

综
述
与
评
论机车车辆电子装置标准
的技术发展和探讨

严云升, 范祚成

(株洲南车时代电气股份有限公司 技术中心, 湖南 株洲 412001)



作者简介: 严云升 (1940 -), 男, 高级工程师 (教授级), 从事电力机车微机控制系统的开发设计工作。

摘 要: 从电子产品的通常使用条件、绝缘性能试验中的一些问题、产品的可靠性及可维修性、软件设计方法和电磁兼容试验 5 个方面阐述机车车辆电子装置国标上的技术发展, 对以往执行过程中的一些问题进行探讨, 以便于理解和执行 GB/T 25119—2010 标准。

关键词: 机车车辆电子装置; 通常使用条件; 绝缘性能; 可靠性; 可维修性; 软件设计; 电磁兼容

中图分类号: U260; U270 文献标识码: A 文章编号: 1000-128X(2011)04-0005-06

Technic Development and Discussion of Electronic-installation Standards for Rail Vehicle

YAN Yun-sheng, FAN Zuo-cheng

(Technology Center, Zhuzhou CSR Timers Electric Co., Ltd., Zhuzhou, Hunan 412001, China)

Abstract: Technic development of electronic-installation national standards for rail vehicle was presented from 5 aspects, i.e. common service conditions of electronic products, problems of isolation performance test, reliability and maintenanceability of products, software designing method and EMC test. Some problems of previous implementation were discussed, so as to help understanding and executing GB/T 25119—2010.

Key words: rail vehicle electronic installation; common service conditions; isolation performance; reliability; maintenanceability; software designing; EMC

0 引言

机车车辆电子装置标准是轨道交通机车车辆上所有电子装置的母标准, 它规定了电子装置的通用要求和试验方法, 各项电子产品标准都须遵循该标准。

2001年发布了铁标TB/T 3021—2001《铁道机车车辆电子装置》, 它修改采用IEC60571:1998, 并结合国内的情况对一些指标和试验方法作了修改补充。新近发布的GB/T 25119—2010《轨道交通 机车车辆电子装置》, 它修改采用了IEC60571:2006, 同时保留了大部分的TB/T 3021对IEC60571:1998的修改内容。

IEC60571《机车车辆用电子装置》从1998版本发展到2006版本, 增加了一些新的内容, 这直接与这段时间IEC发布的一些与电子装置关联的标准密不可分, 它们是:

IEC60077-1:1999《铁路应用 机车车辆电气设

备 第一部分: 一般使用条件和通用规则》;

IEC62278:2002《轨道交通 可靠性、可用性、可维修性和安全性(RAMS)规范及示例》;

IEC62279:2002《轨道交通 通信、信号和处理系统 轨道控制和防护系统软件》;

IEC62236:2003《轨道交通 电磁兼容》(系列)。

上述4项标准中, 除第3项外其余3项已等同转化为国标, 分别为:

GB/T 21413.1—2008 等同采用 IEC 60077-1:1999;

GB/T 21562—2008 等同采用 IEC 62278:2002;

GB/T 24338—2009(系列) 等同采用 IEC 62236:2003。

除了以上一些标准外, 对国标GB/T 25119—2010影响较大的还有TB/T 3213—2009《高原机车车辆电工电子产品通用技术条件》, 该标准规定了满足低海拔使用要求的常规型产品(海拔 1 400 m及以下)及在常规型基础上改进提高以满足高海拔地区使用的高原型电工电子产品。

收稿日期: 2010-11-01

下面就电子产品的通常使用条件、绝缘性能试验中的一些问题、产品的可靠性及可维修性、软件设计方法和电磁兼容试验5个方面来阐述GB/T 25119—2010标准的技术发展并探讨一些疑惑的问题。

1 电子产品的通常使用条件

电子产品的通常使用条件中至少应规定海拔、最高和最低工作温度(包括储存温度)、相对湿度、冲击振动条件和安装条件。其他条件如电磁环境、污染条件、过电压类别以及生物条件、化学和机械活性物质等视产品具体情况作相应规定。关于电子产品的使用条件及其对性能的影响,详见文献[1]。

