



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 101697467 A

(43) 申请公布日 2010.04.21

(21) 申请号 200910197818.6

(22) 申请日 2009.10.28

(71) 申请人 上海电机学院

地址 200240 上海市闵行区江川路 690 号

申请人 上海电气集团股份有限公司中央研究院

(72) 发明人 刘军 齐亮

(74) 专利代理机构 上海思微知识产权代理事务所(普通合伙) 31237

代理人 郑玮

(51) Int. Cl.

H02P 6/08(2006.01)

H02P 6/16(2006.01)

H02P 21/14(2006.01)

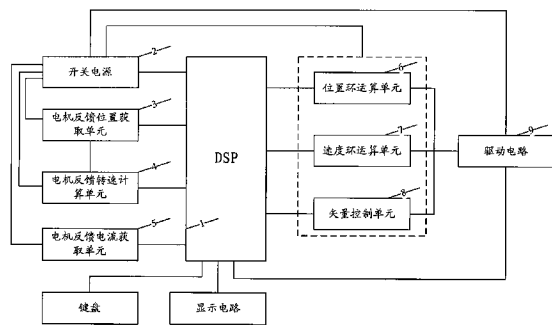
权利要求书 3 页 说明书 12 页 附图 3 页

(54) 发明名称

直线电机的驱动器及驱动方法

(57) 摘要

本发明揭示一种直线电机的驱动器及驱动方法,该驱动器包括 DSP、开关电源、驱动电路、电机反馈位置获取单元、电机反馈转速计算单元、电机反馈电流获取单元、位置环运算单元、速度环运算单元、矢量控制单元。DSP 控制直线电机的位置环路、速度换路、电流环路;电机反馈位置获取单元获取电机转子的实际位置;电机反馈转速计算单元根据电机转子的实际位置、测量时间计算出电机的实际转速;电机反馈电流获取单元利用电阻采样,通过线性光耦隔离送给 AD 转换器,模拟信号转换为数字量后经串行口送给 DSP。本发明可完成对直线电机的驱动控制,且成本较低;适用于大数据量的高速、实时的场合,可充分满足直线电机所需的大数据量、高处理速度的需求。



1. 一种直线电机的驱动器,其特征在于,该驱动器包括:

数字信号处理器 DSP,用以控制直线电机的位置环路、速度换路、电流环路;

开关电源,与上述数字信号处理器 DSP 连接;

驱动电路,包括自动保护单元;

电机反馈位置获取单元,用以获取电机转子的实际位置;电机转子位置由编码器送至接口电路,由 DSP 通过数据总线定时读取,数据经过数字滤波以及分析处理,得到电机转子的实际位置;

电机反馈转速计算单元,用以根据上述电机反馈位置获取单元获取的电机转子的实际位置、测量时间计算出电机的实际转速;

电机反馈电流获取单元,利用电阻采样,通过线性光藕隔离送给 AD 转换器,模拟信号转换为数字量后经串行口送给 DSP;

位置环运算单元,采用负反馈控制模式,电机位置脉冲指令和电机转子实际位置作为输入量参与比例调节器运算,速度指令作为运算结果输出,完成位置环子程序的运算;

速度环运算单元,采用负反馈控制模式,速度指令和电机实际转速作为输入量参与比例积分调节器运算,力矩指令作为运算结果输出,完成速度环子程序的运算;

矢量控制单元,其控制对象为同步电机,转子结构对称 $I_d = I_q$,永磁同步电动机的电磁转矩与 I_d 无关:电磁转矩 $T_e = (1/\omega)E_o I_q$;其中, E_o 为转子磁极在定子绕组中产生的感应电势, I_d 、 I_q 为定子直交轴电流, L_d 、 L_q 为定子直交轴电感, R 为定子绕组电阻, ω 为同步角频率。

2. 根据权利要求 1 所述的直线电机的驱动器,其特征在于:

所述电机反馈位置获取单元中,电机转子位置由编码器送至专门的接口电路,并由硬件四倍频,然后到 16 位加/减计数器进行记数,由 DSP 通过数据总线定时读取,数据经过数字滤波以及分析处理,得到电机转子的实际位置。

3. 根据权利要求 1 所述的直线电机的驱动器,其特征在于:

所述电机反馈电流获取单元中,获取三相电流分量 i_a 、 i_b 、 i_c 中的 i_a 、 i_b ,根据 i_a 、 i_b 值计算第三相电流 i_c 值。

4. 根据权利要求 1 所述的直线电机的驱动器,其特征在于:

所述 DSP 包括 ALU 计算单元、MAC 计算单元、SHIFTER 计算单元;

ALU 执行代数和逻辑操作的标准系列;

MAC 执行单周期的乘法,乘/加,乘/减操作;

SHIFTER 执行逻辑的和算术的移位,标准的、非标准的和指数操作,SHIFTER 用来作为有效的执行数字元格式控制包括多字的和块状的浮点表示法。

5. 根据权利要求 1 所述的直线电机的驱动器,其特征在于:

所述驱动电路是自动保护单元包括过压保护单元、欠压保护单元、过流保护单元、过热保护单元;

所述开关电源包括温度保护单元、外部过电流保护单元、输出过载保护单元、过压保护单元、欠压锁定单元。

6. 根据权利要求 1 所述的直线电机的驱动器,其特征在于:

电机位置脉冲指令共有若干种方式,根据参数不同切换不同的计数方式,由 16 位加/

减计数器进行记数,并由 DSP 通过数据总线定时读取,数据经过数字滤波以及分析处理,在位置控制模式下,作为电机的位置脉冲指令参与位置环的计算;

电机速度模拟指令由硬件通过加法器使双极性变为单极性,并由 AD 转换器转换为数字量信号,通过 DSP 的串行口读入,数据经过数字滤波以及分析处理,在速度控制模式下,作为速度指令参与速度环的计算。

7. 根据权利要求 1 所述的直线电机的驱动器,其特征在于:

在软件初始化阶段 PWM 信号送出以前,DSP 先读取 ia、ib 反馈电流值作为零电流值,以后所读取的值均与此基准值比较,即软件调零;零电流值是一个很关键的数据,为保证基准值正确,在初始化阶段读取 ia、ib 值数次,并经数字滤波处理,完成零电流值的正确读取;

