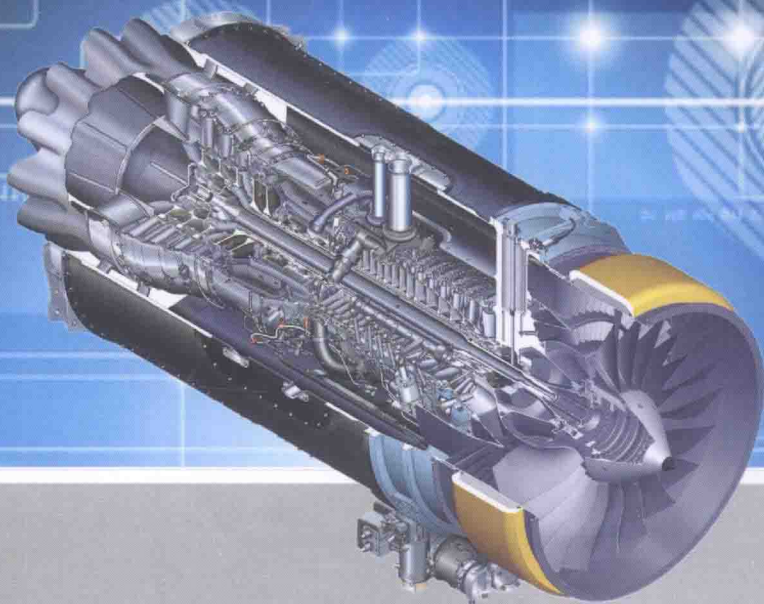


航空类专业职业教育系列教材



航空电机技术基础

田 巨 罗思宏◎主编

西北工业大学出版社

航空电机技术基础

田 巨 罗思宏 主编

西北工业大学出版社

【内容简介】 本书是为适应现代高等职业技术教育改革发展的要求,结合民航机务维修工作人才培养的目标要求,按照《民用航空器维修人员执照考试基础部分考试大纲(AC-66R1-02)》中规定的关于航空电机方面所需的知识和能力而编写的。全书共分五篇,系统分析和全面介绍了航空电机的工作条件、航空旋转电机的结构、航空旋转电机工作原理及运行特性、航空变压器技术及应用等。

本书具有重视基础性、讲究系统性、注重应用性等特点,以及鲜明的民航行业特色。本书可作为高等职业技术学院飞机维修类专业的教材,也可作为全日制飞机维修类专业本科学生和从事飞机维修工作的专业技术人员学习的参考教材,也可作为民航企业的培训教材或飞机维修基础执照考试的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

航空电机技术基础/田巨,罗思宏主编. —西安:西北工业大学出版社,2014.8

航空类专业职业教育系列教材

ISBN 978-7-5612-4109-7

I. ①航… II. ①田… ②罗… III. ①航空电气设备—电机—职业教育—教材 IV. ①V242.44

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 202491 号

出版发行:西北工业大学出版社

通信地址:西安市友谊西路 127 号 邮编:710072

电 话:(029)88493844 88491757

网 址:www.nwpup.com

印 刷 者:兴平市博闻印务有限公司

开 本:787 mm×1 092 mm 1/16

印 张:14.625

字 数:351 千字

版 次:2014 年 9 月第 1 版 2014 年 9 月第 1 次印刷

定 价:32.00 元

前 言

随着航空维修技术的日趋复杂,民用飞机维修行业对机务人员的专业知识和技能的要求越来越高。现役飞机上应用了大量的电机设备,航空电机已成为电机的重要门类,其特色鲜明,技术更先进、更可靠。航空电机技术基础课程已经成为民用飞机机电设备维修专业和飞机电子设备维修专业学生必修的一门重要的专业基础课。《民用航空器维修人员执照考试基础部分考试大纲(AC-66R1-02)》中,对机务人员获取航空器维修 ME(机械)基础执照和航空器维修 AV(电子)基础执照所必须掌握的关于航空电机方面的知识和能力有详细的规定。本着“课证合一”的指导思想,《民用航空器维修人员执照考试基础部分考试大纲(AC-66R1-02)》中所规定的航空电机方面的知识和能力亦成为高职类民用飞机机电设备维修专业和飞机电子设备维修专业航空电机技术基础课程教学大纲制定的重要依据。本书的编者都具有多年飞机维修基础执照培训教学经验,对《民用航空器维修人员执照考试基础部分考试大纲(AC-66R1-02)》十分了解。本书是在基础执照考试教学讲义的基础上,经过补充和完善形成的,因此具有鲜明的行业特色。

