

民用飞机电气线路的设计流程

Research on the Process of Electrical Wiring Design for Civil Aircraft

陈卓/中国商飞上海飞机设计研究院

摘要:针对民用飞机电气线路设计的特点和要求,结合系统的研制开发过程,研究建立了电气线路设计的通用流程。

关键词:民用飞机;电气线路;系统研制;设计流程

Keywords: civil aircraft; electrical wiring; system development; design process

0 引言

伴随着电子技术、机电一体化技术、新型电机控制技术的发展,以及电传操纵技术、机电综合技术的运用,现代民用飞机向着大型化、远程化发展,自动化程度也越来越高。电气控制和电信号的传输在民用飞机设计领域越来越重要,因此,承载这些电信号的电气线路设计流程的统一化、规范化显得尤为重要。

民用飞机电气线路的设计不同于其他电气线路设计,除了要保证线路的正确连接外,还需要根据一系列适航条款、行业标准、规范的要求,确保电气线路的设计能够安全可靠地实现飞机系统的功能。同时考虑到持续适航交付客户运营时的维修等因素,还必须提交飞机电气线路图册^[1],便于在维修过程中对相关系统进行排故和维修。本文对民用飞机电气线路的设计流程进行研究,从需求确立、需求确认到线路设计,建立了一套适用于民用飞机电气线路的设计流程。

1 民用飞机电气线路设计的特点

1.1 电路设计

民用飞机电路设计集成了飞机各

方面的需求,通过一定规则和方法设计出满足系统功能的电路。

电路设计的约束主要来源于飞机总体技术指标、环境、安全性、可靠性、维修性、电缆敷设等要求。

电路设计依据主要来源于行业标准、规范、适航条款、系统布局、系统功能原理。

民用飞机电路设计的参数包括:

- 1) 飞机性能参数要求;
- 2) DO-160环境参数要求,包括电源尖峰、浪涌、电源输入、电磁兼容(EMC)、闪电/高强度辐射场(HIRF)^[2]等;
- 3) 电介质绝缘和击穿参数要求;
- 4) 电搭接要求。

1.2 线路图册设计

线路图册是民用飞机交付客户用于线路维护的随机文件,飞机各系统根据系统电气原理,结合线束敷设通道、分离面的设计,按照规定的电气符号完成系统电气线路图的设计,线路图图册需要反映维护、修理飞机电缆的相关标准实施要求。

2 电气线路设计流程

2.1 流程图

根据电气线路设计的特点,结合系统研发流程,应保证线路设计的正确性、完整性和可追溯性。飞机电气线路设计流程遵从于系统研制流程^[3],要求确定功能接口、电气接口,并确认电气线路设计的输入需求,最后完成满足系统电气控制功能的线路图。电气线路设计流程如图1所示。

2.2 设计流程定义

针对飞机系统电气设计流程进行

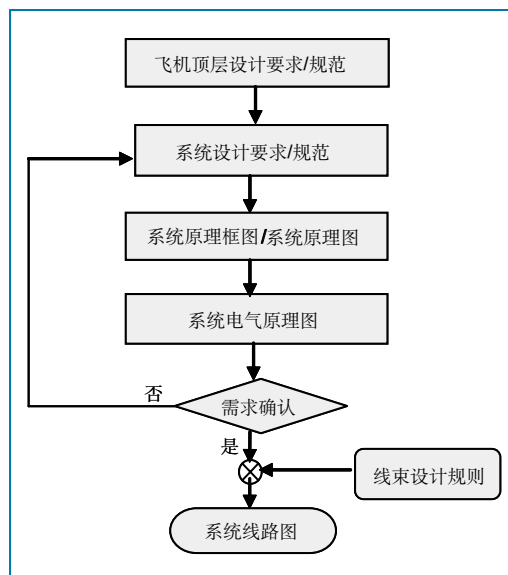


图1 民用飞机电气线路设计流程

定义,明确电气设计流程中的输入输出关系。

1) 飞机顶层设计要求

飞机顶层设计要求通常来自于适航规章、行业标准、环境要求等,应将这些要求分解到系统电气线路的设计中。飞机设计要求的输入输出关系如图2所示。

2) 系统设计要求

从飞机顶层设计分解到系统的功能需求,定义系统功能,提出系统设计的方案,形成系统构架,同时将系统功能分解到系统功能接口、电气接口。在民用飞机设计中保证飞机安全性是首要任务,所以必须对系统功能危害性进行分析,分析系统功能、子功能失效后对飞机安全造成的影响,根据失效影响的严酷度对飞机构架提出冗余设计要求,从而对电气线路的设计提出冗余设计要求,要求冗余系统/子系统的电路必须独立,在电气线路上必须采用非相似性的设计。为了实现电路设计的独立性,有冗余要求的供电设备的电源必须独立;冗余通道的线路敷设必须独立。

