

前 言

本指导性技术文件等同采用 IEC 技术报告 IEC 61000-2-5:1996《电磁兼容 第 2 部分：环境 第 5 分部分：电磁环境的分类》。本指导性技术文件对电气和电子设备所处的电磁环境进行了分类，从而为获得电磁兼容性提供了技术规范。

本指导性技术文件是《电磁兼容 环境》系列国家标准化指导性技术文件之一，该系列国家标准化指导性技术文件目前包括以下内容：

GB/Z 18039.1—2000 电磁兼容 环境 电磁环境的分类

GB/Z 18039.2—2000 电磁兼容 环境 工业设备电源低频传导骚扰发射水平的评估

本指导性技术文件仅供参考。有关对本指导性技术文件的建议和意见，向国务院标准化行政主管部门反映。

本指导性技术文件附录 A、附录 B 和附录 C 为提示的附录。

本指导性技术文件由国家电力公司提出。

本指导性技术文件由全国电磁兼容标准化联合工作组归口。

本指导性技术文件负责起草单位：国家电力公司武汉高压研究所。

本指导性技术文件主要起草人：聂定珍、邬雄、万保权、郎维川、蒋虹、陈孝康。

IEC 前言

1) 国际电工委员会(IEC)是由所有参加国的国家电工委员会(IEC 国家委员会)组成的世界性标准化组织。其宗旨是促进电气和电子技术领域有关标准化的全部问题的国际一致。为此,除开展其他活动之外,还出版国际标准,标准委托由技术委员会制定。任何对制定项目感兴趣的 IEC 国家委员会均可参加。与 IEC 有联络的国际组织、政府和非政府机构也可参加这一工作。IEC 与国际标准化组织(ISO)按照两组织间的协商确定的条件密切合作。

2) 由于各技术委员会都有来自对相关制定项目感兴趣的所有国家的代表,所以 IEC 对有关技术内容作出的正式决定或协议都尽可能地表达国际一致的意见。

3) 所产生的文件可采用标准、技术报告或导则的形式出版,以推荐的方式供国际上使用,并在此意义上为各国家委员会所接受。

4) 为了促进国际上的一致,IEC 国家委员会应尽可能最大限度地把 IEC 国际标准转化为其国家标准和地区标准,对相应国家标准或地区标准与 IEC 国际标准之间的任何分歧均应在标准中清楚地说明。IEC 技术委员会的主要任务是制定国际标准。在特殊的情况下,技术委员会可以出版下列类型之一的技术报告。

- 类型 1,当尽管经过再三努力仍不能作为国际标准出版时;
- 类型 2,当这个主题仍处于技术发展阶段,或者由于任何其他原因在今后而现在不能马上同意作为国际标准时;
- 类型 3,当技术委员会在例行出版国际标准的过程中,搜集到各种资料,例如“科学发展动态”时。

第 1 类和第 2 类技术报告自出版时起到决定它们是否能够成为国际标准的三年内会受到复审。第 3 类的技术报告直到认为他们提供的资料不再有效或有用之前,没有必要进行复审。

IEC 61000-2-5 是第 2 类技术报告,它由以下委员会制定:

IEC 技术委员会 77(电磁兼容)的 77B 分技术委员会(高频现象)。

本技术报告是 IEC 61000 的第 2 部分第 5 分部分,按照 IEC 导则 107,它具有基础 EMC 出版物的地位。

本报告文本基于下表中的文件:

| 委员会草案 | 表决报告 |
|-------------|-------------|
| 77B(SEC)122 | 77B/142/RVC |

上表中的表决报告中可找到表决通过本报告的全部信息。

附录 A、附录 B 和附录 C 仅作参考。

IEC 引言

本标准是 IEC 61000 系列标准的一部分,该系列标准的构成如下:

第一部分:综述

综合考虑(概述、基本原理)

定义、术语

第二部分:环境

环境的描述

环境的分类

兼容性水平

第三部分:限值

发射限值

抗扰度限值(由于它们不属于产品委员会的责任范围)

第四部分:试验和测量技术

测量技术

试验技术

第五部分:安装和减缓导则

安装导则

减缓方法和装置

第六部分:通用标准

第九部分:其他

每一部分又可分为若干分部分,它们作为国际标准或技术报告出版。

电磁兼容 环境
电磁环境的分类

GB/Z 18039.1—2000
idt IEC 61000-2-5:1996

Electromagnetic compatibility—Environment—
Classification of electromagnetic environments

1 概述

1.1 范围

本指导性技术文件将为那些负责制定设备或系统抗扰度标准的人员提供指导,而不作为技术规范。其目的是对电磁环境进行分类,以便更好地利用装有电气或电子元件的设备抗扰度要求的技术规范,从而获得电磁兼容性。本指导性技术文件对选择抗扰度水平也给出了基本的指导。这些数据适用于在本指导性技术文件规定的特定场所利用电磁能工作的设备、分系统或系统。本指导性技术文件中不涉及运输设备(车辆、牵引车辆、船舶、飞机)内部的环境,但考虑了它们对周围环境的影响。

应该注意到,对所选择的设备抗扰度要求不但会受到环境的限制,而且还会受到使用要求(例如可靠性或安全性)的约束,这就使其比一般要求更加严格。为了更一般的目的(如通用标准和产品标准)在确定抗扰度水平时,也可能要考虑统计的、经济的方面以及某些应用方面的共同经验。

1.2 引用标准

下列标准所包含的条文,通过在本指导性技术文件中引用而构成本指导性技术文件的条文。本指导性技术文件出版时,所示版本均为有效。所有标准都会被修订,使用本指导性技术文件的各方应探讨使用下列标准最新版本的可能性。

GB/T 4365—1995 电磁兼容术语(idt IEC 60050(61):1990)

1.3 方法

电磁环境的分类是根据典型位置占主要成分的电磁现象进行分类或描述的,而不是根据现有的试验规程。然而,在概率相同的现象之间作出选择时,利用现有试验规程(如果合适的话)进行调整会使情况变得简单,并且使推荐值更容易被接受。在 GB/T 4365 中电磁环境的定义提到了“电磁现象”。本指导性技术文件中使用了术语“骚扰度”(disturbance degree),以量化构成电磁环境的现象,而与试验等级的考虑无关。本指导性技术文件不使用术语“严酷度水平”(severity level)来描述环境,因为在其他标准中,它是作为规定的抗扰度试验等级来使用的。

因此,在分类法中,电磁现象的概念和术语是定义电磁环境和选择骚扰度的起点。本指导性技术文件中第 4 章、第 5 章、第 6 章即为这一过程的第一步。已经分出了三类基本的电磁现象:低频现象、高频现象和静电放电。第一步,定义现象的属性(幅值、波形、源阻抗、出现的频率等),确定预期的骚扰度范围。第二步,对指定的位置类别,从这个范围中找出一个单一的值作为某种现象的最有代表性的值,从而规定那类位置的兼容水平。

图 1 中说明了这一过程,指出了如何使用两套表格:一套是与现象有关的输入表,对给定的现象确定其骚扰度的范围;另一套是与位置有关的输出表,即对在输入表中确定的每一种现象,在每一类位置推荐一个兼容水平值的表格。

环境最终按位置类别分类,并与兼容水平对应,这在第7章中讨论,并在附录A中给出位置类别的具体示例。这些位置类别的属性是以该位置的主要电磁特性为基础,而不以其地理或结构方面的特性为基础。例如,用术语“工厂”对位置进行分类是不够的,在一个工厂中,将存在不同的位置情况,例如计算机房,普通办公室,专门的生产车间。

最终分类的位置标志意味着对主要电磁属性的明确规定。与附录A中所列位置不同的位置类别也可分类,并按需要增加表格。

应注意这种分类法的依据是在1990年前后收集的、具有可接受的概率因素的环境数据。附录A中给出的骚扰度作为兼容水平的例子为其他标委会提供指导,而不作为标准的允许水平或抗扰度要求。这些值会受到不确定度的影响,而且不能描述极端的环境。

