# 交流伺服电机的探究控制电机论文

来源：网络 作者：紫竹清香 更新时间：2024-08-04

*XX大学控制电机报告课程控制电机题目交流伺服电机的探究院系电气信息工程学院电气系专业班级电气学生姓名学生学号指导教师2024年X月X日目　录一、引言二、交流伺服电动机的结构特点三、伺服电动机的工作原理21、交流伺服电机22、永磁交流伺服电机...*

XX

大

学

控制电机报告

课

程

控制电机

题

目

交流伺服电机的探究

院

系

电气信息工程学院电气系

专业班级

电气

学生姓名

学生学号

指导教师

2024年

X月

X日

目　录

一、引言

二、交流伺服电动机的结构特点

三、伺服电动机的工作原理

21、交流伺服电机

22、永磁交流伺服电机的控制过程

43、永磁交流伺服电动机同直流伺服电动机比较

四、交流伺服电机的应用

61、交流伺服驱动系统

62、交流伺服控制策略

73、电机模型

五、结束语

六、参考文献

一、引言

用作自动控制装置中执行元件的微特电机。又称执行电动机。其功能是将电信号转换成转轴的角位移或角速度。伺服：一词源于希腊语“奴隶”的意思。人们想把“伺服机构”当个得心应手的驯服工具，服从控制信号的要求而动作。在讯号来到之前，转子静止不动；讯号来到之后，转子立即转动；当讯号消失，转子能即时自行停转。由于它的“伺服”性能，因此而得名。

交流伺服电动机结构简单,无炭刷,效率高,响应快,速比大,不需要经常维护,非常引人注目,在许多领域有取代直流伺服电动机之势。

交流伺服电动机控制系统包括;

控制交流伺服电动机转速和输出转矩的逆变器,控制逆变器与变换器之间接点处直流电压的变换器和一个控制器。

当转速低于额定转速时,该直流电压被控制为恒定电压:

而当转速超过额定转速时,该直流电压被控制成与转速成比例的一个增加电压,以便使伺服电动机的输出转矩保持一个恒定转矩。

永磁交流伺服电动机的定子三相绕组由SPWM正弦脉宽调制电源供电，故又称正弦波驱动无刷电动机。其特点是:

伺服性能好，可采用数字控制，运行平稳、转矩波动小、过载能力强;

无普通直流伺服电动机电刷换向器磨损问题，维护简单、寿命长、工作可靠;

能适应高速大力矩驱动要求;

绕组安装在定子上，散热好;

轴上位置传感器多用光电编码器、无接触式旋转变压器等。

二、交流伺服电动机的结构特点

作为交流伺服电动机使用的有异步型和同步型两种,异步型交流伺服电动机定子放置线圈,转子为鼠笼型,大量用作机床和通用工业机器的驱动元件;

同步型交流伺服电动机定子放置线圈,转子为永久磁钢,根据磁极位置从电机外部进行换向,也可称为无刷直流电动机。永久磁钢的交流伺服电动机按其励磁方式和供电方式的不同又可分为两类:一类电机的永久磁铁励磁磁场为正弦波,定子绕组感应出来的反电动势为正弦波,逆变器提供正弦波电流;

另一类电机的永久磁铁励磁磁场为方波,定子绕组感应出来的反电动势为梯形波,逆变器提供方波电流。

三、伺服电动机的工作原理

1、交流伺服电机

（1）交流伺服电机的工作原理交流伺服电机内部的转子是永磁铁，驱动器控制的U

/

V

/

W

三相电形成电磁场，转子在此磁场的作用下转动，同时电机自带的编码器反馈信号给驱动器，驱动器根据反馈值与目标值进行比较，调整转子转动的角度。伺服电机的精度决定于编码器的精度（线数）。

交流伺服电机的工作原理和单相感应电动机无本质上的差异。但是，交流伺服电机必须具备一个性能，就是能克服交流伺服电机的所谓“自转”现象，即无控制信号时，它不应转动，特别是当它已在转动时，如果控制信号消失，它应能立即停止转动。而普通的感应电动机转动起来以后，如控制信号消失，往往仍在继续转动。

