

# 解析美国 EMC 标准——ANSI C63.022:2004

American EMC Standard Introduction——ANSI C63.022:2004

信息产业部通信计量中心 肖雳

## 摘要

介绍了美国 ANSI C63.022:2004 所规定的技术要求,包括传导骚扰测量和辐射骚扰测量的基本方法和测量步骤,尤其针对这两项测试中采用自动测量软件时,如何保证测量的准确度,减小软件造成的误差提出了要求,并进行了相关的技术分析。

## 关键词

电磁骚扰;传导骚扰;辐射骚扰;自动测量;软件

## Abstract

This article introduces the ANSI C63.22:2004 in American. It includes the measurement method and procedures for EMI (includes the conducted emission and radiated emission). It describes how to ensure the certainty of the measurements and how to reduce the error especially using the software to perform automatic measurements.

## Keywords

EMI;conducted emission; radiated emission; automatic measurement procedure; software

## 1 概述

ANSI C63.022:2004《电磁骚扰自动化测量的指南》在 2004 年以前的名称是《信息技术设备的无线电骚扰限值和测量方法》,是由 CISPR 22 等效转化的美国标准,也是 ANSI C63 系列标准与国际标准融合的开始。CISPR 22 的限值在美国仅仅是 FCC Part 15B 对于信息技术设备的可替代的限值要求。即使 FCC 接受 CISPR 22 的限值,测量方法也必须按照 ANSI C63.4 进行。但是在 2004 年,该标准进行了重大修订,目的是为传导骚扰和辐射骚扰的合格评定自动化测量提供指南,以便和其它国际标准协调一致。

该标准给出了 EMC 标准中许多技术参数为什么这么要求的技术解释。

## 2 自动测量通用导则

由于测量系统用于数据的收集和处理,自动测量系统设计应对计算机辅助测量系统的可靠性进行评估,以获得对测量程序的原理的全面了解。如果缺乏相关知识,会导致测量出现错误的结果或无效的数据。

通常,自动测量系统可以被分为四个独立的部分:信号转换和处理部分、验证部分、信号测量部分、控制和数据处理部分。虽然在本文中清楚地确定系统不同的部分(如图 1 所示),但是在很多现代 EMI 测量系统中,

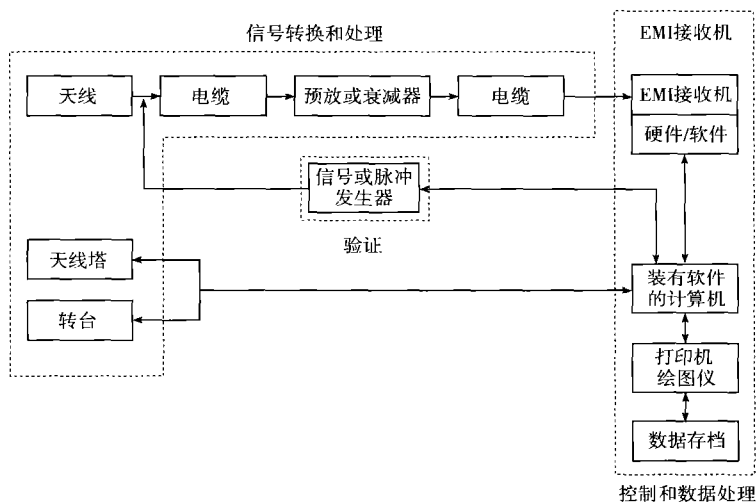


图 1 辐射骚扰测量系统的构成

一个单一的设备可能会包含这里的多个部分。

### 2.1 信号转换和处理部分

测量系统的信号转换和处理部分包含了在 EMI 接收机输入端口之前的所有部分。在系统中这一部分的作用是获取 EUT 发出信号电平的最大值,并且将该能量以可测量的形式传送给接收机。为了使测量信号电平的大小在接收机的动态范围之内,这一部分包含天线或线性阻抗稳定网络(LISN)、电缆、天线选择射频开关(如果为了覆盖测量频率范围使用了多个天线)和预放或衰减器(外置于 EMI 接收机)。另外,该部分还包含天线塔、放置被测设备的转台以及用于确定 EUT 发出的辐射最大时

接收天线的高度和极化方向。

## 2.2 验证部分

对于每一个测量系统而言,为了保证测量系统的稳定性和不确定度,系统的验证部分是非常必要的。验证部分包含一个用于溯源国家校准标准的稳定信号源(例:NIST或其他当地参考组织),相关的电缆、专用的手动或自动程序。验证程序提供了快速验证测量系统主要部分的方法。在验证的时候不需要对EMI接收机的各种参数进行验证,而只需要验证接收系统的频率误差和信号幅度。

校准信号可以通过一个独立的信号源或接收机的跟踪信号源,或经过校准的脉冲信号源产生。验证时,通常将RF同轴电缆从系统的接收转换器上断开,而后将其连接到校准信号源上。将信号源的输出信号调谐到感兴趣的测量频率范围上。通过EMI接收机测量信号幅度。将测量得到的信号幅度值与信号源实际发出的信号幅度相比较,就可以快速地进行测量系统的验证。如果数据比较的结果在可接受范围之内,那么测量系统可以继续使用。一旦验证过程完成,断开信号源,将RF同轴电缆重新连接到接收转换器上。

## 2.3 EMI接收机部分

系统EMI接收机部分包含一个或多个设备用于实际的信号测量。接收机的性能参数应符合ANSI C63.2:1996和/或CISPR 16-1-1:2003。另外,接收机应满足根据相应测量标准进行测量的实际要求,特别是精度和频率准确性。

## 2.4 控制和数据处理部分

自动测量系统的控制和数据处理部分可以有很多形式。首先,接收机部分的任何自动控制系统应包含在本部分中。这不仅包含硬件处理器系统,而且包含任何能够存储在接收机存储器之内的控制软件。并且,本部分也包含外部的控制器或计算机及其应用软件,还应包含数据存储和输出设备,例如打印机或绘图仪。

