

电磁兼容技术展望及建议(下)

The Expection & Suggestion on EMC (Down)

高思进, 高攸纲

(1. 北京邮电大学, 北京 100876;
2. 蓝天电信进出口有限公司)

Gao Si-jin, Gao You-gang

(1. Beijing University of Posts and
Telecommunications, Beijing 100876, China;
2. Blue sky telecom Imp & Exp co., Ltd)

(接上一期)

然而, 上述标准并不适用于所有的情况, 例如在地(底)板上PCB带状线之间的串音, 这时, PCB上带状线特性阻抗可能较低, 而负载和源阻抗可能较高, 但串音仍以电场(互容)耦合为主。

一般来说, 在高频时电容耦合是主要的, 但是如果源或接收器之一或两者采用屏蔽电缆并在屏蔽层两端接地, 则磁场耦合将是主要的。另外, 低频一般有较低的电路阻抗、电感耦合是主要的。

串音预测计算程序是计算机辅助PCB设计软件中的重要内容, 通过串音预测, 可以保证PCB上数字和模拟信号适当的间距。由Quantic实验室编制的程序GREENFIELDTM和EESOF编制的 μ Wave SPICE程序可预测串音、延时和振荡。该程序可确定几层PCB布置的电压和脉冲上升时间表格。

电磁耦合预测: 当导体之间或信号导体与返回导体(可以是地平面)之间的距离较大时, 采用电流元和电流环的发射和接收特性进行耦合预测更为精确。例如PCB上带状线端接高阻抗并远离地平面时, 用电流元模拟电场和磁场的发射特性更为方便。当带状线形成环路时, 无论是圆形还是矩形, 都可用环的接收和发射特性模拟。当两环在同块PCB表面时, 则为共面耦合。当一环在一块PCB上面, 另一环在附近PCB上时, 则为共轴耦合。

从现有文献看, 具有一定精度

的耦合模型的建立并非易事, 有待进一步研究。

2. 数字PCB的采用使计算机的电磁辐射加重

计算机等电子设备的电路一般都是由数字PCB实现的, 在很多情况下, 数字PCB产生的辐射问题要比模拟PCB更为严重。

由于数字电路的驱动电流较大, 致使辐射的强度也较大; 而高速时钟脉冲和数字信号又使得辐射频带加宽, 由于时钟电路产生的信号一般都是周期方波, 其谐波分量都是以基频为倍频的分立频谱, 因而, 时钟电路的辐射频谱也都是分立的。而数字化的信息信号一般都是非周期信号, 其辐射频谱将是窄带与宽带两种辐射的叠加, 频率可从几兆到数百兆赫兹, 如此宽的辐射频率范围, 不可避免地会引起一系列EMI和TEMPEST问题。

PCB电磁辐射分两种基本类型: 差模辐射与共模辐射。差模辐射的特点取决于闭合环路中电流的特性; 共模辐射由对地的干扰(噪声)电压引起。目前的文献中对共模辐射讨论较少, 但实际PCB中电路并非都是由单根或回路轨迹组成, 而且即使是并行电路轨迹中的电流也并非相等反向, 所以在分析辐射问题时, 只考虑差模电流的作用远远不够, 必须考虑轨迹中所有电流的作用, 同时因为差模电流的辐射是相减的, 尽管不完全抵消, 而共模电流的辐射则是相加的。所以共模

电流即使比差模电流小很多, 也会产生相当程度的辐射电场。

电磁辐射主要表现在: 对周围的电子系统构成窄带与宽带干扰; 另一方面造成潜在的信息泄漏问题。

影响PCB电磁辐射的因素主要是PCB的结构和激励因素: PCB的结构不同, 其辐射效果也不相同, 传输带的长度、回路面积、地线走向、整体布局等都会影响到辐射效果。除结构因素外, 激励因素如幅值、周期、脉冲宽度、上升与下降时间、频率等, 也都是影响辐射效果及频率特征的重要因素。显然, PCB的布局设计, 将直接关系到整机电磁辐射的强弱。在确定的激励状态下, 整机系统辐射水平的抑制和降低, 必须从PCB的辐射分析及布局的优化设计着手。

