

航空电子设备故障诊断技术研究综述

李鹏飞¹ 刘伟¹ 徐波¹ 问钰强¹ 王雪婷²

1 西安航空电子科技有限公司, 陕西 西安 710075

2 航空工业沈阳飞机工业(集团)有限公司, 辽宁 沈阳 110850

[摘要] 目前, 随着国家航空航天科技的飞速发展, 各类电子设备的使用也在不断增加, 与此同时, 航空电子设备的故障问题也在不断地变得更加复杂, 这给电子设备的故障诊断带来了很大的困难。在此基础上, 本文首先介绍了航空电子设备的故障类型, 并探讨了航空电子设备的故障诊断技术方法, 以此来有效地保障航空电子设备的运行与稳定, 促进我国航空电子事业继续向更高的目标与方向发展。

[关键词] 电子设备; 航空; 故障诊断; 自动检测

DOI: 10.33142/aem.v5i9.9734

中图分类号: V243

文献标识码: A

Summary of Research on Fault Diagnosis Technology for Avionics Equipment

LI Pengfei¹, LIU Wei¹, XU Bo¹, WEN Yuqiang¹, WANG Xueting²

1 Xi'an Avionics Technology Co., Ltd., Xi'an, Shaanxi, 710075, China

2 Aviation Industry Shenyang Aircraft Industry (Group) Co., Ltd., Shenyang, Liaoning, 110850, China

Abstract: At present, with the rapid development of national aviation and aerospace technology, the use of various electronic devices is also increasing. At the same time, the fault problems of aviation electronic devices are also becoming more complex, which brings great difficulties to the fault diagnosis of electronic devices. On this basis, this article first introduces the fault types of aviation electronic devices and explores the fault diagnosis technology methods of aviation electronic devices. This effectively ensures the operation and stability of avionics equipment, and promotes the continued development of Chinese avionics industry towards higher goals and directions.

Keywords: electronic equipment; aviation; fault diagnosis; automatic detection

随着中国国民经济的快速发展, 尤其是在现代信息技术的支持下, 我国航空电子设备的总体结构日趋复杂, 设备的自动化程度也在不断提高。在相同的设备中, 各部件间的信息不但越来越紧密, 而且越来越复杂。因此, 在进行设计使用的时候, 必须要确保其拥有一种整体性的运行方式。一旦电子设备中的某一个环节发生了严重的故障, 就会引起一连串连锁反应, 使电子设备失效, 轻则停机, 重则会对航空电子设备造成毁灭性的影响。为此, 需要对航空电子设备的故障做出全面的判断与分析, 并将更为先进的故障诊断技术引入到航空电子设备中, 才能确保航空电子设备的稳定运行。

1 分析电子设备故障的方法

通过对电子电路的分析, 可以对电路中的各节点、各端的有关信息进行分析, 以便对电路中的各节点、各端进行故障检测与诊断。通过采集的电子线路中的节点信息, 可以精确地判断出设备的运行状态、失效位置以及可能的失效危险。要对电子产品的实际使用状况进行科学判断, 并对维护工作进行有效的警示标志。

数字电路设备中包含了元件、电路、设备等的物理失效, 包含了各种各样的风险和不确定因素。通过对故障的

科学分类, 选取典型故障如: 固定故障、瞬态故障、桥故障等, 以实现故障的精确辨识、对设备的影响、对故障的定位。在对电路进行诊断时, 主要采用了详细测试法、伪计算测试法、测试码生成法, 其中详细测试法主要是把需要的码输入到电路中, 再对电路进行判断, 并对电路的输出进行检验, 看看其与对应的逻辑函数是否一致。其次, 伪穷举法, 以穷举法为主, 使得各种电路均可使用, 从而降低了需要进行的实验次数, 提高了实验的可行性。并在此基础上采用了检验代码产生方法。该方法能够有效地解决在完成测试过程中出现的大量数据和耗时较长的问题, 确定可能发生的错误。

2 航空电子设备常见故障类型

2.1 自动检测设备故障

在整个航空电子系统中, 自动测试装置是一个非常关键的组成部分。如果将这个自动测试装置展示在主板上, 就很可能发生主板连接不上、线路连接不上等问题。一般情况下, 航空电子设备采用的是封装式的处理方式, 当一个自动化的装置检查模组中有一个破坏性的错误时, 就很难对有问题零件进行完整的辨识和分析。要达到这个目的, 可以将一个连接端口连接到一个需要进行局部焊接

