

飞机襟翼控制系统故障分析及改进设计

Fault Analysis and Improvement Design for Aircraft Flap Control System

张晓燕 张巍/中航工业西安飞机工业(集团)有限责任公司

摘要: 针对某型飞机襟翼操纵开关操作不便,并且无法完全实现单电机收放襟翼的问题,重新布置了襟翼操纵开关位置,分析襟翼控制系统的故障,并进行了改进设计,实现了单套控制电路和电机收放襟翼的目的,提高了襟翼操纵系统的可靠性。设计改进得到了飞行试验的验证。

Abstract: In view of the problems that the flap control switch is operated inconveniently and a single electrical motor does not realize flap retraction or extension in some aircrafts, this paper rearranges the layout of flap control switch, analyses the fault and improves the design of the flap control system, realizes the object of retraction/extension the flap through a single control circuit and motor, and improves the reliability of the flap control system. Design improvement is verified by flight test.

关键词: 飞机; 襟翼控制; 断路器; 操纵开关; 改进设计

Keywords: aircraft; flap control; circuit breaker; operation switch; improvement design

0 引言

在飞机起飞时,把襟翼放到 $19^{\circ} \sim 23^{\circ}$ 的角度,增大起飞升力。着陆时,把襟翼放到 $35^{\circ} \pm 1^{\circ}$ 的角度,增加飞机阻力,缩短滑跑距离。在巡航状态时,将襟翼收起至 0° 位置。通过襟翼操纵电气控制系统和机械传动系统的配合工作,将襟翼放下至所需角度,为飞机提供升力或阻力。

襟翼控制系统的电动系统主要由电动机、终点开关机构等组成。电动机由电气系统控制,为襟翼收放提供驱动力,并带动机械传动机构进行旋转运动。电动机是由两个单独电动机组成的双传动机构,每个电动机都有自己单独的离合控制。在电动机左面的传动机构上装有终点开关机构,它用来接通或断开电动机电路的电源。电动机为襟翼收放提供动力,并带动机械传动机构进行旋转运动。襟翼的收放由襟翼操纵开关进行控制。

本文采用故障树分析方法,对飞机襟翼控制系统故障进行了分析,提出了

改进措施,并进行了优化设计。

1 工作原理

接通电气系统断路器板上的襟翼控制断路器,接通左、右交流电源控制盒的交流供电三相断路器,将襟翼操纵开关置于放下(收起)位置,电磁继电器工作,电动机内1、2号电机转子开始转动,由于襟翼电机的起动电流大,为了减小起动电流对飞机电源系统的冲击,加装延时继电器,使电机空载启动0.5s后再让离合器工作。离合器工作后,1、2号电机工作,带动襟翼放下(收起)。

在襟翼放出和收上时,可以用两台电动机工作,也可以用一台电动机工作,一台电动机工作时输出轴的转速为额定转速的一半。

当接通电动机的电气线路时,电动机的转子开始转动,通过电气线路上设置的延时继电器,0.5s后电动机内的电磁连接制动离合器吸合,使电动机和减速器成为一个整体,电动机输出轴的齿轮

就带动减速器的行星齿轮转动。两台电动机工作时,来自两台电动机输出轴的旋转运动传到两个行星减速器上,通过综合差动传动机构传到摩擦离合器的转角减速器,然后到机构的输出轴上。

来自第一个电动机的转动,经上部的两级减速器、摩擦离合器、转角减速器,传到机构的输出轴上。这时,第二级行星减速器的齿轮套不能转动。因为这个齿轮套的外齿被不转动的外啮和齿轮卡住,来自第二个电动机的旋转运动,经过一级行星、减速器、综合差动传动机构、惰轮,传到上部行星减速器第二级的齿轮套上。然后,通过导动器把运动传到转角减速器的花键轴上。再传到机构输出轴上。

当两台电动机在同一个方向上工作时,上部减速器第二级的导动器获得了来自下部减速器的附加运动。两个离合器中一个断电时,该电机与减速器脱开,弹簧片把衔铁压向摩擦位置,减速器被制动,这时通过综合差动传动机,另外一个电机单独工作。

2 故障现象及分析

2.1 故障现象

在飞机进行例行试飞时,飞机起飞完成后,机组操纵襟翼开关,当襟翼收起至 10° 位置时,襟翼突然停止不动,不能收起到 0° 位置。当飞机着陆时,机组操纵襟翼开关,襟翼不能放到 35° 位置,飞机大约飞行1.5h后,襟翼角度停在 10° 位置,飞机着陆。