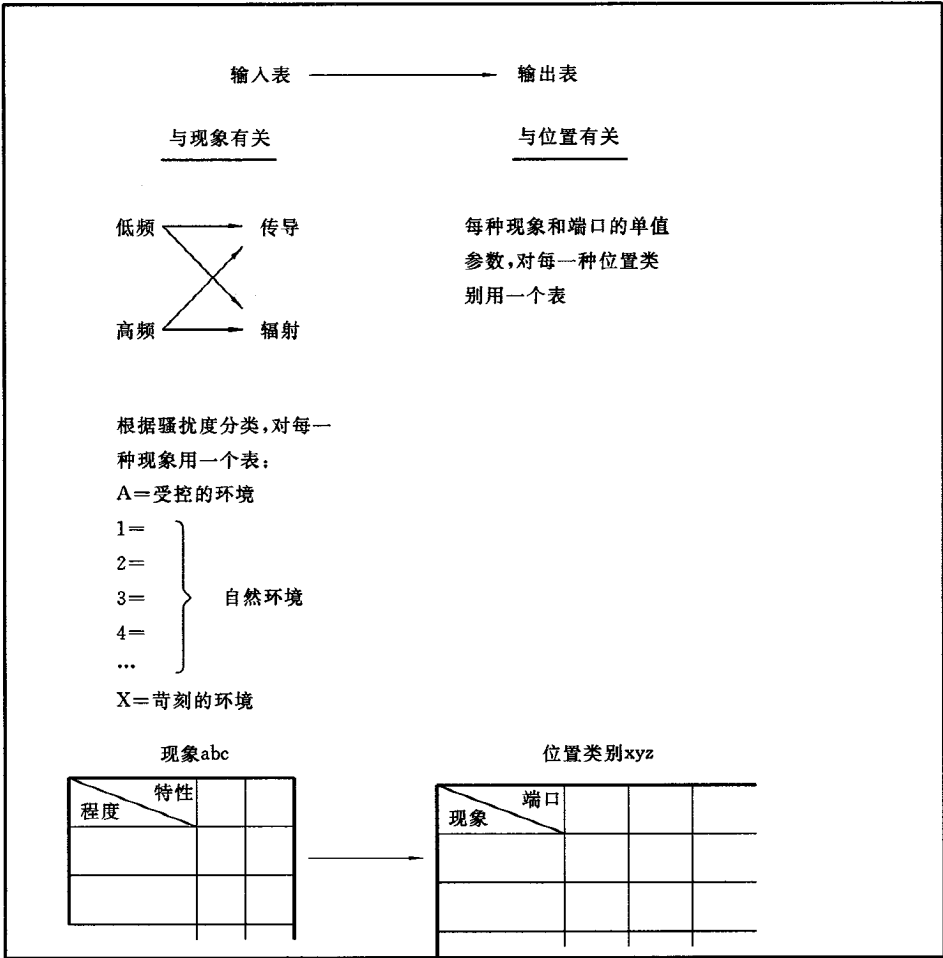


图1 用与现象有关的输入表和与位置有关的输出表进行分类的“两步法”示意图

2 定义

关于电磁兼容一般主题的定义参见 GB/T 4365。

本指导性技术文件使用下述定义。

2.1 带有注解的电磁兼容定义

2.1.1 (电磁)兼容水平 (electromagnetic) compatibility level

预期加在工作于指定条件的装置、设备或系统上的规定的最大电磁骚扰水平。

注：实际上电磁骚扰水平并非绝对最大水平,但可能以小概率超出。

2.1.2 骚扰度 disturbance degree

在所关注的环境中,与特定电磁现象相对应的骚扰水平范围内所规定的量化强度。

2.1.3 骚扰水平 disturbance level

给定的电磁骚扰水平,用规定方法测量。

2.1.4 电磁兼容性(EMC) electromagnetic compatibility(EMC)

装置、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。

注:为简化,本指导性技术文件中使用术语“设备(item)”代替重复出现的“装置、设备或系统(device,equipment or system)”。

2.1.5 (电磁)环境 (electromagnetic) environment

存在于给定场所的所有电磁现象的总和。

注

1 一般来说,这种总和是与时间有关的,对它们的描述可能需要统计的方法。

2 不要把电磁环境和位置本身相混淆是非常重要的。

2.1.6 (电磁)骚扰 (electromagnetic) disturbance

任何可能引起装置、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。

注:电磁骚扰可能是电磁噪声、无用信号或传播媒介自身的变化。

2.1.7 (电磁)敏感性 (electromagnetic) susceptibility

在存在电磁骚扰的情况下,装置、设备或系统不能避免性能降低的能力。

注:敏感性高,抗扰度低。

2.1.8 (对骚扰的)抗扰度 immunity(to a disturbance)

装置、设备或系统面临电磁骚扰不降低运行性能的能力。

2.1.9 抗扰度水平 immunity level

将某给定电磁骚扰施加于某一装置、设备或系统而其仍能正常工作并保持所需性能等级时的最大骚扰水平。

2.1.10 位置(EMC) location(EMC)

按电磁特性划分的位置或场所。

2.1.11 位置类别 location class

与使用的电气和电子设备的类型和密度有关的(包括安装条件和外部影响方面)具有共性的位置的集合(见附录A)。

2.2 缩略语

ASD 调速传动装置(也称变速传动装置)

CW 连续波

ESD 静电放电

EUT 受试设备

ISM 工业、科学和医疗设备

ITE 信息技术设备

MRI 磁共振成像(也称为核磁共振)

ITU 国际电信联盟

IPPA 国际辐射保护协会

CB 民用电台频段

3 用户指南

3.1 分类体系的基本理论

分类体系的目的是确定一组个数有限的参数以及相关的数值,当确定性能要求时,可以选择这些值。这种体系的意义主要在经济方面,即减少了制造商所生产设备的骚扰度类别。该体系还确定对适当

连接(如果有的话)的要求。

推荐的分类体系相当广泛,包罗了绝大多数的电磁现象。这绝不意味着一个给定设备的抗扰度应以所有这些现象为背景来进行试验,但是可以根据所关注的环境和设备固有的特性来选择有限的现象。

3.2 环境现象

预计电子系统在电磁环境中工作而不受干扰是非常复杂的。对本分类法来说,已经定义了三类环境现象来描述所有的骚扰:

- 低频现象(传导的和辐射的,除 ESD 以外);
- 高频现象(传导的和辐射的,除 ESD 以外);
- 静电放电(ESD)现象(传导的和辐射的)。

为了识别在特殊媒质中出现的电磁骚扰,这种划分是必要的。研究电磁环境时,所考虑骚扰的波长 λ ,形式上用“长和短”或“大和小”来衡量。如果波长比系统(或线路)尺寸大很多,那么这个系统是小系统或这条线路是短线路。因此,在这种情况下,频率是低的,因为频率与波长成反比。当其尺寸与波长的比值大于1,则采用大、长和高来描述系统。然而,本指导性技术文件中所说的低频是指在骚扰频谱中占主要成分,低于 9 kHz;而高频是指其频率(大大地)高于 9 kHz。

辐射骚扰出现在设备周围的媒质中,而传导骚扰出现在各种金属性媒质中。端口(骚扰通过端口对设备产生影响)的概念允许在以下几种媒质中加以区分:1) 外壳;2) 交流电源;3) 直流电源;4) 控制/信号线;5) 系统和地或参考地之间的连接。源、耦合和传播特性与媒质的类型有关。附录 A 的最终表格给出了各种位置类别的兼容水平,是按照相应端口的概念作出的。