## 2.5 EMI自动测量的预警

大多数EMI测量都可以自动执行。操作者在读取和记录数据时出错的可能性被最大程度地降低。然而,在通过计算机采集数据时可能引入新类型的误差。在某些状况下,在数据采集阶段,与有经验的操作员执行的手动测量相比较,自动测量会导致巨大的测量误差。手动测量与在软件控制下的自动测量没有本质的差别。无论是哪种情况,测量不确定度都是基于测量时使用的系统部分的。但由于软件设计不同,在实际测量中,测量不确定度可能会有所差别。例如,如果EUT骚扰信号在频率上靠近一个高幅度的环境信号,而且该环境信号在自动测量时是存在的,那么EUT的骚扰信号就可能不会被正确地测量。然而,一个经验丰富的测量员更有可能分辨出骚扰

信号和环境信号,因此可以使用合适的方法测量EUT的骚扰。但在OATS进行测量时,在正式的骚扰测量之前关闭EUT,对周围环境进行扫描,记录环境信号,可以节约宝贵的测量时间。在这种情况下,软件使用适当的信号分辨方法,可以提醒操作者在某些频率上可能存在环境信号。

在EUT骚扰信号的幅度缓慢变化时,测量软件不会使用足够长的时间来测量骚扰信号的最大幅度。如果操作员在预测量时注意EUT发出的骚扰信号的特征,就可以在软件进行最终测量时针对特定的频率设定特定的扫描参数。

在对EUT进行测量时,如果使用单次扫描的方式可能存在一些问题。如果在EMI接收机进行测量的时候,EUT恰巧没有发出骚扰信号,那么接收机不能扫描到相应的骚扰。因此,在测量时可以进行多次扫描,并使用峰值保持的方式来截取这类EUT的骚扰。

如果周围环境中出现瞬态环境信号,例如在OATS测量时电弧焊设备在附近工作,自动测量可能会记录不正确的数据。操作员可能在整个手动测量过程中没有看到这些信号,也可能由于注意到信号的特征而将其作为测量无关信号而排除掉。

发现EUT骚扰信号的过程和寻找导致最大骚扰产生的电缆配置是手动操作中最重要的部分。扫描接收机可以将骚扰频谱用图形显示出来,并且能够提供峰值保持的功能。这些功能有利于寻找导致最大骚扰产生的电缆配置和EUT布置情况。自动化测量应该在EUT按照最差情况布置之后开始。

**注:**寻找导致最大骚扰产生的电缆配置的过程需经过手动进行。

辐射骚扰测量寻找最大值的过程包含了旋转EUT、接收天线在一定的高度范围内升降、改变接收天线极化方向等方式。该过程可以通过自动化测量进行,但是应该通过各种方法对其结果进行验证。如果在测量之前已经知道EUT骚扰信号的特征,那么在接收天线和转台的移动范围之内,应该按照一定的顺序进行最大化测量。例如:如果由于开槽的原因,EUT发出的信号在水平方向上具有高度的方向性,那么在接收机进行测量时,若连续转动转台,而且转台的旋转步进太大,就可能导致无法寻找到最大值。

一种寻找最大值的测量方法是保持接收天线在一定的高度,在360°的范围内转动转台来寻找最大骚扰信号出现的角度,然后改变接收天线的极化方向(例如:由水平极化方向转为垂直极化方向),在360°的范围内转动转台。在这一过程中,接收机连续接收数据。在转台第二次转动完成之后,根据转台角度和天线极化方向测量信

号幅度的最大值。在天线极化方向和转台保持在骚扰信号最大的位置时,接收天线在要求的范围内升降以寻找 EUT 发出最大辐射的位置。在这个位置使用接收机或频谱分析仪记录骚扰信号幅度,或者转动转台、升降天线,更精确地寻找 EUT 发出最大辐射的位置。如果对 EUT 发出的骚扰信号的方向图有一定的了解,那么就可设置软件在最短时间内寻找 EUT 发出骚扰的最大值。

### 3 电源线传导骚扰测量(9 kHz~30 MHz)

#### 3.1 测量方法

根据 EMI 测量标准,电源线的传导骚扰测量应使用 LISN。测量时应使用准峰值和平均值检波器来验证被测设备是否符合相关标准的规定。图 2 描述了通常的测量程序。其主要目的是根据先前收集到的测量结果,使用必要的检波器,在尽量短的时间内完成测量。

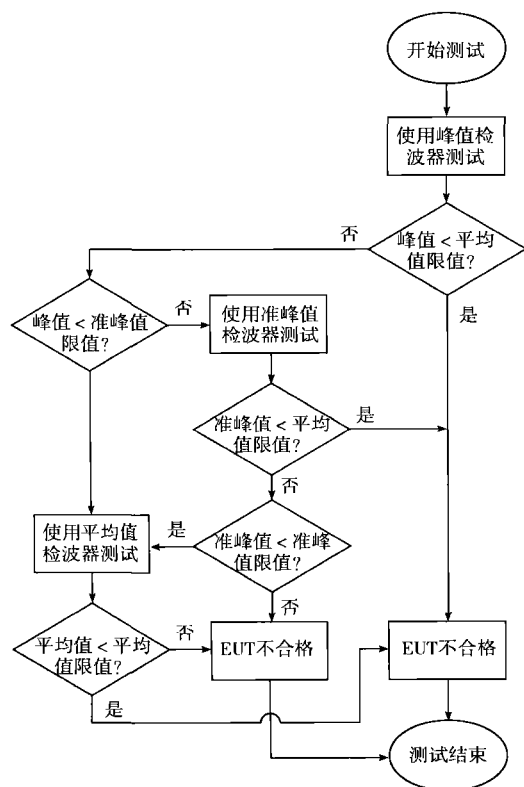


图 2 传导骚扰测量流程图

在开始测量之前,测量人员应对测量系统的功能进行验证。通过测量一个输出信号特征已知的信号源可以达到该目的。将这一测量结果与期望值相比较,如果比较的差值在先前定义的可接受容差范围之内,那么可以使用测量设备进行测量。测量系统验证的结果应被记录下来。