当电机原来处于静止状态时，如控制绕组不加控制电压，此时只有励磁绕组通电产生脉动磁场。可以把脉动磁场看成两个圆形旋转磁场。这两个圆形旋转磁场以同样的大小和转速，向相反方向旋转，所建立的正、反转旋转磁场分别切割笼型绕组（或杯形壁）并感应出大小相同，相位相反的电动势和电流（或涡流），这些电流分别与各自的磁场作用产生的力矩也大小相等、方向相反，合成力矩为零，伺服电机转子转不起来。一旦控制系统有偏差信号，控制绕组就要接受与之相对应的控制电压。在一般情况下，电机内部产生的磁场是椭圆形旋转磁场。一个椭圆形旋转磁场可以看成是由两个圆形旋转磁场合成起来的。这两个圆形旋转磁场幅值不等（与原椭圆旋转磁场转向相同的正转磁场大，与原转向相反的反转磁场小），但以相同的速度，向相反的方向旋转。它们切割转子绕组感应的电势和电流以及产生的电磁力矩也方向相反、大小不等（正转者大，反转者小）合成力矩不为零，所以伺服电机就朝着正转磁场的方向转动起来，随着信号的增强，磁场接近圆形，此时正转磁场及其力矩增大，反转磁场及其力矩减小，合成力矩变大，如负载力矩不变，转子的速度就增加。如果改变控制电压的相位，即移相1

°，旋转磁场的转向相反，因而产生的合成力矩方向也相反，伺服电机将反转。若控制信号消失，只有励磁绕组通入电流，伺服电机产生的磁场将是脉动磁场，转子很快地停下来。

为使交流伺服电机具有控制信号消失，立即停止转动的功能，把它的转子电阻做得特别大，使它的临界转差率S

k

大于1

。在电机运行过程中，如果控制信号降为“零”，励磁电流仍然存在，气隙中产生一个脉动磁场，此脉动磁场可视为正向旋转磁场和反向旋转磁场的合成。一旦控制信号消失，气隙磁场转化为脉动磁场，它可视为正向旋转磁场和反向旋转磁场的合成，电机即按合成特性曲线运行。由于转子的惯性，运行点由A

点移到B

点，此时电动机产生了一个与转子原来转动方向相反的制动力矩。负载力矩和制动力矩的作用下使转子迅速停止。

必须指出，普通的两相和三相异步电动机正常情况下都是在对称状态下工作，不对称运行属于故障状态。而交流伺服电机则可以靠不同程度的不对称运行来达到控制目的。这是交流伺服电机在运行上与普通异步电动机的根本区别。

（2）交流伺服电机使用时应注意

伺服电机驱动器接收电机编码器的反馈信号，并和指令脉冲进行比较，从而构成了一个位置的半闭环控制。所以伺服电机不会出现丢步现象，每一个指令脉冲都可以得到可靠响应。

调节伺服电机有几种方式，使用T

w

i

nLine

软件对电机的PID

参数、电机参数、电子齿轮比等进行调节。

对伺服电机进行机械安装时，应特别注意，由于每台伺服电机后端部都安装有旋转编码器，它是一个十分易碎的精密光学器件，过大的冲击力肯定会使其损坏。

（3）交流伺服电机的控制

为了使控制系统改变不大，应选用数字式伺服系统，可采用原来的脉冲控制方式；由于伺服电机都有一定过载能力，所以在选择伺服电机时，经验上可以按照所使用的步进电机输出扭矩的1

/

来参考确定伺服电机的额定扭矩；伺服电机的额定转速比步进电机的转速要高的多，为了充分发挥伺服电机的性能，最好增加减速装置，让伺服电机工作在接近额定转速下，这样也可以选择功率更小的电机，以降低成本。

用脉冲方式控制伺服电机，一是可靠性高，不易发生飞车事故。用模拟电压方式控制伺服电机时，如果出现接线接错或使用中元件损坏等问题时，有可能使控制电压升至正的最大值。这种情况是很危险的。如果用脉冲作为控制信号就不会出现这种问题。二是信号抗干扰性能好。数字电路抗干扰性能是模拟电路难以比拟的。

当然目前由于伺服驱动器和运动控制器的限制，用脉冲方式控制伺服电机也有一些性能方面的弱点。一是伺服驱动器的脉冲工作方式脱离不了位置工作方式，二是运动控制器和驱动器如何用足够高的脉冲信号传递信息。这两个根本的弱点使脉冲控制伺服电机有很大限制。一是控制的灵活性大大下降；二是控制的快速性速度不高。