目前已有不少文献对PCB的辐射问题进行讨论, 提出PCB辐射的简化计算方法和测试手段。然而, 由于结构参数与激励参数的差异, PCB的辐射问题不可能象其他通用电路那样, 用一种模型就可以分析解决。比如: 电偶极子和磁偶极子的辐射模型只有在电路线度远小于波长和测试点距离的情况下才能适用。另外, 对一块PCB来说, 众多的线路和回路是潜在的辐射源。所以PCB的整体辐射效果应是各辐射单元辐射效果的叠加, 总体辐射作用的大小主要与频率、辐射源长度或面积、激励强度、方位等因素有关; 此外, 布线结构的合理设计对

降低PCB辐射也具有关键的作用。

消除辐射干扰最有效的方法是采用屏蔽,屏蔽噪声源或屏蔽敏感电路。除屏蔽方法外,还可以通过改变电路设计来提高系统的抗干扰能力。

从TEMPEST意义上讲,凡与串行数据和信息相关的PCB,其辐射水平都应设法降低到最低点,对并行数据的PCB,则相应放宽限制,但应注意避免通过耦合作用为串行信息提供通路。

为了抑制PCB电磁辐射,除了采用相应的技术措施外,CISPR、CENELEC、FCC和VDE等国际组织先后颁布了有关数字电子设备电磁辐射的约束规范。目前辐射标准覆盖的频率从30兆赫到1吉赫,在不久的将来会扩展到5-40吉赫。

3. 计算机PCB的发展新趋势

(1) 逻辑电路技术与软件技术的巧妙结合,可以用来作为抑制噪声的有力工具。软件特点是可靠性高,且易于修改。无论噪声从哪个阶段或部位侵入系统,均可用纠错技术将错误检查出来并加以纠正。

(2) 采用光纤或光束传输信号和处理信号的技术,显示了无可比拟的优越性和广泛的应用前景。目前光纤通信已进入实用阶段,光变换与传输器件性能日益完善。光技术能传输高密度信息且不受电磁感应噪声影响,这两大优点也引起人们的极大关注。用光电或电光变换的高频率元件做光电接口器件,必将使PCB的制作推向一个崭新的阶段。

十. 电磁场的生态效应

在电磁波被发现以来,早在18世纪,伽凡尼(Galvanic)就研究过电磁波对生物组织的作用。第二次世界大战以后,由于无线电技术的发展,电磁波的广泛应用,社会公众更多关心电磁波辐射对生物,特

别是对人体的影响。现在这一现象的研究已成为热点。人类开始大规模使用电能到现在也不过才只有100多年历史,那么人们不禁要问,人类在地球上已生存了几十万年,人类的生存和发展过去仅仅是在地球自然磁场伴随下的,而近百年人类却要生活在数百万千瓦的电能环境中,对人的生态及人体的健康究竟会有什么影响呢?电磁波和生物组织的作用,有很强的频率依赖性。当前研究最多的是两个频段,一个是电力工频(50-60赫),另一个是无线电波段(射频),包括微波在内。近年来,在这一研究领域内,获得很大进展。它形成了一系列的无线电辐射照射的标准。但是总的来说,在已得到的数据库中,还缺乏系统的长期的测试结果。

(一) 低频场的生态效应

输电线电场对环境的影响

国外医学研究结果表明,强电线的电磁场对人体组织将产生有害影响。据德国医学杂志报道,住在强电线附近的居民,由于强电场的长时间作用,血液和神经系统发生变性,使一些居民受电的污染而死亡。有一位妇女曾向法院告状:自从电力总局在她的农场附近架设高压输电线以来,她的奶牛产奶量开始减少,因此要求赔偿损失。后经鉴定,电线附近的电场确实能影响家畜乳腺的正常功能。

