

多电飞机及其发展状况

Multi-Electric Aircraft and Its Development

中航一集团科技委 王复华

多电技术的发展很可能为机电技术与航电技术的融合带来又一次的发展机遇。对于飞机的总体设计而言,多电技术将会改变以往飞机的设计格局,使机载技术全面融入到飞机的整体中,从而打破总是在飞机完成设计之后才选用机载产品的现状,在推动机载技术发展的同时使得机载产品真正形成机载产业。

国内外研究水平

多电飞机是用电力系统部分取代原来的液压、气压和机械系统的飞机,力求使所有的次级功率系统均用电的形式分配。多电飞机的发展水平主要取决于几个关键技术上的突破,包括:

(1) 在多电飞机电机、电源及配电技术方面,美国空军提出了高可靠性发电机计划,美国空军于1991年秋同诺斯罗普公司签订了为多电型F/A-18飞机研制电源系统中先进的发电和配电系统。

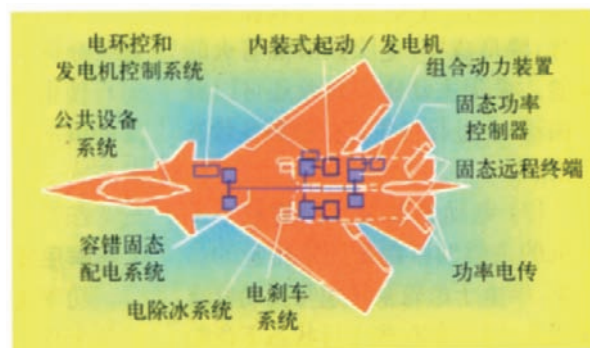
(2) 在电力作动和操纵技术方面,各国研究机构和航空企业都注重功率电传作动器的发展,美国NASA、Boeing、GE、Moog、Parker公司和Dryden研究所,英国Lucas研究所、Sheffield大学,瑞典Linköping大学,以及法国、德国、瑞典、日本等国家的多个企业、大学、研究所,一直在进行电动静液作动器(EHA)和机电作动器(EMA)的研究开发,并取得了大量成果。其中,EHA作动器已经在C-130、Racal

飞行模拟器、F/A-18 SRA、F-16、F-15、C-141、空中客车等型号的飞机(或模拟器)上进行模拟及飞行试验,取得了成功并逐步加以应用,空客A380已经成功地运用了压力为28MPa的EHA。

(3) 在环境控制技术(ECS)方面,美国在20世纪80年代初就有了闭式循环环境控制系统方案的文献报道,其发展是多电飞机概念提出的一个重要因素。从飞机环境控制系统发展历程可知,研究机构十分重视飞机环境控制系统总体技术的预先研究。在美国国防部发表的“1992年科学和技术发展战略”中,把“开放式空气/闭式蒸发循环混合ECS”列为2000年的发展目标,把电动的综合ECS列为2005年的发展目标,现在这种综合ECS已在F-22战斗机上装机使用,这也表明美国今后将更加积极地发展电动ECS。

(4) 美国空军在80年代就积极在A-10攻击机和F-16战斗机上开展全电刹车系统的研制,由美国BF Goodrich公司负责研制与开发的飞机电刹车系统采用无刷直流电机代替原有的液压驱动装置。经过仿真与实验台试验测试,该系统的刹车有效性为97%~98%,刹车制动时间减少了5s多,刹车控制精度也有较大的提高。

(5) 我国在“九五”期间启动了高压直流发电配电系统的原理性研究,在功率电传机电作动器和电动静液作动器的研究上取得了一定进展。在飞机环境控制系统方面,“电驱动



多电飞机主要电气部分

蒸发循环/引气空气循环”混合式多电飞机环控系统已在进行研究。在其他方面,如全电刹车系统、公管系统等也有了较为深入的研究。

主要研究内容

1 多电飞机电机与电源系统

这方面的研究内容包括大功率(250kW)整体起动/发电机、主动磁浮轴承与其控制系统、电动燃油泵等技术。

(1) 整体起动/发电机。它装在风扇轴上,利用电机的可逆原理,在发动机稳定工作前作为电动机工作,带动发动机转子到一定转速后喷油点火,使发动机进入稳定工作状态;然后,发动机反过来带动电机,成为发电机,给飞机用电设备供电。采用整体起动/发电机可取消功率提取轴和减速器,减小发动机重量和迎风面积;所产生的电功率由两根以上的发动机轴分担,可以重新优化燃气发生器,有利于控制喘振和扩大空中点火包线,改善发动机适用性,易于获得大的电功率。

