

# 某型飞机起动机误起动故障分析和报警电路研制\*

任 可, 陈建明

(中国民航飞行学院新津分院, 四川 成都 611430)

**摘 要:** 针对某型飞机地面测试中连续发生的多起起动机误起动的故障, 分析并查找出了起动机继电器粘连的故障原因。按照航空器加改装设备的要求进行报警电路设计研制和测试。装机试验表明, 该电路能够实现对粘连的起动机继电器进行自动报警, 具有推广、应用价值。

**关键词:** 起动机; 继电器粘连; 报警电路

**中图分类号:** TM 573 **文献标志码:** B **文章编号:** 1001-5531(2013)17-0063-03



任 可 (1981—), 男, 工程师, 研究方向为航空电子, 信号处理, 飞机维护。

## Analysis of Light Aircraft Starter Mistakenly Starting Faults and Development Warning Circuit

REN Ke, CHEN Jianmin

(Xinjin Branch of Civil Aviation Flight University of China, Chengdu 611430, China)

**Abstract:** For the several starter mistakenly starting faults of the light aircraft in the ground test, the reason of starting relay adhesion was checked out. The early warning circuit according to the rules of the aircraft addition and modification was developed and tested. The installing experiments were completed which verifies that the circuit is able to alarm automatically for the starting relay adhesion, and has a good application value.

**Key words:** starter; relay adhesion; warning circuit

### 0 引 言

各类飞机上安装有大量的活动式或固定式电气触点, 而发生在电气触点上的拉弧现象会直接造成触点熔融、粘连等, 从而危及人机安全。据近 20 年来空军航空兵部队所发生的飞行事故征候资料表明, 电气原因引起的飞行事故征候占总征候的 20% ~ 25%, 而电气触点故障引起的飞行事故征候约占电气原因引起的飞行事故征候的 15% ~ 20%。因此, 对于飞机电气触点故障应引起足够重视<sup>[1,2]</sup>。

### 1 起动机误起动故障分析

#### 1.1 故障描述

在对某型飞机进行某次地面通电检查工作时, 仅接通主电路开关后, 起动机就误起动并带动

螺旋桨旋转起来, 关闭电源后起动机停转, 且在随后的近一个月内该机型连续发生多起同类故障。

该机维护手册和电源系统功能原理图<sup>[3]</sup>如图 1 所示。对原理图进行分析, 仅接通主电路开关后, 蓄电池继电器闭合, 24 V 蓄电池电压分别加到发电机继电器、起动机继电器和外电源继电器的一端。在正常情况下, 只有在磁电机开关接通后, 起动机继电器才能闭合, 从而为起动机供电; 当起动机继电器触点粘连后, 只要接通主电路开关, 蓄电池电压就直接给起动机供电, 使起动机起动工作, 并带动飞机螺旋桨转动, 导致不安全事故发生。

#### 1.2 起动机继电器触点粘连原因分析

拆下并分解该机型起动机继电器, 发现其近 2/3 的接触面已烧蚀并粘连。查阅相关资料, 造成起动机继电器触点粘连主要有 4 个方面的原

陈建民 (1955—), 男, 研究方向为航空电子和科技计量管理。

\* 基金项目: 2009 年中国民航飞行学院面上项目 (J2009-77)

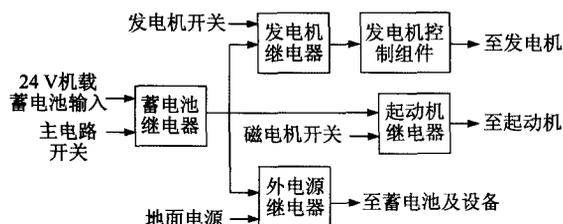


图1 某型飞机电源系统功能原理图

因:线路设计不当、产品质量和修理质量不高、使用维护不当、飞机过于老旧<sup>[3-5]</sup>。

该机型是2007年和2008年分别引进并使用的,不存在老旧的问题;同时该起动机继电器是固定式封装继电器,在日常使用过程中不需要定期维护,也排除了使用维护不当的原因。根据该机型电源系统功能原理图可发现,当起动机继电器粘连后,仅接通主电路开关就能使起动机误起动。这是该机型线路设计上的一个致命缺陷。统计发生粘连的继电器的序号及使用时间,发现是同一批次的产品,装机使用时间最多不超过500h,远远低于继电器厂家给出的平均参考装机使用时间4500h。因此,判断该批次产品质量存在一定缺陷。