伺服驱动器工作在位置方式下，位置环在伺服驱动器内部。这样系统的P

I

D

参数修改起来很不方便。当用户要求比较高的控制性能时实现起来会很困难。从控制的角度来看，这只是一种很低级的控制策略。如果控制程序不利用编码器反馈信号，事实上成了一种开环控制。如果利用反馈控制，整个系统存在两个位置环，控制器很难设计。在实际中，常常不用反馈控制，但不定时的读取反馈进行参考。这样的一个开环系统，如果运动控制器和伺服驱动器之间的信号通道上产生干扰，系统是不能克服的。

2、永磁交流伺服电机的控制过程

永磁交流伺服电动机可利用坐标变换进行矢量控制，这就使得永磁交流伺服电动机的控制变得同直流伺服电动机一样方便。其控制过程如下:

(1)

给定控制，将给定信号分解成两个互相垂直的直流信号、;

(2)

直/交变换，将、变换成两相信号、;

(3)

/3

变换，得到三相交流控制信号、、去控制逆变器;

(4)

电流反馈反映负载情况，使直流信号中的转矩分量iT能随负载而变，从而模拟直流电动机工作情况;

(5)

速度反馈反映给定与实际转速差，并进行矫正;

(6)

闭环控制信号由轴上所带编码器反馈，整个过程由数字信号处理器(DSP)

进行全数字化处理。

永磁交流伺服电动机的另一种控制模式是直接转矩控制。具体方法是:

在定子坐标系下分析电动机数学模型，在近似圆形旋转磁场的条件下，对电动机转矩直接进行控制，不用坐标变换。

3、永磁交流伺服电动机同直流伺服电动机比较

世纪8

年代以来，随着集成电路、电力电子技术和交流可变速驱动技术的发展，永磁交流伺服驱动技术有了突出的发展，各国著名电气厂商相继推出各自的交流伺服电动机和伺服驱动器系列产品并不断完善和更新。交流伺服系统已成为当代高性能伺服系统的主要发展方向，使原来的直流伺服面临被淘汰的危机。9

年代以后，世界各国已经商品化了的交流伺服系统是采用全数字控制的正弦波电动机伺服驱动。交流伺服驱动装置在传动领域的发展日新月异。

交流伺服要好一些，因为是正弦波控制，转矩脉动小。直流伺服是梯形波。但直流伺服比较简单，便宜。

永磁交流伺服电动机同直流伺服电动机比较，主要优点有：

（1）无电刷和换向器，因此工作可靠，对维护和保养要求低。

（2）定子绕组散热比较方便。

（3）惯量小，易于提高系统的快速性。

（4）适应于高速大力矩工作状态。

（5）同功率下有较小的体积和重量。

到目前为止，高性能的电伺服系统大多采用永磁同步型交流伺服电动机，控制驱动器多采用快速、准确定位的全数字位置伺服系统。典型生产厂家如德国西门子、美国科尔摩根和日本松下及安川等公司。交流伺服电机传动技术却能以较低的成本获取极高的位置控制精度，世界上许多知名电机制造商如松下，三洋，西门子等公司纷纷推出自己的交流伺服电机和伺服驱动器。日本松下公司的ＭＩＮＡＳＡ系列为比较典型的一种。

四、交流伺服电机的应用

1、交流伺服驱动系统

交流伺服驱动系统的发展与伺服电动机的不同发展阶段密切相关，从直流电机的发明到现在已经有一百多年的历史。直流电机虽然最早发明，但是由于当时铁磁材料以及晶闸管技术的限制，发展很是缓慢，一直到

1960

年以后随着可控硅的发明以及各种电机材料的改良，直流电动机才得到迅速发展，并在七十年代成为各种伺服系统中最重要的驱动设备。在直流电机快速发展以前的一段时期内步进电机应用最为广泛，受当时苏联以及日本等方面因素的影响，磁阻式步进电机快速发展并应用到数控机床设备中，在此时期由于生产要求低、技术落后，伺服控制系统多为开环控制。从

世纪

年代到现在，由于直流伺服电机同功率情况下自身体积较大及换向电刷问题的存在，在很多场合不能满足环境要求。随着电动机生产技术及其永磁体制造材料、现代控制理论、电机控制原理的突飞猛进，出现了方波、正弦波驱动的各种新型永磁同步电动机，逐渐开始替代直流伺服电动机市场。根据对控制系统高性能的要求，现如今的大部分交流伺服系统采用闭环控制方式。

