

# 伺服电机专利技术综述

钟路遥, 周 容\*

(国家知识产权局专利局专利审查协作广东中心, 广东 广州 510006)

**摘要** 伺服电机是一种在机器人、工业生产及航空航天等具有高精度控制需求的领域中广泛应用的控制器件, 它能够实现运动速度和位置的精确控制, 提高工业生产线的效率, 降低产品的不良率或故障率。本文从专利的视角对伺服电机的相关专利进行了统计, 总结和分析了伺服电机的国内外专利申请情况, 以及重点申请人分析, 进一步剖析伺服电机的专利发展趋势, 以期为相关人员提供借鉴。

**关键词** 伺服系统; 伺服电机; 专利

**中图分类号**: G306

**文献标志码**: A

**文章编号**: 2097-3365(2024)08-0091-03

伺服电机作为在伺服系统中控制机械部件运转的执行元件, 其能够将电信号转化为电机轴上的转矩和转速来实现驱动控制, 具有线性度高、机电时间常数小等特性<sup>[1]</sup>。本文选择以公开日或公告日截至 2024 年 4 月 27 日的伺服电机的驱动控制或电机结构改进为主的国内外发明及实用新型专利作为统计分析样本(专利文献数据来源于 Himmpat 数据库、IPC 专利分类号属 H02K 或 H02P 大组), 从专利总体概况及重点申请人方面进行研究分析。

## 1 研究背景

伺服系统早期发展始于 20 世纪初, 当时的主要驱动器类型是机械液压伺服系统, 这些系统利用液体的压力来推动活塞, 从而产生机械运动, 精度和稳定性较低, 响应速度也较慢。随着电力技术的发展, 电动伺服系统逐渐取代了机械液压伺服系统。这些系统比机械液压伺服系统更快速、更精确, 同时也更容易进行控制。发展历程中, 伺服电机经历了从早期的直流伺服电机到现在的交流伺服电机的转变, 同时, 稀土永磁材料的应用、高性能传感器的发展以及数字控制技术的突破, 都极大地推动了伺服电机技术的进步。目前, 伺服电机已广泛应用于多个领域, 如工业机器人、CNC 数控系统、医疗设备等, 其高速、高精度的控制能力显著提高了这些领域的生产效率和产品质量。中国伺服电机行业的发展相对较晚, 但近年来增长迅速。国内外的需求以及制造业向工业自动化发展的趋势, 预计将进一步推动伺服系统市场的增长。

## 2 专利总体概况

如图 1 所示, 以伺服电机的驱动控制和电机结构改进为主的专利申请可分为以下几个阶段:

第一阶段, 1975—1982 年, 从 1975 年开始具有专利申请量, 1975—1982 年间, 伺服电机的专利申请刚刚起步, 每年申请量在十几到几十件不等, 专利申请人多数来自日本、美国以及德国, 其中日本的申请量最大, 主要集中在伺服电机的闭环控制领域; 在这一阶段, 电气伺服领域主要以直流电机作为动力源, 多用测速发电机、旋转变压器、编码器等传感装置构成闭环系统来实现伺服控制。例如日立公司于 1976 年提出的发明名称为伺服电机驱动装置的专利申请 JPS52156281A 中, 通过旋转量检测器以及控制装置, 根据当前位置与预设目标位置之间的差来控制伺服电机的旋转速度, 施加脉冲电压使伺服电机实现精确定位。

第二阶段, 1983—2010 年, 相关专利年申请量小幅增长, 集中在 50—100 件之间, 在这一阶段主要申请人集中在以下五个国家, 分别是日本、中国、美国、德国和韩国, 其中日本的申请量达到了 1900 余件。20 世纪 80 年代以来, 得益于技术的发展和新材料的涌现, 交流伺服电机开始逐渐普及, 成为更受青睐的电气伺服元件。交流伺服电机使用交流电源, 通过电力电子技术实现精确的转速和位置控制。相比于直流伺服电机, 交流伺服电机具有更高的可靠性、效率和精度。此外, 随着电子技术和控制算法的不断进步, 数字化驱动器的出现使得交流伺服电机的控制更为精准和灵活。这些驱动器通常使用先进的控制算法, 例如 PID (比