根据相关的标准,将 EUT 的工作状态和测量布置设置在具有最大骚扰的状态。此外,应采取一定的措施,避免环境信号和辅助设备产生的骚扰信号对测量结果产生影

响。为此,可以将测量放置在屏蔽室内进行。即 EUT、相应的电缆和信号转换器(如:LISN、电压探头、电流探头)被放置在屏蔽室内,测量系统的其它组成部分,如:EMI 接收机和测量计算机放置在屏蔽室之外,可避免未知的骚扰。

#### 3.2 测量模式

实际测量时采用的测量方法应符合相应标准的规定。如果标准中对准峰值和平均值测量都有要求,那么图 2 给出了一个通用的传导骚扰测量流程。该流程包含以下步骤:

(1) 如果测量不是在屏蔽室内进行,应将 EUT 关闭后对周围环境信号进行测量。将测得的环境信号存储用于参考。在对 EUT 进行测量时,应使用一个信号处理的过程来确保对测量结果进行正确的判定。根据信号的频率、频率准确度、幅度及其可能的变化来对信号进行比较。通过适当的运算法可以大幅度减少类似的运算,从而达到提高测量效率的目的。

(2) 首先将电源端口的一根线,例如:N 线对参考地,使用峰值检波器进行测量。可以使用 EMI 接收机进行快速扫描而得到 EUT 发出骚扰的频谱结构。

(3) 如果峰值检波器得到的测量结果低于平均值限值,那么可以把 LISN 切换到电源端口的另外一根线,例如:火线对参考地,使用峰值检波器进行测量。如果所有需要测量的电源线的骚扰信号幅度都低于平均值限值,那么可以判定 EUT 符合标准规定。

(4) 如果峰值测量结果超过了平均值限值,但没有超过准峰值限值,则使用平均值检波器重新对其进行测量。如果任何一根线上的平均值测量结果超过了平均值限值,那么判定 EUT 不符合标准的规定。如果平均值测量结果都低于平均值限值,那么需要使用准峰值检波器进行进一步的测量。如果准峰值测量结果没有超过限值,那么判定 EUT 符合标准的规定。

这一方法确保了最短的测量时间,平均值检波器的测量速度比准峰值检波器的测量速度快。如果 EUT 的平均值检波测量不合格,可以直接判断 EUT 不合格。对于符合性测量,此时就可以及时地终止测量。

##### 3.2.1 准峰值和平均值检波

因为准峰值检波器的充电、放电时间是一个常数,所以使用准峰值检波器的测量时间很长,这个问题是无法改变的。该常数在 CISPR 16-1-1:2003 进行了定义。并且为了使电路对输入信号具有完全的响应并得到有效结果,也要求长的测量时间。然而,峰值检波器允许较短的测量时间并且可以快速获得初步的测量数据,因为峰值检波器得到的测量结果是信号的最大值,对于窄带信号,准峰值和平均值测量的结果相同,对于宽带信号,准峰值和平均值测量得到的被测信号幅度将较低。这一事实可以用于快速决定使用准

峰值和/或平均值限值。如果峰值测量数据高于限值,那么将使用适当的检波器进行后续测量;如果准峰值和平均值限值都需要满足,那么应分别进行测量。可以通过专用软件来保证测量的有效性并且可以使测量高度地自动化。

### 3.2.2 瞬态骚扰与相对稳态骚扰

大多数 EUT 的电源线发出稳态骚扰信号,该信号可以通过自动测量系统进行测量。但是类似复印机等被测设备的负载是随时间变化的,不仅是骚扰信号的幅度会随时间变化,而且由于负载的变化还会产生瞬态骚扰。为了方便测量,EUT 应进行特殊的配置而使这些瞬态的骚扰信号周期性地出现。为了探测到这些瞬态的信号,往往需要通过手动确定接收机的扫描速度和驻留时间。因此,瞬态骚扰不能完全使用自动测量系统进行测量。

### 3.3 测量环境

大多数商用的 EMI 标准允许传导骚扰测量在屏蔽室或开阔场内进行,有一些国家则规定必须在屏蔽室内进行测量。在屏蔽室之外测量时,需要确保环境信号不会对电源线的传导骚扰测量结果产生影响,这可以通过在 LISN 上加装适当的负载后对环境信号电平进行预测量来确定,也可以通过在 LISN 的电源线上加滤波的方法来实现。通过预测量,可以在对 EUT 进行测量之前辨别超过测量限值的环境信号电平。应注意的是,测量时不能通过对测量结果进行数学计算的方法来消除环境电平带来的影响。

在使用屏蔽室进行测量时,所有测量设备(包括频谱分析仪、EMI 接收机以及必要的控制设备)都应该和 LISN、EUT 一起放置在屏蔽室内。在这种情况下,应验证自动测量系统本身不会发出过大的骚扰信号而导致测量结果超标。如果所有的测量和控制设备都是放置在屏蔽室之外的,可以避免这一问题。这一方法可能导致设备的地回路出现问题,从而导致错误的测量结果。通过适当的隔离技术,可以将地回路的问题最小化或完全避免。

#### 3.3.1 接地和隔离要求

自动测量系统内所有设备都应共地连接。信号地应与电源地相隔离。为了达到这一目的,可以使所有的自动测试设备的电源连接到一个隔离变压器上。通过两端接地的屏蔽总线(例如:GPIB 电缆)连接到远程控制的频谱分析仪或 EMI 接收机上的任何设备都需要接地,但同时也需要与公用地隔离。另外,任何通过屏蔽室墙体的同轴连接都需要进行直流隔离。

