

电工技术与机电一体化

Electrotechnics and Mechatronics

万遇良

(中国科学院电工研究所, 研究员 北京 100080)

一、机电一体化的产生与发展

本世纪 70 年代,一系列新技术兴起,主要是:电子技术(特别是微电子技术)、计算机技术、现代通信技术、现代控制技术、激光技术、新能源技术、新材料技术、航天技术、海洋工程技术和生物工程技术等。另一方面这些新技术之间,它们与传统技术之间,又互相渗透、彼此结合,形成多种复合技术,进一步推动科技发展不断出现新的高潮。在众多新兴技术中,电子技术的发展起了主导作用。电子技术与其它技术结合,促进了大量新产品的开发,形成了一系列新产业,改变了传统产业的结构以至生产方式。机电一体化技术就是这种科学技术发展的必然结果。

将机械技术与电子技术结合起来的思想和实践由来已久,早在电子计算机问世不久,在科学技术界就已酝酿。在这种思想指导下,1952 年研制成功了数控铣床,1959 年第一台可编程机器人问世。这些都成了目前机电一体化的典型产品。从那时起到 60 年代末期,可以称为机电一体化的准备阶段。其特点是:(1)实践证明机械技术和电子技术的结合是可行的;(2)研制和开发工作从总体上看还处于自发状态。由于当时电子技术的发展尚未达到一定水平,机械技术与电子技术的结合还只限于有限几个领域,已经开发的产品也无法大量推广。

进入 70 年代以后,大规模、超大规模集成电路和微型计算机的迅猛发展,为机电一体化技术的发展准备了充分的物质基础。从 1971 年 Mechatronics 一词的出现为标志,一直到 80 年代末,可以称为机电一体的发展阶段。这个时期的特点是:(1) Mechatronics 一词首先在日本(70 年代中期)被普遍接受,大约到 80 年代末期在世界范围内得到比较广泛的承认;(2)机电一体化技术和产品得到极大发展;(3)各国政府开始有计划地推动和发展机

电一体化技术和产品。

1989 年在日本东京召开的第一届国际先进机电一体化学术会议,可以认为是机电一体化进入深入发展的标志。这次会议对机电一体化系统的规模和设计、机电一体化的未来趋势以及机电一体化学科体系等均给予了相当注意,这些研究将促使机电一体化进一步建立完整的基础和逐渐形成完整的学科体系。

迄今为止,机电一体化尚没有明确统一的定义。这是由于:(1)人们看问题的角度不同,对其理解也就各异;(2)随着生产活动和科学技术的迅猛发展,机电一体化的具体内容不断发展与更新。

当前,以传统机电工业为代表的制造业,正经历着两种变革:一是机电工业生产率的提高,从传统的依靠机械化为主的方式向以计算机为核心的柔性、集成自动化生产为主的方式转变,既可使产品性能得到很大提高,又可实现更灵活的设计和生

产。二是机电工业的制成品,从过去机械与电子彼此独立,向彼此高度融合、渗入多种高新技术的机电一体化产品发展,以提高产品的附加值和综合效益。

从这种分析和理解出发,可以将机电一体化定义为:以电子技术特别是微电子技术为主导的多种新兴技术与机械技术交叉、融合而成的综合性高技术。其目的是不断提高劳动生产率,减轻人们的体力劳动,逐步代替部分脑力劳动。通过这种技术生产出来的是种类繁多的机电一体化产品。这些产品广泛地应用到国民经济、科研活动、国防建设和人民生活等各个领域。

任何一门学科都是由基础理论、技术和工程系统组成的完整体系。机电一体化在技术和工程系统方面已有很大发展,但在基础理论方面尚在发展之中,还很不完备。

二、电工技术在机电一体化中的作用

在机电一体化技术中,电工技术的作用和影

响,主要表现在以下几个方面:

1. 电机驱动

作为机电一体化系统中的驱动和执行部分,电机是最常用的也是最方便的。以现代电力电子器件为基础的各种交流装置、现代控制理论和微处理器及大规模集成电路等与各种电机结合,用于机电一体化系统的驱动中,大大改善了其整体性能、生产率和效率。传统的感应电机大大扩展了其应用领域,交流调速系统正在很多方面取代直流调速系统。采用高磁能积钕铁硼材料的永磁交流电机(包括方波和正弦波永磁电机),由于其高效(效率可达95~97%)、体积小和重量轻(与产生同样力矩的直流和感应电机相比),以及良好的运行性能,近年来在数控机床和机器人等典型机电一体化产品中得到广泛应用,并正向其它领域扩展。开关磁阻电机调速系统近10年来也有了迅速发展。已经推广到许多工业领域和家用电器中。它的特点是运行平稳、效率高、利用系数好、转子机械强度高、转动惯量小(约为相应鼠笼感应电机的2/3),很有发展前途。

