

基于多点采样的交流伺服驱动器电流重构方法

朱通

嘉兴英科电气技术有限公司（省市） 314000

【摘要】本文提出了一种基于多点采样的交流伺服驱动器电流重构方法，通过对多点采样数据的有效利用，实现了电流的精准重构。该方法通过在多个采样点对电流信号进行采集，结合电机动态模型与控制策略，推算出电流信号，从而突破了传统电流传感器在精度、成本和抗干扰能力上的局限性，希望研究成果具有一定的借鉴和启发价值。

【关键词】多点采样；交流伺服驱动器；电流重构

Current reconstruction method of AC servo driver based on multi-point sampling

Zhu Tong

Jiaxing Yingke Electric Technology Co., LTD. (provincial and municipal) 314000

【Abstract】This paper proposes a current reconstruction method for AC servo drives based on multi-point sampling. By effectively utilizing multi-point sampling data, it achieves precise current reconstruction. The method involves collecting current signals at multiple sampling points, combining dynamic models of the motor with control strategies to infer the current signal. This approach overcomes the limitations of traditional current sensors in terms of accuracy, cost, and interference resistance, aiming to provide valuable insights and inspiration for future research.

【Key words】multi-point sampling; AC servo driver; current reconstruction

引言：

随着工业自动化和电力电子技术的不断发展，交流伺服驱动器在精确控制领域得到了广泛应用。电流测量作为驱动器控制策略的核心环节，直接影响着电机控制的精度和稳定性。传统的电流测量方法，如霍尔传感器和分流器，虽然能够满足基本需求，但在高精度和高动态控制中存在一定的局限性。为了解决这一问题，本文提出了一种基于多点采样的电流重构方法，通过提高采样密度和精度，有效提升电流测量的准确性和系统的动态响应能力。

1.交流伺服驱动器电流测量与重构的理论基础

1.1 交流伺服驱动器的基本原理

交流伺服驱动器主要包括：功率模块、控制模块、传感器和电机等部分。功率模块对输入电压进行频率、幅值调整，并输出电压至电机转子实现旋转控制；控制模块对输入控制命令进行处理，并根据该控制命令调整电机转速和转矩；电机控制算法直接影响驱动系统的性能，矢量控制主要是通过控制电机定子绕组电流方向相对于转子磁场方向的关系，实现电机转速的精确控制和转矩的精确控制；而直接转矩控制是通过直接控制电机转矩，同时利用电机磁场定向方法控制电机的旋转，实现在高动态响应特性和高控制精度要求方面的应用。在各控制算法中，电流作为关键参数之一，在驱动

系统对电机实现转速、转矩等实时反馈控制方面起到了重要的作用，决定了驱动系统稳定性和响应速度等特性指标，使得系统更加完善。而电流测量技术在交流伺服驱动系统中的应用研究，尤其是在驱动电机精确控制方面的应用，具有重要的作用和深远意义。传统的测量交流伺服驱动器定子电流方式主要是：利用霍尔传感器、分流器等方法实现对定子电流的测量，满足了大多数交流伺服驱动系统的要求，但由于电力电子技术飞速发展和对系统控制精度日益提高的要求，导致传统方法在应用过程中暴露了测量技术在控制、精度、实时性等方面的不足。如何解决测量精度、检测速度、系统成本、系统抗干扰能力强和稳定性等互相影响等问题，是当今系统控制性能发展的主要研究内容。

1.2 传统的电流测量方法

传统测量电流的方式主要有通过霍尔传感器、分流器来测量电流。霍尔电流传感器是通过测量磁场来估算电流值，由于其是非接触式、高频宽、隔离等优点，可以避免在电流回路的测量器件与电流负载的直接接触产生的损失或干扰的影响，但霍尔传感器受温度漂移和外界电磁场环境的影响精度会出现偏差，并且价格昂贵。而分流器是通过测量流过一个导体上的电压降来实现测量电流大小，由于其构造简单，成本低廉，但是高频率、大电流环境下其热效应大容易造成测量误差。总而言之，传统手段存在着测量精度和系统稳定性的矛盾，特别在高动态范围、高精度的条件下其可靠性和鲁棒性很难得到保障，这些传统式的电流测量方法在很

多场合可以满足要求,但是随着驱动电动机的发展,尤其在高效能、高精度场合下,其局限性凸显出来,在精度、响应时间、成本和系统集成等方面受到了一些制约和限制。

1.3 电流重构的概念与意义

电流重构是指不需要测量电流就可以根据已知系统的状态与参数情况利用数学模型来计算出相应的电流,这对于驱动器系统来说意义重大,对于降低驱动器系统的制造成本、实现硬件配置的简约化和系统高度集成化有重要作用。电流重构的原理就是通过采用多点采样获取系统其它的信息(如电压和转速等信息),依据电机模型与控制策略,计算出系统电流的方法,电流重构最大的优势在于不需要使用传统的电流传感器来实现,这就减小了系统的硬件成本,也有利于提高系统的可靠性。电流重构也能够提高系统驱动成本的同时提升系统驱动性能,通过电流的精确重构可以更好地对电机的状态进行控制和监测,特别是在复杂的动态条件下面,也能快速适配调整相应的控制模式,降低驱动系统对电机的状态响应要求,并能够降低电机运行的误差情况等。通过电流重构技术可以大大提高系统电机的控制精度及降低系统成本,从而为伺服驱动技术的未来更好发展奠定了基础。