直流隔离可以通过将 RF 馈通用电容接地来完成。在高频频段,将同轴电缆的屏蔽层有效接地可以保证屏蔽室的屏蔽完整性。在低频频段(低于 10 MHz),同轴连接是隔离的,这样就可以防止 EUT 感应同轴电缆上的电流。连接 LISN 和 EMI 接收机的同轴电缆上的低电平的传导电流可能会受到电平非常低的骚扰信号的干扰,从

而导致测量结果错误。

对于 50  $\Omega$  测量系统,典型的 A 类设备骚扰限值是 1 mV 或 20  $\mu$ A。任何 EUT 的泄漏电流(可能高达 3.5 mA)都会在同轴电缆中传输。根据同轴电缆的传输阻抗,泄漏电流能够叠加在测量结果的电流或电压上,从而导致测量结果的错误。在频率为 1 MHz 之上时,高品质的同轴电缆具有合适的转移阻抗,可以将这一问题最小化。在使用半刚性同轴电缆进行传导骚扰测量时,测量的准确性可以得到较大幅度的提高。

在 OATS 进行传导骚扰测量时,同轴电缆或其滤波器在与 LISN 的地连接后,不应再单独接地。如果进行传导骚扰测量时使用了电流探头,并且信号地是在接收机端连接的,那么在电流探头及其连接的同轴电缆的任何其他部分都不应再次接地。

#### 3.3.2 LISN 对电源的滤波

屏蔽室通常会在电源线上加装滤波器以保证在电源线上没有外部噪音。在使用 OATS 进行传导骚扰测量时,通常要在电源线上安装滤波器而使环境信号对电源线的影晌低于限值的要求。

有些时候,环境信号会直接耦合到 EUT 和 LISN 之间的 EUT 的电源线上,从而导致 EUT 的测量结果高于限值。在这种情况下,EUT 电源线的长度会影响耦合到电源线上的环境信号大小。在对大型系统进行测量时,应根据标准的要求使用最短的电源线。大多数民用和军用标准都规定了 1 m 或 2 m 的最大长度。在使用一个 LISN 对大型的系统进行传导骚扰测量时,由于 EUT 电源线的长度较长,可能耦合更高的环境信号。

#### 3.3.3 30 MHz 以上频段的电源线传导骚扰测量

通常,大多数传导骚扰测量的上限频率是 30 MHz。对于某些特定标准,测量频率范围可以扩展到更高的频率。例如:汽车工业的传导骚扰测量需要测量到 108 MHz。当电源线的长度超过波长的 5%~10%时,就会产生驻波印象测量结果。由于在测量频段内屏蔽室没有安装吸波材料,可能会出现谐振,从而导致错误的测量结果。

注:一些规范指定在测量时需安装铁氧体负载,这些负载在进行传导骚扰测量时可以减少由于电源线对测量结果的影响。

驻波也会影响连接 LISN 和 EMI 接收机输入端口的同轴电缆。因此,如果屏蔽室内没有安装吸波材料,在屏蔽室内该电缆的长度不应超过 1 m~2 m。在 LISN 的端口上安装衰减器,例如:10 dB 衰减器,可以有效地减小接收机的输入端口和 LISN 输出端口之间的阻抗失配。如果测量电缆的长度超过了测量最高频率波长的 5%~10%,那么这一方法尤其重要。

(待续)

编辑:王淑华 E-mail:wangsh@cesi.ac.cn

# 解析美国 EMC 标准——ANSI C63.022:2004(续)

American EMC Standard Introduction——ANSI C63.022:2004

信息产业部通信计量中心 肖雳

(上接2008年第2期18页)

## 4 辐射骚扰测量(30 MHz~1 GHz)

### 4.1 测量方法

根据EMI测量标准,辐射骚扰测量应该在开阔场(OATS)中进行。但是在OATS中总存在着天气状况、环境干扰信号或附近有反射物等问题。因此,可以使用替代场地(如半电波暗室)进行测量来减少这些问题。但是在目前,参考性测量场地仍然是OATS。图3给出了辐射骚扰的测量方法。

在OATS和半电波暗室进行测量的基本区别是在OATS进行测量时,通常需要对周围环境信号进行鉴别。周围环境信号可能掩盖EUT的骚扰或与EUT的骚扰发生叠加,这会导致错误的测量结果或对测量数据的误判。对于半电波暗室来说,由于在屏蔽室的墙壁和天花板上安装的吸波材料可以对内部信号进行吸收而避免反射,因此,可以进行快速的预测量。选择安装的吸波材料与测量的频段有关。如果一个半电波暗室不符合归一化场地衰减(NSA)标准,那么它就不能直接代替OATS用于辐射骚扰符合性测量。由于没有受到周围环境信号的干扰,EUT的骚扰频率可以很容易地被检测到。这一部分被称为预扫描或探测测量的测量程序,它在EUT根据相应标准工作在其最差工作模式和实验布置之后进行。探测测量允许使用峰值检波器对EUT进行快速测量来获得相应的频率列表。由于暗室存在腔体谐振、反射等缺陷会改变信号的幅度,所以在这一过程中,对信号幅度并不是很关注。由于暗室尺寸的限制,接收天线的升降高度和距离EUT的距离可能会受到限制,这对测量到的信号幅度也会有影响。对于探测测量而言,另一个主要的参数是频率精确性。较高的频率精确性要求较窄的分辨率带宽,这会导致测量时间

的延长。若需要在OATS重新扫描测量,在进行预扫描的时候使用高的频率准确度还是很必要的。在这种情况下,高的频率准确度可以大幅度减少将EUT的信号与周围环境信号区分开所需要的时间。