本书系统分析和全面介绍了航空直流电机、异步电机、同步电机、变压器的结构、原理、运行性能、特性,并精心挑选了现役飞机上较为典型的电机设备进行了详细介绍。本书由广州民航职业技术学院田巨副教授、罗思宏高级工程师、杨鹏讲师和杨静讲师共同编写。全书分为五篇,由 16 章组成。其中,第一章、第二章、第三章的第一至六节、第四章的第一至三节、第五章的第一至五节由田巨副教授编写,第六章、第七章的第一至四节、第八至十二章、第十三章的第一节和第二节由杨鹏讲师编写,第三章的第七节和第十四至十六章由杨静讲师编写,第四章的第四节、第五章的第六节和第七节、第七章的第五节、第十三章的第三节等实例部分由罗思宏高级工程师编写,全书由田巨副教授统稿。本书由沈阳工业大学朱建光副教授审稿,并给予了宝贵意见和建议。在此,深致谢忱。

由于水平所限,书中缺点和错误之处,恳请读者批评指正。

编 者

2014 年 6 月

目 录

第一篇 电机维护基础知识

第一章 航空电机概论	1
第一节 电机的分类及其在民航飞机上的应用	1
第二节 航空电机的工作条件	4
第三节 航空电机的主要特点和参数	6
第二章 电工基础	10
第一节 电学基本知识	10
第二节 电的磁效应	16
第三节 基本磁路	18

第二篇 航空直流电机

第三章 航空直流电机原理	22
第一节 感应电动势的产生	22
第二节 直流发电机工作原理	25
第三节 航空直流电机结构	28
第四节 直流电动机的基本工作原理	34
第五节 直流电机的励磁方式	39
第六节 直流电机的电枢反应	42
第七节 直流电枢绕组的结构	47
第四章 直流发电机的基本特性	54
第一节 直流发电机的基本方程式	54
第二节 他励式直流发电机的运行特性	56
第三节 并励式发电机的运行特性	58
第四节 航空直流发电机实例	61
第五章 直流电动机的运行特性	65
第一节 直流电动机的基本方程	65
第二节 直流电动机的特性	66
第三节 直流电动机的起动	70

第四节	并励(他励)式电动机的调速	72
第五节	直流电动机的制动	74
第六节	航空直流电动机实例	75
第七节	航空直流起动发电机实例	80

第三篇 航空同步电机

第六章	航空交流电机的绕组和电动势	84
第一节	交流电机的基本工作原理	85
第二节	交流绕组的基本要求和分类	86
第三节	正弦分布磁场下绕组的感应电动势	88
第七章	航空同步发电机的基本结构和原理	91
第一节	航空同步发电机的基本工作原理	91
第二节	航空同步电机的基本结构及分类	94
第三节	航空同步发电机的基本工作原理和结构	98
第四节	航空同步发电机的励磁方式	103
第五节	航空同步发电机实例	106
第八章	航空同步发电机的运行原理	112
第一节	航空同步发电机的基本原理	112
第二节	航空同步发电机的空载运行	113
第三节	航空同步发电机的负载运行	114
第九章	航空同步发电机的并联运行	118
第一节	航空同步发电机投入并联的条件	118
第二节	功率的均衡分配	120
第三节	无功电流的自动均衡	120
第四节	有功功率的自动均衡	122
第五节	投入并联的自动控制	123
第十章	航空同步发电机的稳态运行特性	125
第一节	同步发电机的空载特性和短路特性	125
第二节	外特性与调整特性	126
第三节	航空同步发电机的冷却方式	129

第四篇 航空异步电机

第十一章	三相异步电动机的结构和工作原理	133
第一节	感应电动机的基本结构	133

第二节	三相异步电动机绕组的磁动势·····	138
第三节	异步电动机的工作原理·····	141
第四节	三相异步电动机的铭牌·····	144
第十二章	感应电机运行原理·····	147
第一节	主磁通和漏磁通·····	147
第二节	转子开路时异步电机的运行·····	148
第三节	转子短路时的三相异步电动机的运行·····	151
第四节	三相异步电动机转子旋转时的电磁关系·····	155
第十三章	三相异步电动机的运行特性及维护·····	159
第一节	异步电动机的功率、转矩和特性·····	159
第二节	异步电动机的起动、调速和制动·····	166
第三节	航空三相异步电动机应用实例·····	174
第十四章	民用飞机用的特种异步电机·····	178
第一节	航空三相陀螺电机·····	178
第二节	单相异步电动机的磁场·····	179
第三节	单相异步电动机的工作原理·····	181
第五篇 航空变压器		
第十五章	航空单相变压器·····	186
第一节	单相变压器的基本组成·····	186
第二节	理想变压器的工作原理·····	189
第三节	变压器的运行原理·····	198
第四节	变压器的运行特性·····	206
第五节	变压器的使用与维修·····	210
第十六章	航空三相变压器和互感器·····	217
第一节	三相变压器·····	217
第二节	特殊变压器·····	220
参考文献 ·····		225