AD 转换器与 DSP 的串行口相连,数据通过 DSP 的 DMA 通道直接进入内存,不中断 DSP 程序的运行。

8. 权利要求 1 至 7 之一所述直线电机的驱动器的驱动方法,其特征在于,该方法包括如下步骤:

电机反馈位置获取单元获取电机转子的实际位置;电机转子位置由编码器送至接口电路,由 DSP 通过数据总线定时读取,数据经过数字滤波以及分析处理,得到电机转子的实际位置;

电机反馈转速计算单元根据所述电机反馈位置获取单元获取的电机转子的实际位置、测量时间计算出电机的实际转速;

电机反馈电流获取单元利用电阻采样,通过线性光藕隔离送给 AD 转换器,模拟信号转换为数字量后经串行口送给 DSP;

位置环运算单元采用负反馈控制模式,电机位置脉冲指令和电机转子实际位置作为输入量参与比例调节器运算,速度指令作为运算结果输出,完成位置环子程序的运算;

速度环运算单元采用负反馈控制模式,速度指令和电机实际转速作为输入量参与比例积分调节器运算,力矩指令作为运算结果输出,完成速度环子程序的运算;

矢量控制单元的控制对象为同步电机, $I_d = I_q$ 转子结构对称,永磁同步电动机的电磁转矩与 I_d 无关:电磁转矩 $T_e = (1/\omega)E_o I_q$;其中, E_o 为转子磁极在定子绕组中产生的感应电势, I_d 、 I_q 为定子直交轴电流, L_d 、 L_q 为定子直交轴电感, R 为定子绕组电阻, ω 为同步角频率;

数字信号处理器 DSP 控制直线电机的位置环路、速度换路、电流环路。

9. 根据权利要求 8 所述的驱动方法,其特征在于:

电机位置脉冲指令共有若干种方式,根据参数不同切换不同的计数方式,由 16 位加/减计数器进行记数,并由 DSP 通过数据总线定时读取,数据经过数字滤波以及分析处理,在位置控制模式下,作为电机的位置脉冲指令参与位置环的计算;

电机速度模拟指令由硬件通过加法器使双极性变为单极性,并由 AD 转换器转换为数字量信号,通过 DSP 的串行口读入,数据经过数字滤波以及分析处理,在速度控制模式下,作为速度指令参与速度环的计算。

10. 根据权利要求 8 所述的驱动方法,其特征在于:

在软件初始化阶段 PWM 信号送出以前,DSP 先读取 ia、ib 反馈电流值作为零电流值,以后所读取的值均与此基准值比较,即软件调零;零电流值是一个很关键的数据,为保证基准

值正确,在初始化阶段读取 ia、ib 值数次,并经数字滤波处理,完成零电流值的正确读取;

AD 转换器与 DSP 的串行口相连,数据通过 DSP 的 DMA 通道直接进入内存,不中断 DSP 程序的运行。

直线电机的驱动器及驱动方法

技术领域

[0001] 本发明属于工业测试技术领域,涉及一种直线电机,尤其涉及一种直线电机驱动器;此外,本发明还涉及上述直线电机驱动器的驱动方法。

背景技术

[0002] 目前,直线电机及其驱动器的生产技术和应用技术在工业发达国家正处于发展阶段,并作为一种崭新的进给方式呈现出极大的生命力,西方国家已有十多个著名的公司生产不同种类和型号的直线电机及驱动器。

[0003] 美国 An orad 公司是世界上最大的直线电机供应商之一,从二十世纪八十年代初开始研制直线电机,主导产品是正弦波永磁交流直线电机和方波无刷直流直线电机,其应用的典型实例是二十世纪九十年代为美国 Ingersoll 铣床公司生产的高速卧式加工中心 HVM800 和 X. Y. Z 轴均采用永磁式同步直线伺服电动机驱动的 HVM600. 其最大进给速度为 76. 2m/min,加速度为 1-1. 5g. 这轰动了当时的国际机床界,被誉为世界机床技术的新高峰。

[0004] 美国的 Kollmorgen 公司是世界上著名的工业运动控制厂家,其提供的永磁式直线伺服电机有两大类型. 一种是动子无铁心结构,具有极高的动态性能,在速度低于 60um/min 时仍然能平滑运动. 另一种是动子有铁心结构,可获得高达 8000N 推力. 由于永磁体采用了模块化设计,定子的长度可根据用户需要加长,可达到 1000mm 以上,最高速度可达 300m/min. 日本三井精机公司生产的高速工具磨床,采用直线电机驱动 Z 轴,其上下移动的频率可达 400 次 /min(行程为 25mm),最高加速度为 2. 3g.

[0005] 日本 sodick 公司将直线电机应用于电火花机床,推出了装配直线电机的 AQ 系列电火花成形机和线切割机. 可在 0. 0001mm 的控制当量的条件下将轴的运动速度提高到 36m/min,最大加速度达到 1. 2g. 这样的技术指标使新一代的电火花成形机兼具了高速度和精加工的综合条件,使电火花成形加工的性能有了较大的提高,在电加工界引起了很大反响。

[0006] 德国的 Siemens 公司的永磁式直线同步电机最大移动速度可达 200m/min,最大推力可达 6600N,最大位移 504mm,适用于高速铣床、曲轴车床、超精密车床、磨床、激光车床等。

[0007] 直线电机直接驱动的飞速发展使一些不生产直线电机控制系统和驱动装置的厂家与电机制造厂进行合作,开发生产直线电机配套系统的驱动装置. 例如 Fanuc 公司和美国电机制造厂 Anoard Inc 之间的合作关系. 另外一些公司,如美国 Anorad 公司和德国 Siemens 公司合作,他们专门定义了 CNC 和伺服系统与直线电机的性能和接口特性. 德国 Indramat 公司在其数字化智能直线电机伺服驱动器中引进了先进的国际化、开放式 SERCOS (Serial Real-timeCommunication System) 接口标准,使得位置闭环控制在驱动器内部完成。

[0008] 总的来说,作为高速加工中心的新一代的直线电机伺服技术,在国外已进入工业应用阶段. 但国内直线电机的研究和应用尚处于起步阶段,大多数研究停留在仿真和试验