3.3 环境基本数据的简化

全面地描述电磁环境既是不可能的,也是完全不必要的。因此,任何描述都被限制到对环境的某些特性进行描述。描述的第一步宜选择与能够产生电磁骚扰各种现象相对应的电磁特性。表 1 列出了现象的类型。在本指导性技术文件中,低频和高频之间的分界线一般认为是 9 kHz;然而,当一种骚扰有小的过冲而进入另一频率范围,则确定其骚扰类型时,占主要成分的频率范围的分界线可能要稍作移动以保持该现象在所描述的范围之内。

如果选择的目的是被规定,那么这种合适的选择是唯一有效的。考虑到设备和电磁环境之间可能有很多的耦合机理,为了准确地评估设备必需的抗扰水平,很显然,将需要更多的有关环境的信息资料。电磁环境描述的准确度必然会受到如下的限制:

- 由于得不到资料而忽略了某些方面的环境;
- 由于所考虑的分类体系会变得太复杂,从而忽略了某些方面的环境;
- 为了只考虑那些可能出现的事件,统计的方法可能是必需的。

在选择骚扰类型时会受前两种限制,统计方法用于确定环境的类别和选择兼容水平的单一值,而不是值的范围。

在制定本指导性技术文件时,现有的基本数据表明:在设备使用时所遇到的各种环境下,预计出现的传导骚扰和辐射骚扰变化很大。利用基本数据的综合,能通过实验室试验方便地评估设备耐受这些环境的能力或减缓骚扰措施的有效性。这种综合使选择很少几个有代表性的骚扰现象成为可能,这样使试验唯一、有意义和可重复。

为了帮助设备的设计者和使用者在确定抗扰度试验水平时进行合适的选择,分类法表明对每一种现象,每一类位置只有一个兼容水平。每一种现象的特性以表格的形式提供,根据表格能进行选择。这种方法对预计安装在各类位置的设备,给出了规定其性能要求的公共的基准,并且还还为保守的设计和有意降低成本裕度的两者之间提供了合适的折中尺度。对特定设备的这些要求的技术规范属于产品标准的范畴,因此,不在本指导性技术文件中论述。

对给定的设备,其运行的周围环境是由骚扰源的存在和特性以及所采用的安装条件形成的。典型的安装惯例考虑了减缓骚扰的措施,这些措施可以通过隔离、屏蔽和抑制来实现。因此,当对有各种安装惯

例的特定位置推荐其骚扰度时,考虑这些安装惯例的影响是重要的。本指导性技术文件对这些位置可能遇到的各种安装情况给出了有代表性的骚扰度。

表 1 产生电磁骚扰的基本现象

| |
|---|
| 低频传导现象: ——谐波、谐间波 ——信号电压 ——电压波动 ——电压暂降和短时中断 ——电压不平衡 ——电源频率变化 ——低频感应电压 ——交流网络中的直流 |
| 低频辐射现象: ——磁场 ——电场 |
| 高频传导现象: ——感应连续(CW)波电压和电流 ——单向瞬态 ——振荡瞬态 |
| 高频辐射现象: ——磁场 ——电场 ——电磁场 • 连续波 • 瞬态 |
| 静电放电(ESD)现象 |
| 核电磁脉冲(NEMP)* |
| * 本指导性技术文件中不考虑。 |

骚扰度列表含有“**A**”级(对于这种环境,为了满足规定的要求,可能需要采取某些减缓措施和控制措施)和“**X**”级(即考虑到在某些情况下,例外的情况可能会占优势而需要特别重视)。“**A**”级对应于那些环境多少有点由建筑物类、或者由特殊位置所固有的安装惯例所控制的情况。“**X**”级对应于骚扰度比一般遇到的更高的情况。

任一分类法,其分类取决于它们的大多数。本分类法承认对任一规定的位置可能有例外的要求。这种情况的结果是设计时必须考虑设备在特殊情况下运行。例如,在某类位置,不经常出现的特殊型的操作瞬态。对于这种特殊的骚扰,设备是否应设计成“抗扰”型将取决于它们所受的影响是暂时性的(例如,衰减的接收量,尽管这个量是不希望有的,但是可以接受的),还是永久的和不可接受的(设备损坏或误操作引起不能接受的后果)。

在给定位置,如果预计没有特别的性能要求(这是一般情况),那么程序就简化为:

- a) 根据第 7 章和附录 A 中规定的位置类别选择合适的位置;
- b) 按照第 8 章所述的原理选择所需的抗扰度。

本指导性技术文件的目的是不是规定抗扰度,但允许其他有关专业标准化技术委员会在缺乏设备抗

扰度时,在合理、有根据的基础上作出选择。下述表格中所列出的数据涉及到熟知的环境条件,如低频现象,在其他情况下,只推荐分类法用的代表值。

4 低频电磁现象

4.1 低频传导现象

4.1.1 谐波(≤3 kHz)

谐波电压是由非线性负荷的谐波电流流过网络阻抗(频率为谐波频率)并引起相应的电压降而引起的。由各种源(例如相控整流器)作用的电流和电压矢量相加,使得合成电压小于或等于所有作用电压的代数和。可区别两种类别的源:

——在低压网中,来自于各种带整流器输入的电子负荷(家用电器,电视机,个人计算机等)的大量小型源;

——在低压、中压或高压网中,来自工业负荷(例如调速传动装置)、牵引整流器等大型独立源。

大量的小型源是在公用配电网络中引起谐波的主要原因。在工业区大型源是主要的,在那里还要加上来自居民区的谐波。表 2 列出了预期的骚扰度范围、各次谐波及谐波总畸变率。要注意到这样一个事实,并不是所有的谐波都将同时达到相应的值。有关谐间波的数据正在考虑之中。

4.1.2 电力系统中的信号电压

电力网是为传输电能设计的,但是,它们还可以通过“电网信号系统”用于传送信息。有关的标准化文件考虑了三类系统:

——在公用配电网中由电力部门使用的纹波控制系统,范围为 100 Hz~3 kHz,一般低于 500 Hz,信号最高可达到标称电压的 9%。这类系统在欧洲的一些国家和其他一些地区使用;

表 2 低压电力系统中谐波骚扰度的范围(单位:与基波电压的百分比)

| 骚扰度 | 畸变率 | 奇次(非 3 的倍数) | | | | | | | | 3 的倍数 | | | | | 偶次 | | | |
|--|------------|-------------|---|-----|-----|----|-----|-------|-----|-------|-----|-----|-----|-----|----|-----|------|-----|
| | | 5 | 7 | 11 | 13 | 17 | 19 | 23~25 | >25 | 3 | 9 | 15 | 21 | >21 | 2 | 4 | 6~10 | >10 |
| A(被控的) | 根据设备要求逐项考虑 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 8 | 6 | 5 | 3.5 | 3 | 2 | 1.5 | 1.5 | * | 5 | 1.5 | 0.3 | 0.2 | 0.2 | 2 | 1 | 0.5 | 0.2 |
| 2 | 10 | 8 | 7 | 5 | 4.5 | 4 | 4 | 3.5 | * * | 6 | 2.5 | 2 | 1.7 | 1 | 3 | 1.5 | 1 | 1 |
| X(苛刻的) | 根据情况逐项考虑 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| * =0.2+12.5/ <i>n</i> (<i>n</i> 为谐波次数) | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| * * =3.5~1.0(随频率的增大而减小) | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 注 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 A 级适用于对谐波敏感的设备(可能为计算机类、测量仪表、医疗器械等)的有保护的电源。 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 1 级对应于低压公用配电网规定的兼容水平(见 IEC 61000-2-2),它也适用于轻度骚扰的工业网络(中、小型工厂,商业大楼)。 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 2 级适用于工业网络 and 大型商业大楼。 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 X 级适用于强骚扰工业网络(钢厂等)。 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 上述值代表根据对时间的统计分布,在网络最多暴露点不超过时间的 95%的水平。它们对应于 IEC 61000-2-2和 IEC 61000-2-4 中给出的兼容水平。 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