第一篇 电机维护基础知识

第一章 航空电机概论

航空电机是应用电磁感应原理、能在航空器内实现机械能与电能或电能与电能之间转换的电磁机械装置。电机在飞机上有广泛的应用,已经成为影响飞机性能、可靠性的重要条件之一。

第一节 电机的分类及其在民航飞机上的应用

一、电机的分类

电机分类的方法很多,一般常用的有以下几个方法。

1. 以能量转化的观点来划分

(1)实现机械能与电能之间转换的有发电机和电动机。发电机是将机械能转换成电能的电磁装置;电动机是将电能转换成机械能的电磁装置。

(2)实现电能与电能之间转换的有变压器、变流机和变压整流器。这些设备的主要作用是在电能传递过程中,适当改变电能的参数,以满足设备用电的需求。

2. 按电流性质来划分

按电流性质来划分可分为直流电机和交流电机。对于交流电机来说,在电机运行过程中转速与频率存在一定的关系,这使交流电机又可分为同步电机和异步电机。

3. 从电机的运行状态来划分

在传递能量过程中,电机处于一定的运行方式状态上。工作中,电机内的部件没有相对运动的称之为静止电机,如变压器;而有相对运动,即含有机机械旋转部件的称为旋转电机,如一般所熟悉的发电机、电动机等转动装置。

另外,还可以用有无电刷及励磁方式来划分电机种类。应当说,通过一定的划分方式,可以帮助从不同的侧面来理解电机的基本原理和性能。

二、航空电机在民航飞机上的应用

1. 航空电机的分类

现代大型飞机用电功率已达数百千伏安,各类电机有数十种,数量上多达数百台。从飞机

上应用的情况来讲,如图 1-1-1 所示为波音 737 飞机部分电机分布示意图,航空电机按其作用可以归结为下述几类。

(1)主电源发电机:包括直流发电机和交流发电机。其作用在于向飞机的主电源网络供电,也向备用或专用的交流和直流电源装置提供电能。随着飞机用电量的增加,现代大、中型飞机都采用交流无刷同步发电机作为主电源,单台容量已达到 135kVA(A380)。

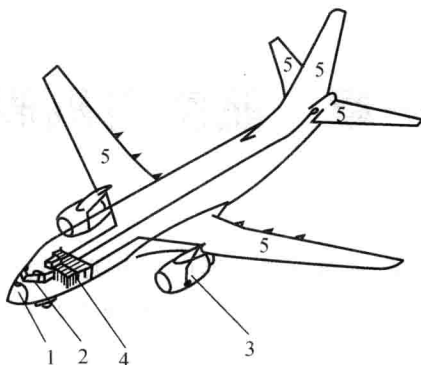


图 1-1-1 波音 737 飞机部分电机分布图

1—雷达舱中的各种控制电机； 2—驾驶舱中的各种控制电机； 3—无刷交流发电机

4—变压整流设备； 5—操纵机构电动机

(2)变压器:属于静止式电机。现有大、中型民航客机内,有三相变压器、单相变压器、自耦式单相变压器。变压器主要作用是对主电源的交流电压进行变换,给用电设备提供所需的交流电压,甚至配合整流设备,为直流用电设备提供恰当的直流电压。

(3)驱动电机:提供机械动力的电机装置。按照工作电流的性质可分为直流电动机和交流电动机。驱动电机主要用于飞机的各种电动活门,如通风或冷却活门,操纵系统舵面机构动力,调整片动力,带动油泵等。

(4)控制电机:它包括交、直流伺服电动机,直流、异步测速发电机,旋转变压器和自整角机等。这类电机在飞行控制系统和导航系统、航空仪表、解算装置等设备中作伺服控制及转换信号之用。

(5)变流机:在以直流供电为主的飞机上提供交流电源,以便供给雷达、陀螺仪表及其他系统的交流设备使用。老式旋转变流机,采用直流电动机带动交流发电机的方式,转换效率低,已经被淘汰。应用现代变流技术的静止变流器已经取代了旋转变流机成为飞机上将直流电转换成交流电的重要设备。

2. 航空电机在民航飞机上的应用实例

图 1-1-2 所示是波音 737NG 型飞机的电源分配系统图。在图中寻找以下电机设备:

(1)交流发电机:IDG1, IDG2, APU GEN;

(2)变压整流器:TRU1, TRU2, TRU3;

(3)变流器:STATIC INVERTER;