在美国电磁环境问题,特别是超高压输电线下的电磁环境问题是1972年50万伏输电线开始应用时提出来的。在美国这一电磁环境问题已发展成为居民的切身利益问题,引起电磁环境问题的因素是输电线电晕放电的杂波(可听噪音、电视、收音机杂波等)、臭氧以及导体内电流及电压所产生的磁场及电场。

通常,由于输电电压的提高,更大功率的输电成为可能,土地也能

得到更有效的利用。在美国一回路76.5万伏与三十回路13.8万伏相当,但可节约大量土地及建筑费。进一步的计划是将更多的交流及直流的输电电压提高到120万伏以上。这时输电线下的电场环境问题就进一步恶化。地下输电线是架空输电线建设成本的12-16倍左右,在实际中广泛应用是有困难的。

日本在1976年修改的电气设备技术标准第112条第3项明确指出,考虑对人体的影响,规定在离地面高度为1米处的电场强度应在3千伏/米以下。在美国电气安全规范(NESC)等文件中并没有明确规定超高压输电线下电场强度允许值,但通常取8-10千伏/米。

生物对外界电磁场辐射所引起的反应有不同的过程,包括主要调节系统和生物化学、生物物理的变化以及水分和离子分布的变化。其中某些变化与场强及频率有关。

在电磁场热效应下,处在场中的动物的某些器官内水分、离子和电阻率都会发生变化。

国外曾用白鼠进行低频场影响的实验,将有屏蔽保护和无屏蔽保护的鼠群分别暴露在1千赫、200伏/米场强6周后;10千赫、320伏/米场强5周后;10千赫、3000伏/米场强或25千赫、3000伏/米场强3周后。就可注意到外界电磁场对生物生长速度的阻碍作用。可明显发现1千赫、200伏/米低频电磁场对白鼠体重无重要影响。但是其他频率及强度的低频电磁场可使白鼠体重明显减少,最为严重的是25千赫、3000伏/米的电磁场。10千赫和25千赫的低频电磁场还或多或少地影响到其他器官组织。

(二) 射频场的生物效应

1. 物理的相互作用

高频辐射和生物组织的相互作用,是多种参数的复杂函数。在人体组织中的电磁和这些组织的电参

数有关。生物组织的磁导率和自由空间的相同,可以忽略其影响。组织的介电参数和组织类型(肌肉、脂肪、骨骼等)、温度、频率等有关。介电常数分为实部和虚部。组织的导电率是介电常数虚部和频率的函数。介电常数和频率还确定电磁波深入生物体组织的深度。随着频率的不同,深入的距离变化很大。在100吉赫以上,深入的深度不到毫米量级。对于含水率高的组织,在几吉赫时可达几厘米。在低含水率的组织,在10兆赫时可超过1米。对于复杂的生物体,如人体、动物等内部的电场的估算是非常复杂的。主要是由于这些物体的形状非常的不规则,内部的电常数也是不均匀的。尽管这样,我们还是要通过理论计算和试验方法,来确定在外部电磁场的照射下,人体与动物组织中所感应的电磁场。就是这些电磁场和人体与动物组织相互作用,才产生种种效应。

组织中内场的大小和照射场的参数、频率、强度、极化等有关。它还与被照射物体的形状、大小、电参数有关,它还和照射源与被照射物体的相对位置、附近的物体存在等有关。由于内场和这么多参数有关,所以在同样的外电磁场照射下,一个人和一个老鼠所感应的内电磁场,所引起的生物效应是完全不同的。

在剂量学中,广泛采用所谓比吸收率SAR(Specific Absorption Rate)来度量电磁辐射在生物单位组织中所感应的电场。它等于在生物组织单位质量中所沉淀(Deposition)的能量率。它的单位可表示为每公斤组织瓦(W/kg)。通过比吸收率可比较在不同动物中所测得的结果,以及将动物测得的结果外推到人体中来。比吸收率能够考虑热效应和非热效应。体温升高率也和比吸收率成正比。