在探测性扫描之后,根据EUT的配置和测量情况进行第二步——数据排除,用来排除预扫描得到的频率列表中不是EUT发出的、而是由确保

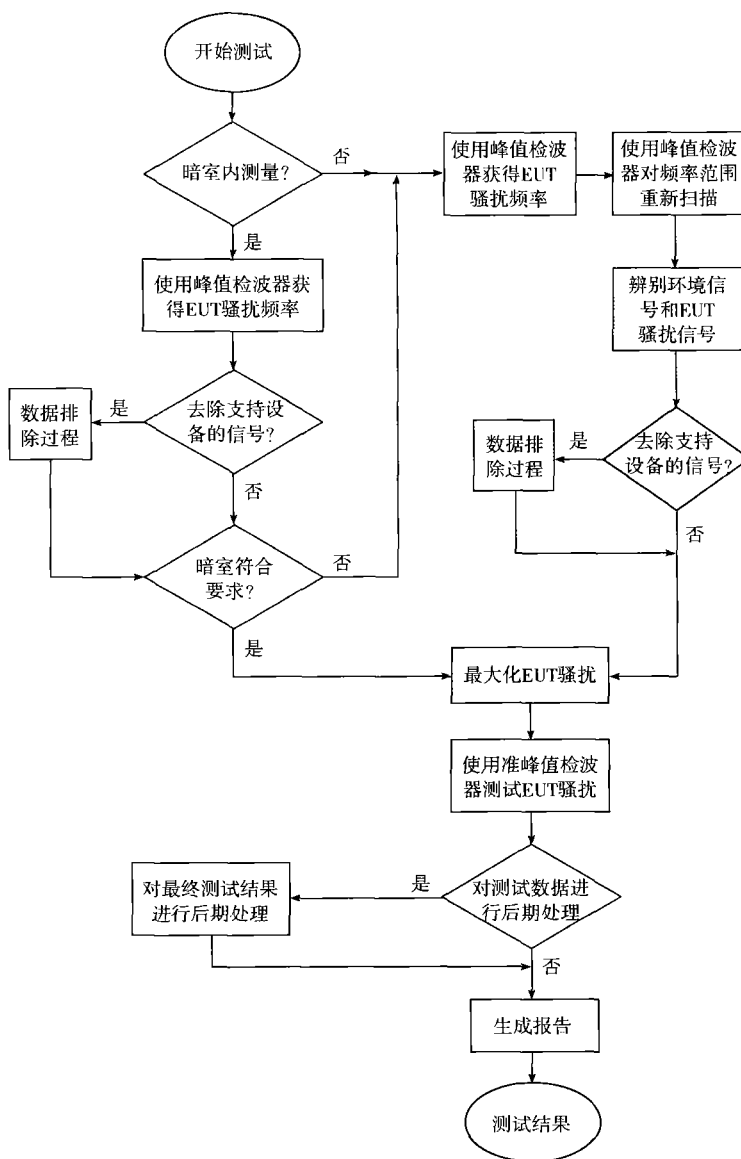


图3 辐射骚扰测量流程图



EUT正常工作的辅助设备发出的信号。例如,在对一个以太网交换机进行测量时,需要连接一个LAN信号源。该设备自身也会辐射出信号,该信号在预扫描中会被测量到并存储。然而,如果这类信号的频率是预知的,并且存储在频率列表中,数据排除过程将使用信号比较技术消除这类频率。数据排除过程得到的频率列表可以为后续两个过程所使用。

对于不符合NSA要求的半电波暗室,为了进一步在OATS或合格的半电波暗室完成EMI测量,对频率列表进行编辑和简化是必须的步骤。在OATS或合格的半电波暗室进行最终的EMI测量时,EUT应按照预测量时的摆放情况进行布置,并且应根据相应的规范进行全频段的测量,以确保在预测量时没有未检测到的频率。在测量时,使用预测量得到的频率列表来修正新发现的频率。只有在列表中标明是EUT发出的骚扰频率才会进行最大幅度的测量。在最大幅度测量时,将使用改变天线高度、天线极化方向、EUT和接收天线之间的相对位置等手段。在最大幅度测量过程中,为了节约测量时间,仍然使用峰值检波器。对于宽带信号,在进行最大幅度测量时,可以使用准峰值检波器。在确定EUT相对于天线高度、极化方向和转台角度的位置具有最大辐射后,使用标准要求的准峰值和/或平均值检波器进行测量。该测量得到的最终信号幅度将与限值比较来判定EUT是否符合相应的规范。

如果预测量是在符合NSA规范的半电波暗室中进行的,那么符合性测量可以在同一环境中完成,而不需要对频率列表进行简化预测量。辐射信号幅度的最大化和其最终测量将根据相应标准中规定的检波器进行。

如果在预测量时不能使用半电波暗室,那么就要求对周围环境信号进行仔细的辨别,从中提取出EUT的信号。最初的预测量与前面给出的测量方法不同。EUT进行了最大辐射的配置之后,开始预测量程序,用于探测EUT和周边环境信号。为了更容易地从周边环境探测到EUT的骚扰,预测量时,在EUT和测量天线之间可以使用较近的测量距离,例如:3 m。在预测量过程中发现的信号将被存储在列表中,该列表将用于消除周围环境信号。“环境列表”通过单独测量而获得。理想的情况是通过一段时间对周边环境信号进行连续的测量,这样可以保证环境列表的完整性。并且,应定期进行周边环境信号的测量,根据得到的测量结果随时对环境列表进行更新。

这一自动消除过程应该是一个精确的信号辨别过程,该过程注重于EUT和环境信号之间的频率和幅度的可能变化。在不能自动辨别信号是来自于周围环境还是来自于EUT时,应将该信号保留下来进行进一步的分辨。这一过程必须由有经验的操作员来进行。自动比较可以帮助减少需要人工辨别的信号的数量,从而减少人工辨