(4)电动机:APU START(在本图中没有画出,但标有 TO APU START CIRCUIT)。

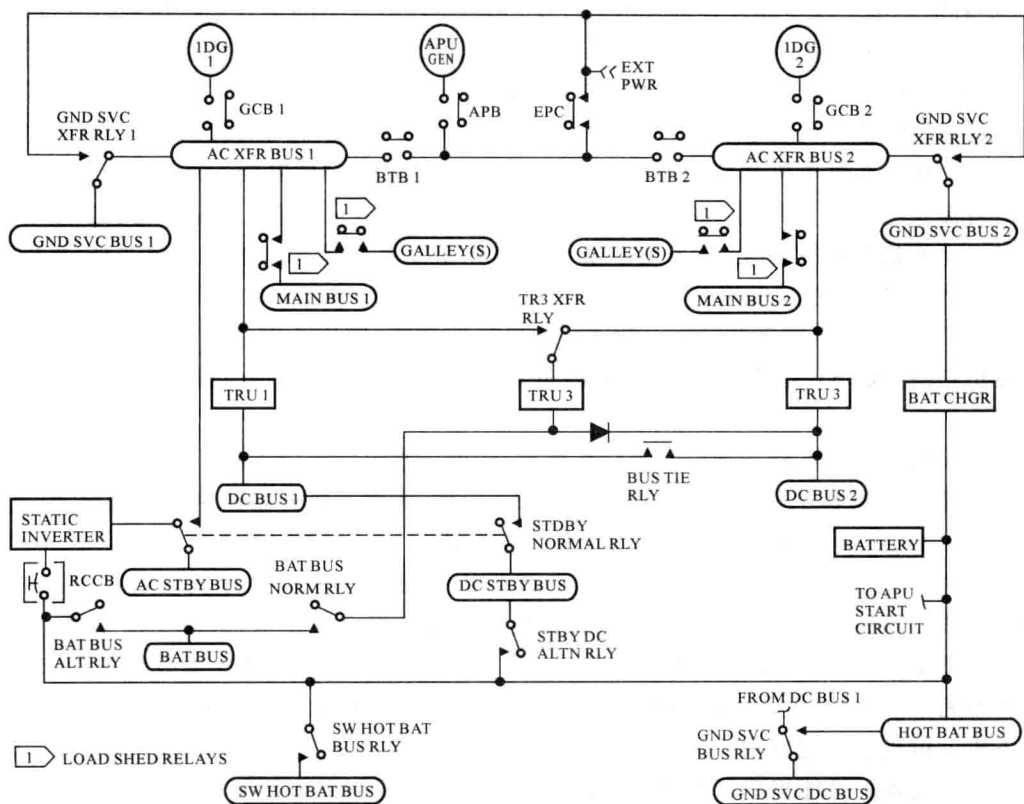


图 1-1-2 波音 737NG 型飞机的电源分配系统图

三、航空电机的发展过程

工业革命以后,蒸汽动力得以普遍应用。但随着生产力的发展,蒸汽动力输送和管理不便的缺点日益突出,迫使人们努力寻找新的动力源。19 世纪初期,人们已积累了有关电磁现象的丰富知识。在此基础上,法拉第于 1821 年发现了载流导体在磁场中受力的现象(即电动机的作用原理),并首次使用模型表演了这种把电能转换为机械能的过程。1831 年,他又发现了电磁感应定律。在这一基本定律的指导下,第二年,皮克西利用磁铁和线圈的相对运动,再加上一个换向装置,制成了一台原始型旋转磁极式直流发电机。这就是现代直流发电机的雏形。

发电机技术及其相关技术的发展,使电能具有了适合大规模集中生产、远距离经济传输、智能化自动控制的突出特点。电能不但已成为人类生产和生活的主要能源,而且对近代人类文明的发展起到了重要的推动作用。

而电动机在轻重型制造业、石油和天然气的钻探、航空和航天领域等方方面面得到了非常广泛的应用。一个现代化的大中型企业,通常要装备数千乃至数万台不同类型的电动机。一个工业化国家的普通家庭,家用电器中的电机总数在 50 台以上;一部现代化的小轿车,其内装备的各类微特电机已超过 60 台。

电机发展到今天,早已成为提高生产效率和科技水平以及提高生活质量的主要设备之一。纵观电机发展,其应用范围不断扩大,使用要求不断提高,结构类型不断增多。特别是近 30 年

来,伴随着电力电子技术和计算机技术的进步,尤其是超导技术的重大突破和新原理、新结构、新材料、新工艺、新方法的不断推动,电机发展更是呈现出勃勃生机,其前景是不可限量的。