现代交流伺服驱动系统，已经逐渐向数字时代转变，数字控制技术已经无孔不入，如信号处理技术中的数字滤波、数字控制器、各种先进智能控制技术的应用等，把功能更加强大的控制器芯片以及各种智能处理模块应用到工业机器人交流伺服驱动系统当中，可以实现更好的控制性能。分析多年来交流伺服控制系统的发展特色，总结市场上客户对其性能的要求，可以概括出交流伺服控制系统有以下几种热门发展方向：

（1）数字化

随着微电子技术的发展，处理速度更迅速、功能更强大的微控制器不断涌现，控制器芯片价格越来越低，硬件电路设计也更加简单，系统硬件设计成本快速下降，且数字电路抗干扰能力强，参数变化对系统影响小，稳定性好；采用微处理器的数字控制系统，更容易与上位机通讯，在不变更硬件系统结构的前提下，可随时改变控制器功能。在相同的硬件控制系统中，可以有多种形式的控制功能，不同的系统功能可以通过设计不同的软件程序来实现，且可以根据控制技术的发展把最新的控制算法通过软件编程实时的更新控制系统。

（2）智能化

为了适应更为恶劣的控制环境和复杂的控制任务，各种先进的智能控制算法已经开始应用在交流伺服驱动系统中。其特点是根据环境、负载特性的变化自主的改变参数，减少操作人员的工作量。目前市场上已经出现比较成熟的专用智能控制芯片，其控制动静态特性优越，在交流伺服驱动控制系统中被广大技术人员所采用。

（3）通用化

当前，伺服控制系统一般都配置有多种控制功能参数，这有利于操作人员在不改变系统硬件电路设计的前提下方便地设置成恒压频比控制、矢量控制、直接转矩控制等多种工作模式，应用领域十分广泛，另外可以控制异步、同步等不同类型的电动机，适应于各种闭环或开环控制系统，交流伺服控制系统的通用化将会在以后的伺服驱动系统发展的道路中越走越远。

2、交流伺服控制策略

最近几十年来，借助于电机控制理论及智能控制理论的不断完善，交流伺服控制理论也随之蓬勃发展起来；由于微电子技术的进步，各种方便用户开发的微控制器与数字信号处理器件大量涌现市场，为各种先进的智能控制算法在控制系统中的应用提供了可能。现如今，各种新型的伺服控制策略大量涌现，大有与传统控制策略一较高低的趋势，下面对几种常用的伺服控制策略进行分析比较：

（1）恒压频比控制

在工厂控制领域中使用最为广泛的仍然是恒压频比控制方式，此方法是通过控制输出电压与频率的比是常数，确保电动机的磁通量为定值，从而控制电动机的速度。这种控制方法在低速运行时转矩能力较弱，必须对定子电压压降进行补偿处理，另外因为此控制方法不能直接控制电磁转矩，因此性能较低。但由于恒压频比控制具有实现简单、运行稳定、调速方便等优点，因此在一些对动态性能要求比较低的场合应用比较广泛。

（2）矢量控制

上个世纪，矢量控制技术的提出，为交流伺服驱动系统的快速进步提供了理论支持。矢量控制技术的主要原理为：以转子旋转磁场作为参考系，将电动机定子矢量电流经过两次坐标变换分解为直轴电流和交轴电流分量，且使两电流分量相互正交，同时对交直轴电流分量的幅值和相位进行控制，可以获得像直流电机一样优越、甚至比直流电动机更好的动态控制性能，另外，矢量控制经过半个世纪的发展已经十分成熟，在伺服驱动系统中应用最为广泛；矢量控制技术的优点主要是原理简单，动态控制性能良好，缺点是在控制实现过程中要进行各种坐标变换，计算量比较大，另外此种控制方法会实时受到电动机定子电阻、电感以及转动惯量变化的影响，基本上不可能实现完全解耦，从而影响系统的动态性能，使控制效果变差。解决方法是加入各种先进的控制算法，对控制器进行智能化改进，从而提高伺服驱动系统的动态性能与鲁棒性。