阶段,试验数据非常有限,缺乏对比资料和生产经验,与国外相比差距很大。由于关键的直线电机伺服技术主要掌握在少数直线电机和伺服控制装置制造商手中,并视为商业机密,技术封锁和技术保密使能够查阅的资料少之又少;要发展我国的高速加工中心和高速运输,建立相关产业,就必须走自己研究开发的道路。因此,直线电机及其测试装置及测试方法的自主研发势在必行。

发明内容

[0009] 本发明所要解决的技术问题是:提供一种直线电机的驱动器,可完成对直线电机的驱动控制,且成本较低。

[0010] 同时,本发明还提供上述直线电机的驱动器的驱动方法。

[0011] 为解决上述技术问题,本发明采用如下技术方案:

[0012] 一种直线电机驱动器,该驱动器包括:

[0013] 数字信号处理器 DSP,用以控制直线电机的位置环路、速度换路、电流环路;

[0014] 开关电源,与所述数字信号处理器 DSP 连接;

[0015] 驱动电路,包括自动保护单元;

[0016] 电机反馈位置获取单元,用以获取电机转子的实际位置;电机转子位置由编码器送至接口电路,由 DSP 通过数据总线定时读取,数据经过数字滤波以及分析处理,得到电机转子的实际位置;

[0017] 电机反馈转速计算单元,用以根据所述电机反馈位置获取单元获取的电机转子的实际位置、测量时间计算出电机的实际转速;

[0018] 电机反馈电流获取单元,利用电阻采样,通过线性光藕隔离送给 AD 转换器,模拟信号转换为数字量后经串行口送给 DSP;

[0019] 位置环运算单元,采用负反馈控制模式,电机位置脉冲指令和电机转子实际位置作为输入量参与比例调节器运算,速度指令作为运算结果输出,完成位置环子程序的运算;

[0020] 速度环运算单元,采用负反馈控制模式,速度指令和电机实际转速作为输入量参与比例积分调节器运算,力矩指令作为运算结果输出,完成速度环子程序的运算;

[0021] 矢量控制单元,其控制对象为同步电机,在 $I_d = I_q$ 转子结构对称的情况下,永磁同步电动机的电磁转矩与 I_d 无关;电磁转矩 $T_e = (1/\omega)E_0 I_q$;其中, E_0 为转子磁极在定子绕组中产生的感应电势, I_d 、 I_q 为定子直交轴电流, L_d 、 L_q 为定子直交轴电感, R 为定子绕组电阻, ω 为同步角频率。

[0022] 作为本发明的一种优选方案,所述电机反馈位置获取单元中,电机转子位置由编码器送至专门的接口电路,并由硬件四倍频,然后到 16 位加/减计数器进行记数,由 DSP 通过数据总线定时读取,数据经过数字滤波以及分析处理,得到电机转子的实际位置。

[0023] 作为本发明的一种优选方案,所述电机反馈电流获取单元中,获取三相电流分量 i_a 、 i_b 、 i_c 中的 i_a 、 i_b ,根据 i_a 、 i_b 值计算第三相电流 i_c 值。

[0024] 作为本发明的一种优选方案,所述 DSP 包括 ALU 计算单元、MAC 计算单元、SHIFTER 计算单元;ALU 执行代数和逻辑操作的标准系列;MAC 执行单周期的乘法,乘/加,乘/减操作;SHIFTER 执行逻辑的和算术的移位,标准的、非标准的和指数操作,SHIFTER 用来作为有

效的执行数字元格式控制包括多字的和块状的浮点表示法。

[0025] 作为本发明的一种优选方案,所述驱动电路是自动保护单元包括过压保护单元、欠压保护单元、过流保护单元、过热保护单元;所述开关电源包括温度保护单元、外部过电流保护单元、输出过载保护单元、过压保护单元、欠压锁定单元。

[0026] 作为本发明的一种优选方案,电机位置脉冲指令共有若干种方式,根据参数不同切换不同的计数方式,由 16 位加 / 减计数器进行记数,并由 DSP 通过数据总线定时读取,数据经过数字滤波以及分析处理,在位置控制模式下,作为电机的位置脉冲指令参与位置环的计算;电机速度模拟指令由硬件通过加法器使双极性变为单极性,并由 AD 转换器转换为数字量信号,通过 DSP 的串行口读入,数据经过数字滤波以及分析处理,在速度控制模式下,作为速度指令参与速度环的计算。

[0027] 作为本发明的一种优选方案,在软件初始化阶段 PWM 信号送出以前, DSP 先读取 ia、ib 反馈电流值作为零电流值,以后所读取的值均与此基准值比较,即软件调零;零电流值是一个很关键的数据,为保证基准值正确,在初始化阶段读取 ia、ib 值数次,并经数字滤波处理,完成零电流值的正确读取。AD 转换器与 DSP 的串行口相连,数据通过 DSP 的 DMA 通道直接进入内存,不中断 DSP 程序的运行。

[0028] 上述直线电机驱动器的驱动方法,该方法包括如下步骤:

[0029] 电机反馈位置获取单元获取电机转子的实际位置;电机转子位置由编码器送至接口电路,由 DSP 通过数据总线定时读取,数据经过数字滤波以及分析处理,得到电机转子的实际位置;

[0030] 电机反馈转速计算单元根据所述电机反馈位置获取单元获取的电机转子的实际位置、测量时间计算出电机的实际转速;

[0031] 电机反馈电流获取单元利用电阻采样,通过线性光藕隔离送给 AD 转换器,模拟信号转换为数字量后经串行口送给 DSP;

[0032] 位置环运算单元采用负反馈控制模式,电机位置脉冲指令和电机转子实际位置作为输入量参与比例调节器运算,速度指令作为运算结果输出,完成位置环子程序的运算;

[0033] 速度环运算单元采用负反馈控制模式,速度指令和电机实际转速作为输入量参与比例积分调节器运算,力矩指令作为运算结果输出,完成速度环子程序的运算;

[0034] 矢量控制单元的控制对象为同步电机,在 $I_d = I_q$ 转子结构对称的情况下,永磁同步电动机的电磁转矩与 I_d 无关;电磁转矩 $T_e = (1/\omega)E_0I_q$;其中, E_0 为转子磁极在定子绕组中产生的感应电势, I_d 、 I_q 为定子直交轴电流, L_d 、 L_q 为定子直交轴电感, R 为定子绕组电阻, ω 为同步角频率;