2.2 故障分析

针对襟翼无法正常收放故障,采用故障树分析方法进行分析,建立的故障树见图1。

通过机上故障排查和地面模拟故障检查,排除以下故障原因:

- 1) 电动机机构故障。
- 2) 机上线路、接插件故障。
- 3) 襟翼操纵开关故障。
- 4) 1、2号电机控制断路器跳开。
- 5) 襟翼离合器控制断路器跳开。
- 6) 右交流电源控制盒中襟翼2号电机供电断路器跳开。

根据以上分析,本次故障定位在左交流电源控制盒中“襟翼1号电机”断路器跳闸,导致襟翼无法正常收放。

2.3 机理分析

“襟翼1号电机”断路器、“襟翼2号电机”断路器选用型号为10A的三相断路器。襟翼电动机在启动时(持续时间0.34s

左右),启动电流可达到60A左右,较大的启动电流会使断路器内产生一定的热积累,再加上飞机收襟翼过程中,偶然出现较大的气动负载,导致襟翼电机负载增大,每台电机负载电流达到13A左右时,机上工作电流超过了断路器的额定电流,以上两种原因累加造成断路器内部双金属片持续受热,最终导致双金属片变形,断路器跳闸。

根据襟翼控制系统电路原理,当左交流电源控制盒“襟翼1号电机”断路器断开时,交流电动机中的1号电机失电不工作,但襟翼1号电机的电磁制动离合器却未断电,衔铁组件依然和铁芯组件吸合,电机轴仍然与减速器主动轮连接。襟翼2号电机的旋转运动仍传递到上部减速器的第二级齿轮减速器上,由于此时襟翼1号电机轴依然与此二级齿轮减速器的齿轮套相连,而并未处于要求的制动状态,由于克服襟翼上承受的气动载荷的转矩大于驱动断电电机转动的转矩,因此出现襟翼2号电机通过差动机构带动襟翼1号电机转动的现象,而不能将转动转矩传递到襟翼输出轴上,从而导致不能放下和收起襟翼。

原来选择的襟翼电机三相交流供电断路器额定电流偏小,在收/放襟翼的过程中襟翼气动负载突然变大的情况下,“襟翼1号电机”交流供电断路器因过

载保护而断开。但襟翼1号电机电磁联接制动离合器未断开,襟翼2号电机的转动能量通过差动传动机构传到1号电机上,但没有传递到襟翼电动机构的输出轴上,导致襟翼2号电机不能放下和收起襟翼。襟翼收起过程突然停止不动。

3 解决方案

3.1 增大断路器额定电流

根据电动机额定电流及启动电流的实际情况,将左、右交流电源控制盒中襟翼断路器的电流由10A增大为20A,即使启动时电流增大,温度升高对断路器产生热积累,在飞机偶然出现较大过载的情况下,襟翼电机负载变大,但不会超过断路器的额定电流20A,确保正常情况下,断路器不会跳闸。

3.2 加装交流继电器

加装与襟翼电机配套的襟翼电机离合器控制电源交流联锁继电器,在襟翼电机供电正常的情况下,交流联锁继电器线圈得电,继电器吸合,机上直流电源通过继电器的常开触点,为离合器提供电源,离合器正常工作。当襟翼电机失电时,交流联锁继电器线圈失电,继电器释放,机上直流电源不能为离合器提供电源,离合器失电,使襟翼电机处于制动状态,进而保证正常襟翼电机能将转动转矩传递到襟翼输出轴上。