（3）直接转矩控制

二十世纪八十年代中期，德国专家提出“直接自控制”的高性能交流电动机控制策略，此种控制策略不需要像矢量控制那样对电动机定子矢量电流进行大量而复杂的解耦变换，再通过控制解耦获得的交轴电流分量来间接的控制电动机电磁转矩，它采用定子磁场定向的控制方式，对交流电机的电磁转矩进行直接控制。此方式只受到电动机定子绕组阻值的影响，对电动机除定子绕组阻值之外的其他参数的变动稳定性好，解决了矢量控制受电动机本体参数影响大的缺点。1995

年，ABB

公司首先把直接转矩控制技术应用到了变频器当中，并作为一种高端产品出现在市场中，对矢量变频器提出了挑战。20

世纪末，开始有部分专家学者通过深入研究把直接转矩控制理论引入到交流同步电动机当中，完成了直接转矩控制技术在交流同步电动机伺服驱动领域的重大突破。直接转矩控制的优点是转矩动态响应快，缺点是在转速较低时转矩脉动较大。

（4）智能控制

智能控制理论是最近几十年来的一种新兴学科，它的迅速发展为交流永磁伺服控制技术的进步注入了新鲜血液。智能控制技术由于其自身的理论特点，在非线性控制领域中比经典控制理论更具有优势，在很多场合将会实现比经典控制理论更好的控制特性。

3、电机模型

如图

2-2

所示，给出了

PMSM的简单模型。其中，A、B、C分别为

PMSM三相定子绕组，它们把整个空间均分为三份。在此，根据永磁同步电动机的简单模型以及其坐标变换关系图，获得电的机的理想数学模型，不过要想获得精确理想的电机数学模型是很难实现的，因此在建立数学模型之前，我们首先要对电动机数学模型影响很小的量进行相应的忽略及假设：

（1）忽略磁路铁芯的磁饱和现象；

（2）忽略铁芯磁滞与涡流损耗；

（3）忽略转子上的阻尼绕组；

（4）不计温度影响；

（5）假设气隙磁场呈理想正弦分布。

图1

PMSM

结构简化模型

当

PMSM

三相定子绕组中通入三相交流电时，根据电磁感应定律和基尔霍夫定律可得

PMSM的定子电压、定子磁链和转子耦合磁链的方程分别如式所示：

式中、、——定子绕组相电压；、、——定子绕组相电流；、、——定子绕组总磁链；、、——各绕组耦合磁链；

——定子绕组电阻；

——定子绕组电感；

——转子磁链幅值。

电磁转矩是电动机对外输出能量的重要依据，交流伺服驱动控制系统是否能快速稳定的输出给定的电磁转矩是评价电动机动态响应性能的重要指标，PMSM的电磁转矩方程表述如式所示：

将磁链方程代入上式中可得方程如下式所示：

在隐极式永磁同步电动机中，=，代入上式中可以得到方程如下式所示：

由上式可以看出，通过对定子电流的控制，就可以控制

PMSM的转矩。作用到电机轴上的电磁转矩与电动机转速、负载转矩以及电动机转动惯量之间的变化关系可以用下面的电机运动方程式来表示：

五、结束语

（1）交流伺服电动机作为数控机床的新型执行元件在国外已取得了很大的进展,在我国提供性能好和可靠性高的交流伺服电动机,满足数控系统发展的需要,是当前的一个关键问题。

（2）从国外交流伺服电动机的发展趋势来看,应优先发展成本较低的同步型转速可控的直流无刷电动机。

（3）交流伺服电动机的性能在很大程度上取决于电子控制技术的水平。应力求采用数字控制和计算机控制,以克服交流伺服电动机的不足之处。

（4）随着交流伺服系统应用领域的不断扩大,交流伺服电动机将会有很大的发展。在我国,交流伺服电动机潜力的发掘和发展,尚需我们做大量的工作。

六、参考文献

［1］

唐玉增.从第七届欧洲国际机床展览会看机床电器产品的发展（下).机床电器,1955

（3)

［2］

徐殿国,王宗培.币明巨驱动系统发展概况.微电机,1990（3）

［3］

周泽存．高电压技术［M］．3

版.北京:中国电力出版社，2024．

［4］谭建成.永磁交流伺服技术及其进展（1).微电机,1990（3)

［5］邵晓强.永磁交流伺服电动机力矩分析.微电机,1991

（2)

本文档由站牛网zhann.net收集整理，更多优质范文文档请移步zhann.net站内查找