20 世纪,随着飞机工业的兴起和发展,电机设备在飞机上得到了广泛的应用,并很快形成了颇具特色的体系——航空电机。在第一次世界大战以前,航空电机处在实验阶段,到 1904 年才有小功率直流发电机装备到飞机上,为照明和电动照像提供电能。那时期采用了 6V 和 12V 的直流发电机。大约到 1930 年,飞机上开始使用由两台 1kW 直流发电机并联工作的 24V 飞机直流供电系统,并已经采用了发动机电启动以及起落架和襟翼的电力驱动等装置。第二次世界大战中,航空电机技术发展迅猛。武器装备、各种自动化装置等机载设备不断增加,电动机得到了越来越多的应用。为适用电量增加,应用了多台单机功率达 6kW 的直流发电机,并构成 28V 直流电网,总功率达 30kW。到目前为止,小型飞机仍然还采用 28 V 直流系统。

随着飞机用电量不断增加以及飞行高度提高,低压直流供电就碰到了发电机容量、高空性能以及电缆重量等多方面的问题。到 20 世纪 50 年代,大型飞机开始选用变速变频、恒速恒频(400Hz)、115/200V 三相交流发电机及交流供电系统。

20 世纪六七十年代,为了适应高空高速的要求,无刷结构和油冷形式在航空电机中得到开发和应用。随后又出现了与恒速传动装置组成一体的组合式发电机(IDG)。这样,航空电机从体积重量、性能和可靠性等诸方面得以进一步提升,适应了飞行器不断发展的要求。

发展到今天,没有恒速传动装置的变速恒频电源系统、无刷直流电动机、永磁电机等都已经是在飞机上得到了广泛应用。如今,在战斗机和民用飞机上采用的电传操纵系统,对电源、电动机及变流设备的性能提出了更多、更高的要求,进一步研制和应用新的高性能的航空电机,是从事航空电机设计事业的科技工作者应承担的光荣职责。

第二节 航空电机的工作条件

民用飞机所到达的飞行空域,地域的环境是各有不同的,有时甚至相差很大。航空电机作为机上设备需要在不同的高度、地区、气象等环境条件下工作,因此必须适应不同的环境。此外,航空电机还必须具有承受振动、冲击等机械过载的能力。这些工作条件就直接或间接地决定了航空电机的结构、性能有别于地面电机。研究这些工作条件,对在维护电机中,正确分析工作状态、故障表现和排除与其有关的故障,防止人为差错,保证维护质量,都有实际的指导意义。

直接影响航空电机工作的因素有下述几方面。

一、温度条件

民航飞机要经常飞行于世界各地,不同地区、不同季节大气温度是不同的。以我国为例,最冷的地方温度可达 -51.5°C ,最热的地方温度达 75°C ,差距很大。

飞机在不同高度飞行时,大气温度随高度增加而降低。在标准大气参数情况下,11km 高空以下(对流层)范围的温度变化规律呈以下关系:

$$t = (15 - 6.5H)^{\circ}\text{C} \quad (1-2-1)$$

式中 15 —— 0.1MPa (1 个大气压,760mmHg) 压力下海平面的原始温度值, $^{\circ}\text{C}$;

t —— 无扰动空气的温度;

H —— 高度, km。

在高度在 11~30km 范围为同温层(目前一般的民航飞机在同温层以下营运), 大气温度基本上稳定在 -56°C , 超过这个范围的高空, 气温又会上升。

对于吹风冷却和自然冷却的电机, 周围温度的升高会增加电机部件本身的温度。一般来说, 部件温度为冷却介质温度和冷却介质温度下部件本身升高温度之和。对于液冷电机, 周围介质温度对电机温度影响甚微。例如在喷液冷却电机中, 周围介质温度改变 200°C , 而引起电机温度的变化只不过几度。

电机温度变化对电机结构中各种材料影响较大。高温会加速电机金属材料的氧化和有机绝缘材料的老化; 高温会使弹性材料的弹性变坏, 使导电材料的电阻率增加。而在低温状态, 导电材料电阻率下降, 绝缘材料开裂、弯曲和分层; 润滑油脂黏滞摩擦力增大; 导磁材料导磁能力变坏; 有机物质制品件变脆而断裂; 组合件由于膨胀系数不同而产生应变, 温度急剧变化时可能造成密封接缝开裂, 嵌件松动, 零件之间配合不正常。

应当在维护中, 找出温度变化引起电机故障的隐患, 及时处理, 排除不适航的因素, 保持电机的正常运行。

二、大气压力条件

大气压力和密度随着高度的增加而下降, 这对风冷电机的工作带来不利的影响, 使冷却效率显著降低。当高度不超过 11km 时, 周围温度的降低, 同时能对密度的减少有所补偿, 但当高度较高时, 这种补偿作用就消失了。

飞机上的电机多数都安装在非增压环境内, 电机在空中工作时, 变化的大气压力条件, 容易导致绝缘材料性能变坏, 空气介电强度下降, 易引起击穿造成电弧放电, 在绝缘距离不够的情况下, 甚至引起电晕现象, 稀薄的空气散热困难, 加快绝缘材料老化, 尤其对直流电机电刷的磨损、换向时对火花的抑制更为不利。