——在公用配电网中由电力部门使用的电力线路载波系统,范围为 3 kHz~95 kHz,信号电平最高允许达到标称电压的 2.5%。然而,这些信号在网络中被强烈地衰减(>40 dB)。这类系统主要在美国使用,其他地区正在发展中;

——用于以终端用户(居民或工业)为前提的信号系统,在欧洲频率范围为 95 kHz~148.5 kHz

(ITU I类地区);在美国和日本为 500 kHz,信号电平允许达到标称电压的 0.6%或 5%。

表 3 电力系统中信号电压骚扰度的范围(单位:与标称电压的百分比)

| 骚扰度 | 频率范围,kHz | | | |
|---|---|-----------------------------------|-----------------|-----------|
| | 0.1~3 | 3~95 | 95~148.5 | 148.5~500 |
| A-无信号网络 | 根据设备要求逐项考虑 | | | |
| 1-发射机附近的发射水平 | 0.1 kHz~0.5 kHz;5% 0.5 kHz~3 kHz;5%~1.3% | 3 kHz~9 kHz; * 9 kHz~95 kHz;5% | 一般;6% 工业区;5% | 2~0.6(mV) |
| X-特殊条件下(谐振) | 根据情况逐项考虑 | | | |
| * 在考虑中。 | | | | |
| <p>注</p> <p>1 A级:可能存在残余信号,是由附近有特殊信号的系统耦合的。这个级别与其他表格中的不同,A级不是受控制的环境。而且,有些类型的安装对这种骚扰现象可能会提供某种程度的保护。当骚扰来自邻近网络,可能需要安装阻波电路或吸收电路。</p> <p>2 1级:对于频率范围为0.1 kHz~3 kHz,其值对应于实际设备中正常注入电平;对于其他频率范围,其值是在参考阻抗上测得的最大允许注入电平。这些值只在ITU的Ⅰ类地区采用,其他的值可在ITU的Ⅱ类或Ⅲ类地区采用。</p> <p>3 X级:正常情况下信号在网络中多少会被衰减。然而,在一定的谐振条件下,信号可能被加强。在0.1 kHz~3 kHz的范围内,允许的最大信号为标称电压的9%。</p> | | | | |

4.1.3 电力系统电压和频率变化

4.1.3.1 幅值

50/60 Hz 电源电压幅值会遭受各种骚扰。

a) 在正常运行范围内,连续或随机重复的快速波动(出现的频率范围为 25 次/s~1 次/min)。电压波动的主要骚扰影响是使灯光发生闪烁(主要是小功率的白炽灯),引起生理上的不适。一般而言,波动来自工业负荷,例如电弧炉(高压网),电焊机(低压网),投切大负荷和电容器组。这些快速波动应与正常情况下慢速变化分开,后者不能作为 EMC 问题考虑。

b) 电压暂降(ΔU 的范围为标称电压的 10%~99%)和短时中断($\Delta U=100\%$ 标称电压)可持续半个周期到若干秒。当中断持续时间超过 1 min 时,就不再作为低频 EMC 问题考虑,而认为是电源中断。电压暂降和短时中断有各种的起因:

- 熔断器动作(几毫秒)以消除低压网络中的短路;
- 中压和高压线路或其他设备的故障,有或无自动重合闸(100 ms~600 ms);
- 投切大负荷,尤其是电动机和电容器组。

c) 电压不平衡是三相系统的一种状态,在这种状态下各相的幅值不同,或者偏离正常的相位关系($3\times 120^\circ$)。不平衡度通常是根据对称分量法、按负序分量(或零序分量)与正序分量的比值定义的。电压不平衡是由不对称负荷或大型单相负荷(例如牵引系统或单相电弧炉)引起的。

4.1.3.2 频率

电力系统频率一般是非常稳定的,其变化小于 0.1 Hz。然而,当电网受到骚扰时,它会在一个较宽的范围内变化,最高可达 3%。大的频率下降是由于系统受到较大扰动的结果。

表 4 电力系统电压幅值和频率的骚扰源(现象)和骚扰度范围

| 现象(源) 骚扰度 | 正常运行范围 的电压波动 (% U_{nom}) | 电压暂降 ($(10\% \sim 99\%)U_{nom}$) (持续时间) | 短时中断 ($>99\%U_{nom}$) (持续时间) | 电压不平衡 (U_{neg}/U_{pos}) (%) | 电源频率 变化 (%) |
|--------------|-----------------------------------|---|--------------------------------------|---------------------------------------|-------------------|
| A(被控的) | 根据设备要求逐项考虑 | | | | |
| 1 | ≤ 3 | $< 800 \text{ ms}$ | $< 600 \text{ ms}$ | 2 | 2 |
| 2 | ≤ 10 | $< 3 \text{ s}$ | $< 60 \text{ s}$ | 3 | 2 |
| X(苛刻的) | 根据情况逐项考虑 | | | | |

4.1.4 低频感应电压

邻近电缆中流过的低频电流(与实际电流、物理尺寸、电缆类型和其他参数有关)可能在信号电缆和控制电缆中感应出低频共模电压。耦合阻抗随邻近电缆的距离和有效平行长度变化。

表 5 描述了共模感应电压。还会出现差模电压,而且与电缆和终端的类型有关。

表 5 信号和控制电缆中低频共模感应电压的骚扰源和骚扰度(单位:V)

| 现象(源) 骚扰度 | 正常运行条件下的电力电缆载波网的频率和谐波 | | 电力系统故障条件下 ¹⁾ |
|-----------------------------------|---------------------------|--------------|-------------------------|
| | 50 Hz~1 kHz ²⁾ | 1 kHz~20 kHz | 50 Hz~1 kHz |
| A(被控的) | 根据设备要求逐项考虑 | | |
| 1 | 0. 05~1 | 0. 05 | 100 |
| 2 | 0. 15~3 | 0. 15 | 300 |
| 3 | 0. 5~10 | 0. 5 | 1 000 |
| 4 | 1~20 | 1 | 3 000 ³⁾ |
| X(苛刻的) | 根据情况逐项考虑 | | |
| 1) 其值可能受到 ITU-T 或其他指定的减缓方法的限制。 | | | |
| 2) 在所范围内骚扰水平随频率的增加而减小。 | | | |
| 3) 可能受到间隙绝缘击穿的限制。在不接地回路中会出现较高的电压。 | | | |

4.1.5 交流网中的直流电压

正在考虑之中。

4.2 低频辐射现象

4.2.1 磁场

50/60 Hz 的工频磁场由几种源产生:靠近电力线路,尤其是架空线路;变压器或其他电力系统设备以及工业、办公和家用电器的杂散磁场。在有电气牵引设备的地区,还将遇到电气铁道频率的磁场。能起作用的谐波频率磁场只在特殊环境下(换流站及类似情况)出现,它对信号和控制线路的影响比对电源的更加显著。表 6 没有考虑电力系统中出现的瞬变故障状态。

表 6 低频磁场的骚扰源和骚扰度(单位:A/m,直流或方均根值)

| 现象(源) 骚扰度 | DC ¹⁾ | 电气铁道 频率 16 $\frac{2}{3}$ ²⁾ | 电力系统频率 50/60 Hz ³⁾ | 电力系统谐波 0.1 kHz~3 kHz ⁴⁾ | 与电力系统无关 ⁵⁾ |
|--------------|------------------|---|----------------------------------|---------------------------------------|-----------------------|
| A(被控的) | 根据设备要求逐项考虑 | | | | |
| 1 | 3 | 1 | 3 | 3/n | 0.015 |
| 2 | 10 | 3 | 10 | 10/n | 0.05 |
| 3 | 30 | 10 | 30 | 30/n | 0.15 |