的装置母板上。但因处于腐蚀性液体,湿度大、温度高、压力大等环境中。

2.2 航空电源设备故障问题

由于航空电子设备的每一个工作模组中均含有电子元件,因此,电子故障已逐步发展为一种普遍的故障模式。这类装置是航空设备的重要能源来源,其发生故障的原因多为供电暂态过负荷,或供电中断引起的短路。稳压芯片是稳压电源的重要组成部分,所以,在进行故障检测时,要适当重视对电压晶片的检测与调谐,再对其他软件做相应的测试。

2.3 计算机控制系统故障问题

计算机控制系统是系统中的一个关键部件,它的失效往往与计算机自身的代码和乱码有关。随机码是影响计算机信号处理的一个重要因素,而它的内容则是由于显示器控制系统出现故障而导致的。所以,一般情况下,不能对所安装的新号码进行更换,显示处理器在工作内容的检测上会出现错误,所以,必须通过处理器的检测工作状态,来对设备的系统故障进行有效的评估。

3 对航空电子设备故障诊断方法进行合理分类

3.1 采取信号处理方法进行故障诊断

信号处理方法是利用自回归、滑动平均、函数、小波变换等多种方法来进行的。通过对可测量信号的分析,提取相应的振幅变化频率的相关特征量,从而实现对航空电子设备的诊断。其中,小波变换法作为一种分析方式,该方法的频谱特征范围很广,适合于对相对稳态信号的奇异点进行分析,并可用于对所收到的信号进行小波处理。有变化的迹象,不需要再考虑改变后的奇异性,就可以确定奇异性的位置。小波变换方法可以科学地区分噪声与突变,具有较高的精度和敏感性,可以有效地消除噪声,但在大规模场合可能会造成时间拖延,从而影响到诊断的效果。近年来,人们对小波分析方法进行了大量的研究,并得到了广泛的应用。另一种是主成分分析,它可以通过压缩数据来抽取出最重要的信息,从而实现在线诊断。在实际生产中,一般都是用于大范围、快速变化的过程监测。而主成分分析则是通过对各属种的历史数据进行分析,从而建立主成分模型。当测量到的信号和主元模型不一致时,就可以确定是出了问题,并对其进行了数据收集和分析,从而排除问题。主成分分析方法能有效地检测出大量的复杂信息,并能为信号和处理方法提供更多的特征量。

3.2 利用解析模型进行故障检测

解析模型诊断方法,主要是利用数学模型来确定被诊断对象的数据模型,并对其进行检验和诊断。目前,已有的研究主要有两类:状态估计法和参数估计法。采用该方法对故障进行诊断时,应先求出残差,即实际系统和状态观测器得到的残差。通过对这些残差的提取,可以方便地进行故障类型的识别和定位。在现阶段,对于解析模型法

的研究虽然已经比较深入,但因为其数学建模对象不够准确,从而影响了其应用效果。

3.3 知识化故障检测法

在当今社会,人工智能、云计算等新兴技术已经成为推动新技术进步的主要力量。以航空电子设备的故障诊断为实例,说明了人工智能技术与计算机技术的结合,为航空电子设备的故障诊断奠定了理论基础,并设计了基于知识的诊断模式,这种模式不需要一个确定数据准确的模型,而且还具备了智能化的特点,可以灵活地运用。以知识故障诊断的方式为基础,可以将其分为专家系统故障诊断、神经网络故障诊断、故障树模型等。下面将对这些方法做一个简要的介绍:第一,专家系统故障诊断法。在使用计算机获得了与诊断目标有关的数据信息之后,要对各种不同的规则进行全面的推断。在此基础上,运用多种方法,向使用者询问有关资料,并明确最后的阻碍及可能产生的阻碍。在此基础上,提出了一种基于数据库、推理引擎和人机界面的故障诊断技术。第二种是神经网络诊断方法。它的目的就是为确认故障和召唤的联系,从而判断出机器是否正常运转。由于实际情况的复杂性,很难将故障和征兆的关系直接确定出来,也就不能用精确的数据模型来表达。此外,因为故障状态的不确定,所以也就不能确定最后的诊断结果和故障发生的确切位置,于是就有了神经网络故障诊断方法。此法比较简便,使用方便,且能直接得出结论。第三个是故障树模型。它是一种特殊的因果模式,它的理论基础是被诊断客体的功能特性和真实的结构。通过逻辑闸对最不愿意发生的和最有可能发生的两个事件进行描述,从而得到一个能够充分反映特征矢量和故障矢量间逻辑关系的倒数。在利用故障个数的方法进行故障查找时,根据查找方法的不同,可分为两种方法:逻辑推断和最小割集。两种诊断方法均具有常规和量化两种诊断方法的优点。另外,借助神经网络进行故障诊断。目前,航空电子设备的故障诊断大多采用的是故障模式识别方法。然而,由于ANN本身具有自学习、自组织、联想和记忆等特点,使得常规的模式识别方法不能很好地解决这些问题。目前,神经网络诊断是一个新兴的技术热点,受到了各个领域的关注和推崇^[1]。