1.1 海拔

在IEC60571的1998版本和2006版本中,海拔只规定为1 200 m。在TB/T 3021—2001中虽将海拔规定为2 500 m,以适应干线机车运行在全国大部分地区的要求,但未对产品性能,尤其是绝缘性能,规定修正措施,显然这样的修改是不科学的。GB/T 21413.1—2008《铁路应用 机车车辆电气设备 第1部分:一般使用条件和通用规则》^[2]中规定海拔为1 400 m。在标准TB/T 3213—2009《高原机车车辆电工电子产品通用技术条件》^[3]中,将海拔分成4级:1 400 m、2 500 m、4 000 m和5 100 m。其中1 400 m为常规型产品,而其余3级为高原型产品,分别冠以G2.5、G4.0和G5.1标示。高原型产品可以用在它标示的海拔及以下的地区。在GB/T 25119中海拔规定为不超过1 400 m(即为常规型产品),同时在注中规定:对预定工作在海拔2 500 m等级的设备,其工频耐受电压应乘海拔修正系数 K_a ($K_a=1.145$)。海拔修正系数的修正基准点为1 400 m, $K_a=1.145$ 来源于文献[3]。关于海拔对绝缘的影响以及外绝缘随海拔升高的修正方法解释见文献[1]。文献[2]规定了常规型产品的工频耐受电压,该耐受电压乘以海拔修正系数就得到试验地点与工作点海拔不同时,在试验地点应加的耐受电压。

1.2 最高工作温度和最低温度

GB/T 25119的4.1.2条中规定3种最高温度:机车车辆外界最高环境温度+40℃,机车车辆内部空气温度+45℃,直接邻近电子元件处的空气温度+70℃。这里+40℃是指机车车辆外面的大气温度,+45℃指车辆内部各个隔室的空气温度,+70℃是指屏柜内部的空气温度。各个部件的温升以及进口风温与部件安装位置有关,对于车外安装的设备环境温度可以考虑为40℃,而对车内隔室安装的设备应考虑为45℃,而安装在屏柜内的电子装置则应按+70℃考虑。除此以外,标准GB/T 25119还规定短时(10 min)温度可达85℃。这点在TB/T 3021中是没有的。这是模拟机车在夏天日晒后刚启动通风机时的情况,10 min以后由于通风机启动后的冷却作用,空气温度会降到70℃以下。电子装置应在85

能够工作,不发生死机而丧失功能。为此在GB/T 25119的12.2.4条高温试验中规定,在70℃高温试验结束时,应选择一种重要工况,在85℃下保持10 min,功能不应异常。所选工况可以是牵引,也可以是电制动。

GB/T 25119的4.1.2条还规定了2种最低温度:工作温度为-25℃和储存温度-40℃。工作温度-25℃可以包括沈阳以南的广大地区。虽然-40℃可以覆盖全国各地,但从经济性考虑应定在-25℃。一般设计时按-25℃考虑,但同时应考虑如果需要在-40℃下工作,只要采取某些相应措施(作为特殊订货考虑)而无须进行大改动的可能性。

电子器件中民品级的工作温度为0~70℃,工业品级的工作温度-25~85℃,军品级的工作温度为-50~125℃。对于轨道交通过用的电子装置一般应选用工业品级。由于军品级价格可能为工业品级的许多倍,所以要慎选军品。关于最高和最低工作温度的更详细说明以及它们对性能的影响见文献[1]。

1.3 相对湿度

一年当中的每个季度、每个月甚至每一天,其空气相对湿度一般都在发生变化,气温也同样在变化,绝对湿度会随着温度和湿度的变化而发生变化。在产品技术条件中,湿度一般用相对湿度及最湿月的平均最低气温来定义。

对于常规型产品,最大相对湿度定为95%(相应的月平均最低气温为25℃)。对G2.5高原型电器,最大相对湿度为90%(相应的月平均最低气温为17.5℃)。

由于湿度这一参数的复杂多变,在产品技术条件中只能笼统地大致作出规定,而最根本的问题是产品考核方法中规定的交变湿热周期数。GB/T 25119的12.2.5条规定了产品交变湿热试验的方法,高温为+55℃,低温为+25℃,周期数为2,时间为 2×24 h。两周期试验结束后,将样品放在正常的试验大气条件下恢复1~2 h,可以用手摇动或用室温空气吹风来去除产品表面的水滴。恢复后立即进行外观检查、绝缘试验和性能试验。

