埋式、贴面式和嵌入式几种类型,其中嵌入式、贴面式永磁体为瓦片形状,在转子铁芯表面位置,会产生一定量径向磁通,能够控制转子直径,保证转动惯量减小,是较为常见的转子结构。在对永磁同步电机进行使用时,需要对转子磁极位置进行检测,通过安装转子位置传感器的方式,对电枢电流实施有效控制,能够达到对永磁同步电机运转进行合理管控的目标。因为传统电机控制方式精度相对较低,所以需要运用新型控制方式对电机驱动展开控制,而模糊控制模式就是其中的一种。

2 模糊控制

2.1 模糊控制系统原理分析

模糊控制系统主要包括数模转换和模糊控制器,整体结构与常规数字化控制系统较为相似。在进行系统的应用过程中,会从输入接口着手,对被控对象模拟量进行获取,运用模数转换(A/D)处理模式,将模拟量转化为数字量,并将转换之后的数据输入到模糊控制器之中。在经过控制器处理之后,会将所输出的数字信号经由数模转换(D/A)之后,送往执行机构进行操作,被控对象输出之后的信号会在传感器的作用下,转化为实际需要的电信号形式。传感器精度与系统性能有着密切关联,是系统中不可替代的重要内容。在整体系统中,模糊控制器有着极为重要的作用,可以按照控制规则和定静态响应等各项内容,对控制器类型进行选择与应用。

2.2 模糊控制器设计方式

作为模糊控制系统的重要组成部分,模糊控制器结构设置和模糊规则确定等是进行模糊控制器设计的关键。设计人员需要按照人工统计结果或者结合专家经验分析,确定与之相配套的模糊规则,并以此为基础对后续模糊操作方式方法进行指导。在进行模糊控制器结构的设计过程中,需要运用模数转换方式,将相应数据转化为数字信号,将模糊化转变为模糊量,并将其输送到模糊推理模块之中,按照专家经验直接根据模糊量得出相应结论。需要按照结论内容进行模糊集合设置,通过去模糊处理的方式,确保能够获得清晰量并输送到下一级之中,完成模糊控制器的工作任务。输入量多以向量形式进行应用,而向量分量个数就是模糊控制器维数。如果维数相对较大,表明控制精度也相对较高,但相应的控制规则和运算量也会呈现出急剧增加的状况。在对二维模糊控制器进行应用时,需要对温度所造成的非

线性变化问题进行补偿处理。

2.3 模糊控制规则建设

需要通过对话音控制规则表的转换,完成模糊控制规则表的设置。通过输入变量模糊论域的方式,按照对实际数据测量的结果,确定覆盖模糊论域、模糊子集和隶属函数,对每一组数据进行模糊规则的编制,按照数据求出和对应子集的隶属度,利用其中隶属度最大的模糊子集,完成模糊控制规则设置。需要按照每条规则的具体强度情况,确定最佳的强度控制程度,在规则出现矛盾时,按照“去小留大”的原则进行规则处理,进而更好地展开后续模糊控制操作。

3 模糊控制下的永磁同步电机控制系统

3.1 模糊控制基本情况分析

电机在多种工况下进行运转,在运转过程中电机本体参数会发生相应改变,而电机负载也会随时发生相应变化,会对系统转动惯量产生直接影响,导致系统控制效果受到干扰。为有效解决电机控制性能所存在的问题,需要通过对控制系统PID参数的合理调整,达到理想化的控制目标。需要通过构建永磁同步电机数据模型的方式,以此为基础展开电机模糊PID设置,通过对PID参数进行实时优化的方法,展开PID参数在线自整定处理,进而高质量地完成电机应用。

3.2 永磁同步电机数据模型建设

永磁同步电机结构主要分为转子和定子两部分。三相交流异步电机与定子结构基本相同,转子部分包括永磁体和转子铁芯。会通过电力电子变换器的运用,将直流转化为交流,改变传统运用转换器和电刷的机械式换流器处理模式,防止出现机械磨损和火花等干扰问题。正因如此,永磁同步电机具有使用寿命长和噪声低等优点。