2. 基于多点采样的交流伺服驱动器电流重构方法

2.1 多点采样技术

多点采样是多点采样在多个瞬时点或者多点采样在多个系统状态点对采样电流信号进行采样获取更加全面真实的系统信息,这种技术的本质是在原有采样密度的基础上扩大采样点的范围。通过多点采样技术捕获系统电流变化的瞬态信息以减小现有交流伺服驱动系统的采样方法中存在的失真和误差。多点采样法在交流伺服驱动系统中的采样可以选择在不同的 PWM 周期或者电机的电气角度上进行采样。通常情况下,多点采样法在进行采样时,以 PWM 周期为单位选择多个采样点,这样可以在不同的瞬时点获得更加真实详细的电流信息。还有一种常用的采样法以电机电气角度作为采样点,这种采样法可以确定采样点以便在电流变化的时候电流信号的动态特性和电机转子位置之间的关系不变。两种采样法的应用,可以减小交流伺服驱动系统中电流波形过低的采样频率而带来的电流波形重构误差,合理选择合适的采样点可以在保障测量精度的同时减小因采样点数量少而出现的过低采样频率造成的频域失真^[1]。

2.2 电流重构算法

基于多点采样数据重构电流算法是指利用多点采样数据,根据多点采样数据之间的数学关系求解重构电流的过程,通常也能够将该算法表示为结合了电机状态方程、控制模型、采样点信息重构电流数学模型求解过程。假设在系

统采样时,系统的电压、转速以及电机电气角度等系统状态变量为已知量,将该数据与电机电感模型结合起来,例如可以构建出该电流与各个电压、转速等变量之间的数学关系,进而以此为基础对各个采样点数据利用最小二乘原理或优化算法对多个数据点进行拟合,重构出相应的电流数据。具体的电流重构过程可认为是由数据的预处理、重构模型的建立、重构计算三个过程组成:在数据预处理过程中先利用数据滤波去除采样噪声,使得数据重构准确;其次根据电机的动态方程、控制规律等相关信息可推导出电流与各个系统变量间的数学方程;最后利用迭代求解实现电流重构。针对多采样点数据的权重分配情况,可采用加权最小二乘法,针对每个采样点进行加权分析,提高重要变量信息重构结果的加权系数,保证加权系数较大相应的采样数据对重构影响较大^[2]。

2.3 与其他电流重构方法的比较

在传统电流重构方法的基础上,多点采样电流重构方法具有以下优势。基于模型的预测电流控制与基于预测卡尔曼滤波的电流重构方法等传统的电流重构方法通常是以较为复杂的数学模型和推测为基础,因此在高频噪声、系统不确定性较大的情况下往往会产生较大的误差或较大的计算负担。基于模型的预测控制方法是通过对未来时刻的系统行为预测来进行控制,然而其计算难度较大,而且对模型精度较高,在非线性或高阶动态较大条件下控制效果不佳;基于预测卡尔曼滤波的电流重构方法,该方法同样要求系统状态对初始值及噪声模型进行估计,如果系统发生快转或者外部的扰动较大,则有可能造成所估计的电流精度有所偏差。在基于多个采样时刻的数据采集基础上,采用多点采样的电流重构方法,在提高重构精度的同时具有较少的计算复杂度,对于实时性的实时系统,多点采样重构方法能快速给出准确的电流估算,则会使驱动系统实现更快速的相应,以满足电机的负载变化。采用基于多点采样的重构方法具有一定的外环干扰抗干扰能力,能够在复杂的系统环境仍具较高的稳定性。因而,电流多点采样重构方法比传统的电流重构方法更具有精度、实时性及鲁棒性上的优势,适用于伺服驱动系统的高效率、高可靠性要求^[3]。

3. 基于多点采样的电流重构实现路径

3.1 硬件设计

基于多点采样的电流重构系统是由其硬件来完成电流信号的精确测量和高效重构的前提条件,因此需要设计可行的多点采样电流测量电路来完成相关硬件的设计,这主要是指传感器接口电路和信号调理电路。传感器接口电路要能够保证其与电流传感器的兼容性和信号采样的正确性,以便能够将电流信号转化为数字信号处理器可直接处理的模拟量