4 航空电子设备故障诊断技术分析

4.1 电子电路故障诊断

数字电路故障诊断方法。在实际应用中,很多电路、设备、元件都会出现各种故障。所以,要精确定位电路的故障部位,就需要对其进行正确的归类,也就是对其进行建模。为此,可以采用伪穷举检验,检验代码产生等方法来解决这类模型失效问题。伪穷举检验法是建立在伪算法的基础上的,它将电路分割得很好,可以对每一个单独的电路都做详细的试验,这样做可以有效地降低检测次数,确保数字电路装置的正常工作。在实际应用中,测试代码

产生方法主要是从各个角度对电路中的缺陷进行全面的检测,并采用D算法与布尔差分法来产生测试代码,从而确保了对缺陷的准确与科学的定位^[2]。

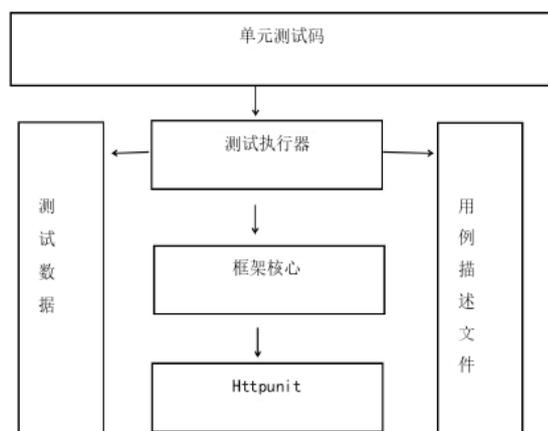


图1 测试码生成流程图

模拟电路故障诊断。近年来,随着非线性系统理论的发展,模拟电路故障诊断技术得到了很大的发展,其研究方向主要有:测试前的仿真诊断和测试后的仿真诊断。第一,测试前的仿真实验。其中,测试前仿真技术的一个代表方法是“故障词典”,该技术通常用于模拟电路的故障诊断,常用的反应方式主要是采用计算机平台进行模拟,并且也可以对真实电路进行模拟。一般情况下,要获得测试过程中所用到的相对应的特性,然后以此为基础来寻找故障。第二,测试后仿真实验。该系统的主要特征是以实测数据为基础建立模型,所以在试验结束后,有两种方法可供选择:一种是参数化辨识法,另一种是故障确定法。首先,以系统的拓扑关系为出发点,利用系统的输入激励与输出响应,对系统的参数进行辨识,利用系统的参数容差,对系统的参数进行辨识,之后通过寻找参数容差边界,从而辨识出网络中的错误元件。这些参数的确定也叫作组分值的溶解问题。二是错误确认技术,其核心思想是对错误进行预测,并依据所测得的结果来判断错误的合理性。当两种假说都符合时,就将其剔除;而当电路中的故障种类较多时,检测与检验每一种假说所需的工作量就会较大。为降低计算复杂度,同时兼顾模拟电路容差,常采用网络分割法(又称电路切割法)。一般来说,这样的诊断方式,可以有效的提高诊断的效率^[3]。

4.2 电子设备故障诊断

在实际应用中,故障诊断就是对故障进行辨识、分类的问题。本文介绍了几种常用的故障诊断技术,包括信号处理技术、模型解析技术以及基于知识的故障诊断技术。第一,一种以信号处理为基础的探测方法。在实际应用中,信号的频谱变化、函数的变化、波形的变化,都是通过对信号的建模来进行的。用来对可测量的信号进行分析,并