与电子产品不同,电工产品的交变湿热周期数为6。这是考虑到电工产品可能体积大、结构多样,而且不少电工产品有线圈、湿气不易渗透到内部、呼吸效应不如电子产品等原因。

1.4 冲击和振动

产品的冲击和振动条件已有GB/T 21563—2008《轨道交通 机车车辆设备冲击和振动试验》^[4]可循,它是等同采用IEC61373:1999。该国标发布后,原国标TB/T 3058—2002随之作废。

国标GB/T 21563规定的振动冲击条件与产品在机车车辆上的安装方式有关。对于直接安装在车体上(包括车内及车下)的设备(如直接安装在车体上的屏柜)应选用1类A级;对间接安装于车体上(如屏柜内

的单独设备)的设备应选用1类B级;对安装在转向架上的设备(如轴温传感器)应选用2类;对安装在车轴上的设备(如轴端安装的速度传感器)应选用3类。电子装置的安装方式大部分属于1类A级或B级,故国标GB/T 25119的12.2.11中的表4只列出了A级和B级的试验数据要求,对于2类和3类的试验要求直接见国标GB/T 21563。

国标GB/T 21563采用随机振动取代了老标准的正弦振动,更接近于轨道交通的实际情况。此外,纵向冲击加速度由原来的3g提高到5g,冲击波形不仅幅值要达到要求,而且对波形的底宽也有要求,这比较真实地反映了铁锤打击的情况。

2 绝缘性能试验中的一些问题

2.1 标称电压DC 110 V的耐压试验值

GB/T 25119的12.2.9.2中明确规定:对应于从72 V到125 V的标称直流电压(或交流50~90 V)其工频耐压试验值为1 000 V。而GB/T 21413.1表8中规定:额定绝缘电压 U_i 在60~300 V时工频耐压试验值为1 500 V。

国标GB/T 21413.1是对一般电工产品而言的,而国标GB/T 25119是针对电子装置规定的,主要是因为电子装置在各个DC 110 V引入处都并联有滤波电容,以有效消除电压上的尖峰毛刺,从而限制了过电压。另外,标准GB/T 21414—2008《铁路应用 机车车辆电气隐患防护的规定》^[5]中表1将DC 60 V < U_n < 120 V与AC 25 V < U_n ≤ 50 V划成 类,而按标准GB/T 21413.1, AC U_i < 60 V时,工频耐压试验值也为1 000 V。电子装置靠滤波限制过电压,从而可提高元器件密集度,使结构小巧紧凑。

2.2 测量绝缘电阻的作用

绝缘电阻的测量应是工频耐压试验前后不可省略的项目。其作用一是预检查,如果发现绝缘电阻过低则需先找原因采取措施,从而避免工频耐压试验时引起产品击穿的危害;二是通过绝缘电阻值的对比也可发现问题。如果工频耐压试验前后2次测得的绝缘电阻有很大差别,说明通过工频耐压试验后绝缘已经严重受损,虽然尚未发生击穿,但已经存在隐患,应设法补救或消除。

2.3 直流耐压试验的施加值

一般产品都用交流工频电压进行耐压试验,但少数带极性的产品不允许施加交流电压,此时应改用直流电压进行耐压试验。所施加的直流电压值不小于交流规定电压的峰值(即 $\sqrt{2}$ 倍),简单地说为交流规定电压的1.5倍。

2.4 耐压试验中电子0 V地的处理

耐压试验时电压施加在不同电压等级的信号电路之间以及信号电路和地之间。前者试验时通常把电压等级低的信号电路与地相连,这里的地指接机壳的屏

蔽地。在信号电路与地之间施加电压时,电子0 V地应与地拆除连接,把它作为信号来处理。

通常在±24 V、±15 V、+5 V与电子0 V地之间都接有耐压水平不高的滤波电容,如果将电子0 V地作为地处理,则这些器件可能因500 V耐压试验而击穿。有些设计中为限制某根信号线的尖峰电压而在该信号线与电子0 V地间接有电压抑制器件。这些器件也可能因耐压试验时电子0 V地处理不当而损坏。

2.5 湿热试验后的耐压试验值

耐压试验容易对产品绝缘性能产生损伤,所以不应重复多次试验,必要时可降低耐压试验值。对于组合设备试验以及作为其他试验的验证试验,可降低耐压试验值。标准中常出现规定耐压值的75%、85%和100%的要求。它们分别用于:

75% 用于介电强度验证。在工作性能试验和振动冲击试验后,必须进行介电强度验证。

85% 用于组合设备试验。单个设备虽已单独进行了耐压试验,但在组合后仍应进行介电试验(如成套设备、机车车辆上的各个电路),但试验电压为规定值的0.85倍。

100% 用于例行试验中各产品在常温下的介电试验,目的是考核工艺是否有缺陷;它也用于型式试验中交变湿热试验的最后检查,目的是考核产品受潮后的绝缘能力,以证实它符合使用环境的要求。交变湿热试验后不得降低耐压试验值的要求。

2.6 插件和整机试验

装配完工的插件应进行耐压试验,目的是检查PCB走线、元件安装是否过于靠近周围的金属部件。对于无金属框架的插件,试验电压加在互相短接的插头(座)芯子和装置的金属机箱(屏蔽地)之间;对带有金属框架的插件,试验电压加在互相短接的插头(座)芯子和框架(屏蔽地)之间。

装配完工的整机应进行耐压试验,目的主要是检查机箱在布线和安装电气或电子部件后的绝缘性能。试验时机箱不应带插件,即将机箱中的插件拔出。因为此时电子0 V地可能在机箱上已接至地。

3 电子产品的可靠性及可维修性

3.1 风险和安全完整性

GB/T 25119的10.2条功能性安全要求中指出:装置或系统的安全相关功能以及它们的安全完整性要求应根据GB/T 21562—2008《轨道交通 可靠性、可用性、可维修性和安全性(RAMS)规范及示例》^[6]的第4.3、4.6、4.7条来规定。4.3条是轨道交通RAMS的要素,从运行角度看首要的是可用性和安全性,而它们又依赖于产品的可靠性、可维修性以及运营管理和维修。可用性和安全性涉及整车和大系统,对具体产品而言主要是保证可靠性和可维修性。4.6条讲述风险的概念,

风险是导致伤害的危害发生概率及伤害的严酷等级。危害部件出现的频度分成6级:频繁、经常、有时、很少、极少和几乎不可能;危害的严酷等级分成4级:特大、重大、次要和轻微。根据频度后果矩阵来评估风险,定性的风险等级分成4级:不容许的、不希望的、容许的和可忽略的。4.7条讲的是安全完整性。安全完整性是在规定的条件下系统于给定时间内满意地实现所需求功能的可能性。安全完整性等级(SIL)分为0、1、2、3和4级,0级为没有安全性要求,4级为安全性要求最高的等级。安全完整性等级根据危害的严酷等级来决定。该标准按照ALARP(风险降到可行)原理,采取各种措施来降低风险,使风险降低到可接受的程度。关于这方面的概念在文献[7]“铁路产品的风险和安全完整性”一文中详细的叙述。具体需要采取的措施参见文献[8]“降低机车车辆电子产品及其系统风险的对策”。

3.2 电子产品的可靠性指标

可靠性指产品在规定的条件和规定的时间区间(t_1 、 t_2)内完成规定功能的能力。

可靠性包括:

指定应用中所有可能的产品失效模式与周围环境;

每个失效发生的概率,或者每个失效发生的几率;

失效对系统性能的影响。

电子产品的可靠性用实际平均无故障时间(AMTBF)表示,如 $AMTBF=10^4$ h,具体应在各产品的技术条件中规定。

首先要确定各个子系统的可靠性要求,然后再将该要求分配到组成该子系统的各具体产品上。各子系统的可靠性要求可由2种途径得到:一是按该子系统功能失效后的严酷等级从TB/T 3133—2006《铁道机车车辆电子产品的可靠性、可用性、可维修性和安全性(RAMS)》^[9]中查到允许的平均无故障时间;二是根据运行部门对整车的可靠性要求再分配到相关的子系统。关于可靠性要求及其分配参见文献[10]“电子产品的可靠性分析和评估”。

目前电子产品可靠性要求指标如下:

机车车辆上的子系统(电子产品)绝大部分的AMTBF应达到10 000 h;

列车运行安全装置和空气制动控制单元(BCU)的AMTBF应达到20 000 h;

少数子系统(如空调电源)的AMTBF可放宽到5 000 h。

3.3 电子产品的可维修性要求

可维修性指在规定的条件下,使用规定的程序和资源进行维修时,对于给定条件下的产品在规定的时间内,能完成指定的实际维修工作的能力。

可维修性包括:

执行计划维修的时间;

故障检测、识别及定位的时间;