别信号所需要的时间。在将所有环境信号从预扫描测量列表中删除之后,剩余的EUT信号将另存于一个单独的列表中。在清除与EUT的骚扰信号重复的环境信号时要特别小心。在进行数据排除之前,环境列表与预扫描结果的比较可以显示在两个列表中。应通过手动的方式确认EUT的相关信号全部被保留下来了,保留的骚扰信号应与先前测量得到的测量结果曲线保持一致。

## 4.2 测量环境的影响

开阔场电磁环境的测量(评估)是一个复杂冗长的过程。基于不同的参数,测量的环境信号会改变它们的特征,如频谱的占用或频谱的幅度。因此,为了获得开阔场电磁环境的准确值,必须使用特定的测量程序。如果使用半电波暗室,应用预先编好的频率列表,根据法规的要求在开阔场地进行重新测量来确定最终的测量结果。

### 4.2.1 环境信号列表的编辑

使用扫描接收机代替步进接收机来测量环境信号能够节省测量时间,也能测到所有存在的信号。在测量时,如果接收机具有扫频显示,很容易就能测到间断的信号,特别是具有最大保持模式的接收机,就能动态地保持测量结果的最大值。测量过程中,由于反射使在不同高度上的幅值不同,要求测量天线要在不同的高度进行测量(理想的情况下,扫描的范围要符合EMI法规的要求)。另外,由于天线极化对测量结果的影响,要求使用线性极化天线进行测量。

根据测量的目的,要规定全部的测量时间。所有的环境信号,如列在表格中的信号,需要花很长的时间进行测量。通常,长时间的测量能够精确地测量环境的频谱。单独的环境测量信号列表,不是由当天的测量时间不同,就是由组合到主信号列表中而产生的。信号处理能够确定环境信号的特性。如果一个信号在一次环境扫描中没有发现,在第二次环境测量中也没有记录,一个比对的列表应该能识别这个环境信号是间断的,或是瞬态的。瞬态的信号需要特别注意选择相关的测量时间,从而确保能够测到这个信号。如果不知道这个瞬态信号的重复频率,在重要的频率范围内重复扫描测量可能会遗漏信号,这要根据使用的接收机的扫描速度与瞬态信号重复频率的比较确定。

当测量时间与瞬态信号的重复频率不相关时,扫描接收机能在不同的位置测到这个瞬态信号的频谱分量,正确地识别间断信号和瞬态信号需要有经验的操作员来做最好的决断。这些信号可以通过一个完整的比对列表进行剔除。如果这些信号在不同的列表中,必须进行对比来确定它们是否相同,最好使用准确的运算法则来确定,因为单独依据信号的频率和幅度来判断是不充分的,应根据与信号频率相关的频率不确定度来判断。

自动记录的频率不确定度与测量接收机的硬件性能相关。然而,对于数字信号的比对,频率和幅度的变化是使用者根据不同的比对目的而定义的。例如,在信号比对过程中,如果只使用列表中的少部分频率不确定度,那么发现较少相同信号的可能性就会更高。当被测设备发射稳定的信号时,这种方法是有益的,因为只有频率不确定度要考虑测量设备。如果被测设备产生漂移或调制的信号,频率不确定度应定义为复合的接收机频率不确定度,以确保有意义的测量结果。

#### 4.2.2 使用半电波暗室

除了开阔场外,如果使用半电波暗室,经常使用不同的测量步骤。由于一些暗室不符合法规中归一化场衰减的要求,不能作为最终的测量结果,它们经常使用被测设备发射频率的频率列表。这个列表是从开阔场获得的,在根据法规的要求重新测量获得发射幅度时,应使用正确的测量程序,包括天线高度的扫描和被测设备的转动。

使用测量软件可以进行这些探测测量并产生被测设备的频率列表,为测量本身频率的精确性提供选择。如果扫描的频段较宽,如30~200 MHz,则频率不确定度会很高,而测量时间却很少。但是这可能很难查找到这些辐射发射,特别是在一个频谱密集的环境下。这种情况可以通过划分为几个频段范围分别扫描来改进,这种方法的测量时间会很长。

不同测量方法可以使用第一次全频段范围扫描的方式,包括天线和转台的运动,来解决测量时间长的问题。这种测量使用接收机的峰值检波方式进行,测量非常快捷,目的是检测到频谱的“静区”(即此区域信号电平很低或没有信号出现),由预先设置的阈值来确定这些静区。测量结果是根据分频段绘制成图形的,这就要求频率达到一定的精确度。如果分频段没有获得任何有意义幅度的信号,那就没有必要再重新进行测量。因此,只在测量频段中有意义的区域进行最终的测量会节省大量的测量时间。

#### 4.3 辐射骚扰测量程序

辐射骚扰测量分为四个主要的步骤,测量步骤中的两个步骤一直会使用,另外两个要根据测量的环境来选择。

首先,使用EMI接收机收集数据。如果使用扫频接收机,实际的信号会被分辨出来并存储在列表中。如果环境和被测设备信号都包含在列表中,需要一个单独的分辨程序来剔除环境信号而保留被测设备的辐射信号。这些程序要符合EMI法规的要求,包括最大值测量和测量使用的检波方式(如准峰值或平均值检波)。

当测得所有与被测设备相关辐射的最大值时,测量结果还要符合相关文档的要求(如,只记录10个最高的信

数值)。在这个步骤中,需要限定信号最大值的数量而防止测量时间过长。使用数据剔除程序来完成测量,这要包含测量值与限值比对检查和信号的辨别。这四个步骤,通常定义了全部的测量过程:预扫描,数据剔除,最大值测量和结果处理程序。

##### 4.3.1 探测测量(预扫描)

这个步骤是所有测量最初的部分,因此整个测量中都要执行这部分。在此部分测量中推荐使用扫描接收机,这很快就会获得测量数据。预扫描在测量系统上增加了少量的限制和要求,目的是尽量减少额外的测量或扫描参数的数量。