对它的自值点进行辨识,以便进行误差的检测。第二,一种解析模型。依据被诊断物的数学模型,对所测数据要进行正确的处理与诊断。对被测目标的准确数学模型进行对比,重点是将被测目标的可测性信息与被测目标的模型描述性信息进行对比,进而对被测目标的误差进行分析与处理,实现故障诊断。第三,以知识为基础的故障诊断方法。对于知识性故障诊断方法,不需要建立准确的数学模型,而是以神经网络故障诊断为主、专家系统故障诊断为主。故障诊断专家系统。是一种由计算机根据不同的原则(专家经验),在采集了被诊断对象的信息,并在任何时候调用了不同的应用软件,从而进行一系列的推论。在使用这些软件时,向大多数用户请求一些信息,从而可以很快的找出最后的或者最可能存在的错误,并得到用户的确认。通常专家系统故障诊断方法的组成内容如图2所示^[4]。

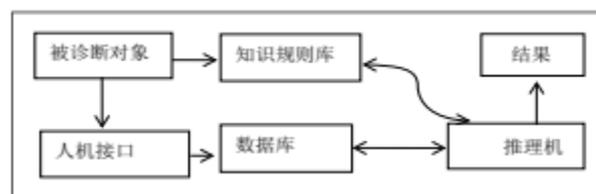


图2 故障诊断专家系统结构图

5 航空电子设备故障诊断的发展展望

经过了数十年的发展,航空电子设备的故障诊断技术已经形成了多种诊断模式,并且取得了很好的成果。比如,远程智能诊断技术能够对空间飞行器等大型复杂装备进行诊断、预警、规避各类事故。在国内外大型企业的设备控制中,可以使用电子设备系统诊断方法,从而确保设备的稳定、可靠地运行。在目前的航空电子电路测试中,设计者应本着可测试性设计的理念,对故障检测进行研究和推广,并建立起一套完整、系统的测试可操作标准。这些年来,随着计算机和人工智能技术的不断进步,故障诊断系统也在不断地进步。特别是在电子器件的故障诊断方面,人工智能技术得到了越来越多的重视和应用。接下来,就是关于电子产品故障诊断的未来发展方向了。第一个方面,对问题的解决方法进行了创新性研究,要正确运用新的理论,确保电子设备的故障诊断技术向现代化发展,如小波变换方法、信息融合方法等,必须对其进行深入的理论研究,以确保故障诊断的正确性。第二个方面,研究了故障信息的提取方法。为了确保故障诊断结果的正确性,必须获得准确的故障信息。比如,多感应器信息融合不能用于故障诊断,其主要原因是很难从多个方面获得故障的信息,从而导致了故障不能得到有效的修复。因此,在这一阶段,需要对远程故障专家系统进行深入的研究,及时获得离战场较远的专家的帮助和辅助

指导,提高故障的维修效率^[5]。

6 结语

故障检测技术,其自身具有普遍性,在目前阶段,尽管在理论上已经取得了一些成果,但是实际应用的实例还很少,特别是在航空电子设备的检测系统中,更是很少有实际应用。因此,有关部门应当学习先进的理论依据,加强对实际案例的有效探讨,强化对复杂的航空电子设备故障的分析和诊断,构建一个现代化、智能化、科技化的故障诊断平台,推动航空电子设备的维护和升级,保障我国的国防发展。

[参考文献]

- [1]王灿.航空电子设备故障诊断技术研究[J].电子元器件与信息技术,2021,5(12):24-25.
- [2]蒋成刚.航空电子设备故障诊断技术研究[J].光源与照明,2021(5):82-83.
- [3]张晓敏.关于航空电子设备故障诊断技术的分析[J].电子测试,2021(1):113-114.
- [4]贾乔博.关于航空电子设备故障诊断技术的分析[J].汽车博览,2022(18):7-9.
- [5]周尹.航空电子设备故障诊断技术[J].中国航班,2019(22):23-25.

作者简介:李鹏飞(1988—),男,籍贯陕西,西安航空电子科技有限公司,主要从事无线电通信、导航及航空电子方向研究。