加装交流继电器,解决当任意一个交流供电电源出现故障时,与之配合的襟翼电机离合器电源不会断开,导致另一台襟翼电机无法收放襟翼的问题。

3.3 将单路电源控制更改为两路电源控制

将原襟翼1号电机和襟翼2号电机的电磁离合器由单路电源控制更改为两路电源独立控制,实现两个襟翼电机离合器控制电源的独立性。

将2个襟翼电机离合器控制电源由一路供电更改为两路独立供电,解决当

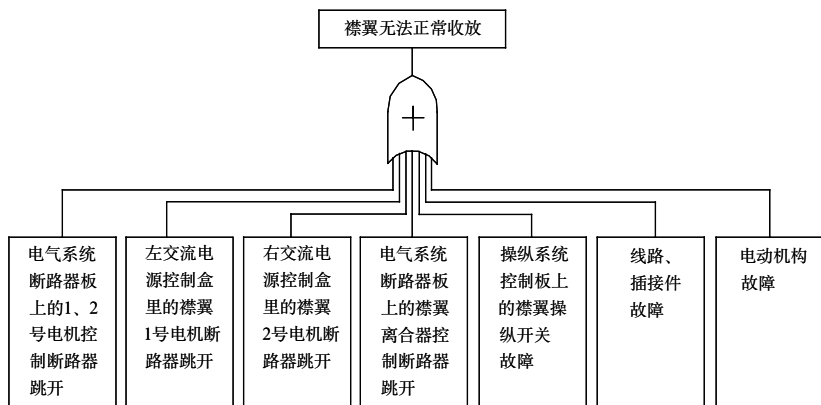


图1 襟翼无法正常收放故障的故障树

真空吸盘加载技术在EC175/Z15平尾疲劳试验中的研究与应用

Research and Application of Vacuum Pad Loading Technique in EC175/Z15 Horizontal Stabilizer Fatigue Test

邵骞 马利娜 / 中国飞机强度研究所

摘要: 在航空结构强度试验中通常采用的试验方法有胶布带、拉压垫及卡板加载方式。对于一些结构和试验有特殊要求的项目,应用传统加载方式难以满足试验要求或存在较大试验实施风险。真空吸盘加载技术的发明及应用满足了某些试验的特殊要求,弥补了传统加载方式的某些不足。介绍了真空吸盘加载技术在EC175/Z15平尾疲劳试验中的研究与应用,对真空吸盘加载技术的系统构成、设计和试验实施过程中的相关问题进行了分析,应用实践证明真空吸盘加载技术具有安装实施方便、可靠、高效、安全,且具有无损检测便利性。

Abstract: Due to particularity of structure or requirements in aerostat strength tests. This paper aims to introduce a new loading method that makes up shortcomings of the routine loading techniques with canvas-pad, pull-pressure pad and lock-board. This method in our study is known as vacuum pad loading technique and we make a general instruction to this new technique through its application in EC175/Z15 horizontal stabilizer fatigue test. The test results indicated that vacuum pad loading technique has convenience during installation as well as reliability, high efficiency and security. In addition it is propitious to perform NDT.

关键词: 真空吸盘; 平尾; 疲劳试验; 结构强度; 无损检测; 适航

Keywords: vacuum pad; horizontal; fatigue test; structural strength; NDT; airworthiness

襟翼电机离合器控制电源出现故障时,2台襟翼电机离合器同时不工作,导致2台襟翼电机同时不工作的故障。

3.4 重新设计襟翼开关

通过与机组人员沟通,决定将原中央操纵台上的1个襟翼开关改为2个襟翼开关,并由原来位置移位到左、右操纵台上方。为了便于机组人员在飞机夜航时使用,将襟翼开关增加了导光板。为了防止误操作,加装防护栏。通过重新布局襟翼操纵开关,解决了空勤操作不便的问题,并增加了襟翼操纵的裕度。为了防止左、右驾驶员同时操纵襟翼开关时,出现操作方向不一致的情况,增加了一个左、右驾驶员襟翼开关联锁继电器。当右驾

驶员操纵襟翼开关时,联锁继电器不工作,机上电源通过右驾驶员襟翼操纵开关,控制襟翼收放。当左驾驶员操纵襟翼开关时,联锁继电器工作,断开了右驾驶员操纵襟翼开关的电源,右驾驶员操作不起作用。避免了左、右驾驶员同时操纵襟翼开关时,出现误操作的问题。

4 结束语

改进后,飞机襟翼收放系统有2套独立的控制电路和电机,每套控制电路和电机均能收放襟翼。在一台电机运转故障导致断路器保护的情况下,该电机的电磁制动离合器同时断电,能保证另一台电机带动襟翼正常工作。通过以上4项改进设计,

解决了襟翼控制系统存在的故障,提高了襟翼控制系统的可靠性。通过重新布局襟翼操纵开关,方便了机组人员的操作,减轻了机组人员的工作负荷,提高了系统的可操作性。4项改进设计得到了飞行试验的验证,在后续飞行中,该型飞机的襟翼控制系统没有再出现类似故障。 **AST**

参考文献(略)

作者简介

张晓燕,工程师,从事飞机控制系统设计与试验工作。

张巍,高级工程师,从事飞机控制系统设计与试验工作。