预扫描法的一种应用是连同环境信号一起在开阔场记录被测设备的发射信号,测量结果作为进一步信号测量和处理的基础。

如果半电波暗室完全符合法规中测量场地的要求,可以用预扫描法收集被测设备的信号数据。在这种情况下,测量过程中,所有来自被测设备单独发射的信号都能被发现,这就不需要再进一步进行信号辨别和数据剔除,数据可以直接进行处理。

预扫描法的第三种应用是在半电波暗室中预先获得怀疑的频率列表,这些频率要在符合法规要求的开阔场中重新测量。这种方法在有环境频谱存在的情况下能快速辨认出被测设备的发射信号。然而,对于这种测量程序,必须确认所有的、与被测设备相关的发射信号都被发现。可以在开阔场进行另外的扫描来验证所有怀疑的信号,最终完成测量。

通常,预扫描法获得的类似数据用来确定所注意的信号的频率范围,依靠这个测量目的,需要天线塔和转台进行运动,既能提高频率的精确度,也可以通过幅值的比较提高频率分辨率和数据剔除。这些因素确定了在进行预扫描时的测量顺序。在任何情况下,测量结果都要存储到信号列表中,准备进行进一步的数据处理。

频率分辨率取决于测量设备的数字显示器的水平点数量和所选的频率带宽。例如,测量的频率带宽为970 MHz,当使用1001点的显示器时,会导致频率分辨率为970 kHz,这就意味着这种情况下不能判断频率间隔小于970 kHz的信号,这些信号会单独出现在测量设备的显示器上。分割频率范围会提高频率分辨率,但会加长测量时间。

当要快速获得被测设备未知的发射频谱时,应使用120 kHz的扫描带宽,以尽可能快的扫描速率进行峰值扫描。在感兴趣的频段内进行反复扫描,增加获得被测设备所有频谱的可能性,扫描速率根据相应的要求进行选择。

如果测量系统中使用天线塔和/或转台,则这些设备

进行步进式运动,从而获得测量数据,即接收机在天线和/或转台移动到预设的位置后才获得测量数据。对于转台来说,使用合适的转动角度或ANSI C63.4:2003中规定的22.5°的步长进行数据收集,转动角度的数量要确保测量过程中信号没有遗漏。天线的高度和极化方向要根据测量的距离和表1中规定的频率范围来确定。预设的天线位置列表是天线与被测设备之间的距离、频率和极化方向的一个函数。辐射骚扰最大值的测量程序见ANSI C63.4:2003的附录D。

表1 预扫描建议的天线位置

测量距离/m	频率范围/MHz	天线高度/m	天线极化方向
3	30~100	1	垂直
	100~250	1和2	
	250~1 000	1,1.5和2	
	30~100	2.5	水平
	100~250	1和2	
	250~1 000	1和1.5	
10	30~200	1	垂直
	200~300	1和3.5	
	300~600	1,2和3.5	
	600~1 000	1,1.5,2和3.5	
	30~100	4	水平
	100~200	2.5和4	
	200~400	1.5,2.5和4	
	400~1 000	1,1.5和5	
30	30~500	1	垂直
	500~800	1和3.5	
	800~1 000	1,2.5和3.5	
	30~300	4	水平
	300~800	2.5和4	
	800~1 000	1.5,2.5和3.5	

推荐的天线高度在0.8~2 m之间,是基于辐射源的高度,使用这些天线高度的设置将最大的测量误差限制到3 dB(见CISPR 16-1-2:2004的4.1.3节)。对于较大的被测设备,接收天线必须设置在几个水平极化和垂直极化位置。对于被测设备的表面,设置位置的数量要根据天线的波瓣宽度和被测设备实际尺寸的比来确定。

#### 4.3.2 数据剔除

测量步骤的第二步只有在开阔场测量时才需要进行。对于自动剔除输入列表中的一些信号,可以使用多至两个环境信号列表,这个程序还可以剔除由辅助设备所发射的一些信号。在兼容性测量过程中,被测设备应在正常的工作模式,这可能需要系统模拟器或其它的辅助设备。如果这些辅助设备的信号在一个单独的信号

列表中,可以使用数据剔除程序进行处理,因为这种比对技术对于两种类型的数据都能识别。

对于一些特定的频段,特别是FM频段,音频环境的辨别是非常有效的。这就要求能够侦测到被解调的信号调制的内容,有经验的测量人员能够区别有疑问的信号是环境信号还是被测设备的信号。这种能力只对于使用者所定义的某些频段是有用的,因为要使用接收机调谐到有疑问的这些频率并解调它们来进行判断。如果列表中包含大量的信号和需要辨别的音频信号,测量程序则相当的冗长。如果能够指定要调谐和侦测的频率范围,那么只有此频率范围的信号要进行解调。数据剔除程序的测量结果要单独存储到一个信号列表中,准备进行进一步的数据处理。

#### 4.3.3 最大值测量

在整个的测量步骤中,对于输入的信号列表要一直使用测量程序的第三步。因为获得信号的最大幅值,必须要移动接收天线的高度、改变接收天线的极化方向,转动被测设备和改变被测设备的工作状态。在找到被测设备发射的最坏位置后,使用适当的检波器进行最终的测量。因为这部分在整个的测量过程中是非常耗时的,所以只测量被测设备重要的信号。

天线和转台的运动次序以及极化方向的改变次序,是决定测量时间的主要因素。需要对这种模式进行彻底的研究以防导致过长的测量时间。基于测量系统中天线塔和转台的运动速度,测量软件会帮助确定测量时间。此外,测量过程中天线塔和转台运动的图示以及支持使用者使用的每个单独的测量步骤的描述,在设计阶段要确定以下参数:

- 定位器的运动类型(步进式或扫描式);
- 每次扫描的起始点(如转台总是从0°开始,天线塔总是设置到100 cm开始);
- 整个的测量顺序(如先变化极化方向,再把天线设置到特定的高度,然后转动被测设备)。

在确定被测设备最坏发射时天线和转台的位置之后,使用准峰值或平均值检波器进行测量。在进行这些测量设置之前,当前信号的幅值是通过峰值检波器获得的,这个值要与使用的限值进行比较,以避免再对那些低于给定限值的峰值信号进行准峰值或平均值测量。最大值测量结果被存储到一个输出列表中。所有在最坏情况下的信号,未修正和已修正的峰值、准峰值和平均值的幅度,都要记录天线的高度、极化方向和转台的角度,以及信号的特征(如,连续波,低调制,高调制,间断波等等);此外,最大值测量的数据能在极化图或数据海拔图中看到。

如果保存了信号列表,理想情况下,每个信号以及信



号的参数都应该保存在极化图和数据海拔图中。这加强了测量的重复性,有利于核查测量,因为存储的数据可以和现在的测量数据进行比较,能够根据两种辐射图很容易地找到测量布置的差异。

#### 4.3.4 后期处理

测量过程的最后一部分是提交需要的文档。定义的存储和比对程序函数,能够自动按照连续的命令应用到输入列表中。已修正的峰值、准峰值或平均值的信号幅值可以作为数据存储和/或筛选的标准。在单独的输出列表或复合列表中存储的数据,为文档和进一步的处理作准备。

根据独立测量的情况,要交叉使用一个或多个子测量步骤来代替自动测量。例如,在大多数情况下,自动预扫描程序收集信号数据并把它存储到列表中。数据剔除部分可能要手动进行,例如:当信号特性的参数除了频率外,频率不确定度和幅值也要在比对列表中使用。因此,对于每个单独的测量部分可以选择使用不同的方式,自动地串联使用分测量程序能够节省测量时间,也可以作为一个有用的选项。

#### 4.3.5 数据分析工具

对于不同的情况需要不同的数据分析工具,例如,极化图和海拔图能够反应出最大信号的特征,包含环境信号和被测设备的发射信号。理想情况下可以同时看到只有极化图和海拔图的组合图,能反应出辐射的特性,因为两种图表包含的信息能够互补。在信号重叠的情况下,两种图形可能有以下特征:

—— 由于不同的环境信号幅值,在平滑的辐射曲线上有起伏的波纹;

—— 有一些尖峰值,可能是由于间断的环境信号造成的。

在被测设备兼容测量不合格时,图形数据分析工具也可以用来检验EMI固有的本征函数。通过几个极化图和/或海拔图能够确定辐射方向图的趋势,显示出修改的效果。

在预扫描测量中获得的数据,作为最大值的压缩曲线图显示在一个窗口中,在实际的预扫描测量中会收集数千个测量点,这些点都存储在计算机的存储器中用来进行数据分析。软件能够快速地确定被测设备辐射大的区域,并能放大这些区域,便于对有问题的潜在信号进行分析。

在显示曲线的同时,使用的软件能够快速识别新的测量信号和信号幅值的变化,还能辨别环境信号,快速验证测量布置(如改变电缆摆放的影响),解决EMI问题。

(全文完)

编辑:王淑华 E-mail:wangsh@cesi.ac.cn

## SAC/TC79/SC-8 三届四次次会议 在南京召开

2008年5月29-30日,全国无线电业务保护标准化分技术委员会(SAC/TC79/SC-8,以下简称S分会)三届四次次会议在南京召开。会议由S分会挂靠单位国家无线电监测中心主办,江苏省无线电管理局承办。21名S分会委员、提交研讨论文的部分作者共计51人参加了会议。

会议审议并通过了秘书长李明所作的H分会2007年工作总结和2008年下半年工作要点建议;会议听取了邹东屹所做的IEC/CISPR/H各研究组情况介绍及2007CISPR/H年情况汇报;寿建霞做了“工业、科学、医学射频设备电力线、高压设备和电力牵引系统专题报告”。

S分会还对国家无线电监测中心起草的《VHF/UHF频段无线电监测站电磁环境要求和测试方法(送审稿)》进行了审查,标准审定会由全国无线电业务保护标准化分技术委员会李德继主任委员主持,委员们提出了一些技术性和编辑性修改意见,同意主办单位对标准送审稿作进一步完善后形成报批稿。

最后,举办了为期一天的第三届电磁兼容(无线电业务保护)研讨会,本次研讨主题为“利用无线电监测手段、防范考试作弊”。经有关专家评审出的36篇入选论文作者在研讨会上进行了介绍和交流。

全体委员一致认为此次会议的召开不仅有助于推动我国参与IEC/国际无线电干扰特别委员会S分会(CISPR/H)的各项活动,而且有利于加强行业间无线电业务的电磁兼容理念和技术上的进步,对我国保护无线电业务技术水平的提高,构建和谐的天空电波秩序有重大意义。

陈俐 崔晓曼 供稿

## 2008全国认证机构工作会议在济南召开

为全面贯彻落实第六次全国认证认可工作会议精神,加强行政监管,完善认证机构内部管理,提高认证有效性,2008年4月24日至25日,国家认监委在山东济南召开2008年全国认证机构工作会议。来自各认证机构、中国合格评定国家认可中心以及中国认证认可协会的代表共190余人参加了会议。

与会代表对国家认监委几年来狠抓认证有效性、规范整治认证市场的工作给予了肯定,研究并提出了进一步规范认证工作、提高认证有效性的具体措施。他们还针对《认证机构管理办法》(征求意见稿)、《认证机构分类管理暂行规定》(征求意见稿)、《认证机构量化评价指标》(征求意见稿)和《关于进一步改进和深化认证执法监管工作的指导意见》进行了讨论。