近年来,在剂量学的研究,无

论在理论计算方面还是在试验方面,都获得了很大的进展。应用计算电磁学的许多方法,例如FDTD法,将人体分割成许多小单元,每个单元根据不同的部位,指定适当的电特性参数,可计算出感应在各个部位的电磁场,从而估量出电磁场的影响。在试验方面,多数是用动物来进行的,可通过比吸收率比较,外推到人的情况中来。国际上已发表了大量的结果,有的出版了手册。在暴露的远辐射下,人体全身的比吸收率是频率和极化的函数。例如:一个身高1.75米,体重70公斤的人,暴露在1毫瓦每平方厘米的电场下,当电场和人的轴线平行时,最大吸收在70-80兆赫之间,这个频率称为谐振频率。在这个频率所吸收的功率,要比电场强度乘以人体总面积所得出的功率大好几倍。平均比吸收率也和大小、形状有关。老鼠、猴子和人,暴露在同样的电场下,人的最大吸收发生在70兆赫左右,猴子则在300兆赫左右,老鼠则在2450兆赫左右。比吸收率的空间分布是不均匀的。例如:对于人体在5吉赫时能量主要分布在人体的表面。在30-300兆赫时,吸收主要是在头部和躯干。

2. 生物效应

电磁波对生物组织的效应,可分为热效应和非热效应。热效应的机制比较明确。当组织中感应的电磁场达到一定的数值后,体温就会升高。已经定出了许多关于电磁波照射的安全值的标准。认为在这个规定的阈值以下就是安全的。问题是电磁波的非热效应和机制还不很清楚。特别是在电磁波长期照射下,虽然它的值是在安全阈值以下,会对分子水平和细胞水平产生什么影响,是否会引起DNA变化?到目前为止,还不很清楚。文献上发表了关于这方面的测试结果,但还缺乏系统的、长期的测试

资料。有些测试资料甚至是相互矛盾的。

例如,有的报道说:在老鼠身上,辐射高达0.5瓦/公斤时,免疫系统会发生变化;当达到1瓦/公斤时,其血液成分会发生变化;当达到2瓦/公斤时,中枢神经会发生变化;当达到2-3瓦/公斤时,会引起癌变。有的报道说:移动电话所发射的微波辐射,可导致老鼠暂时失去某些能力。

总之,电磁辐射对动物和人体的影响是一个重要的研究课题,尽管已经取得了很大的进展,但没有搞清楚的问题还很多,仍需开展更多的研究,特别是系统的、长期的、合乎科学规范的测试研究。

(三) 电磁污染的防护措施

为了防止工频强电场的影响,如场强超过允许值,维护人员应采取防护措施,例如戴屏蔽帽、穿屏蔽衣等。至于居住在强电线附近的居民则应视污染程度采取相应措施,其实用房屋本身的结构来屏蔽居住者就很有实际意义。在英国,一些房屋就位于输电线旁,一系列的数据表明,在室内的电场强度低于在无房屋时的1/10至1/20。这些房屋都是用砖盖成的,用瓦和沥青屋顶,室内都有金属的煤气管和水管及室内布线。因此这种屏蔽系数不一定适用于木质结构的房屋。为了提高房屋的屏蔽效果,必要时房屋可采用专门的屏蔽顶架,以减少室内场强。此外,为了减少强电线引起的工频场电磁污染,还可将导线的高度适当增加,也可加设屏蔽线等。

高频场则可按下列步骤采取有效的措施进行防护:①对人们工作地区单位面积的高频辐射能量进行测试计算;②在适当地方设置告警信号以提醒人们注意;③在危险区周围安置围墙;④在维修设备时或需在危险区内工作时先关闭高频