失效系统的修复时间(计划之外的维修);

如需专用工具,制造厂应提供专用工具。

可维修性用恢复到正常状态平均所需的时间即平均修复时间(MTTR)来衡量,在产品技术条件中,应根据复杂程度的不同,给出各个主要部件更换所需的平均时间。

确定可维修性指标的一个难点在于如何识别、检测和定位故障以及确定为此所需要的时间。这在国标GB/T 25119的6.4条中有一些具体要求。为了不影响列车运行,车上诊断具有重要意义。这要求重要的电子部件能对自身以及相连的相关部件进行自动诊断,包括上电时的静态诊断以确定相关部件处于良好的正常状态,也包括运行中的动态诊断以发现故障的性质和故障的部件。动态诊断不得影响机车的正常运行,不能采用分、合某个部件的方法,而只能采用对比法。例如:比较给定电流和实际电流、给定速度和实际速度、各个速度传感器指示的差别、各牵引电机的电流和电压传感器指示的差别,从中发现系统的调节功能及某个传感器是否有故障。要做好故障前后的记录,以便机车回库后检修人员分析故障原因。除了部件级诊断外,还需要有整列车的诊断。即各部件将故障情况通过列车通信网络汇集到列车通信网络上的主设备,主设备要根据预定的故障升级原则决定整列车故障级别和应采取的措施,并通过显示屏告知司机。这样的车上诊断系统可为地面维修时识别和定位故障带来很大的方便,大大节省地面查找故障的时间。

3.4 设计使用寿命和合适的更换周期

GB/T 25119的6.2条规定电子装置的使用寿命应为20年。当制造商打算采用的元器件其寿命短于电子装置使用寿命时,应由双方商定这些元器件的使用和定期更换程序。20年指电子装置的结构件寿命,其他部件的更换周期应与机车修程相适应。

机车设计寿命为30年,主要指车体等金属结构件寿命。在机车寿命中期有一次厂修,在厂修中所有电气系统,包括布线都将全部更新。电子装置的设计寿命必须满足一次厂修的要求,在厂修中电子装置必定更新,也就是电子装置的使用寿命至少15~16年。除了结构件,如屏柜骨架以及布线需使用16年外,其余部件可在中间更换1次,即更换周期约8年。

客运电力机车一年行驶约30万km,8年累积运行240万km,相当于一个厂修期。客运机车上的电子装置8年左右进行更换是合适的。

影响电子装置更换周期有许多因素。如:

电子装置的核心器件,如CPU等,一般3~5年就推出新一代。一般器件从成熟在市场上可购买再到

其在市场上难买甚至消失,大概就是两代光景,平均大概也就在8年。

由于技术在不断进步,新的器件、工艺、控制技术也在日新月异。产品经过一定年限使用后其修复的成本都比较高。当修复成本达到新产品价格一定比例后,还不如换新,以保证下一个周期的可靠工作。

电子产品中的接插件,插拔次数都受到限制。如目前大量使用的Harting公司的接插件,插拔次数也只有3000次,超过寿命次数后,接触就不一定可靠。其中包括出厂前的调试、运行中找故障及正常维修时的插拔,尤其在查找故障原因时插拔次数比较多。接插件接触不可靠,工作起来时好时坏是个相当棘手的事情,所以使用一定期限后必须进行更换。

电子产品的失效分早期失效期、偶然失效期和耗损失效期3个阶段,即通常称之为“浴盆效应”。一开始失效率较高,经过3~4个月后趋于稳定进入偶然失效期,此时有较低的稳定的失效率,也是产品可靠性较高的时期。在耗损失效期失效率越来越高,因而必须停用。电子产品应该在失效率开始增加、进入耗损失效期时更换。

电子产品往往担负机车或整列车的控制和安全保护的职责,与运行安全密切相关。从安全性考虑,也须在刚进入耗损失效期时提前更换,绝不允许带重病坚持使用。

4 软件设计

4.1 软件的安全完整性级别

GB/T 25119的7.3.1条中指出:当存在残余安全风险以及必须由软件驱动的可编程电子系统执行时,软件安全完整性级别定为1级或更高。软件应符合IEC62279:2002《轨道交通 通信、信号和处理系统 轨道控制和防护系统软件》^[11]的要求。

