

文章编号: 2096-1618(2018)03-0258-03

电子产品的可靠性预计分析

蒋秦芹, 文亮波

(中国电子科技集团公司第三十研究所, 四川 成都 610041)

摘要:讲述了可靠性预计的目的和用途,介绍了常见的几种可靠性预计方法的特点和适用场合,并以某型产品为例详细说明了如何采用应力分析法进行产品的可靠性预计。

关键词:可靠性预计;基本可靠性;可靠性模型;失效率;应力分析法

中图分类号:TP202+.1

文献标志码:A

doi:10.16836/j.cnki.jcuit.2018.03.006

1 可靠性预计的目的和用途

产品的可靠性是指产品在规定的条件下、规定的时间内,完成规定功能的能力^[1],可靠性是产品通用质量特性的重要组成部分,是衡量产品质量的重要指标。产品的可靠性一般包括定量和定性要求。可靠性预计目的是给出可靠性的量化值,它是衡量可靠性定量要求是否达到指标的重要手段。

可靠性预计在产品研制过程中发挥了非常重要的作用,研制阶段的早期它可以为方案选择和优化提供数据支撑依据,研制阶段中期则可以及时查找薄弱环节,提出相应改进措施,实施有效的设计改进,在鉴定验收阶段它可以作为可靠性指标验证提供依据^[2]。

因此,可靠性预计是可靠性工程的重要环节,是产品研制过程中必须掌握和开展的技术。

2 可靠性预计的方法

可靠性预计的常见方法有:相似产品法、评分预计法(专家评分法)、元件记数法和应力分析法^[3]。各种方法的适用范围和特点如表1所示。

可靠性预计随着产品研制阶段推进,关注点和所采用的方法有所不同。方案阶段主要关注产品的总体情况、功能指标要求和结构要素,确定产品实现所采取的技术体制和设计思路,选定主要器件型号,形成初步物料清单。在该阶段通常采用相似产品法或元件计数法,结合工程经验,对产品的可靠性进行预计,对产品可靠性设计进行初步定量分析,为产品方案提供决策依据。在初步设计阶段,已有产品的组成明细、设计图

纸,可采用元件计数法或评分法预计系统的可靠性,对预计的可靠性量值进行分析,改进设计中的薄弱环节,提升产品可靠性。在详细设计阶段,可利用产品的工作环境和使用应力信息,采取应力分析法获得产品各组成单元较准确的可靠性预计量值,为产品的故障模式、影响及危害分析提供支撑,为进一步改进设计提供依据。

表1 可靠性预计方法

方法名称	适用范围	特点
相似产品法	电子产品、非电子产品	利用相似成熟产品的可靠性数据得到,适用于系列开发的产品
专家评分法	电子产品、非电子产品	产品可靠性数据缺乏时,利用专家未经整理成文的,存在头脑的先验只是来进行评估,较大程度取决于评估专家的经验 and 理论水平
元器件计数法	电子产品	较为快速的预计方法,适用于每种通用元器件的数量已经基本确定的情况
应力分析法	电子产品	是最精确可靠的可靠性预计方法,适用于所使用的元器件规格、数量、工作应力和环境、质量系数等应该是已知或者可以确定的,

3 可靠性预计示例

依据 GJB813-90《可靠性模型的建立与可靠性预计》^[4],可靠性预计的一般步骤包括:

- (1)梳理产品各单元的接口和功能关联,明确各单元之间的故障逻辑关系,绘制产品可靠性框图,建立可靠性模型;
- (2)预计各组成单元的可靠性;
- (3)根据产品可靠性模型预计其可靠性。

单元可靠性预计方法可以根据情况采用表1中的预计方法。在获得产品各组成单元可靠性预计数值后,根据产品可靠性数学模型,计算产品可靠性预计数

值。产品可靠性一般分为基本可靠性预计和任务可靠性预计,两种预计方法都是基于各自的可靠性数学模型进行预计。产品中常用基本可靠性量化指标 MTBF 平均故障间隔时间来作为产品的可靠性指标。下面以某型产品为例,详细介绍基于应力分析法进行产品基本可靠性预计的过程。

该型产品由 3 个模块单元 L1、L2、L3 组成,其中 L2、L3 模块硬件结构相同。产品安装位置为直升机机内,使用环境的类别为直升机,工作环境温度为 50℃。在该工作条件下计算产品所使用的电子元器件失效率,开展可靠性预计工作。

首先,按照 GJB 813-90《可靠性模型的建立和可靠性预计》中的相关要求,建立基本可靠性模型,可靠性框图如图 1 所示。

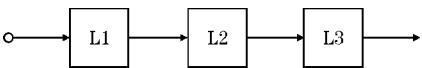


图 1 产品可靠性框图

从图 1 可知,该产品可靠性模型为 3 个模块的串联模型,总失效率为

$$\lambda_s = \sum_{i=1}^n N_i \lambda_{i\text{模块}}$$

(1)

式中: λ_s 为设备的总失效率(或故障率); $\lambda_{i\text{模块}}$ 为第 i 种模块的工作失效率; N_i 为第 i 种模块的单机数量; n 为设备所用模块的种类数目。

