

电磁兼容与质量监督

北京市产品质量监督检验所 张振生

一、概 述

随着科学技术的发展,大量技术含量高、内部结构复杂的电子、电工产品得到广泛应用,电磁环境在对人类产生直接影响的同时,也对电子电工产品的安全性与可靠性产生了影响和危害。而由于电磁干扰致使电子、电工产品的性能下降,以至无法工作的现象时有发生,严重的可造成质量事故和设备损坏以及其他事故。因此,保护电磁环境,防止杂散电磁波的干扰已引起世界各国及有关国际组织的普遍关注。在这方面,世界上一些发达国家在电磁兼容(EMC)技术的研究、标准的制定、EMC 测试及管理等方面,是处于领先地位的,国际电工委员会(IEC)在 EMC 技术领域的活动也日益频繁,特别是《欧共体成员国关于电磁兼容法律性指令》(89/336/EEC 指令)颁布以来,各国政府开始从商业贸易的角度来考虑 EMC 问题,并纷纷采取相应措施加强对 EMC 标准和质量管理及有关法律的制定、贯彻和实施工作。虽然我国在 EMC 的技术研究、标准与质量管理方面起步较晚,但为了适应国际发展这一大趋势,抓住时机,努力推进 EMC 的技术研究和质量管理,已引起有关部门的高度重视。

由于电磁兼容学科是一门包含内容十分广泛、实用性很强的综合性学科,同时又紧密的与工业生产和质量控制相联系。几乎所有的现代工业包括通信、交通、航天、电力、军工、信息设备、医疗等都必须认真解决电磁兼容问题。电磁兼容学科涉及的理论基础包括数学、电磁场理论、天线与电波传播、电路理论、信号分析、通信理论、材料科学、生物医学等等。从某种意义上讲,目前人类享受到高科技带给人们的各种效益,是同人类几十年来在电磁兼容方面所进行的努力密不可分的,与此同时,由于信息技术的广泛应用,电磁干扰问题也在困惑着、制约着人们的生产与生活,电磁兼容问题将越来越复杂,电磁兼容的重要性也越来越受到人们的重视。

二、电磁兼容

Electromagnetic Compatibility——EMC,对于设备或系统的性能指标来讲,直译为“电磁兼容性”。但作为一门学科来说,一般译为“电磁兼容”。这一观点已反映在国家标准 GB/T4365—95《电磁兼容术语》中了。

与其它的新兴学科一样,电磁兼容的定义也有多种,且多少都有所差别。在相应的国家标准及国家军用标准中都有明确的规定。按 GB/T4365—95,其定义为:“设备或系统在其电磁环境中能正常工作且不对该环境中任何事物构成不能承受的电磁骚扰的能力。”按国家军用标准 GJB72—85《电磁干扰和电磁兼容性名词术语》,其定义为:“设备(分系统、系统)在共同的电磁环境中能一起执行各自功能的共存状态。即:该设备不会由于受到处于同一电磁环境中其它设备的电磁发射导致或遭受不允许的降级;它也不会使同一电磁环境中其它设备(分系统、系统),因受其电磁发射而导致或遭受不允许的降级。”有的专家认为:电磁兼容是研究在有限的

空间、时间、频谱资源条件下各种用电设备,从广义范围讲,还应包括生物体,可以共存,并不致引起降级或潜在损伤的一门科学。为了解电磁兼容这一门学科,在这里简要介绍一些主要的术语、定义和特性。

1. 电磁兼容骚扰源

在谈到电磁兼容时,首先要了解一下电磁环境,它是存在于给定场所的所有产生的电磁现象。一般来说,这一总体的特性是与时间有关的。而电磁骚扰是指任何能引起装置、设备或系统性能降低或者对有生命或无生命物质产生损害作用的电磁现象。它可能是电磁噪声、无用的信号或者传媒体自身的变化。

无论在任何条件下,只要 $di/dt \neq 0$ 时,都会产生电磁噪声,但电磁噪声占据了电磁骚扰的主要部分。电磁骚扰可以有不同的分类方法。

(1) 按源的种类区分

(a) 自然固有的电磁骚扰源:包括来自大气层的,如雷电、电离层变动等;静电放电;热噪声。

(b) 人为产生的电磁骚扰源:包括工业、科学、医疗射频设备;高压电力系统;电牵引系统;内燃机点火系统;电视、声音广播接收机;信息技术设备;电动工具;家用电器;大型电动机;发电机;核爆炸以及通信、导航、遥控、定位……无线电业务交换机。