IEC62279将软件安全完整性级别分为5级:0级、1级、2级、3级和4级。0级与安全无关,而4级安全完整性要求最高。某个特定的软件所需的安全完整性级别将由系统使用该软件的风险级别及系统安全完整性级别来决定。一般软件安全完整性级别应等同于系统安全完整性级别。但是如果有防止软件模块失效导致系统至非安全状态的机制,亦即软件失效时有故障导向安全的措施,则模块的软件安全完整性级别可以降低。这就是GB/T 25119中10.2条注的含义。

软件的安全完整性级别一般由其故障危害的严重程度决定。对于其故障造成的危害后果为“特大”的产品或系统,其控制软件安全完整性级别应该达到4级,如运行安全监控记录装置、ATP的速度控制、BCU(制动控制单元)的控制软件等。对其故障造成的危害后果为“重大”的产品或系统,其控制软件的安全完整性等级应该达到3级,如牵引电制动控制软件、列车通信

网络软件、辅助逆变器软件等。对其故障造成的危害后果为“次要”的产品或系统,其控制软件的完全完整性等级应该达到2级,如列车供电系统、空调的控制软件等。对于其故障造成的危害后果为“轻微”的产品或系统,其控制软件的安全完整性等级可以为1级,如不参与控制的信息记录系统的软件。地面诊断软件和地面管理软件等由于不直接涉及运行安全,可以为0级。

软件安全完整性级别应在软件要求规范中作出规定。如果软件组件(模块)有不同的安全完整性级别,那么应该在软件结构描述中说明。

4.2 软件开发生命周期的各个阶段及至少应形成的文件

GB/T 25119将软件开发分为5个阶段:

软件要求阶段。在此阶段要形成软件要求规范和软件要求试验规范。

软件设计阶段。该阶段细分为:a.软件结构设计阶段,形成软件结构描述;b.软件模块设计阶段,形成软件模块技术要求和软件模块试验大纲;c.编码阶段,形成软件源代码和流程框图。

软件测试阶段。对软件模块先分别进行测试,再对它们组合在不同层次上测试,形成软件模块测试报告。

软硬件集成测试阶段。此阶段包括软件集成和软/硬件集成,形成软件集成验证报告和软/硬件集成验证报告。

软件维护阶段。在软件试用后,应通过适当方式对软件进行评审,形成软件审核报告和软件评审报告。软件正式使用后,应经一定的审批手续后才能进行修改维护,形成软件维护记录和软件修改记录。

各个阶段的详细工作及应形成的文件要求详见IEC62279^[11]。

4.3 软件设计方法

一个软件系统的可靠性如何,很大程度上是在软件系统设计阶段就已经决定了。如果设计的软件结构不佳、可读性不好、各个模块之间耦合性太强,那么在调试和维护中即使投入大量资源,也很难使其成为一个高可靠性和便于修改维护的软件系统。

软件设计之初首先要编制软件要求规范。根据系统要求规范、系统安全性要求规范和系统结构描述来确定分配至软件的全部安全功能。应明确软件与任何其他系统间的接口,包括与操作员的接口,而对于可能出现的人为操作错误应采取安全导向措施;应明确软件与硬件间的任何约束,确定软件自检的程度及由软件检测硬件的程度;应明确软件的安全完整性等级并确定诊断测试的范围和周期。

目前,从理论上讲还没有真正解决怎样开发一个高可靠性的软件产品问题,而只是利用某些方法、技巧和经验来提高软件的可靠性:

限制跳转语句的使用。任何一种程序逻辑结构

都可以用顺序、选择和循环3种基本结构组成的单一进出口逻辑结构来实现。

从上到下程序设计法(简称下行法)。下行法基本上是一个分解的过程,它侧重于程序的控制结构。首先是对整个软件系统的最抽象、最综合的描述,然后将软件分解成若干个独立的模块并分别进行设计描述。如果需要的话,再将一个模块分成若干个子模块,这种分解重复进行直到每个最后的子模块可以用比较简单、直观的方法编写为止。这种方法的一个特点是,在进行较低一级的描述与设计时,其上一级已经有了完整的描述与设计。在模块之间只有必要的数据和信息传递,而没有过多的耦合。这样做使软件控制结构清晰,可读性、可维修性和可靠性较好。