[0035] 数字信号处理器 DSP 控制直线电机的位置环路、速度换路、电流环路。

[0036] 作为本发明的一种优选方案,电机位置脉冲指令共有若干种方式,根据参数不同切换不同的计数方式,由 16 位加 / 减计数器进行记数,并由 DSP 通过数据总线定时读取,数据经过数字滤波以及分析处理,在位置控制模式下,作为电机的位置脉冲指令参与位置环的计算;电机速度模拟指令由硬件通过加法器使双极性变为单极性,并由 AD 转换器转换为数字量信号,通过 DSP 的串行口读入,数据经过数字滤波以及分析处理,在速度控制模式下,作为速度指令参与速度环的计算。

[0037] 作为本发明的一种优选方案,在软件初始化阶段 PWM 信号送出以前, DSP 先读取

ia、ib 反馈电流值作为零电流值,以后所读取的值均与此基准值比较,即软件调零;零电流值是一个很关键的数据,为保证基准值正确,在初始化阶段读取 ia、ib 值数次,并经数字滤波处理,完成零电流值的正确读取。AD 转换器与 DSP 的串行口相连,数据通过 DSP 的 DMA 通道直接进入内存,不中断 DSP 程序的运行。

[0038] 本发明的有益效果在于:本发明提出的直线电机驱动器及驱动方法,可完成对直线电机的驱动控制,且成本较低。本发明适合应用于大数据量的高速、实时的应用场合,可以满足直线电机所需的大数据量、高处理速度的需求。本发明的直线电机驱动器是一个集电源、驱动、控制一体的结构,强弱电控制信号混合,为防止强弱电、开关电源等各类信号之间的干扰,对印制线路板的布局进行详细周密考虑,采取一系列防干扰、抗干扰措施,在电源驱动板中,强弱电走线尽可能分隔远离,以及零线、接地线合理布局。

附图说明

- [0039] 图 1 为本发明直线电机驱动器的组成示意图。
[0040] 图 2 为本发明反馈电流采样的示意图。
[0041] 图 3 为本发明键盘及显示电路的组成示意图。
[0042] 图 4 为本发明驱动方法参数管理操作框图。
[0043] 图 5 为本发明驱动方法参数管理操作意义示意图。
[0044] 图 6 为本发明驱动方法参数设置操作框图。

具体实施方式

[0045] 下面结合附图详细说明本发明的优选实施例。

[0046] 实施例一

[0047] 请参阅图 1,本发明揭示了一种直线电机驱动器,该驱动器包括数字信号处理器 1、开关电源 2、电机反馈位置获取单元 3、电机反馈转速计算单元 4、电机反馈电流获取单元 5、位置环运算单元 6、速度环运算单元 7、矢量控制单元 8、驱动电路 9。数字信号处理器 1、开关电源 2 分别与其他单元连接。

[0048] 【数字信号处理器 DSP】

[0049] 数字信号处理器 DSP 用以控制直线电机的位置环路、速度环路、电流环路。DSP 芯片的内部采用程序和数据分开的哈佛结构,具有专门的硬件乘法器,广泛采用流水线操作,提供特殊的 DSP 指令,可以用来快速地实现各种数字信号处理算法。本实施例中,DSP 采用三总线结构:外部数据总线,外部地址总线和 DMA 总线,内部的程序内存数据总线和数据存储器数据总线共享一条外部数据总线;内部的程序内存地址总线和数据存储器地址总线共享一条外部地址总线。此外,本实施例中,DSP 支持新的指令,包括位元操作(位设置、位清除、位切换、位测试)新的算术逻辑部件常量,新的多功能操作和位移舍入。

[0050] 同时,DSP 包括三个独立的计算单元:ALU、MAC、SHIFTER;ALU 执行代数和逻辑操作的标准系列;MAC 执行单周期的乘法,乘/加,乘/减操作(累积 40 位);SHIFTER 执行逻辑的和算术的移位、标准的、非标准的和指数操作,SHIFTER 可以用来作为有效的执行数字元格式控制包括多字的和块状的浮点表示法。

[0051] 本实施例中,DSP 能响应 13 个中断信号:6 个外部中断(一个边缘感应,两个电平

感应和三个可重置的)和7个内部中断,它们分别由定时器、串行端口、BDMA、POWER-DOWN和复位电路产生。DSP提供13个常规用途的标志引脚,SPROT1中的输入和输出引脚可以设置成输入标志或输出标志。另外,有8个可编程的输入/输出标志和3个输出标志。可编程的内部定时器可以产生周期的中断。

[0052] 【开关电源】

[0053] 在全数字交流伺服驱动系统中,需要多路控制电源,控制电源的可靠性在整个系统正常工作中非常关键,系统需要+5V、-5V电源,功率驱动中多路+15V电源。由于系统体积较小,电源的设计要求小型化,难度较高。此电源设计成开关电源,选用具有以下特点的开关电源:

[0054] (1)、体积小、重量轻、成本低、内置电流检测 MOSFET,具有自保护功能。

[0055] (2)、门极驱动效率更高,可以减少开关损耗,最大占空比70%,可以减少传输损耗。

[0056] (3)、所述开关电源包括温度保护单元、外部过电流保护单元、输出过载保护单元、过压保护单元、欠压锁定单元。使得开关电源2具体有多种保护功能:温度保护,外部过电流保护,输出过载保护,过压保护,欠压锁定等功能。

[0057] (4)、输入电压范围广:AC85V-AC265V。

[0058] (5)、软启动功能。

[0059] 【驱动电路】

[0060] 在全数字交流伺服驱动系统中,功率驱动电路具有自动保护功能,本身带有驱动的智能 IPM(Intelligent Power Module)模块。该模块有过压、欠压、过流、过热等自动保护功能,驱动接口只需高速光耦隔离驱动,大大简化外围电路,提高系统可靠性。

[0061] 在电源驱动板上选用的新器件均做了大量的试验,如连续运行、过载运行、高温老化等,保证了这些新器件在产品上安全可靠地应用。

[0062] 【电机反馈位置获取单元】

[0063] 电机反馈位置获取单元3用以获取电机转子的实际位置;电机转子位置由编码器送至接口电路,由DSP通过数据总线定时读取,数据经过数字滤波以及分析处理,得到电机转子的实际位置。本实施例中,电机转子位置由编码器送至专门的接口电路,并由硬件四倍频,然后到16位加/减计数器进行记数,由DSP通过数据总线定时读取,数据经过数字滤波以及分析处理,得到电机的转子实际位置,根据测量时间值算出电机的实际转速。