由于 L2、L3 模块的硬件结构相同,工作条件一致,即失效率相同,结合式(1)可知,计算该产品的总失效率仅需要获得 L1 和 L2 模块的工作失效率,即可计算出该产品的可靠性预计值。

其次,采用元器件应力分析法分别计算 L1 和 L2

模块的工作失效率。L1 和 L2 模块工作失效率计算同样采用串联模型,即所有元器件简化为串联方式,其数学表达式为

$$\lambda_{\text{模块}} = \sum_{j=1}^m N_j \lambda_p$$

(2)

式中: $\lambda_{\text{模块}}$ 为模块的工作失效率(或故障率); λ_p 为第 j 种元器件的工作失效率; N_j 为第 j 种元器件的单模块用量; m 为模块所用元器件的种类数目。

模块的工作失效率计算表格如表 2 所示,将模块内部所有电子元器件工作失效率汇总后按式(2)计算。

最后,对 L1 和 L2 模块内部使用的所有电子元器件工作失效率进行计算。计算方法见 GJB299C《电子设备可靠性预计手册》的相关规定,根据电子元器件所属类别,结合该产品的环境类别和工作环境温度,以及是否为国产器件等条件,计算各电子元器件工作失效率^[5]。

除微电路外,大多数元器件的失效率 λ_p 与环境系数 π_E 、质量系数 π_Q 等一系列 π 系数相连乘的形式,不同的元器件有不同的计算故障率模型,如下式是晶体管和二极管的失效计算模型:

$$\lambda_p = \lambda_b (\pi_E \pi_Q \pi_R \pi_A \pi_{S2} \pi_C)$$

(3)

式中: λ_p 为元器件工作失效率(1/h); λ_b 为元器件基本失效率(1/h); π_E 为环境系数; π_Q 为质量系数; π_A 为应用系数; π_R 为电流额定值系数; π_{S2} 为电压应力系数; π_C 为配置系数。

每种器件的计算模型、基本失效率、环境系数、质量系数等参数可以在 GJB299C 和 MIL-HDBK-217F^[6] 进行查找,从而计算其对应的工作失效率,将结果填入表 2。

表 2 模块工作失效率汇总表格示例

编号	器件名称	型号规格	类别	生产厂家	质量等级	数量	工作失效(10 ⁻⁶ /h)	
							λ_p	$N\lambda_p$
1	二极管	IN5242	硅稳压二极管	873 厂	A5	1	0.20876	0.20876
2	电阻	RMK1608MB103JM	片式厚膜固定电阻器	振华云科	A1M	35	0.02415	0.84525
3	电容	CT41G-0402-X7R-16V-0.1μF-K(N)	片式瓷介电容	泉州火炬	A2	15	0.02366	0.35490
...
合计						788	62.0138	

完成所有电子元器件工作失效率的计算后,结合式(2),可以得出每个模块的工作失效率预计结果,再根据式(1)计算得到产品的可靠性预计数值,从而完成产品的可靠性预计工作。

从上可知,采用元器件应力分析法预计产品基本可靠性可分为两个方面的工作,一是按产品层次划分

方式自上而下建立可靠性数学模型,二是根据模型从下往上依次计算各层次的工作失效率。在计算工作失效率时,当产品的集成度较高,电子元器件较多,计算量较大时,为提升工作效率,可借助专业软件进行电子元器件工作失效率的计算。

4 结束语

讲述了可靠性预计的重要性,以及可靠性预计的方法、步骤,并以实际例子详细说明了如何进行可靠性预计。由于产品种类和使用环境的复杂性,目前的可靠性预计方法还存在不能完全考虑所有影响产品可靠性、不能全面反映新器件、新工艺对可靠性的影响等诸多不足,但是这些不足之处并不能抹煞可靠性预计在对于评价产品的可靠性水平及预防、发现、和纠正产品设计、制造和使用过程中出现的缺陷的重要意义。

参考文献:

[1] GJB451A-2005,可靠性维修性保障性术语[S].
[2] 韩庆田,刘梦军.可靠性预计及其发展趋向[J].电子标准化与质量. 2001(5):23-27.
[3] 曾利伟,吕川.可靠性预计方法及思考[J].电子质量,2005(9):28-30.
[4] GJB813-90,可靠性模型的建立和可靠性预计[S].
[5] GJB299C,电子设备可靠性预计手册[S].
[6] MIL-HDBK-217F,美国军用手册电子设备可靠性预计[S].

Reliability Prediction Analysis of Electronic Products

JIANG Qin-qin, WEN Liang-bo

(NO. 30 Research Institute, China Electronics Technology Group Corporation, Chengdu 610041, China)

Abstract: This article describes the purpose and use of reliability prediction, and introduces the characteristic and applications of several common reliability prediction methods. Giving a certain production as an example, this paper explains in detail how to use the stress analysis method to predict the reliability of products.

Keywords: reliability prediction; basic reliability; reliability mode; failure rate; stress analysis method