源;⑤如高频源不能关闭的,则可穿屏蔽衣或将高频源的输出降至安全水平;为了轻便,有时可着屏蔽裙及屏蔽头盔,以保护躯体主要部分的安全,至于眼部,则可戴防护眼镜;⑤在有可能的地方,如在侧瓣或后瓣处,采用屏蔽措施,以减少辐射;⑦有可能时就进行相关的试验;⑧对在高频场作用下的工作人员进行医疗保健,定期检查观测并作出记录。我国航天医学工程研究所等单位研制成功微波辐射防护服,此服由绝缘外套、防护层和衬里三层组成。穿着柔软舒适,可有效防止微波辐射对人体的危害。

(四) 国际上关于电磁场生态效应的科研新动态

随着环境保护意识的增强,人们对暴露在电磁场中可能危害健康的问题极为关心。世界各国有关科技人员对此进行了必要的研究。研究的中心问题是:电磁场对包括人类在内的各种生物的组织作用后产生的生物效应。在大量文献资料分析基础上,人们对频率范围10兆赫-10吉赫电磁场的生物效应有以下几点看法:

1. 当人体暴露在辐射电磁场中,外界入射场以不同的程度影响人体组织,感应产生电流并产生能量吸收现象;

2. 能量耦合的程度主要决定于暴露在场中人体形状、大小及场的参量;

3. 一般来说,在暴露过程中能量吸收率超过能量耗散率,以致体温上升。大多数电磁场生态效应就是这种热刺激的间接结果,因此被看作热效应;

4. 在内部场的场强与生物效应的烈度间存在着密切的关系。内部场的强度,常用该场向物体单位重量发出的能量来衡量,此能量率即通常所谓的“比吸收率(SAR)”,并以每公斤的瓦数来表示;

5. 有一个SAR整体临界值,超过此值就增大了健康危害效应的可能性;

6. 对在局部加热比较集中的暴露部位而言,SAR整体临界值的概念并不足以防护有害的生物效应。当人体局部暴露于手持发信机的非均匀电磁场中,在人体内形成复杂的场分布。头部组织的分层结构及形状使场更偏向不均匀分布。从比吸收率来说,场模型需更着重考虑该组织的特性差异;

7. 局部过分加热将产生有害的生物效应。应尽量避免头部的暴露,因为对温升特别敏感的眼睛水晶体及头脑的某些部位不宜受到局部加热;

8. 为防止局部加热,对小重量人体组织的平均比吸收率必须满足规定要求。

国际上已就局部加热及整体临界比吸收率规定了暴露标准。目的是防止热效应对人及其他生物的伤害。

最近,国外文献报道,生活在0.2微特斯拉以上的低频磁场环境中,将对人体产生有害影响。从早晨开始,电子闹钟、电动剃须刀、吹风机、电咖啡壶、搅拌机、微波炉、吸尘器、电熨斗、烘干机、洗衣机、洗碗机、电冰箱、电视机、收音机、计算机以及其他许多家用电器都会运转开来。走出家门,我们又会碰到电力线以及其他各种电机设备,这些设备距离人体过近,就将超过上述标准,如在400千伏高压线的正下方,磁通量可达13微特斯拉,距它30米处时可达8微特斯拉,而在距它200米时,则下降为0.1微特斯拉。另外人们受磁场作用时间越长,影响越大。如每天使用剃须刀的时间超过150秒,就会给身体造成危害。

目前,对“电磁污染”及“电磁饥饿”的研究正在形成一门新的交叉学科——电磁生态学。预计今后

它回迅速发展并涉及更广泛的内容。

建议

如上所述电磁兼容已成为国内外瞩目的迅速发展学科,预计21世纪它还将获得更加迅猛的发展。国外学者对我国的电磁兼容研究工作也很关心,曾预告,如果现在各国对电磁兼容学科还不给予足够的重视,那么10年以后将会大大地后悔,在这方面我们确实应该加速步伐急起直追。正由于EMC学科范围很宽,我们在很多方面,都还只是处于起步阶段。如电磁场对生态的影响,在上世纪70年代URSI就作为专门议题进行学术讨论交流,今年在苏黎世等学术会议上又作为大会主要议题,进行深入讨论交流,非常重视。而我们在这方面做的工作相对较少,特别是对工频场的生态效应研究工作开展得更加缓慢,目前尚未制定出完善可行的工频磁场防护标准。