表 6(完)

| 现象(源) 骚扰度 | DC ¹⁾ | 电气铁道 频率 16⅔ ²⁾ | 电力系统频率 50/60 Hz ³⁾ | 电力系统谐波 0.1 kHz~3 kHz ⁴⁾ | 与电力系统无关 ⁵⁾ |
|--|------------------|------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------|-----------------------|
| 4 | 100 | 30 | 100 | 100/ <i>n</i> | 0.5 |
| X(苛刻的) | 根据情况逐项考虑 | | | | |
| <p>1) 在地面上方 1 m 处,应再加上地磁场约 20 A/m~60 A/m,与位置有关。</p> <p>2) 在距机车 20 m 处,愈靠近机车,磁场增加愈显著。在地面上方 1 m 处,距离 3 000 kW 牵引机车 20 m 处的磁场为 1 A/m。某些铁道机车的信号系统还可能出现比 1 级更高的磁场强度。</p> <p>3) 对于架空线路,在地面上方 1 m 处测量。在线路中央下方,磁场的幅值有一个范围。 对于家用和商业环境,在距离源 0.3 m 处测量,磁场幅值的范围为 1 A/m~10 A/m。</p> <p>4) 式中 <i>n</i> 是谐波的次数。</p> <p>5) 在有音频感应线圈的地方,频率在 100 Hz~5 kHz 范围内的长期平均磁场可能为 0.1 A/m(3 级),参见 IEC 60118-4。</p> | | | | | |

4.2.2 电场

在高压架空电力线路下方和变电站内存在较强的电场。位于线路下的建筑物对电场的衰减系数为 10 至 20。由家用电器产生的电场一般很小。

表 7 低频电场及其骚扰度的范围(在地面上方 1 m 处) (单位:kV/m)

| 现象(源) 骚扰度 | DC 线路 | 16⅔ Hz 线路 | 50/60 Hz 线路 |
|--|------------|-----------|--------------------|
| A(被控的) | 根据设备要求逐项考虑 | | |
| 1 | 0.1 | 0.1 | ≤0.1 ¹⁾ |
| 2 | 1 | 0.3 | ≤1 ²⁾ |
| 3 | 10 | 0.1 | ≤10 ³⁾ |
| 4 | 20 | 3.0 | ≤20 ⁴⁾ |
| X(苛刻的) | 根据情况逐项考虑 | | |
| 1) 住宅环境,远离架空线路。 2) 户外,在高达 30 kV 的架空线路下方;户内,在高达 765 kV 的架空线路下方。 3) 户外,在高达 400 kV 的架空线路下方。 4) 高达 400 kV 的高压电站内及高达 765 kV 的架空线路下方。 | | | |

5 高频电磁现象

5.1 高频传导现象

一般认为这种骚扰出现在系统的一组导体中,这组导体既可以是在供电网(交流或直流)中,也可以在现代化设备中使用的各种信号/控制线中。常见的情况是,这些系统为独立的装置,不考虑彼此靠近的不同系统的导体间出现的电压差。因此,认为地耦合路径(或参考地)是出现骚扰的媒介之一。

这些骚扰主要可分为两种类型,每一类由以下的一组属性表示其特性:

——连续现象(感应 CW 的电压和电流)属性:

- 幅值
- 频率
- 调制
- 源阻抗

- 瞬态现象(单向或振荡的电压和电流)属性：
 - 上升率
 - 持续时间
 - 幅值
 - 频谱
 - 出现率
 - 频率
 - 源阻抗
 - 能量

本章对表 1 中列出的每一种传导骚扰(连续的或瞬态的)被认为都提供了一张详细的表。每一张表给出了对于指定的各种位置的环境应该选择的合适的骚扰度。

5.1.1 感应的连续波(CW)电压或电流

电磁场对暴露在场中的导体感应出对参考地的电压。感应电压的幅值与导体的长度、离地面高度、由杂散电容和通过其他设备形成的回路以及其他因素有关。

当长度大于 1/6 波长时,场强和感应电压之间的关系一般是线性的。当回路的尺寸接近 1/4 波长及其倍数时,会出现谐振效应。表 8 给出了感应电压值和相应的共模电流值(假定对参考接地的特征阻抗为 150 Ω 时计算所得,电网的共模阻抗比 150Ω 小得多)。

表 8 相对于参考地感应的连续波电压的骚扰度

| 骚扰度 | 10 kHz~150 kHz * | | 0.15 MHz~27 MHz | | 27 MHz~150 MHz | |
|---|------------------|-----|-----------------|-----|----------------|-----|
| | V | mA | V | mA | V | mA |
| A(被控制的) | 根据设备要求逐项考虑 | | | | | |
| 1 | 0.1 | 0.7 | 0.3 | 2 | 0.3 | 2 |
| 2 | 1 | 7 | 1 | 7 | 1 | 7 |
| 3 | 3 | 21 | 3 | 21 | 3 | 21 |
| 4 | 10 | 70 | 10 | 70 | 10 | 70 |
| 5 | 30 | 210 | 30 | 210 | 30 | 210 |
| X(苛刻的) | 根据情况逐项考虑 | | | | | |
| * 某些 VLF 发射机在 10 kHz~150 kHz 的频率范围内能感应出较高的电压。 | | | | | | |

表中的骚扰度是未调制时的情况。通常出现的骚扰信号是调幅(典型情况调制低于 80%)或调频的。

5.1.2 瞬态

对这一类骚扰,高频现象分两组:单向的和振荡的。对于每一组,由几种不同的现象(源)引起这些骚扰。

a) 振荡冲击:振荡冲击频率较高,频率范围从低于 1 kHz(主要是投切电容器)到几 MHz(主要是局部振荡,切断操作)。在频率范围较高侧的冲击限制了能量吸收量,然而可能有较高的峰值电压。在频率范围较低侧的冲击能有较高的能量吸收量,但电压峰值较低。

b) 高能冲击:下列冲击的各种冲击波形一般被认为是与附近直接雷击放电或熔断器动作相关的典型冲击水平:

- 架空配电系统的雷电冲击;
- 在架空线路上发生并在电缆中传播的雷电冲击;
- 由熔断器动作(包括在电力系统电感内吸收的能量)所引起的冲击。

c) 极快速冲击:这种冲击作为单次事件出现,例如静电放电(虽然可能会有由几个单脉冲组成的简短序列)或与投切局部负荷有关的脉冲群。两种冲击的能量很小,但能够产生严重的干扰或破坏。瞬态脉冲群与称之为“开关电弧”或“电快速瞬变”(EFT)的电弧现象有关。介质击穿也是一种高频骚扰源。

d) 耦合的骚扰:辐射波也能耦合到线路,然后传播到系统中去;那么在远离耦合点的使用点,这些骚扰作为传导骚扰出现,尽管它们源于辐射骚扰。这种情况实际上是上述 c)项中所述的脉冲群 EFT。

对每一种选择的能代表冲击环境的波形,应说明源的开路电压(峰值)和短路电流(峰值),以便提供完整的、有意义的描述。

偶尔地企图用“能量”来描述(分类)冲击,以帮助选择冲击保护装置的额定值。但是,这个概念会使人误解为过于简化,因为在冲击所波及的电路元件之间的能量分配取决于源阻抗(包括交流电网)以及冲击保护装置的阻抗。单独以能量描述冲击不是独立的和有意义的。传送到终端设备的能量是重要的系数,但它取决于源和负荷(设备或冲击转移保护装置,或两者)之间的分配。

在编制表 9、表 10 两张表格时,采用了三种时间标度和频率范围,以区别性质不同的源并对它们的重要属性提供一般性的描述。骚扰度用开路电压表示,其含义是在附近没有任何冲击保护装置时,在典型的轻载条件下的预期电压。对于反映线路几何结构和瞬变源耦合方式的现象,电压以 V 为单位,作为初步的近似,而与系统电压无关。对于操作瞬态(投切电容器和切除故障),瞬态电压与系统电压成正比。因此,用工频电压峰值的倍数表示电压。

5.2 辐射高频现象

辐射电磁环境的描述是基于对下述三类现象的评估,每类现象的波形均具有时域或频域的一般特性:

- 辐射的(连续波)振荡骚扰;
- 辐射的(瞬态)脉冲骚扰;
- 不相关的辐射骚扰。这类骚扰的量化没有达成一致意见,因此,本指导性技术文件不论及。

由于每类现象的波形具有相似性,所以能用有限的几个参数合理地表征其特性。给定的电磁现象只能属于其中的一类,或者看作是属于不同类型的几个波形的迭加。

一个给定的辐射电磁环境能通过这三类现象,用可接受的准确度描述,也可以考虑利用波阻抗(近场和远场效应)描述。下面各节中,用表格(指出了骚扰度)给出各种现象的定义。给定位置的辐射电磁环境划分为几种类型的理论基础是,不同的类型对设备的作用能有不同的机理和不同的结果。

表 9 低压交流电力系统中传导的单向瞬态的源和骚扰度范围

| 现象属性和骚扰度 | 单向瞬态时间标度 | | | |
|--------------------|--------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------|
| | ns | μs | | ms |
| 典型源 | 接触电弧 ¹⁾ | 雷电<1 km ¹⁾ | 雷电>1 km ¹⁾ | 熔断器动作 ²⁾ |
| 上升时间 ³⁾ | 5 ns | 1 μs | 10 μs | 0.1 ms |
| 持续时间 ⁴⁾ | 50 ns | 50 μs | 1 000 μs | 1 ms |
| 出现率 | 脉冲群 | 多次 | 多次 | 极少 |
| 持续时间 ⁵⁾ | ms | ms | s | 单次 |
| 源阻抗 | 50Ω | 1Ω~10Ω | 20Ω~300Ω | 0.2Ω~2Ω |
| A(被控制的) | 根据设备要求逐项考虑 | | | |
| 1 | 0.5 kV | 1 kV | 0.5 kV | — |
| 2 | 1 kV | 2 kV | 1 kV | 0.5U _峰 |
| 3 | 2 kV | 4 kV | 1.5 kV | 1.0U _峰 |
| 4 | 4 kV | 8 kV | 2 kV | 2.0U _峰 |
| X(苛刻的) | 根据情况逐项考虑 | | | |

表 9(完)

| 现象属性和骚扰度 | 单向瞬态时间标度 | | |
|--|----------|----|----|
| | ns | μs | ms |
| <p>1) 所示的值是 120~690 V (均方根值) 电力系统的开路电压 (即现象出现时, 系统中既没有接入大的负荷, 也没有安装任何冲击保护装置)。它们反映了这些瞬态的外部来源和耦合机理, 且与系统电压无关。电流是建筑物内的电源线所承载的电流, 而不是外部的雷电流; 对建筑物的直接雷击会在电源线内产生较大的电流。</p> <p>2) 所示的值是在工频正弦波峰值处出现瞬态时的开路电压, 并与工频电压相加。这些瞬态是由内部的源产生的, 基本上与系统电压成比例。</p> <p>3) 瞬态的起始上升时间。</p> <p>4) 单次瞬态半峰值的宽度。</p> <p>5) 多重瞬态事件的总持续时间的数量级以所示单位表示。</p> | | | |

表 10 低压交流电力系统中传导的振荡瞬态的源和骚扰度范围

| 现象属性和骚扰度 | 振铃波瞬态频率范围 | | |
|--|----------------------------|---------------------------|---------------------|
| | 高频 0.5 MHz~5 MHz | 中频 5 kHz~500 kHz | 低频 0.2 kHz~5 kHz |
| 典型源 | 局部系统对脉冲骚扰的响应 ¹⁾ | 建筑物对脉冲骚扰的响应 ¹⁾ | 投切电容器 ²⁾ |
| 上升时间 ³⁾ | 50 ns | 1 μs | 0.1 ms |
| 持续时间 ⁴⁾ | 5 μs | 50 μs | 1 ms |
| 出现率 | 经常 | 偶尔 | 不经常 |
| 源阻抗 | 50 Ω~300Ω | 10Ω~50Ω | 10Ω~50Ω |
| A(被控制的) | 根据设备要求逐项考虑 | | |
| 1 | 0.5 kV | 1 kV | 0.5U _峰 |
| 2 | 1 kV | 2 kV | 1.0U _峰 |
| 3 | 2 kV | 4 kV | 2.0U _峰 |
| 4 | 4 kV | 6 kV | 3.0U _峰 |
| X(苛刻的) | 根据情况逐项考虑 | | |
| <p>1) 所示的值为 120 V~690 V(均方根值)电力系统的开路电压(即现象出现时,系统中既没有接入大的负荷,也没有安装任何冲击保护装置)。它们反映了这些瞬态电压的外部来源和耦合机理,与系统电压基本无关。</p> <p>2) 所示的值为在工频正弦波峰值处出现瞬态时的开路电压,含工频电压。这些瞬态是内部源产生的,基本上与系统电压成比例。</p> <p>3) 瞬态的起始上升时间。</p> <p>4) 瞬态包络线半峰值的宽度。</p> | | | |

5.2.1 辐射的连续振荡骚扰

这些骚扰或为单个事件或为多个事件出现, 由于有意的选择、或者由于无意的谐振耦合机理, 可能与设备强耦合。对于本指导性技术文件来说, 辐射振荡骚扰是一种在 $[f_{\min}, f_{\max}]$ 频谱区间内至少含有 90% 平均功率的骚扰, 能用下列条件近似地表示: $f_{\max}/f_{\min} \leq 1.2$ 。实际所遇到的值与受骚扰设备和骚扰源之间的距离很有关。更多的资料见附录 B。

表 11 辐射振荡骚扰的源和骚扰度范围

(单位:V/m)

| 现象(源) 骚扰度 | 9 kHz~ 27 MHz | 27 MHz 频带 CB(民用 频段) | 业余无线电 所有频段 | 27 MHz~ 1 000 MHz 便携式, CB 除外 | 27 MHz~ 1 000 MHz 移动式, CB 除外 | 27 MHz~ 1 000 MHz CB、便携式和 移动式除外 | 1 000 MHz~ 40 GHz 的所有源 |
|--------------|------------------|---------------------------|---------------|---------------------------------------|---------------------------------------|--|------------------------------|
| A(被控制的) | 根据设备要求逐项考虑 | | | | | | |
| 1 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.3 |
| 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 4 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| 5 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 |
| X(苛刻的) | 根据情况逐项考虑 | | | | | | |

5.2.2 辐射的脉冲骚扰

表 12 辐射脉冲骚扰的源和骚扰度范围(上升率)

| 现象属性 典型源 上升时间 骚扰度 | 开放场 对地雷击 ¹⁾ 100 ns~500 ns (Vm ⁻¹ ns ⁻¹) ²⁾ | 气体绝缘变电站 断开开关 10 ns (Vm ⁻¹ ns ⁻¹) ³⁾ | 敞开式变电站 断开开关 100 ns (Vm ⁻¹ ns ⁻¹) ³⁾ | 架空线路下方 传导的雷电冲击和开关操作 1 μs (Vm ⁻¹ ns ⁻¹) ³⁾ |
|--|--|--|--|--|
| A(被控制的) | 根据设备要求逐项考虑 | | | |
| 1 | 30 | 100 | 30 | 3 |
| 2 | 100 | 300 | 100 | 10 |
| 3 | 300 | 1 000 | 300 | 30 |
| 4 | 1 000 | 3 000 | 1 000 | 100 |
| 5 | 3 000 | 10 000 | 3 000 | 300 |
| X(苛刻的) | 根据情况逐项考虑 | | | |
| <p>1) 在距离约大于 50 m 处。对于较短的距离,不能忽略感应耦合。这个问题仍在研究中。</p> <p>2) 骚扰度的幅值取决于雷击的距离和陡度。金属结构、建筑物和地形分布的屏蔽作用能有效地降低幅值。</p> <p>3) 骚扰的幅值与源的距离有很大的关系。它也取决于源现象的幅值,大致与系统运行电压成比例。这个事实一般可理解为:为了满足绝缘要求,对在较高电压下运行的源必须保持较远的距离。后面的情况不适用于气体绝缘变电站。</p> | | | | |