步进式直线电机及其变型——平面电机在高性能绘图系统等领域早已得到应用。感应式直线电机最近在数控加工中心也已经应用成功,由于是直接传动,省去了滚珠丝杠副、减速齿轮、齿形带轮和同步齿形带等,大大提高了瞬时加、减速度,使进给和快速速度大为提高,也减少了跟踪误差,提高了定位精度。这种直线电机的最大牵引力可达2900牛顿,最大加速度可达200米/秒²。这种电机和高性能的主轴电机的采用,有可能使现有机床发生根本性改变。

将控制和保护电路直接装入电机外壳中,使控制电路和电机融为一体,已经在小型电机上实现,这样既减小了总的体积和重量,也便于机电一体化产品的设计和制造,现已成为另一种发展趋势。

总之,驱动和控制电机的这些进展,大大推动了机电一体化产品性能价格比的提高和更新换代的速度。

2. 电源技术

电源是机电一体化产品的另一基本构成部件。电力电子器件是各种电源的基础,它正在向高频化、模块化、小型化、智能化发展。与之相应,BiCMOS 电流型PWM,移相式ZVS—PWM,高性能快速PWM等电源控制电路相继开发应用。为达到高效运行,并使电磁干扰和无线电射频干扰最小,在开关电源中大力开发软开关技术。主要有:①谐振、准谐振和多谐振式软开关,实现零电流开关(ZCS)或零电压开关(ZVS),使开关损耗为零,开关频率达到1兆赫甚至更高。②移相式全桥ZVS—PWM。③零电流过渡(ZCT)和零电压过渡(ZVT)。据报道国

外DC/DC变换器的效率最高的可达到97%,功率密度可达12.7瓦/平方厘米,电源可靠性有很大提高,重要的是降低了结温,减少了电应力和热应力,并可进行整体可靠性设计。文献报道国外电源平均无故障时间(MTBF),已高达150万小时以上。高效、体积小、重量轻、保护完善的电源技术的进展为机电一体化技术的发展提供了可靠保证。

3. 仿真技术

机电一体化是精密机械、电子控制与系统学理论在产品设计与制造过程中有机的结合,强调的是系统或部件对系统整体的作用和影响。机电一体化设备中既包括机械系统,又包括电系统(微电子、电力电子和传统电系统均在内)、流体系统(例如液压系统)等,是一种复杂的机电动力系统。对这种系统进行仿真可以完成性能分析,考察部件对整机设计性能影响程度的灵敏度分析,了解部件在运行中是否达到允许极限的动态应力分析,以及对整机进行评价等。

4. 电磁兼容技术

机电一体化设备一方面以微电子器件作为其必不可少的核心部件,进行信息处理和控制,从而使得绝大部分机电一体化产品具有易受电磁干扰的特点;另一方面机电一体化产品又多以电力电子器件为其功率驱动和执行部件,因此,它又是频带很宽的干扰源。如何解决这一矛盾,是机电一体化产品在设计制造过程中必须综合考虑的问题。电磁兼容技术在这里将是必须依靠的一项基础技术。考虑到这种干扰存在于系统内部,其特性和参数一般可以准确测定或预测,从而可根据电磁干扰的测试数据来进行电磁兼容设计。外部干扰源在很多情况下难以确切测定参数,因而可根据典型使用环境的客观测试数据进行统计预估。

三、机电一体化的前景

1. 微机械技术(Micro—Mechanism)

80年代后期,高技术领域出现了一个值得重视的发展动向,即微机械技术或称微电子机械系统。机械微型化首先是从传感器的微型化开始的。美国斯坦福大学早在60年代中期就成功地进行了脑电极阵列探针的研制,之后又成功地制作了微型硅片压力传感器。1987年美国加利福尼亚大学柏克莱分校利用半导体微细加工技术,制作了直径60微米的硅马达,它利用硅片上刻蚀成的定子与转子之间的静电力来驱动,在世界科技界引起极大兴趣。之后美国、日本、德国竞相开展微机械技术的研究,并定期在有关的学术会议上交流。