或数字信号。为了保障信号精度,信号调理电路需要对采样得到的电流信号进行相应的放大、滤波、去除噪声等相关处理,以提升信号质量,降低外部干扰对信号的干扰问题。在硬件的选择方面,也主要在于微控制器或 DSP 芯片的选择,相关人员需根据多点采样的要求对相关芯片进行合理选择,比如可以采用处理芯片选择具有较多采样频率与数据处理功能的处理芯片,为了满足其实时性的要求,需要选择具有较高采样频率的 DSP 芯片,比如 TI 公司生产的 TMS320 系列 DSP 芯片或 AnalogDevices 生产的 ADSP 系列 DSP 芯片,其在短时间内能够完成对数学运算式子的运算与数据处理,并输出其计算结果,保证其在短时间内即可完成对信号的快速重构。另外处理器的内存与计算的速度等要能与相关算法的执行要求相适应,也即是说需要保证其内存与计算速度足以与实时电流重构算法进行配合,以便达到实时电流重构的要求,若由于相关芯片的计算能力不足将导致计算过程的延迟出现。为了提升其系统运行的稳定性,相关人员还需对此类系统进行硬件冗余的设计,比如其电源过滤与保护电路等,从而实现对其进行电磁干扰的遏制^[4]。

3.2 软件设计

电流重构系统软件设计非常复杂,主要工作是以一定的程序进行数据的采样与处理,具体来说,对采样程序的编写要面向多点采样需求,使得该程序能够在一定的时间内完成对多个采样点的电流信号的采集,因此采样程序要有高频采样能力,另外可以在采样周期内对电流信号进行处理和存储,值得注意的是,采样程序需要对采样频率进行实时的调节,在不同的负载下能够对电流变化进行适应。除了上述工作,电流重构算法是软件设计中的重要内容,此算法需要按照电机的动态模型来进行重构,该算法的开发必须考虑计算资源的限制,在实现过程不能采用复杂的计算模型导致发生延迟,例如软件中包含一个循环过程,通过对采样数据进行预处理(去噪,滤波)来完成采样,紧接着按照一定的重构模型进行处理,最终把重构信号输出到驱动器控制模块,算法的执行需要选择优化的数值方法,例如采用快速傅里叶变

换来分析频域,用以降低计算复杂度^[5]。

3.3 系统集成与调试

系统集成和联调就是将硬件和软件紧密结合,保证整套电流重构系统得以稳定高效的工作。其中,系统集成中硬件设计和软件控制要求协同操作,硬件方面需要完成对传感器的结合,并通过通信接口模块传输到处理器中;软件方面需要完成对采样过程的实时控制,根据采样所得的数据完成电流重构计算过程。其中系统集成实现采样电路与处理器以及输出模块的配合工作,确保实现实时的数据传输与处理。调试过程主要分为硬件电路校验和软件调试两方面内容,在此过程中要先对硬件电路设计进行检验,信号从传感器端口输入和输出保持稳定。而在实际中需要完成对电流信号的检测,保证信号调理电路可以正确采集电流信号,杜绝噪声干扰。接着是软件调试,主要针对采样程序以及电流重构算法进行综合调试,查看程序能否实时运行和稳定,可以通过提高采样频率、调整算法参数,保证系统运行和应用中任意工况下的稳定性。此外,还需要展开系统性能测试,需要针对重构精度、抗干扰性和计算延迟等内容展开分析和测试,最后通过系统调试和反复测试之后保证电流重构系统在任意工况下能够实现对电流的准确估计,从而满足伺服驱动器的高精密度^[6]。

4. 结语

综上所述,本文基于多点采样提出的电流重构方法,不仅缓解了对传统电流传感器的依赖,还显著提高了伺服驱动系统的性能。通过多点采样技术,可以获得更加准确的电流信息,并结合电机的动态模型进行高效重构,从而不断提升系统的控制精度和实时性。未来,随着硬件成本的降低和计算能力的提升,基于多点采样的电流重构方法将在高精度伺服驱动控制领域得到广泛应用。

参考文献

- [1]王洪磊.基于多点采样的电流测量与重构方法研究[J].电机与控制学报,2022,26(06):112-114.
- [2]李文浩.基于改进卡尔曼滤波的交流伺服电机电流重构方法[J].电力系统自动化,2021,45(19):80-82.
- [3]黄志华.高精度电流重构算法在伺服驱动系统中的应用[J].控制工程,2023,30(03):67-69.
- [4]赵晓东.伺服系统中电流重构技术的研究与实现[J].电气传动,2021,50(05):48-50.
- [5]王利鑫.基于多点采样的电流重构方法在伺服驱动系统中的应用[J].电力电子技术,2021,55(02):105-107.
- [6]周雷.多点采样法在伺服驱动器电流重构中的应用[J].自动化仪表,2022,41(10):45-46.

作者简介:朱通,出生年:1980.11,民族:汉族,籍贯:江苏省淮安市,学历:硕士,研究方向:机电制造,身份证号:320825198011123973。