为此建议:

1、EMC研究与工程应用紧密结合,只有这样,才能真正推动EMC研究工作的进展。

2、理论研究要与测试手段、测试方法并重,EMC研究,特别是工程应用总离不开测试,而国内目前尚不能生产配套的测试设备,特呼吁有关部门重视这一问题,给予足够的支持。

3、提高产品的电磁兼容性,首先要进行EMC设计,从对已有产品的测试入手,对新产品进行EMC测试,如整机元器件的选择、工艺结构设计(接地、搭接、屏蔽、布线等)、原材料的选取等都要考虑电磁兼容性,通过建立数学模型对产品进行EMC预测,把EMC设计到各项产品中去,以提高产品的电磁兼容性。

4、加强EMC设备引进的计划性

和宏观管理

近年来不少单位引进国外设备,加速了EMC事业的发展,但今后要防止重复引进,造成利用率不高,浪费外汇,要加强宏观管理,充分发挥进口设备的作用。

5、加强EMC教育

近几年科技行业对EMC重要性的认识正逐步提高,不少大学已招收电磁兼容研究方向的研究生,电子科技大学已增设EMC专门化,为EMC这门新兴学科培养专门人材,只是限于财力,每年招生人数有限,今后除了正规教育外,为了满足全国广泛的需要,还应通过多种

渠道培养EMC人材。如开办各种形式的短期培训班。如就总的情况来看,国内对EMC重视程度仍然不够,特别是各级领导,要继续提高对EMC的认识。在目前产品达标、创优、企业升级等工作中,应把对产品的电磁兼容性要求提到议事日程。

6、进一步扩大国际交流

近几年我国多次邀请国外学者来访,进行参观、讲学、展览、开办短训班,收到较好效果。国内学者也纷纷参加国际上的学术活动,现已与CISPR、IEEE、URSI、波兰伏罗兹拉、瑞士苏黎世、日本等国际EMC学术会议建立了交流联系,了

解到国际学术动态。吸取了不少国外先进经验,今后需进一步扩大这种交流,另一方面,这样也可扩大我国的影响,提高我国的学术地位。

——高攸纲简介:

北京邮电大学教授、博士生导师,联合国国际信息科学院院士;IEEE电磁兼容学会中国分会主席;URSI电磁噪声与干扰委员会中国分会主席;中国电子学会会士,中国通信学会会士;中国电子学会电磁兼容分会主任委员;中国通信学会电磁兼容委员会主任委员。现又担任苏黎世系列国际电磁兼容学术会议顾问及美国刊物“ITEM(电磁干扰与兼容)”(中文版)主编。1985年被评为全国邮电劳动模范。◆



北南电磁技术有限公司

NS Electromagnetic Technology Co., Ltd



北南电磁是一家从事产品安全与电磁兼容检测和认证的专业公司,是独立的第三方认证机构,同时也是获得众多国际认可的检测机构。

北南电磁可提供信息类、金融类、家电类、灯具类产品的Safety和EMC的测试、对策、认证服务,可为贵司申请世界各国家认证:UL/CUL, FCC, FDA, ETL, PSE, VCCI, GS, CB, SAS, CE, PSB等。同时还可为客户提供免费就EMC和Safety认证的讲解,为客户节省技术误差。

- ◆安全&电磁兼容检测服务
- ◆安全&电磁兼容对策服务
- ◆安全&电磁兼容认证服务
- ◆安全&电磁兼容咨询服务

地址: 广东东莞市厚街陈屋工业区
电话: 0769-5935656 传真: 0769-5981080
E-mail: edearehu@163.net 邮编: 523942
网址: www.nsemcsafety.com