微型机械的制造一般有三种方法:一是采用半导体微细加工技术在硅片上进行光刻腐蚀制作;二

是利用激光束或电子束加工制作;三是利用化学方法做成分子尺寸低聚物的结构块体,再装配成微型机械。

微型机械的应用领域大致有6个方面:生物学;流体控制;微型光学;超大规模集成电路制造;信息设备;微型机器人。

有人认为微型机械的出现将会从根本上改变传统的机械观念。预计90年代会有较大发展。我国有关部门对此已予以重视,具体研究工作已经起步。

2. 智能制造技术及系统(Intelligent manufacturing technology, IMT, Intelligent Manufacturing System, IMS)。

继CIMS之后,IMT-IMS也被称为20世纪的制造技术,其特点在于将整个制造过程智能化,具有自组织能力。目前国际上工业发达国家已经投入巨额资金和人力,进入概念研究和实验研究阶段。这种系统将集中人工智能、神经网络、模糊系统等最新进展应用于制造业。智能制造技术被认为是对未来制造业具有重大意义和价值的技术。

3. 仿生系统(Bio-System)

未来的机电一体化装置将会越来越强化其与生命机体的相似性,而逐步形成仿生系统。它高度依赖于信息,具有相当高的智能,能够学习和积累经验,有灵活地适应环境的能力,并能根据需要进行决策、指挥并完成某些任务。这些虽

然仍是遥远的事,但其部分功能已在逐步实现之中,例如自学习、自组织等。

四、抓住关键,拓展理论

无论是现阶段或未来,机电一体化技术的发展都与电工技术紧密相关。机电一体化技术的关键在于不同技术的交叉和融合,在集成和优化上下功夫,是发展这一技术的关键途径。这应该是我国从事机电一体化研究、开发、生产和管理的各级部门和工作者的当前重点。

目前,机电一体化尚未形成一个在科学意义上的学科,主要表现为:(1)缺乏严密的统一的理论体系;(2)对其内涵缺乏严格的界定;(3)和相关学科之间的界限尚无明确划分。

从发展现状看,目前主要是在应用技术和工程系统两个层次蓬勃发展。随着高新技术的不断出现,与已有技术的融合也在逐渐扩大和深入,产品日新月异层出不穷,这在发展过程中当然值得注意;但基础理论层次也不容忽视,这关系到机电一体化的深入发展。因此,对机电一体化的基础理论,例如分析机电一体化系统动态特性的理论、基本方法论、建模理论,以及机电一体化技术与相关技术,特别是与自动控制、计算机应用等的区别和界限的研究,应给予更多的注意。(责任编辑 王宏章)

(上接第32页)

(1)有1000辆电动车(以小车为基数,大车1比2,中车1比1.5)可供行驶。

(2)组织4~5个试验车队,以北京、上海、郑州、武汉、广州为中心作试验。

(3)随着车队的建立设若干个充电站、换电站,并兼销售零配件的服务。

(4)在四种电池中至少可以使两种电池投入批量生产。

(5)建立一个电动车试验场,以便全面地考核车辆。

上述目标实现的间接效果:对传统的铅酸电池生产线进行技术改造;使一些军工企业可投入电动车的部件生产;开辟了新产品领域,如飞轮电池;为军队和各行各业提供新的技术装备,燃料电池电站、蓄能电站、坦克、鱼雷、飞机、战车等诸方面都将受益。

第二个五年将视具体情况,扩大应用,推出技术成果,组织批量生产,提高电动车的性能,使它的

价格接近或等于燃油汽车水平。

3. 具体措施

(1)按竞争原则实行招标,拨款渠道不能走部门制的老路,应该设法充分调动民间团体、企业、研究单位的积极性,择优择能选取。资金投入采取技术招标、资助、有偿投入等方式。在产品研制出来后,吸收内外投资。研制中也可采用合资办法。

(2)为了对电动车进行全面的性能考核,由国家统一设立一个试验场,可以利用现在军口和民口的试验场地进行考核。

(3)电动车研究会已就我国电动车的标准提出了建议,希望国家标准化部门组织审查后颁布执行。

(4)建立电动车的服务体系,包括在使用城市中建立充电站,使用车者能及时更换电池或快速充电,并把零件的销售系统逐步建立起来。

(5)制定使用电动车的政策及夜间充电的优价政策。(责任编辑 王宏章)