(2) 按骚扰产生的原理区分

放电噪声;接触噪声;传声器噪声;瞬态骚扰;等离子体;电压波动;谐波;无用信号;反射干扰等。

(3) 按时域特性区分

(a) 脉冲噪声:在特定设备上出现的,表现为一连串清晰脉冲或瞬态的噪声。

(b) 连续噪声:对一个特定设备的效应不能分解为一串能清晰可辨的效应的噪声。

(c) 准脉冲噪声:等效于脉冲噪声与连续噪声的叠加的噪声。

(d) 随机噪声:给定瞬间值不可预测的噪声等。

(4) 按传播方式区分

辐射、传导、感应与静电耦合、公共阻抗、地电位差等。

由此可见,对电磁骚扰源的研究,在电磁兼容领域显得十分重要。要想从根本上解决电磁骚扰,必须从电磁骚扰源处控制其电磁发射入手,包括标准的制定、产品的设计、工艺的控制和产品的检测。

为了进一步了解有关发射电平、抗扰性电平、兼容性电平之间各个参考数值的相对位置关系,见图 4.3-1。

图中:抗扰性电平:用规定的方法在特定装置、设备或系统上注入的不会出现性能降低的最大电磁骚扰电平。

抗干扰限值:要求的最小抗扰电平。

骚扰电平:用规定方法测得的某给定电磁骚扰的电平。

(电磁)兼容电平:一个规定的骚扰电平。在这个电平下应该具有可以接受的高概率的电磁兼容性。

发射限值:规定的电磁骚扰源的最大发射电平。

发射电平:用规定方法测得的由待装置、设备或系统发射的某给定电磁骚扰电平。

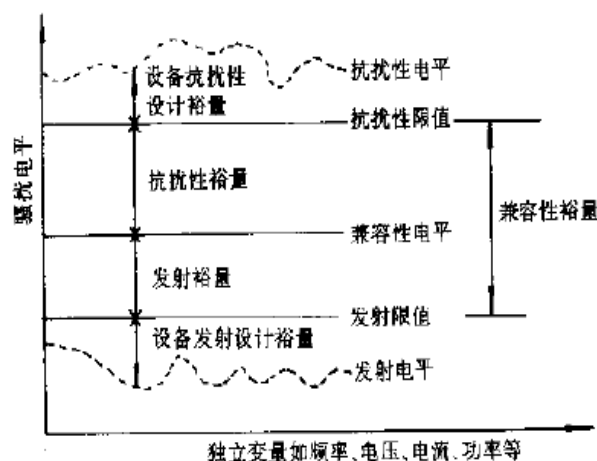


图 4.3-1

发射裕量:电磁兼容电平与发射限值的比值。

抗扰裕量:抗扰性限值与电磁兼容电平的比值。

兼容性裕量:抗扰性限值与发射限值的比值。

2. 传播特性

电磁噪声的传播方式,可分为传导发射(CE)与辐射发射(RE)两大类。

传导发射主要是通过电源线、信号线、控制线或其它金属体传播的电磁噪声。从广义上讲,传导发射还包括不同设备、不同电路使用地线或公共电源线所产生的共阻抗耦合。

辐射发射是指从空间进行的传播。可以包括静电耦合、磁场耦合以及电磁耦合。辐射发射主要涉及线与线、机壳与机壳、天线与天线之间的耦合或三者之间的交叉耦合;此外还包括场与线、天线、机壳之间的耦合。

3. 干扰接收器的抗干扰性能

干扰接收器受到干扰后会产生性能降级,甚至会全部损坏。表征抗干扰性能的指标在标准上是抗扰性或敏感性。干扰接收器根据研究层次不同可以是系统、分系统、设备、印制电路板和各种元器件。主要研究干扰接收器对电磁骚扰的响应以及如何提高其抗扰性。但值得注意的是,某些干扰接收器同时也是电磁骚扰源,如计算机、通信、广播接收机等。

为了对干扰接收器的抗扰性给予科学的评价,在 IEC1000—4 提出的抗扰性判据为:

- (a) 在规定的限值内正常工作。
- (b) 暂时的降级或功能损失,但能自行恢复。
- (c) 暂时的降级或功能损失,需操作人员介入或系统复位方能恢复。
- (d) 降级或功能损失,原因是设备(或元件)或软件损坏或数据丢失。