由于辐射脉冲(瞬态)骚扰的瞬时上升的重要特点,所以,尽管它们持续的时间短,但会对设备产生影响。事实上,实际的脉冲波形是非常复杂的,但由于受测量设备带宽的限制,有时只能了解其一部分。

实际中所遇到的值与受骚扰设备和骚扰源之间的距离有关(更多的资料见附录 B)。由于该现象包括耦合到设备回路中的场,因此,脉冲的导数或上升率、波前时间是该现象的重要属性。

本指导性技术文件中,辐射脉冲骚扰的持续时间不超过 200 ms,且在持续时间内极性改变的次数不大于 10 次(更多的资料在附录 C 中给出)。

6 静电放电

静电放电(ESD)是由于带电的人或物体接近另一个人或物体时发生的。ESD 接收器首先受到由电荷产生的电场的作用,然后,当介质击穿时出现放电,并伴有性质复杂的瞬态电流,从而产生瞬态电磁场。ESD 现象与环境的温度、湿度、周围电介质的性质等有关。

6.1 ESD 电流

表 13 给出了放电电流上升率的值,这是产生骚扰场时的重要属性。表中还给出了放电前的充电电压(它是能量交换过程中的重要属性)以及电流的幅值。

表中给出的充电电压值与电流上升率之间没有严格的对应关系,因为 ESD 事件的其他特性会影响到输出。

6.2 ESD 电流产生的场

表 14 给出了接收器表面的瞬态电场强度和磁场强度,是在距放电点 0.2 m 处测到的。进一步的资料见附录 C。

表 13 ESD 的源和骚扰度范围

| ESD 源 | 缓慢的 | | 快速的 | |
|---------------------|-----------------------------|------|-----------------------------|------|
| 上升时间 | 5 ns | | 0.3 ns | |
| 持续时间 | 15 ns | | 2 ns | |
| 出现率 | 单次 | | 单次 | |
| 出现的频率 | 1) | | 1) | |
| 源阻抗:阻性的 | 100Ω~500Ω ²⁾ | | 100Ω~500Ω ²⁾ | |
| 容性的 | 100 pF~500 pF ³⁾ | | 100 pF~500 pF ³⁾ | |
| | (A/ns) | (kV) | (A/ns) | (kV) |
| A(被控制的) | 根据设备要求逐项考虑 | | | |
| 1 | — | — | — | <1 |
| 2 | 25 | — | 25 | 2 |
| 3 | 40 | — | 40 | 4 |
| 4 | 80 | 8 | 80 | 8 |
| 5 | 100 | 15 | — | — |
| 6 | — | 30 | — | — |
| X(苛刻的) | 根据情况逐项考虑 | | | |
| 1) 与区域中的人数有关。 | | | | |
| 2) 与源有关:手、工具、空手和物体。 | | | | |
| 3) 与物体的绝缘和尺寸有关。 | | | | |

表 14 由 ESD 引起的场强骚扰度的范围

| 骚扰 | $Vm^{-1}ns^{-1}$ | $Am^{-1}ns^{-1}$ |
|---------|------------------|------------------|
| A(受控制的) | 根据设备要求逐项考虑 | |
| 1 | 250 | 2 |
| 2 | 500 | 4 |
| 3 | 1 000 | 8 |
| 4 | 2 000 | 16 |
| X(苛刻的) | 根据情况逐项考虑 | |

7 环境的分类

7.1 位置的类型

附录 A 中给出的输出表提供了对在所列举位置出现的各种重要电磁现象,选择合适的骚扰度作为其兼容水平的基本建议。这些建议为有关专业标准化技术委员会提供指导;它们不是产品技术规范,因

此列在附录 A 中。

此外,应认识到实际环境的骚扰度以及设备的抗扰水平只是一些概率。因此,不能给出明确界限的定义,相反地,在假定与指定兼容水平相对应的环境和指定设备之间的兼容性为两条概率分布曲线的卷积。这种考虑的重要性不能被过分强调。在描述给定位置的属性时,某些属性不在规定的骚扰水平范围之内。如果超过了规定的范围,则应选择更高的骚扰度。

7.2 骚扰的侵入和设备端口

电磁骚扰通过辐射和传导侵入设备。一个有用的概念是考虑如图 2 所示的一组端口,通过这些端口,骚扰进出被考虑的设备。骚扰现象的性质及程度与端口的类型有关,所以在输出表中将考虑这种影响。电磁辐射骚扰从远处的、或近处的源侵入设备,因此,其传播和耦合由远场或近场的特性决定。耦合到与设备相连的导体上,而不是设备外壳上的辐射骚扰为传导骚扰,被编入传导骚扰下列举的各种现象。表中所指的“辐射”端口只与穿过设备外壳而进入设备的辐射骚扰有关(外壳既可以是像屏蔽层、金属室等那样的实际屏蔽,也可以是像塑料外壳那样没有电磁效应的屏蔽物)。

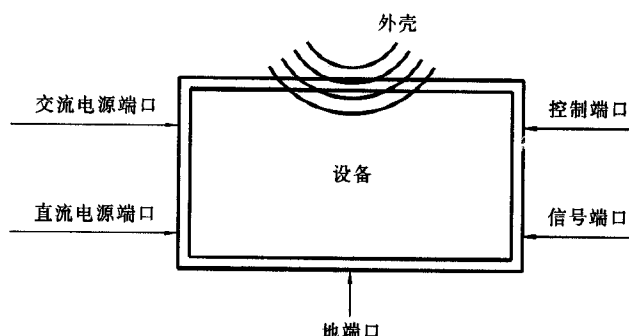


图 2 电磁骚扰进入设备的端口

传导骚扰分不同端口的意义是反映电力系统与通信系统中可能出现的不同类型的现象,以及各系统中的重要接地惯例,因为地经常作为设备的参考点。本分类法认为控制端口和信号端口是类似的,所以这两种端口在输出表中用同一列表示。用户必须看到所示值与指定的系统导体之间所测到的骚扰相对应,以差模、共模和不对称模表示。

当考虑骚扰电压时,差模(或为常模或为对称模)电压是在两个载流导体之间出现的电压。共模(或为不对称模)电压是所考虑导体(至少为 2 个)对所选参考点的电压平均值。这个参考点可以是安全地线、水管、仪表架、底座等。不对称电压是在所考虑导体中之一的导体与所选参考点之间测量的。三种电压不是独立的。例如,在两个“热”导体和一个参考点的情况下,两个不对称电压向量之间的向量差是差模电压,而这两个电压的向量和的一半是共模电压。因此,不对称电压之间的相位角 ϕ 完全确定了与不对称电压幅值相关的差模电压和共模电压。

当考虑由相线、中性线和安全地线组成的交流电源时,后者被选为参考点,各种电压相应的幅值将取决于电源的接地方式,特别是在低频情况(当骚扰的波长 λ 比所研究导体系统的尺寸长得多时认为是低频)。例如,若在大楼接户线处把中性线连接到地和设备的接地导体上(某些国家的典型作法),则大楼内部的共模电压将比差模电压小,因为在这种情况下尺寸通常很大,并且从外部侵入设备的中性线对地的骚扰不会越过屏蔽接地点。在中性线和保护接地为远方屏蔽接地的情况下(在其他某些国家的典型作法),或者在高频下(λ 比系统尺寸小得多),差模电压会明显地被衰减,而共模骚扰占主导地位(小的 ϕ 值)。