三、湿度条件

湿度条件是指飞机所处地域, 空域环境中空气含有水蒸气量的多少。不同地区和不同季节, 空气湿度变化很大。飞机靠近江河湖泊或在海平面上空飞行, 或在雨季飞行, 其湿度很高; 而对于高寒或沙漠地区其相对湿度很低; 飞机长期停放与经常起降, 其受潮程度也不同。

高温高湿度的气候环境, 对电机设备的电气性能和机械性能影响很大。如绝缘材料一般易吸水, 在高湿度下, 绝缘电阻和击穿电压将大大下降, 严重时, 吸水后, 会造成膨胀、分解、发霉、腐烂产品变形和机械故障。电子元件表面吸附水分后, 造成漏电而影响电子线路正常工作。金属零件在水蒸气作用下产生腐蚀, 在不同的两种金属接触处由于电化学作用腐蚀尤为严重。特别是在高温高湿地区长期飞行的飞机, 由于经常起降, 电机设备受高温高湿的侵蚀, 又很快飞到高空, 处于低温环境下, 原吸收大量水汽的电器元件就会产生凝露、结霜、冰冻等现象, 使飞机电器元件造成短路而引发故障。

而当飞行高度增加时, 大气中水蒸气含量明显下降。水蒸气含量的降低恶化了电刷-换向器部件的工作, 引起电刷的严重磨损。实际上, 当高度接近 20km 时, 即使使用专门的高空电刷, 电刷-换向器之间也不可能工作。

四、大气成分条件

大气成分条件主要指空气中的臭氧、沙尘以及霉菌、霜、盐雾的含量程度。飞机飞得越高,臭氧含量越多,对电接触,加剧氧化,增大电阻,影响良好接触,同时使机械性能因锈蚀变坏,破坏绝缘性能,加速金属腐蚀。海边、盐湖附近会有盐雾侵蚀,使绝缘层老化,绝缘电阻减少,金属腐蚀更严重。沙尘浮于大气中,微粒附着在电机的绝缘材料上后,加上湿暖气体,绝缘性能降低,易引起漏电。局部发热,发生击穿放电,特别在电机间隙,如有沙尘侵入,严重时会使电机产生机械故障,甚至引发飞行事故。

五、机械过载条件

机械过载主要是指航空电机在使用过程经受振动、冲击和恒加速度三方面作用。旋转电机中包含运动器件,受机械过载的影响较大,所以在维护中要特别注意。

1. 振动的影响

产生振动原因主要有发动机和气动力颤振,使飞机电机和其他设备产生强烈的振动,其振动频率可达 $2 \sim 4\,000\text{ Hz}$, 振动加速度可达 $(20 \sim 50)\text{ g}$ 。强烈的振动会使控制电器的触头接触压力不稳定,软磁材料导磁率降低、永磁材料去磁。根据需完成的功能,航空电机可安装在飞机上各个不同的部位。主电源发电机(IDG)一般装在发动机上,执行机构的电动机也可能安装在靠近发动机的地方,处于非常恶劣的温度和振动条件下。其抗振稳定性要求更高,维护时要特别注意其紧固性及抗振能力。而安装在机身内部的电机,其振动过载就要小得多。

2. 冲击的影响

冲击主要发生于着陆、刹车、突然变速等情况,飞机电机受的冲击情形同振动相类似,但有时比振动更严重。小型飞机的冲击过载可达 $(4 \sim 6)\text{ g}$, 大型飞机可达 10 g , 一般电机产品,根据技术条件规定,在使用过程中能承受 10^4 次以上的上述冲击。

3. 恒加速度的影响

恒加速度对电机设备的影响主要在飞机爬高、转弯、俯冲等机动飞行时较为严重,最高可达 15 g , 但持续时间不长。恒加速度相当于给电机增加一个力矩,引起间隙分配改变或变形,所以航空电机对结构和零部件的强度要求很高。值得指出的是,如果电机过载时间过长,对采用轴承液体循环润滑的电机和喷油冷却的电机有着特殊的影响。

考虑机械过载条件时,应注意与日常维护正确操作要求相符合,防止人为随意性的不良操作造成的影响。这对保证维修工作质量、提高设备寿命及设备可靠性有重大意义。

第三节 航空电机的主要特点和参数

由于航空电机工作条件比地面电器复杂得多,因而航空电机除了具有与地面电机共同基本原理和基本特性外,其结构、性能及技术参数等方面都有很多特殊性。

一、航空电机的主要特点

由于工作条件的特殊性,航空电机必须具备以下几个主要特点。

1. 体积小、重量轻

航空电机在能够满足一定工作性能的条件下,还要有体积小、重量轻的特点,做到这些特点依赖以下三方面:

第一,缩短使用寿命来提高允许温升。电机上采用绝缘材料的寿命是决定电机使用工作期限的主要原因。电机可靠工作时间的延长依赖于绝缘材料的性能参数。同样的材料,在允许温升环境下的地面电机可以工作 10~20 年,但在空中恶劣的环境下的实际温升超过了允许温升几十度,那么电机也只能工作十几分钟就到寿命期。可见,电机工作时温度的高低直接影响其寿命。为了适应飞机上电机的较小体积和较轻重量的要求,电机的散热面,通风冷却效果以及在单位时间强负荷产生的大量热量,都导致了较高的温升量,这也是电机体积小、重量轻的代价。

第二,优质航空材料的选用。上述已说明采用耐高温,高强度的绝缘材料,可以提高电机工作的性能。另外,选用高导磁的材料构成电机磁路,使电机内部构造和线路轻巧,电磁性能更强;采用高强度轻合金材料制作,结构牢固紧密,机械性能强,在相对轻的构件中,电磁机械负荷承载力更高,重量更轻。

第三,更合理设计和先进的冷却技术,使电机效能提高,负面因素的影响减少。如飞机上最大的电机装置交流发电机,采用传动与恒速控制为一体的整体传动形式和循环式喷油冷却方式,使电机装置的重量大幅度降低。电机容量增大,并导致其他相关设备的综合效益得到充分的体现(如采用交流供电为主的供电设施)。

总之,正是由于这些特殊结构和冷却方式,选定高电磁负荷和高转速运转方式,采用各种优质材料等原因,才使得航空电机质量容量比值达到 0.3kg/kVA 的水平,并且能适应飞机上各种复杂的使用条件。

2. 航空电机的工作可靠性要高

航空电机作为电源设备,伺服控制动力,状态检测与信号转递元件,其工作可靠与否决定了飞机的正常操作和安全运行。能使电机设备处于良好的待用状态,是航班安全优质服务的保证之一。

飞机安全飞行可靠性的重要因素之一来自于电机的可靠性。在设计制造过程已经对航空电机在使用所需要的具有高可靠性的要求加以考虑。较强的过载能力(温度、机械过载),非正常条件下控制线路及方式的可靠转换,可持续工作时间,都经过多余度技术来保障,由此来保障电机设备的生命力。

航空电机的电气机械性能参数也适应这种高可靠性要求,并且有着直接影响。一般要求电压参数是,直流电网电压 28V,交流电是三相四线制,115/200V 电压,频率 400Hz。如现代大、中型飞机大多采用交流供电为主,电网参数出于对减轻供电网络重量的综合考虑外,还兼顾了用电设备的绝缘材料耐压及工作载荷的安全性;受电机转速(高转速对轴承承受机械磨损的影响)和电机内磁极对数的制约,频率不宜过高;另外,适应高空中飞行环境和工作条件的要求,采用了无刷结构,减少有刷电机使用维护带来的制约,从而提高航空电机应用时的工作效率和经济性。

当然,随着航空事业的发展,航空电机的主要特点将在新技术、新装备出现时,能更完美地体现出来。

二、航空电机的铭牌

航空电机的主要技术性能参数可以在电机的铭牌上直接得到。就技术性能参数而言,它涉及以下内容:额定数据、工作条件、试验和验收方法、安装尺寸及其他数据。

额定数据与可靠性性能有关的参数有使用寿命期限(正常条件下)、机械强度、过载能力、耐压(绝缘等级)、热态电阻、耐热情况、温升值。

额定数据与电性能参数有电压、电流、励磁方式、频率、功率因数。

应具备的冷却方式:自然通风、强迫通风、油冷方式(环式油冷、喷油式冷却)。

为方便使用,电机铭牌的数据往往只要给出基本的技术数据,特殊用途和使用条件才有相应的特殊数据。对于应用面窄的或者有限的电机,铭牌上只给出关键额定值数据。应用广泛的,给出的数据全面一些,但也不能完完全全给出所有数据。详细的技术指标数据,可以通过具体型号查询有关资料,或与厂家联系获得。作为使用者,应该遵守铭牌数据给定的参数正确使用,否则对电机的可靠性和使用寿命有影响。维修后的电机应依据电机型号的各项参数认真试验检测。