4. 测量设备与测量方法

由于电磁兼容问题的复杂性,因而在理论研究的同时,测量方法却占有突出的重要位置。而贯彻执行有关标准,进行产品的电磁兼容认证,唯一的衡量标准就是测试数据。

天线是电磁兼容测量的重要部件。对其特性,无论是理论研究还是产品设计都有许多工作要做。电磁兼容测量天线的最主要指标是天线系数。如何保证出厂时天线系数的尽量小的改变,注意保持天线的几何尺寸与结构是使用中特别值得注意的事项。

在测量工作中,对于测量场地或者提供被测设备放置的试验环境要求是很高的,应给以足

够的重视。目前各国普遍采用开阔场、电波暗室、长线横电磁波小室(TEM CELL)、吉赫横电磁波小室(GTEM CELL)、混响室、屏蔽室、Strip-Line 以及最近推出的 S-Line、G-Strip 等。这里需要指出的是,开阔场是 EMC 测试标准中明确规定的标准试验场地,具有法律仲裁地位。电波暗室和屏蔽室等只能做为替换场地。开阔场作为标准试验场地投资少,但对客观环境的要求很高,容易受天气、季节、杂散电磁波以及工厂、建筑物等各方面的影响。实际上除测试场地外,绝大多数场地也都有相应的国际标准或国家标准、国家军用标准给以规定。若对场地问题注意不够,测量数据的准确性将无从谈起。

另外,电磁发射与电磁抗扰性测量常常带有较大的不确定性。为此,国际无线电干扰特别委员会,给出了 80%/80% 准则,用于根据抽样检验的结果来判定该批产品是否合格。目前这一准则在我国一些检测单位有些忽视,因为往往只测一、二个样品便下结论。80%/80% 准则的理论基础是建立在非中心 t 分布的计量抽样之上的,其意义是“在电磁骚扰检验中,以 80% 的置信度判定该批中 80% 产品的电磁发射满足限值要求”。该准则用下式判定:

$$\bar{E} + KS_n \leq L$$

式中 \bar{E} ——n 个样本测量结果的平均值;

S_n ——n 个样本测量结果的样本标准差;

L——限值;

K——接受限界系数, $K = f(n, \alpha, P)$

80%/80% 准则系数 K 的值如表 4.3-1 所列。

表 4.3-1 80%/80% 准则系数 K 的值

n	3	4	5	7	10	12	15	20	25	35
K	2.04	1.69	1.51	1.35	1.24	1.20	1.17	1.12	1.09	1.06

三、质量监督

目前,无论是国外,还是国内,电磁兼容 EMC 标准,大部分都是国家强制性标准,必须认真贯彻执行。

《中华人民共和国产品质量法》第二章第八条明确规定:“可能危及人体健康,人身、财产安全的工业产品,必须符合保障人体健康,人身、财产安全的国家标准、行业标准;未制定国家标准、行业标准的,必须符合保障人体健康,人身、财产安全的要求。”该法第五章第三十七条还规定:“生产不符合保障人体健康,人身、财产安全的国家标准、行业标准的产品的,责令停止生产,没收违法生产的产品和违法所得,并处违法所得一倍以上五倍以下的罚款,可以吊销营业执照,构成犯罪的,依法追究刑事责任。”可见,凡在市场流通领域检查出不符合 EMC 国家标准的电气产品,有关执法部门,可依据产品质量法进行查处。

1. 我国市场上电气产品的 EMC 性能现状

目前,我国市场上一些电气产品的 EMC 性能现状如何呢?

(1) 家用电器产品

1987 年,广州家用电器检测站对国产吸尘器、电吹风、电水壶、洗衣机、电冰箱、电饭煲、电熨斗及类似器具,如电子调光器、电扇多功能控制器、安全猫等 10 种 45 台样品进行检测,合格的仅有 11 台,合格率为 24%。

1990年又对国产的吸尘器、电吹风、缝纫机电机、电动剃须刀、电水壶、洗衣机、电冰箱、电饭煲、电熨斗、电烤箱、灯具调光器、吊扇调速器、控温式电热毯等13种家用电器56个型号85台样品进行试验,合格的有21个型号34台样品,合格率为40%。