[0064] 电机位置脉冲指令共有三种方式,根据参数不同切换不同的计数方式,由16位加/减计数器进行记数,并由DSP通过数据总线定时读取,数据经过数字滤波以及分析处理,在位置控制模式下,作为电机的位置脉冲指令参与位置环的计算。

[0065] 【电机反馈转速计算单元】

[0066] 电机反馈转速计算单元4用以根据所述电机反馈位置获取单元获取的电机转子的实际位置、测量时间计算出电机的实际转速。

[0067] 速度模拟指令由硬件通过加法器使双极性变为单极性,并由AD转换器转换为数字量信号,通过DSP的串行口读入,数据经过数字滤波以及分析处理,在速度控制模式下,作为速度指令参与速度环的计算。

[0068] 【电机反馈电流获取单元】

[0069] 电机反馈电流获取单元 5 利用电阻采样,通过线性光藕隔离送给 AD 转换器,模拟信号转换为数字量后经串行口送给 DSP。本实施例中,利用电阻采样后,通过线性光藕隔离送给 AD 转换器,模拟信号转换为数字量后经串行口送给 DSP,零位由软件自动调整设置,反馈系数亦可由参数灵活设置,这样就省却了模拟电路中的电位器及其它分立器件,充分利用数字化的优点。通过实验,发觉采用电阻采样代替 HALL 元件,电机的实际电流更接近理想的电流波形,主要表现在跟踪响应更快,电流反馈回路迟滞时间更短,因而从理论上分析,其静、动态性能应更好。

[0070] 请参阅图 2,本实施例中,为了保证在不降低性能的前提下降低产品成本,所述电机反馈电流获取单元 5 获取三相电流分量 i_a 、 i_b 、 i_c 中的 i_a 、 i_b ,而后根据 i_a 、 i_b 值通过软件计算第三相电流 i_c 值。这样不仅能降低成本、减少硬件,还可以减少一个 A/D 通道以及读取 A/D 通道的软件开销时间。

[0071] 【位置环运算单元】

[0072] 位置环运算单元 6 采用负反馈控制模式,电机位置脉冲指令和电机转子实际位置作为输入量参与比例调节器运算,速度指令作为运算结果输出,完成位置环子程序的运算。

[0073] 由于 HALL 元件成本较高,作为一种反馈元件,对其稳定性、灵敏性及线性度均有较高的要求。本实施例中,位置环采用负反馈控制模式,为了提高动态响应速度,还加入了前馈控制。电机位置脉冲指令和电机转子实际位置作为输入量参与比例调节器运算 (P 模式),速度指令作为运算结果输出,完成位置环子程序的运算。

[0074] 【速度环运算单元】

[0075] 速度环运算单元 7 采用负反馈控制模式,速度指令和电机实际转速作为输入量参与比例积分调节器运算,力矩指令作为运算结果输出,完成速度环子程序的运算。

[0076] 本实施例中,速度环也采用负反馈控制模式。速度指令和电机实际转速作为输入量参与比例积分调节器运算 (PI 模式),力矩指令作为运算结果输出,完成速度环子程序的运算。

[0077] 为减小速度超调,在速度环子程序的运算中采用带积分分离的 PI 调节器。设定速度环 PI 调节器的积分分离点,当速度误差超过设置值,速度调节器由 PI 调节器变成 P 调节器。

[0078] 【矢量控制单元】

[0079] 矢量控制单元 8 其控制对象为同步电机,在 $I_d = I_q$ 转子结构对称的情况下,永磁同步电动机的电磁转矩与 I_d 无关:电磁转矩 $T_e = (1/\omega)E_0I_q$;其中, E_0 为转子磁极在定子绕组中产生的感应电势, I_d 、 I_q 为定子直交轴电流, L_d 、 L_q 为定子直交轴电感, R 为定子绕组电阻, ω 为同步角频率。

[0080] 由于控制对象为同步电机,在 $I_d = I_q$ 转子结构对称的情况下,永磁同步电动机的电磁转矩与 I_d 无关:电磁转矩 $T_e = (1/\omega)E_0I_q$ 。其中, E_0 为转子磁极在定子绕组中产生的感应电势; I_d 、 I_q 为定子直交轴电流; L_d 、 L_q 为定子直交轴电感; R 为定子绕组电阻; ω 为同步角频率。

[0081] 由于定子直轴电流不影响永磁同步电动机的电磁转矩,因而可以控制 $I_d = 0$,使其定子电流中不产生励磁分量,只产生力矩分量,照样可以保持气隙磁通恒定。

[0082] 这样,在相同电磁转矩情况下,最小的定子电流能够获得,即 $I_q = I$, I 为电机电

流,其定子电压有以下关系式:

$$[0083] \quad U = \sqrt{(E_0 + IR)^2 + (\omega I_q L_q)^2}$$

$$[0084] \quad = \sqrt{(E_0 + IR)^2 + (\omega I L_q)^2}$$

[0085] 矢量控制原理在许多专著中均有论述,这里只给出三相电流分量 i_a 、 i_b 、 i_c 的直接变换式,其中 θ_2 为转子瞬时角位:

[0086]

$$\begin{bmatrix} i_a \\ i_b \\ i_c \end{bmatrix} = \sqrt{\frac{2}{3}} \cdot \begin{bmatrix} \cos \theta_2 & -\sin \theta_2 \\ \cos(\theta_2 - 120^\circ) & -\sin(\theta_2 - 120^\circ) \\ \cos(\theta_2 + 120^\circ) & -\sin(\theta_2 + 120^\circ) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_d \\ i_q \end{bmatrix}$$

[0087] 对于 $\theta = 90^\circ$ 的自控式(本系统采用), $i_d = 0$, $i_q = I_1$, I_1 为电机电流。

[0088] 请参阅图 1、图 3,本发明的直线电机驱动器还包括键盘及显示电路,键盘及显示电路充分利用 DSP 的串行口结构,利用二片串-并芯片,直接用软件完成对键盘及显示器的定时扫描,通过矩阵扫描读取键值及显示数据,省去了专用的键盘及显示器件,使硬件结构简洁、可靠。