\*等同于第一作者。

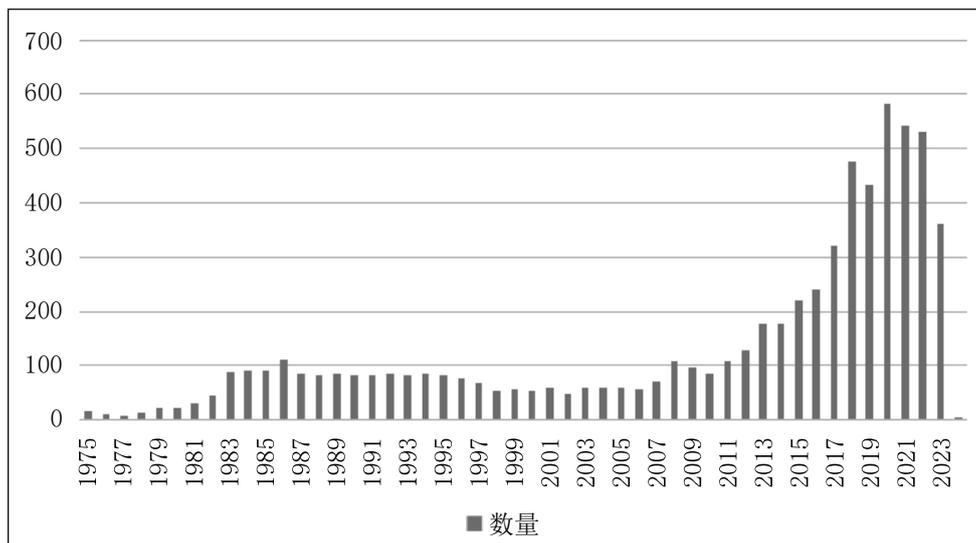


图1 专利申请数量趋势

例—积分—微分)控制、矢量控制等,以实现更精确和可靠的控制效果。例如发那科公司于2009年申请的发明专利申请CN101729000A中所提及的伺服系统中,基于加速度指令和伺服电机反转前或反转后的加速度,调整得到最适合的反转修正量,使得即使存在伺服电机反转前后加速度变化的情况也能保证加工的圆滑性。

第三阶段,2011—2023年,伺服电机的申请量均达到100件以上,在2017—2023年间专利申请量更是增长到300件以上。随着嵌入式系统和物联网技术的发展,数字化伺服驱动器能够与其他设备进行无缝集成,实现远程监控和管理,这使得数字化伺服驱动器的应用范围更加广泛,包括机器人、自动化生产线、航空航天等领域。现代伺服电机驱动器采用了更为先进的半导体技术和控制算法,具有更高的效率和更精确的控制精度。例如三菱电机公司在2020年申请的发明专利CN113711138A,涉及一种伺服控制装置,其使用评价点的状态量、参照点的状态量及检测位置,结合不同的传递函数和刚性值参数,对评价点推定位置进行运算,以实现控制对象的轨迹误差进行模拟的系统辨识<sup>[2]</sup>。同时,现代伺服电机驱动器还具备过载保护、短路保护、过热保护等安全功能,以确保系统的稳定性和安全性。

### 3 国内外主要申请人分析

在以伺服电机的驱动控制和电机结构改进为主的专利申请方面,全球申请量排在前十位的公司分别是发那科株式会社(下称“发那科公司”)、株式会社安川电机、松下电器产业株式会社、三菱电机株式会社、

多摩川精机株式会社、三星电子株式会社、欧姆龙株式会社、格力电器股份有限公司、株式会社日立制作所、宁波菲仕运动控制技术有限公司,其中有7家企业来自日本,可见日本在该领域的领先地位;而国内公司中申请量最多的两家公司分别为珠海格力电器股份有限公司(下称“格力电器公司”)及宁波菲仕运动控制技术有限公司。现对发那科公司及格力电器公司的伺服电机领域的重点专利以及技术发展趋势进行分析。

#### 3.1 发那科公司

发那科公司是一家于1956年成立、总部位于日本的跨国企业,是当今世界上在数控系统领域科研、设计、制造和销售最强大的企业,占据全球70%的市场份额。早在1959年首先推出了电液步进电机,并在20世纪70年代后引进直流伺服电机制造技术,研制出了先进水平的数控系统,而后渐渐壮大,成为世界上最大的专业数控系统生产厂家。

发那科公司在伺服电机领域的专利申请主要集中在H02P29/00(用于调节或控制电动机,并适合于交流和直流电动机的装置)和H02P5/00(专门适用于调节或控制两个或多个电动机的速度或转矩的装置)两个小组,具体包括对伺服电机转矩控制、位置控制、速度控制这三种控制方式的改进。例如该公司在2015年的专利申请JP2015129297A,提供一种具有评估功能、在线优化控制增益功能的伺服控制装置,具备速度指令生成部、扭矩指令生成部、速度检测部、速度控制环、速度控制环增益设定部以及速度控制环,通过将伺服控制视为数学上定义的优化问题,能够建立更高