## 2 报警电路设计及实现

### 2.1 报警电路设计要求

根据航空器加改装的要求,该机型继电器触点粘连的报警电路设计应满足以下要求:

(1) 系统工作应独立。在接通主电路开关之前,报警电路能够对已经粘连的起动机继电器故障进行自动报警,同时无论在地面或空中,都不影响电源系统的正常工作。

(2) 该报警电路加装后,不会对飞机原电子及电气设备固有的适航性产生任何干扰,不工作时静态电流近似为零,报警工作时控制电流小于30mA。

(3) 电路设计和研制应满足航空器件使用温度、湿度和震动等可靠性要求,结构小,重量轻,便于安装使用。

### 2.2 报警电路设计

根据以上要求,设计报警电路原理图如图2所示。该报警电路主要由电源稳压电路、传感电路、控制电路和报警电路4部分组成。其中,电源

稳压电路主要由电阻 $R_1$ 、电容 $C_1$ 和稳压二极管VD1组成,作用是传感电路、控制电路和报警电路提供稳定的电压;传感电路主要由二极管VD2、电阻 $R_2$ 和 $R_3$ 、三极管VT1组成,作用是探测起动机继电器K2是否粘连。控制电路主要由电阻 $R_4$ 和 $R_5$ 以及三极管VT2组成,作用时控制报警电路的工作;报警电路主要由二极管VD3、模块CD4011和蜂鸣器BL组成,作用是实现起动机继电器粘连后的报警。

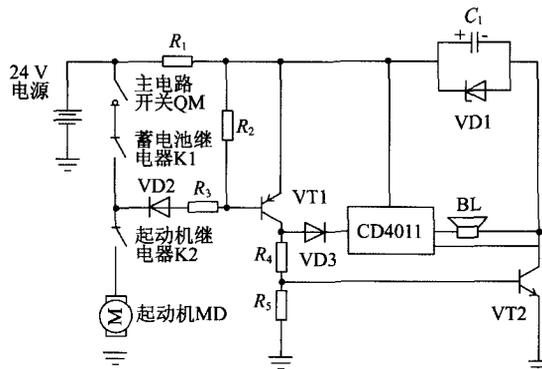


图2 报警电路原理图

### 2.3 报警电路原理分析

起动机继电器触点未粘连的正常情况:未接通主电路开关时,VD2不导通,VT1截止,报警电路和控制电路均不工作。接通主电路开关和起动机继电器后,加在VD2负极的电压为蓄电池电压,VD2截止,VT1截止,报警电路和控制电路均不工作。可见,该报警电路并不影响飞机电源系统的正常工作。经测试该电路在未工作情况下的自身功耗很低,约为几微安。

起动机继电器触点已粘连的故障情况:起动机继电器已粘连,则VD2通过起动机对电源负极导通,电源经 $R_2$ 和 $R_3$ 的分压使VT1导通,VT1电极电压一方面通过 $R_4$ 和 $R_5$ 的分压使VT2导通,另一方面通过VD3输入到CD4011,触发蜂鸣器。

## 3 电路测试

### 3.1 抑制干扰的措施

在将加改装的电子设备安装前,还要对电路进行EMC测试,以保证机上众多的电子设备互不干扰,正常工作。为此,从抑制干扰源、抑制干扰的耦合通道和提高敏感电路的抗干扰能力三方面

进行设计,主要包括以下措施:

(1) 信号线、电源线用双绞线或屏蔽线;用屏蔽罩覆盖干扰源,同时将屏蔽罩接地等。

(2) 低电平信号传输使用绞合线,同时将信号线靠近机架;使用屏蔽信号线;对信号导线的屏蔽层进行绝缘处理;使接地线尽量短;将机壳地线与电路地线分开;设计时避免使地线形成环路等。

(3) 将干扰地线与机壳地线分开;使用屏蔽罩进行屏蔽等。

### 3.2 电路测试

将报警电路装机后,进行了三个月每天约6h的地空通电功能测试和干扰测试。该电路在实现其设计功能的同时,未对机载设备产生干扰,符合民用航空电子设备电磁兼容性要求 RTCA/DO-160E《机械设备环境条件和试验方法》的标准<sup>[6]</sup>。

## 4 结 语

该起动机继电器粘连报警电路具有重量轻(加上3根各1.5m的连接导线在内约为200g)、报警功耗低(<30mA,24V)、设计巧妙、工作可靠、安装使用简便、成本较低等特点。通过装机试

验达到了设计使用要求,目前已安装使用。该报警电路成功地解决了该型飞机起动机控制系统设计上存在的缺陷,提高了人机安全裕度,且对飞机的正常工作没有安全影响,符合飞机固有适航性要求,具有在类似机型中较高的推广应用价值。

### 【参考文献】

- [1] 钟栋梁. 飞机电器事故故障的检查和分析方法[M]. 北京:蓝天出版社,1993.
- [2] 冯又欣. 老龄飞机电子系统线路故障的维修及预防[J]. 航空维修与工程,2010(3):49-51.
- [3] 欧仁侠,陈洪斌,张华磊,等. 电子测试技术在飞机维修中的应用[J]. 中国科技信息,2010(17):132.
- [4] 承文新,范春艳,姚斌,等. 一起接地距离保护误动作事故的分析 and 对策[J]. 继电器,2007,35(9):75-78.
- [5] 张宏英,沈军权. 数控直流提升机启动故障的分析与处理[J]. 矿山机械,2010(4):61.
- [6] RTCA/DO-160E 机载设备的环境条件和测试程序[S]. 2004.

收稿日期:2012-12-04

(上接第51页)

- [14] DEHGHAN S M, MOHAMADIAN M, YAZDIAN A. Dual-Input Dual-Output Z-Source Inverter[C]. IEEE Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE), California, USA, 2009:3668-3674.
- [15] MU X B, WANG J H, XIANG H, et al. Dongying

Yang Study on a nonlinear control strategy for three-phase voltage sources PWM DC/AC inverter based on PCH model [C]. Electrical Machines and Systems (ICEMS), 2011 International Conference on 2011:1-4.

收稿日期:2013-01-21

(上接第55页)

### 【参考文献】

- [1] 汪畅,尹项根,张哲. 基于嵌入式操作系统的微机保护监控系统的研究[J]. 电力系统保护与控制. 2008(15):60-64.
- [2] Al-NASSERI H, REDFERN M A, O' GORMAN R. Protecting micro-grid systems containing solid-state converter generation [C]. International Conference on Further Power Systems. Amsterdam, Holland, 2005: 670-674.
- [3] 文康文,赵建国,丛伟. 含分布式电源的配电网故障检测与隔离算法[J]. 电力系统自动化,2011(9): 25-29.

- [4] 许晓锋. 配电网自动化技术问题初探[J]. 科技资讯,2010(2):98.
- [5] 吴欢. 探讨配电网自动化系统及继电保护的关键技术[J]. 广东科技,2009(20):153-154.
- [6] 杨理践,李春光,高松巍. 基于嵌入式系统管道内检测数据的存储模块设计[J]. 沈阳工业大学学报. 2009(1):69-72.
- [7] GIRGIS A, BRAHMA S. Effect of distributed generation on protective device coordination in distribution system [C]. Large Engineering Conference on Power Engineering Halifax, Canada, 2011:115-119.

收稿日期:2013-03-14