[0089] 以上介绍了本发明揭示的直线电机的驱动器,本发明在揭示上述直线电机驱动器的同时还揭示其驱动方法。上述直线电机驱动器的驱动方法主要包括如下步骤:

[0090] 步骤 A、电机反馈位置获取单元获取电机转子的实际位置;电机转子位置由编码器送至接口电路,由 DSP 通过数据总线定时读取,数据经过数字滤波以及分析处理,得到电机转子的实际位置;

[0091] 步骤 B、电机反馈转速计算单元根据所述电机反馈位置获取单元获取的电机转子的实际位置、测量时间计算出电机的实际转速;

[0092] 步骤 C、电机反馈电流获取单元利用电阻采样,通过线性光藕隔离送给 AD 转换器,模拟信号转换为数字量后经串行口送给 DSP;

[0093] 步骤 D、位置环运算单元采用负反馈控制模式,电机位置脉冲指令和电机转子实际位置作为输入量参与比例调节器运算,速度指令作为运算结果输出,完成位置环子程序的运算;

[0094] 步骤 E、速度环运算单元采用负反馈控制模式,速度指令和电机实际转速作为输入量参与比例积分调节器运算,力矩指令作为运算结果输出,完成速度环子程序的运算;

[0095] 步骤 F、矢量控制单元的控制对象为同步电机,在 $I_d = I_q$ 转子结构对称的情况下,永磁同步电动机的电磁转矩与 I_d 无关;电磁转矩 $T_e = (1/\omega)E_0 I_q$;其中, E_0 为转子磁极在定子绕组中产生的感应电势, I_d 、 I_q 为定子直交轴电流, L_d 、 L_q 为定子直交轴电感, R 为定子绕组电阻, ω 为同步角频率;

[0096] 步骤 G、数字信号处理器 DSP 控制直线电机的位置环路、速度换路、电流环路。

[0097] 综上所述,本发明提出的直线电机的驱动器及驱动方法,可完成对直线电机的驱动控制,且成本较低。本发明适合应用于大数据量的高速、实时的应用场合,可以充分满足直线电机所需的大数据量、高处理速度的需求。本发明的直线电机驱动器是一个集电源、驱动、控制一体的结构,强弱电控制信号混合,为防止强弱电、开关电源等各类信号之间的干扰,对印制线路板的布局进行详细周密考虑,采取一系列防干扰、抗干扰措施,在电源驱动板中,强弱电走线尽可能分隔远离,以及零线、接地线合理布局。

[0098] 实施例二

[0099] 本实施例中,为了能够读取动子的位置和速度,在直线电机定子侧安装了 HEIDENHAIN 的增量式光栅尺 LS1378C,信号周期为 1 μ m,即 1mm 的动子行程可以反馈 1000 个脉冲。直线电机的极距为 32mm,则一个电距离就对应 32000 个脉冲。

[0100] 为了能在上电状态能够读取动子的初始停留状态,在动子侧还安装了和动子线圈机械位置相对固定的霍尔器件。

[0101] 速度检测一般有 M 法、T 法、M/T 法及变 M/T 法四种,其中尤以最后一种检测方法精度最高。

[0102] 变 M/T 法即不但测取编码器的脉冲 M1 和高频时钟脉冲 M2,而且测量时间 TC 也是在变化的,目的是始终保持 TC 是完整的编码器脉冲信号周期之和,因此,无论在低速和高速段,均都能获得较好的精度,但需要复杂的硬件结构来支持一些逻辑判断。

[0103] 若采用 M 法,则

[0104] $n = 60 * ml / P * Tc$, 单位:米 / 分

[0105] 其中:P = 106 为行进 1 米所接收到的脉冲数

[0106] 在实际程序中,取 $Tc = 50 * 10^{-6}$ 秒作为中断采样周期时间,也是电流环的中断周期时间,从而保证对电机电流和动子位置的实时控制和计算。

[0107] 本发明应用大规模逻辑电路 FPGA,利用其灵活、软件化的设计特点,将复杂的逻辑结构固化于其中,并与软件相结合,完成了对速度的高精度的检测。

[0108] 实施例三

[0109] 请参阅图 3- 图 6,本实施例与以上实施例的区别在于,本实施例中,本发明的系统包括参数的管理模块。伺服驱动器参数分为用户参数(表 1 为本实施例的用户参数表)、系统参数和开发参数,通过密码管理不同的级别。高级别密码除可以观察和修改本级别参数外,还可以对低级别参数进行同样操作。

[0110]

序号	名称	适用方式	参数范围	出厂值	单位
0	密码	P, S	0 ~ 9999	315	
1	驱动器型号	P, S	0 ~ 19	0*	
2	软件版本(只读)	P, S	*	*	
3	初始显示状态	P, S	0 ~ 20	0	
4	控制方式选择	P, S	0 ~ 5	0	
5	速度比例增益	P, S	5 ~ 2000	100*	Hz

序号	名称	适用方式	参数范围	出厂值	单位
6	速度积分时间常数	P, S	1 ~ 1000	20*	mS
7	加减速时间常数	P, S	1 ~ 10000	1	mS
8	速度检测低通滤波器	P, S	20 ~ 500	100	%
9	位置比例增益	P	1 ~ 1000	40	1/S
10	位置前馈增益	P	0 ~ 100	0	%
11	位置前馈低通滤波器截止频率	P	1 ~ 1200	300	Hz
12	位置指令脉冲分频分子	P	1 ~ 32767	1	
13	位置指令脉冲分频分母	P	1 ~ 32767	1	
14	位置指令脉冲输入方式	P	0 ~ 2	0	
15	位置指令脉冲方向取反	P	0 ~ 1	0	
16	定位完成范围	P	0 ~ 30000	20	脉冲
17	位置超差检测范围	P	0 ~ 30000	400	×100 脉冲
18	位置超差错误无效	P	0 ~ 1	0	
19	保留				
20	驱动禁止输入无效	P, S	0 ~ 1	0	
21	JOG 运行速度	S	-3000 ~ 3000	120	r/min
22	保留				
23	最高速度限制	P, S	0 ~ 3000	2000	r/min