的稳定性和响应速度<sup>[3]</sup>。在控制系统的修正和干扰屏蔽方面,发那科公司也申请了相关专利,例如该公司在 2016 年提出的发明专利申请 JP2016134975A,提供一种用于抑制振动的电机控制器,其包括对伺服电动机与由该伺服电动机驱动的被驱动部之间的弹性变形进行修正的电动机控制装置以及对电动机的位置进行指令的位置指令生成部。随着人工智能的发展,机器学习逐渐应用到伺服电机的控制领域,例如该公司在 2018 年提出的发明专利申请 CN109274314A,提供一种利用机器学习装置针对具备非线性摩擦补偿器的伺服电动机控制装置进行机器学习的伺服电动机控制系统。

通过分析发那科公司的专利申请情况可以看出,发那科公司作为机器人行业的巨头,秉承了在数控系统领域的先进经验,从传统的直流电机驱动转移到交流电机,从传统的电力电子技术实现的转速和位置控制转移到数字化伺服驱动器,并随着人工智能和物联网的发展,采用机器学习的伺服控制系统也逐渐成为发那科公司的研究对象。发那科公司紧跟科技发展,形成独特的技术优势,在全球机器人领域的市场竞争中处于领先地位。

### 3.2 格力电器有限公司

格力电器公司成立于 1991 年,是一家集研发、生产、销售、服务于一体的国际化家电企业。2012 年,格力电器开始研发伺服电机;2015 年底,格力电器伺服电机的第一条生产线在格力电器凯邦公司正式搭建完成;2016 年初第一批 20 台伺服电机在这条流水线上诞生;2018 年,格力电器研发出新一代伺服电机,采用了高功率密度设计技术,最高转速可达 6 500 r/min,瞬时过载能力超过额定负载的 3.5 倍以上。

格力电器公司及其下属公司格力凯邦电机公司在伺服电机领域的专利申请始于 2014 年,主要集中于伺服电机的编码器、电机主体结构以及伺服控制系统方面。例如格力电器公司在 2021 年提出的发明专利申请 CN114157096A,涉及一种伺服电机,其利用配重控制装置根据配重驱动信号控制惯量盘与摩擦盘接触配合,增加伺服电机的转动惯量,使得伺服电机在负载惯量变化时可对应调节自身惯量,提高系统的性能<sup>[4]</sup>。格力电器公司在 2018 年申请的发明专利 CN109560724A,提供了一种伺服电机的控制方法,利用可编程控制器在确定伺服电机满足预设条件后生成信号,控制伺服电机的励磁绕组通电以产生预设力矩保持当前状态,解决了伺服刹车容易发生抖动进而影响产品质量的技术问题<sup>[5]</sup>。

格力电器公司致力于伺服电机结构和伺服电机的控制系统两方面的研究,在发展已经较为成熟的交流伺服电机结构领域,寻求性能更好,功率密度更高的伺服电机结构,在电机主体、散热等结构方面做出了相关的改进;在控制系统方面则致力于电机参数的测量、评估和修正方面的改进。

## 4 结束语

伺服电机的专利申请布局紧跟控制技术的发展,专利申请量逐年增加并在近年发展势头极为强劲,相关企业对该领域的研发投入保持在较高水平,该领域进入大发展阶段。从对国内外重点专利申请公司的分析中可以看出,伺服电机的专利申请主要集中在国外的公司,日本企业在该领域的起步较早,技术成熟,专利布局广泛,市场占有率高,而过去国内工业机器人的核心技术几乎全部被国外垄断,国产伺服系统在技术与性能上与国外品牌有较大的差距,中国在该领域的技术发展较晚,申请主体数量较少,且主要集中在已发展较为成熟的电机结构领域。随着国内科技的日益进步,人工智能的逐步发展,以及在我国良好的政策和市场环境下,相信国内企业能够在该领域快速追赶上来,推动我国工业自动化的更快发展。

与此同时,国内企业需要加强知识产权保护意识,根据企业实际情况制定符合自身发展的知识产权管理策略和管理体系,在学习国外先进创新主体先进技术的同时,也要对企业可能面临的专利侵权风险进行定期评估,及时发现和预警潜在危险,制定相应的应对措施;并做好自身技术的专利保护,重视高价值专利的培育,围绕核心技术进行专利布局,形成专利壁垒,努力提高自己的在重要市场中的竞争优势。

## 参考文献:

- [1] 杨瑾,冯云,唐梁吉,等.浙江省伺服电机产业专利分析与对策研究[J].科技通报,2019,35(09):213-216,222.
- [2] 三菱电机株式会社.伺服控制装置:CN113711138A[P].2021-11-26.
- [3] 发那科株式会社.具有根据在线评估功能优化控制增益功能的伺服控制器:JP2017017782A[P].2015-06-26.
- [4] 珠海格力电器股份有限公司.伺服电机及其惯量控制方法:CN114157096A[P].2021-12-09.
- [5] 王希菡.高科技企业知识产权保护现状及对策研究[J].法制博览,2024(12):156-158.