1. 直流电机的铭牌

型号:表示直流电机属于哪一种类型,它往往用字母与数字组合在一起表示。

额定功率(kW):指电机在额定情况下,长期运行所允许的输出功率。

额定电压(V):就发电机来说,是指在额定运转情况下发电机两端的输出电压数值;就电动机来说,额定电压是指在所规定的正常工作条件下,加在电动机两端输入电压的额定值。

额定电流(A):就发电机来说,一般是指长期连续运行时,供给负载的电流;就电动机来说,额定电流是指长期连续运行时,容许从电源输入的电流。

额定转速:电动机在额定运转情况下的转速。

励磁:表示励磁的方式及励磁电流、电压的大小。

工作方式:指电机在使用时持续工作的时间。

额定温升:表示电机在额定运行下,电机所容许的最高工作温度减去常温环境温度所得到的数值。

2. 交流电机的铭牌

型号:包括电机类型及冷却方式。

额定数据:包括容量、频率、功率、电压、功率因数、转矩、转速、温升值等。

三相电机的连接形式:接地点、绕组接法。

三、航空电机主要技术性能参数

我国航空电机的基本技术要求见表 1-1。

表 1-1 航空电机的基本技术要求

技术参数		指标要求
高度		30km 以下
温度		-55~60℃
压力		$10^5 \sim 10^3$ Pa(760~7.5mmHg)

续 表

技术参数		指标要求
相对湿度		不超过 95%(40℃)
使用期限		100~3 000h
机械强度	振动	频率为 25~190Hz,振幅为 0.023 5~1mm,次数为 2~4 兆次
	冲击	加速度为(4~10) <i>g</i> ,速率为 40~100 次/min,次数为 1 万次
过载	功率大于 10kW	150%,2min;200%,5s
	功率小于 10kW	150%,2min;200%,10s(交流电机 5s)
热态绕组绝缘	抗电强度	电源频率 50Hz,持续 1 分钟,电压分别为 500,1 000,1 500V
	绝缘电阻	用 500V 兆欧表测量,绝缘电阻不小于 2MΩ
过速		超过最大转速 20%~50%,持续 2~3min
功率因素		0.75(交流电机)
输入转速		3 800~9 000r/min
输出频率		400Hz(交流发电机)
发电机输出电压	直流	30V
	交流	120/208V
电动机输入电压	直流	27V(电池供电为 24V)
	交流	115/200V,36V
冷却系统		自通风、强行风冷、循油、喷油

第二章 电工基础

电磁感应原理是各种电机工作原理的基础,学习电机的工作原理、结构及性能,必须具备电、磁方面的基础理论知识。本章对电机维护中所涉及的基本电磁理论进行简要的回顾,便于进一步学习电机维护的理论,为后续学习奠定基础。

第一节 电学基本知识

一、电路的物理量

1. 电流

电流是由电荷(带电粒子)有规则的定向运动而形成的。表征电流强弱的物理量叫作电流强度,简称电流,用字母“ I ”或“ i ”表示。电流在数值上等于单位时间内通过某一导体横截面的电荷量,即

$$i = dq/dt \quad (2-1-1)$$

在国际单位制(SI)中,电流的单位名称是安培,简称安,用符号 A 表示。电流的单位也可用千安(kA)、毫安(mA)、微安(μ A)等表示。

导体中的电流是由负电荷在导体中流动形成的,而习惯上规定正电荷运动的方向或负电荷运动的相反方向作为电流的方向(实际方向),如图 2-1-1 所示。当电流参考方向与正电荷运动方向相同时,电流为正,相反则为负。电流大小和方向都不随时间而变化的电流为恒定直流,简称直流,如图 2-1-2(a) 所示。方向始终不变,大小随时间而变化的电流称为脉动直流电流,如图 2-1-2(b) 所示。大小和方向均随时间变化的电流称为交流电流,通常其大小和方向随时间作周期性变化,简称交流,如图 2-1-2(c)(d) 所示。其中,图 2-1-2(c) 所表示的是日常生活中普遍应用的正弦交流电流。

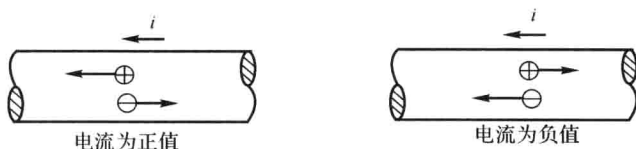


图 2-1-1 电流的方向

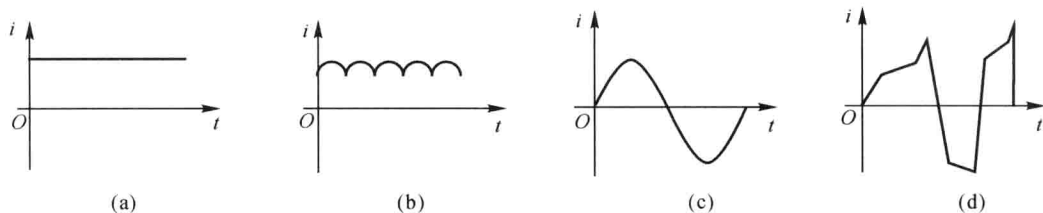


图 2-1-2 直流电和交流电的定义