序号	名称	适用方式	参数范围	出厂值	单位
24	内部速度 1	S	-3000 ~ 3000	0	r/min
25	内部速度 2	S	-3000 ~ 3000	100	r/min
26	内部速度 3	S	-3000 ~ 3000	300	r/min
27	内部速度 4	S	-3000 ~ 3000	-100	r/min
28	到达速度	S	0 ~ 3000	500	r/min
29	保留				
30	直线速度换算分子	P, S	1 ~ 32767	10	
31	直线速度换算分母	P, S	1 ~ 32767	1	
32	直线速度小数点位置	P, S	0 ~ 5	3	
33	保留				
34	内部 CCW 转矩限制	P, S	0 ~ 300	300*	%
35	内部 CW 转矩限制	P, S	-300 ~ 0	-300*	%
36	外部 CCW 转矩限制	P, S	0 ~ 300	100	%
37	外部 CW 转矩限制	P, S	-300 ~ 0	-100	%
38	速度试运行、JOG 运行转矩限制	S	0 ~ 300	100	%
40	输出电子齿轮分子	P, S	1 ~ 16383	1	
41	输出电子齿轮分母	P, S	1 ~ 16383	1	

序号	名称	适用方式	参数范围	出厂值	单位
42	内外速度指令选择	S	0 ~ 1	1	
43	模拟速度指令增益	S	10 ~ 3000	300	(r/min)/ V
44	模拟速度指令方向取反	S	0 ~ 1	0	
45	模拟速度指令零偏补偿	S	-5000 ~ 500	0	
			00		
46 ~ 59	保留				

[0113] 表 1

[0114] 参数管理,共有 5 种模式:

[0115] 参数写入,表示将内存中的参数写入 EEPROM 的参数区。用户修改了参数,仅使内存中参数值改变了,下次上电又会恢复成原来的数值。如果想永久改变参数值,就需要执行参数写入操作,将内存中参数写入到 EEPROM 的参数区中,以后上电就会使用修改后的参数。

[0116] 参数读取,表示将 EEPROM 的参数区的数据读到内存中。这个过程在上电时会自动执行一次,开始时,内存参数值与 EEPROM 的参数区中是一样的。但用户修改了参数,就会改变内存中参数值,当用户对修改后的参数不满意或参数被调乱时,执行参数读取操作,可将 EEPROM 的参数区中数据再次读到内存中,恢复成刚上电的参数。

[0117] 参数备份,表示将内存中的参数写入 EEPROM 的备份区。整个 EEPROM 分成参数区和备份区两个区域,可以存储两套参数。系统上电、参数写入和参数读取操作使用 EEPROM 的参数区,而参数备份和恢复备份则使用 EEPROM 的备份区。在参数设置过程中,如果用户对一组参数比较满意,但还想继续修改,可以先执行参数备份操作,保存内存参数到 EEPROM 的备份区,然后再修改参数,如果效果变差,可以用恢复备份操作,将上次保存在 EEPROM 的备份区的参数读到内存中,然后可以再次修改或结束。另外,当用户设置好参数后,可以执行参数写入和参数备份两个操作,使 EEPROM 的参数区和备份区的数据完全一样,防止以后参数不慎被修改,还可以启用恢复备份操作,将 EEPROM 的备份区的数据读到内存中,再用参数写入操作,将内存参数写入到 EEPROM 的参数区中。

[0118] 恢复备份,表示将 EEPROM 的备份区的数据读到内存中。这个操作没有执行参数写入操作,下次上电时还是 EEPROM 的参数区的数据读到内存中。如果用户想使永久使用 EEPROM 的备份区的参数,还需要执行一次参数写入操作。

[0119] 恢复缺省值,表示将所有参数的缺省值(出厂值)读到内存中,并写入到 EEPROM

的参数区中,下次电将使用缺省参数。当用户将参数调乱,无法正常工作时,使用这个操作,可将所有参数恢复成出厂状态。

[0120] 这里本发明的描述和应用是说明性的,并非想将本发明的范围限制在上述实施例中。这里所披露的实施例的变形和改变是可能的,对于那些本领域的普通技术人员来说实施例的替换和等效的各种部件是公知的。本领域技术人员应该清楚的是,在不脱离本发明的精神或本质特征的情况下,本发明可以以其它形式、结构、布置、比例,以及用其它组件、材料和部件来实现。在不脱离本发明范围和精神的情况下,可以对这里所披露的实施例进行其它变形和改变。