系统设计要求的输入输出关系如图3所示。

3) 系统电气原理图

系统电气原理图不仅诠释系统的电气原理、接口关系,包括电气的控制原理、电能源、信号的传输,同时还需要诠释线路设计的要求,包括隔离要求、接地要求、屏蔽处理要求等。

结合图2、图3的输出来完成系统电气原理图的设计工作,并对设计需求进行确认以及保证设计的可追溯性。完成系统初步安全性分析(PSSA),将系统构架分解到电缆,分析电缆的失效影响是否满足系统功能的安全性要求,确保此系统构架下的

电气线路设计输入的正确性;完成压降初步计算,确保设备安装、功率电缆线规的匹配;完成信号的匹配计算。

4) 系统线路图设计

线路设计需要结合线束设计规则,对飞机线束通道进行定义,设置飞机线束分离面,对线束主通道及分离面的电路冗余提出通用的隔离要求,同时还需要考虑飞机转子爆破、鸟撞、轮胎爆破等特殊风险的要求,最终进行飞机电缆通道分配、分离面统一分配的线束综合设计,借助系统拓扑图,最终完成飞机系统的线路图设计工作,如图4所示。

3 总结

由于民用飞机系统的研制要满足适航性要求,因此要求民用飞机电气线路的设计流程规范化,结合系统研制开发过程的输入输出关系,通过每个流程节点的控制、确认,最后确保电气线路设计的正确性、可追溯性和完整性。

参考文献

- [1] 中国民用航空局. AC-91-11 航空器的持续适航文件要求 [Z]. 2008-11.
- [2] DO-160G Environmental conditions and test procedures for

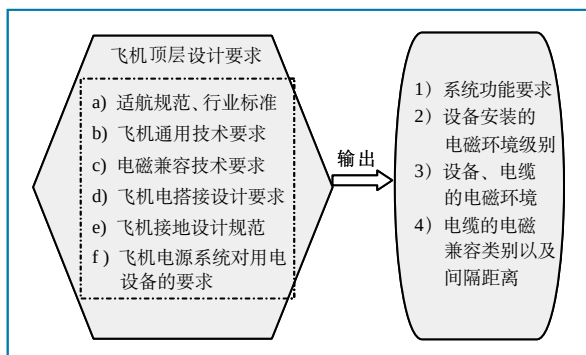


图2 飞机设计要求输入输出关系图

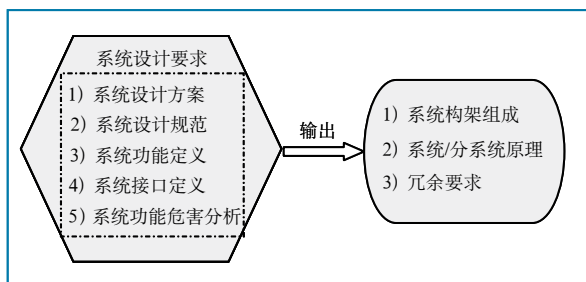


图3 系统设计要求的输入输出关系

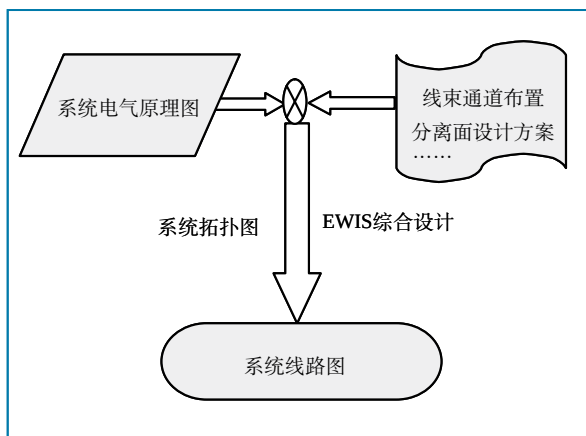


图4 系统线路图生成

airborne equipment [S]. 2010-10.

[3] SAE ARP 4754A guidelines for development of civil aircraft and systems [S]. 2008-1.

作者简介

陈卓, 工程师, 硕士, 主要从事航空机械电气系统研究工作。