(2) 主动磁浮轴承。它是利用电磁力使轴承稳定悬浮起来,且轴心位置可以由控制系统控制的一种新型轴承。这种轴承由位移传感器、控制器、功率放大器和电磁作动器组成高精度闭环位置系统,使旋转轴位于轴承作动器中心。主动磁浮轴承系统代替原有的接触式滚动轴承、润滑系统和机械作动系统,可大大减轻系统重量,简化结构,改善可靠性和维修性,降低成本,免除润滑油着火的危险。采用主动磁浮轴承还可以减少振动,并进行自主定位控制及状态监视。

(3) 电动燃油泵。目前航空发动机的主燃油泵都是固定排量的齿轮泵,但由于齿轮泵转速与发动机直接相关,因此在有些飞行状态下齿轮泵所提供的燃油远高于发动机所需

的燃油量。为解决这个问题,需要使大量燃油重新流回燃油箱,其结果是燃油温度升高,因此需要对流回的燃油进行冷却,防止燃油系统超温。具有智能控制器的电动燃油泵的转速与发动机转速无关,可采用电气控制方式根据需要调整转速来提供发动机所需的燃油量,而无需燃油流回,这样既减轻了系统重量,又降低了系统的复杂性。燃油泵中的一个双通道电子控制器通过数据总线获取燃油流量的需求信息,然后调节燃油阀获得所要求的燃油量。

2 多电飞机配电技术

多电飞机配电技术研究的内容包括:

(1) 对多电飞机电气负载的特性进行分析,建立典型负载的数学模型。针对带有功率电子装置的电气负载,主要分析负载对电网品质的影响。EMA和EHA的结构中包含了功率变换电路、永磁电动机和执行机构,将其作为典型负载进行研究,并研究电源与负载的相容性。

(2) 建立飞机供电系统的动态模型。分析和调研系统的分布参数,建立电网的数学模型。

(3) 通过仿真对供电系统稳定性进行分析。针对大信号扰动(即系统从一种稳态工作点到另一种稳态工作点移动的能力)进行分析,如负载功率范围的变化、大功率负载的投入与切除、供电系统的切换、短路和断路故障发生等。

(4) 通过仿真对供电系统品质进行分析。针对小信号扰动(即负载运行使电网电压产生谐波、噪声、潮流和浪涌现象)进行分析,如电路滤波方式、电源引线的距离、负载的运行状态等。

3 功率电传

功率电传是指由飞机次级能源系统至作动系统各执行机构之间的功率传输,是通过电导线以电能传输

的方式完成的。目前功率电传动器主要有以下2种:(1)EHA系统中电机驱动一个液压泵,把油液从其自身的小油箱中输出,以驱动机翼,其液压系统是个独立的集成系统。洛克希德·马丁公司在F-16战斗机上使用了EHA,经22年的服役证明了新系统的性能几乎完美无缺。(2)EMA系统被设计为普通的F/A-18作动器的替代品,并且可以在不改动原来的飞行控制系统的情况下代替普通的作动器。

4 全电刹车系统

全电刹车系统是通过电机、蜗轮蜗杆与滚珠丝杠构成的机电结构取代原有的液压刹车系统。电刹车取消了液压刹车系统的伺服阀、油源等系统采用电机和传动装置。电刹车对电机要求较高,电刹车技术的难点是电机的研制以及传动系统精度的保证。

5 多机电系统的综合管理

上述各项机电系统构成了统一的多电飞机系统体系结构,通过数据总线与多处理机实行综合管理。较之方兴未艾的全电汽车技术,全电飞机需要解决大量的技术难题。因此,基于降低能耗、提升效率的思想,从我国的实际出发推进多电技术将是未来飞机发展的趋势。如果说从20世纪70年代起航电技术发展已全面超越机电技术的话,多电技术的发展很可能为机电技术与航电技术的融合带来又一次的发展机遇。我们的机电企业能否认识到多电技术的潜力,利用自身优势向多电技术发展,努力与航电相融合将是一个重要因素。同时,对于飞机的总体设计而言,多电技术将会改变以往飞机的设计格局,使机载技术全面融入到飞机的整体中,从而打破总是在飞机完成设计之后才选用机载产品的现状,在推动机载技术发展的同时使得机载产品真正形成机载产业。(责编 钟元)