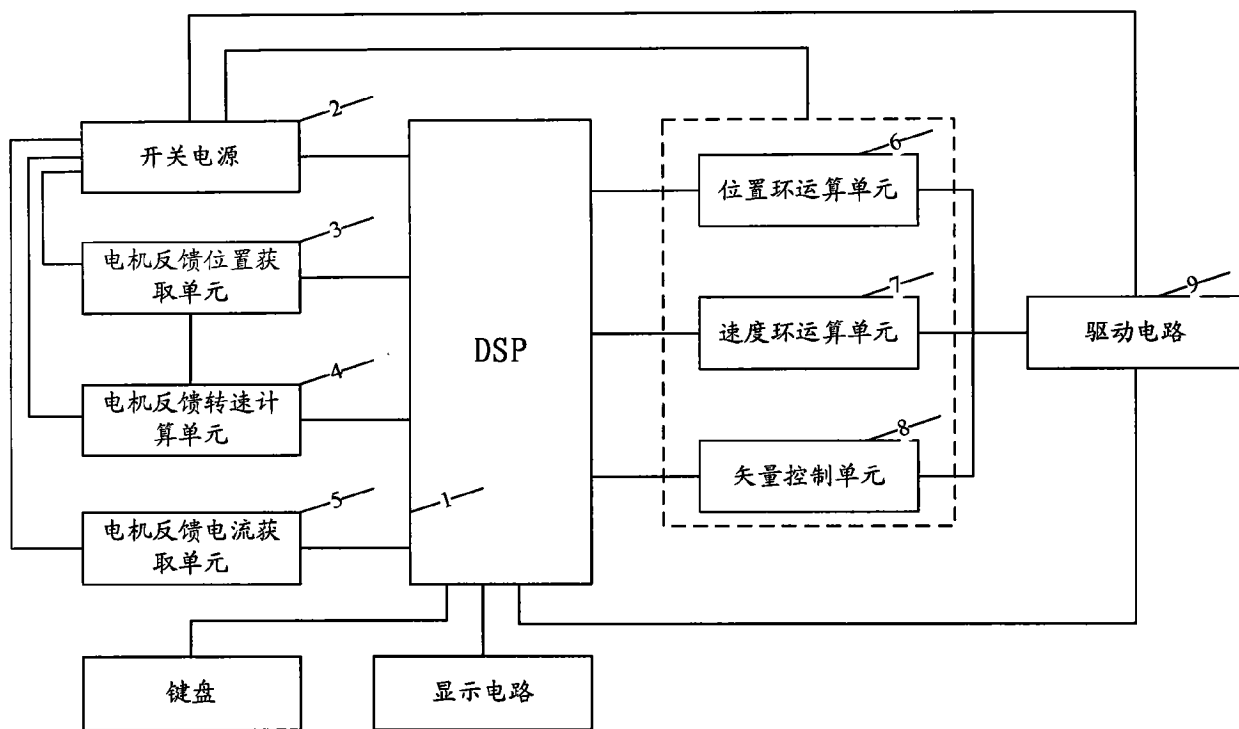


图 1

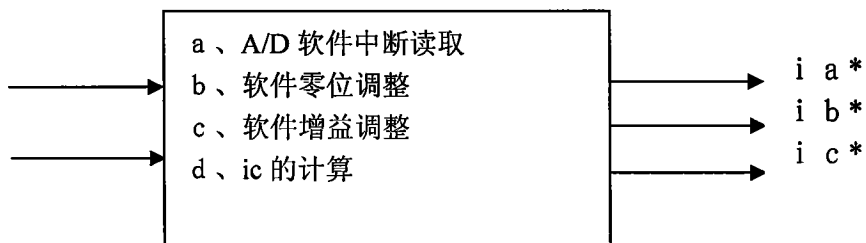


图 2

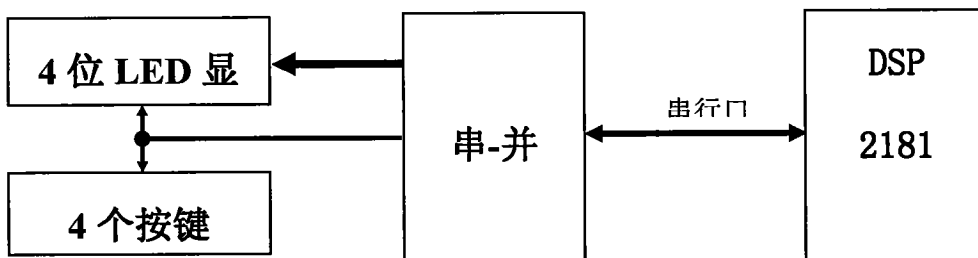


图 3

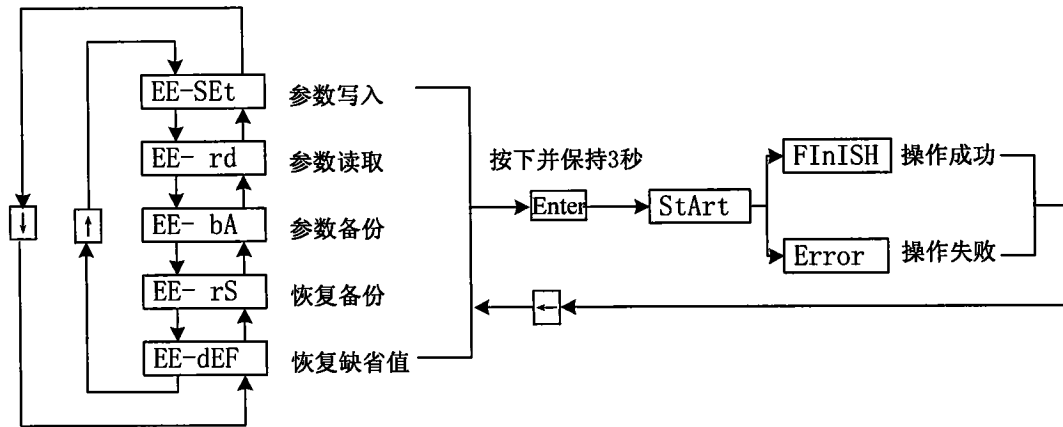


图 4



图 5

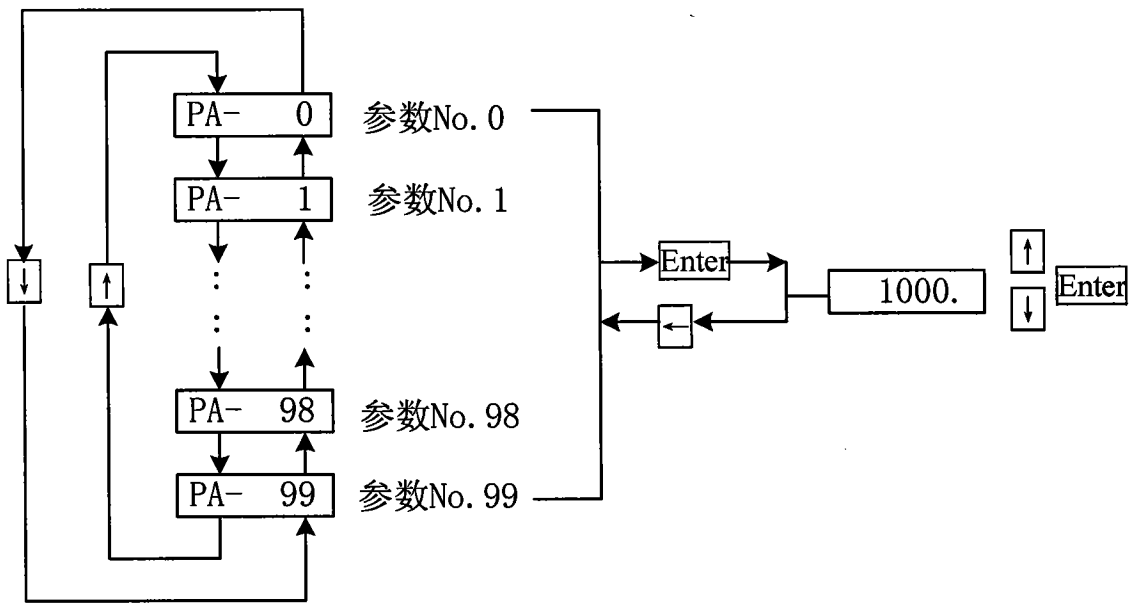


图 6