永磁同步电机定子空间中形成了对称分布三相绕组,将三相绕组轴线作为坐标系轴,可以展开三相静止坐标系建设。如果将永磁体磁轴线N极定为d轴,垂直N极定作为q轴,可以在固定转子坐标系中,展开dq轴坐标系建设。通过对电压分量、定子相电阻等内容的分析可以明确,永磁同步电机属于强耦合且多变量非线性系统模式,在实施控制过程中,需要对各变量展开综合分析考量。

3.3 模糊PID控制设计

3.3.1 PID控制与模糊控制的结合

在具体进行控制设计过程中,会通过PID控制器和模糊控制器的合理运用,通过在控制器中输入误差变化率和系统误差等各项数据的方式,由模糊控制器输出相应数值,并作为PID控制器的输入,对相关参数进行调整,达到PID参数实时整定要求。文章在此将通过

电机双闭环控制系统中速度环模糊PID控制方式的分析,按照电机运行工况,展开模糊控制器设置。在具体进行设置过程中,需要做好输入输出变量模糊合集与论域的设置。应根据电机速度环的具体需求,以二输入二输出模式进行模糊控制器结构设计,将速度环比积分控制器参数整定量作为输出量,速度误差变化率与速度误差作为结构输入量,科学展开控制结构设置。输入输出变量模糊合集中子集个数控制性能如果较为理想,且其精度也会相对较高,但因为子集个数会对系统资源造成一定消耗,所以其个数的增加,也会产生过度占用系统资源的情况,整体实现难度相对较大。技术人员需要按照电机具体控制精度需求,根据模糊集结构的具体情况,对正大、负大和正小等几个级别进行选择,设置相应模糊集。需要展开速度误差变化率和定义速度误差模糊集合设置,做好定义输出量的模糊结合处理,根据论域数值确定控制器粗糙程度,防止因为论域过大问题,而导致调节效果无法达标的情况。也需要注意不应出现论域过小的状况,以防出现调节速度过慢的问题。应通过对经验试凑法和专家经验法的运用,按照电机结构具体情况和电机运行要求,对模糊输入输出变量论域展开筛选与运用,保证模糊控制器输入变量与输出变量调节范围可以被控制在合理区间。

3.3.2 明确隶属度函数,实施清晰量模糊化处理

通过在模糊控制器中输入清晰量的方式,对其进行模糊化处理,确保模糊变化量能够控制在输入论域的相应范围之内,按照速度误差变化率和速度误差等各项数据,展开量化因子的计算,按照电机速度控制的具体情况,确定量化因子。通过对三角隶属度函数的运用,将其作为速度环模糊控制器隶属度函数进行分析,进而获得相应的数据处理结果。

3.3.3 设置模糊规则与去模糊化处理

需要按照PID参数整定的具体需要,根据永磁同步电机控制具体特点,获得相应模糊控制规则。按照推理运算结果获得相应模糊输出量,展开解模糊运算处理。进行解模糊运算的处理方式相对较多,本文对重心法处理方法进行介绍。

在具体进行计算过程中,会在获得相应变量数值之后,按照各组元素权重与输出量清晰量,展开系统控制器仿真和分析处理。会在Matlab中进行额定功率选择,挑选相应凸极永磁同步电机,会将定子电阻与电机额定转速设置为 0.958Ω 、1200r/min。同时,会通过展开仿真模型建设的方式,按照速度反馈信号,展开比较器运算,确定速度误差变化率和速度误差等各项数据,通过进行速度环模糊控制处理的方式,结合构建模糊PID控制器模型,展开三维模糊规则图设计。为明确模糊PID控制器性能具体情况,需要按照负载突变条件,展开系