最近,我所也在家用电器产品的EMC领域作了一些调研,发现有些进口产品或是国内合资、独资企业生产的产品,在销往有EMC要求的国家和地区,如欧美国家,则安装使用抑制电磁干扰的网络或元件,而销往国内市场往往不安装这些网络或元件,因为我国市场尚未管制。

(2) 信息技术设备

1995年,国家技术监督局组织对11种常见品牌的国内电脑学习机产品进行了监督抽查,在EMC指标上一次合格率为零,即都不符合行业标准SJ/T10360,均为不合格产品。

今年6月我所在电子工业部有关部门协助下,对北京市场经销的12种国内外VCD影碟机进行了市场抽查,在电磁兼容EMC指标上有10个品牌机不合格,占抽查的83%;若加上安全指标,全部为不合格品,没有一个品牌VCD影碟机合格。看来问题是十分严重的。

(3) 机动车辆 EMC 情况

为了使汽车的三大公害之一,即车辆点火系统干扰得到有效抑制,1992年国家颁布了GB14023—92《车辆、机动船和由火花点火发动机驱动的装置的无线电干扰特性的测量方法及允许值》,1993年底实施。本着贯彻国际标准,促进国内汽车产业技术进步和汽车工业健康发展,1994年4月至11月对由火花点火发动机驱动的国产车及进口车进行了干扰摸底测试和试验工作,在147个汽车生产企业,装有38种发动机的203辆各种型号的车辆测试结果表明,产品定型检验合格率为24.63%,成批生产检验合格率为44.33%。随着电子技术在汽车上应用不断扩大,电子部件已占汽车成本的30%,汽车抗电磁干扰的能力就表现尤为突出,关系到汽车安全性,因此对汽车干扰性检测至关重要。

2. 电子系统的 EMC 问题

至于电力系统部门设备操作运行一直被认为是重要的干扰源,尤其是输变电设备,比如输电线路的导线电晕放电、高压开关的操作、线路故障及其造成的地电位升高、雷击后产生的冲击电流和电压,以及高电压、大电流设备周围的电场、磁场等,这些现象容易对电磁敏感设备产生干扰影响。随着电力系统的容量增大和电网的复杂化,电力系统自身的通信、控制和监测愈来愈多地采用微电子技术设备和分层分布式综合自动化装置,又有许多直接安装在高压设备上或支架上,所以面临着更为突出的电磁兼容问题。

当然,在医疗、航天等系统方面,EMC问题也很突出。可见,加强对EMC的质量监督工作十分必要的。

3. 开展 EMC 质量监督中的对策与建议

针对当前电磁兼容存在的问题和现状,建议国家有关部门加强对电磁兼容工作的统一管理和宏观指导,尽快制定出相应的法规,净化电磁环境,逐步完善我国的电磁兼容有关标准。对已颁布的电磁兼容标准加大宣贯和实施监督的力度的同时,采取积极稳妥的态度和分阶段分批的办法,在条件成熟的领域,如对电子信息产品、照明器具和家用电器等开展EMC认证,以便尽快与国际接轨和保护我国的外贸利益。

为实现上述目标,首先我们期望和建议国家有关部门加强电磁兼容工作的宣传力度,以科普读物或刊物的形式向社会广泛宣传电磁兼容的有关知识和国内外的EMC标准的制定和执行情况。尤其是对新制定的国标应及时地向厂商进行宣贯,使其了解电磁兼容在其产品设计中

的重要性,促使设计人员在产品设计时优先考虑可能会出现 EMC 问题及由此可能引起的电气安全问题,并在产品定型前把 EMC 列入试验要求,避免因产品未能通过 EMC 的试验而导致对产品进行反复修改的损失。

其次,应进一步加强和完善现有的 EMC 的测试实验室。由于我国的 EMC 工作开展较迟,检测环境和设备投资很高,无论企业和检测机构均无法依靠自身的能力完成相关的技术改造,致使目前我国的 EMC 检测水平大大落后于国际水平,包括基本检测设备陈旧落后,缺乏与国际标准相适应的测试设备,原有专业人才的流失等,检测机构不能进行有效的监督状况,建议国家有关部门通过协调,尽快在现有的检测机构中选择有基础、有能力的单位,加大扶持。一方面使其在检测能力上尽快赶上世界先进水平;另一方面委托其在现有的基础上开展对产品的 EMC 市场监督,以期引起生产企业、销售商对 EMC 性能的高度重视,采取相应的措施,逐步达到国际水平,为我国产品大量进入国际市场提供技术支持。