模块式结构。每个模块相对独立,功能单一,并且模块只有1个进口和1个出口。从而可以防止错误在模块之间扩散传播,而且可以提高软件的可靠性。

软件须通过测试验证,通过模块测试、软件集成测试和软/硬件集成测试后,软件的正确性才有了基本保证。

5 电磁兼容

5.1 IEC60571两个版本对电磁兼容的规定

在IEC60571:1998版本中,首次提到了电磁兼容的7项试验方法,它们是浪涌、静电放电、电快速瞬变脉冲群、射频传导、射频辐射等5项的抗扰度试验以及射频传导和射频辐射等2项的骚扰试验。除了浪涌提出1800V考核要求外,其余6项未提出考核指标。

在IEC 60571:2006版本中除保留了1998版本中提及的7项试验方法和浪涌考核要求外,其余6项也按标准IEC 62236-3-2提出了考核要求,但并没有列出具体的数据,因而每项试验时都必须查询IEC 62236-3-2和GB/T24338.4标准。

5.2 TB/T 3021 和 GB/T 25119 中对电磁兼容的规定

TB/T3021修改采用IEC60571:1998,对电磁兼容的7项试验,一方面保留了对试验方法的叙述,同时参照IEC62236-3-2,对7项试验的考核指标作了具体规定。这样方便了试验操作,而不必每项试验去查原标准。具体考核要求如下:

浪涌:3级 线对线1kV,线对地2kV。

静电放电:3级 接触放电6kV,空气放电8kV。

电快速瞬变脉冲群:电源3级、I/O线及通信接口4级,都为2kV,5kHz。

射频传导:2级 3V(rms)。

射频辐射:3级 10V/m。

传导骚扰:79/73 dB(μV/m)。

辐射骚扰:40/47 dB(μV/m)。

GB/T 25119 根据GB/T 24338.4—2009《轨道交通电磁兼容 第3-2部分 机车车辆设备》^[12],对铁标的考核指标作如下更改(与IEC 60571:2006版本相同):

射频传导:3级,10V(rms)。

射频辐射:一般3级10V/m,对装于客车、司机室及车外(车顶、车下)的设备定为4级20V/m。

传导骚扰:99/93 dB(μV/m)。

此外,GB/T 25119还有以下变化:

GB/T 25119的12.2.6.2 浪涌中规定:试验应在控制系统供电情况下进行。因为实践证明它比不通电考核更为严酷,因而没有必要在系统不通电时重复浪涌试验。而IEC60571:2006规定浪涌应在控制系统有电和无电2种情况下进行试验。

IEC60571:2006在浪涌中增写“当使用耦合滤波器时,产生的波形符合上述要求,则浪涌波形的振荡可以接受”。这句话在国标TB/T 3021中是没有的,而GB/T 25119中保留了这段话。

GB/T 25119在13.6条包装中增加了防静电要求。

GB/T 25119—2010标准已于2010年9月2日发布并于2011年2月1日正式实施。本文从几个标准版本对比介绍了标准的技术发展并对一些问题作了探讨,以便读者能更好地理解 and 贯彻该标准。

参考文献:

- [1] 严云升,范祚成. 轨道交通电工电子产品的使用条件及其对性能的影响[J]. 机车电传动,2009(4):4-7.
- [2] GB/T 21413.1—2008,铁路应用 机车车辆电气设备 第一部分:一般使用条件和通用规则[S].
- [3] TB/T 3213—2009,高原机车车辆电工电子产品通用技术条件[S].
- [4] GB/T 21563-2008,轨道交通 机车车辆设备 冲击和振动试验[S].
- [5] GB/T 21414—2008,铁路应用 机车车辆电气隐患防护的规定[S].
- [6] GB/T 21562—2008,轨道交通 可靠性、可用性、可维修性和安全性(RAMS)规范和示例[S].
- [7] 周桂法,严云升. 铁路产品的风险和安全完整性[J]. 机车电传动,2006(4):1-4.
- [8] 严云升,周桂法. 降低机车车辆电子产品及其系统风险的对策[J]. 机车电传动,2006(5):1-4.
- [9] TB/T 3133—2006,铁道机车车辆电子产品的可靠性、可用性、可维修性和安全性(RAMS)[S].
- [10] 严云升,张湘东. 电子产品的可靠性分析和评估[J]. 机车电传动,2007(6):6-9.
- [11] IEC62279:2002,轨道交通 通信、信号和处理系统 轨道控制和防护系统软件[S].
- [12] GB/T 24338.4—2009,轨道交通 电磁兼容 第3-2部分 机车车辆设备[S].