统控制效果仿真分析。

3.3.4 系统控制效果仿真研究

在处于空载启动状态时,传统PID控制电机转矩会有一定幅度的上升,会在0.002s一直上升到限幅值数值。转速会从0.03s达到给定值,进入到较为稳定的状态。在进行模糊PID控制过程中,转矩也会在0.002s上升到限幅值水平,而电机转速会在0.019s达到给定数值。进入到稳定运行状态之后,电磁转矩会出现迅速下降的状况,会一直下降到转矩等于摩擦转矩为止。当0.1s负载转矩在0~12Nm时,电磁转矩会出现快速上升的状况,会在12.84Nm数值时保持稳定,并在一定幅度的下降之后,出现快速恢复到给定值的情况。负载突然加载之后,系统能够快速做出相应响应,按照负载转矩输出相应的转矩,确保转速能够达到匹配水平,保证系统运行能够始终处于较为稳定的模式。

3.4 控制结果分析

因为永磁同步电机在运行过程中,容易出现参数变化的情况,所以需要通过对模糊控制优势的应用,通过合理设置以模糊PID控制器为基础的速度环控制模式,对速度环比例和积分增益等各项情况进行实时调整。需要通过构建模糊PID控制永磁同步电机控制系统模型的方式,通过构建负载变化环境的方法,对模型进行仿真处理,进而针对仿真结果做出分析。仿真结果表明,与传统PID控制器相比,模糊PID控制器能够达到切实提升速度环整体速度的目标,可以实现对电机控制系统的有效管控,达到对电机应用进行精准控制的目标,所以可以通过对模糊PID控制方式的运用,对永磁同步电机运行展开控制,保证电机驱动运行精准度。

4 结语

鉴于模糊控制在永磁电机控制中所起到的重要作用,需要进一步加大对模糊控制方式方法的研究力度。不仅要研究永磁同步电机基本运行情况进行研究,同时还要按照模糊控制原理和规则等各项情况,制定出可行性较高的电机控制方式方法,将模糊控制手段真正应用到电机控制之中,确保电机使用能够达到理想

状态,实现精准管控的目标,进而将电机应用优势完全发挥出来,更好地为开展相应的生产工作提供服务。

项目信息: 合肥职业技术学院校级自然科学一般项目(2021KJB01)基于BP神经网络PID算法的多电机同步协调控制的研究。

参考文献:

- [1] 唐伟,王立忠,庄健,等.无刷直流电机的模糊自整定MRPID转速控制方法研究[J].中国机械工程,2021,32(15):1786-1792+1800.
- [2] 刘杰,刘明芹.基于模糊PID控制的永磁同步电机矢量控制研究[J].工业控制计算机,2022,35(01):152-154+157.
- [3] 陈露,李凌.模糊无模型自适应控制在CSTR中的仿真研究[J].工业仪表与自动化装置,2022(01):36-40+47.
- [4] 姬浩然.基于模糊控制的永磁同步电机控制系统研究[J].科技创新与应用,2021,11(34):28-31+35.
- [5] 李耀华,秦玉贵,赵承辉,等.模糊控制调节电压矢量占空比的永磁同步电机直接转控制系统[J].微电机,2020,53(11):92-99.
- [6] 李耀华,秦玉贵,赵承辉,等.永磁同步电机直接转矩控制双模糊控制系统[J].电机与控制应用,2020,47(07):9-16+28.
- [7] 许二威.基于模糊控制的永磁同步电机矢量控制系统及无位置传感器的研究[D].太原:太原理工大学,2020.
- [8] 李耀华,秦辉,苏锦仕,等.基于模糊控制的动态权重系数表贴式永磁同步电机模型预测转矩控制系统[J].电机与控制应用,2020,47(03):1-7.
- [9] 李翠强.基于模糊控制的永磁同步电机伺服系统研究[J].工业设计,2016(02):184-185.

作者简介: 储文浩(1987.11-),男,汉族,安徽安庆人,硕士研究生,研究方向:电气自动化。