在选择辐射骚扰耦合到导体回路的现象的骚扰度时,必须考虑回路的最大尺寸,例如,由被考虑线路的长度所确定的最大尺寸。尤其是在高频下,或者对于一个大系统(从电磁的观点来看,两者是同义的),比如,对于长的控制/信号线,由各自的导体和参考点形成的回路实际上有相同的尺寸,感应电压实际上是相同的,使共模现象占优势。对信号/控制媒介来说,在居民区和商业区位置,线路是相当短的,但在医院、机场或化学处理工厂则可能是相当长的。另一方面,差模电压在很大程度上是由所考虑线路的

转移阻抗(一种把共模电流转换为差模电压的计算方法)以及这些线路绝缘介质的衰减特性所决定的。因此,在源与设备端口之间的长距离的传播过程中,差模高频骚扰会被显著地衰减。

系统电磁兼容设计的一个重要观点是要认识到在不同系统(如电力系统和数据通信系统)的导体之间,会存在显著的电压差。这些电压差是由在各自系统中出现的骚扰的幅值、以及屏蔽接地和指定的或实施的接地、或者在特殊位置因故障而产生的接地所决定的。第5章所引用的骚扰度是对“没有安装保护装置”的情况给出的,尤其是对交流电源。

然而,诸如EMI滤波器或者安装在设备电源端口处的冲击保护装置,其保护方案会由于保护接地导体和设备安装处的当地的“地”之间的电压差而发生改变。如表中所示,这种情况促使考虑一种参考媒介,使施加到参考导体上的骚扰电压属于不同系统,每个系统都会有它们自己(或不同)的接地参考。

在附录A所示的输出表中,已经选择了骚扰度,以定义在几种位置的推荐的兼容水平。在第4章、第5章和第6章中规定了由骚扰源引起的骚扰度及其属性。对每一类位置都给出了一张列有该位置主要电磁属性的表格,并带有必要的解释说明。

8 选择抗扰度水平的基本原则

8.1 方法

如果不采用合适的作法,那么设计、制造、安装和维护具有高抗扰度的设备会是一个代价很高的过程。因此,应该仔细地选择抗扰度要求。建议的方法是应根据以下两点来选择抗扰度:a)设备使用处的电磁环境;b)可能出现的各种干扰的临界状态。

对于多功能设备的不同功能可能有不同的抗扰度特性。例如,与安全有关的功能宜比常规的功能具有更高的抗扰水平。因此,宜考虑更严格的方法,即设备在执行每一功能时都要求不受骚扰。然而,要把这样选择抗扰度的规范作为一般性的要求是不现实的,因为可得到的数据通常是不充分或不确切的。

由于电磁环境具有统计特性(这是近年来被强调的EMC的一个观点),所以对同一设备的不同功能选择不同的抗扰度是相关的。应该强调的是,对于多功能复杂系统,所建议的方法不仅仅只是相关的。

8.2 不确定度

8.2.1 试验位置的不确定度

抗扰度试验水平是在试验位置考虑的水平。试验水平是在确定的环境、以确定的测试方法测得的量的幅值。然而,有几个不确定度会影响抗扰度试验:

- 仪表的精度和校准;
- 试验环境的定义;
- 设备安装的定义。

当满足有关标准中的所有技术规范时,这些不确定度可以通过检查给定试验的重复性进行评估。按标准中规定的测量类型和技术规范,这些不确定度与所进行的测量类型有关,一般在1 dB~6 dB的范围内。注意,有些用于测量或产生电磁场的试验装置由于谐振效应,其误差最高可达40 dB。然而,标准和测量方法是在不断完善的。

抗扰度试验的相关性主要决定于通过受试设备(EUT)某些端口连接的试验源和耦合网络能够模拟EUT中特定骚扰实际分布的程度。不能把标准化的试验认为是对实际中所遇到情况的完全再现。

8.2.2 应用情况的不确定度

应用情况不确定度主要与靠近不希望出现的强源的可能性有关。因此,划分固定式设备和移动式设备是必要的。

8.2.3 不确定度的处理

在预期的骚扰水平和抗扰度限值之间选择合适的裕度能有效地处理不确定度。从对每一功能选择的裕度中选一种作为关键性功能。设备使用在被控制的环境中、或是使用在不控制环境中、或是完全没有控制的环境中(移动式设备)也会影响裕度的选择。因此,一个设备可以按其不同的功能在不同的水

平下进行试验。对每一功能选择合适的裕度宜由有关专业化技术委员会进行。

8.3 性能判据

下面几个状态被认为包括了由干扰引起的所有后果。由这些状态定义的判据与设备的性质、工作任务以及与其相关的设备有关：

——灾难性干扰：可能引起死亡、或严重伤害、或大范围损坏、或者可能导致其他明显损害后果的干扰；

——临界干扰：会对设备造成轻微伤害或大范围损坏、或者可能导致其他严重损害后果的干扰；

——重要干扰：会对设备造成轻微的永久性损坏、或者会导致其他中等程度的损害后果的干扰；

——轻微干扰：会引起性能的短时丧失、并且会有其他轻微损害后果的干扰；

——微小干扰：只在容许的范围内引起性能丧失、并且不需要人工干预的干扰。

根据分类法，干扰的临界状态不但取决于所考虑的设备，而且还与所考虑设备和外界之间的所有联系有关。应牢记，对所关心设备来说是轻微的干扰可能会对包含此设备在内的系统造成灾难性的后果（例如，飞机通信系统的干扰）。

另一方面，抗扰度试验标准(IEC 61000-4 系列)将试验结果分类如下：

- 1) 在规定限值内性能正常；
- 2) 功能或性能短时降低或丧失，但可自行恢复；
- 3) 功能或性能短时降低或丧失，要求操作人员干预或系统复位；
- 4) 功能降低或丧失，由于设备(部件)或软件损坏、或数据丢失，功能不能恢复。

附录 A

(提示的附录)

关于典型位置类别的兼容水平的示例

本附录中所包含的位置类别是一些示例。应当承认这些例子是不完全的,但是,分类范围列得太广则会变得十分繁杂。除本附录中所考虑的这些位置类别外,根据需要还可以辨别其他类别并添加到这套分类表中来。

对于每类位置,都用相应的表格列出了它们的唯一属性(相容属性或不相容属性),如果对给定位置不满足位置属性中所指出的不相容性判据,则应选择更高的骚扰度。

A1 第一类位置

媒介及相关端口的属性:

外壳:

不在高压线下方;

靠近无线电广播发射机的距离大于 1 km,如果不满足,对该媒介采用第二类位置;

距业余无线电台的距离大于 200 m。

交流电源:

架空线;

暴露于强雷闪区;

高网络阻抗。

直流电源:

不适用。

信号/控制:

架空通信电缆或线路;

较短的控制线,小于 10 m;

暴露于强雷闪区。

接地:

与架空网络的连接;

有或没有高阻抗的当地接地;

没有联系的多个当地的接地。

注:农村居住区可能是这类位置的代表。

表 A1 第 1 类位置

| 现 象 | | 有关细节 参考的 表格序号 | 五种端口的骚扰度 | | | | |
|------------|-----------------------------|---------------------|----------|------|------|-------|-----|
| | | | 外 壳 | 交流电源 | 直流电源 | 控制和信号 | 接 地 |
| 低频传导 | 谐波总畸变率 | 2 | — | 1 | — | — | — |
| | 信号 | 3 | — | 1 | — | — | — |
| | 0.1 kHz~3 kHz | | | 1 | — | — | — |
| | 3 kHz~95 kHz | | | 1 | — | — | — |
| | 95 kHz~500 kHz | | | 1 | — | — | — |
| | 电压波动 | 4 | — | 2 | — | — | — |
| | 电压暂降 | | — | 2 | — | — | — |
| 低频传导 | 短时中断 | | — | 2 | — | — | — |
| | 电压不平衡 | | — | 1 | — | — | — |
| | 频率变化 | | — | 1 | — | — | — |
| | 低频感应 | 5 | — | — | — | 1 | — |
| | 交流网络中的直流 | * | — | * | * | * | — |
| | 直流 | 6 | 1 | — | — | — | — |
| | 电气铁道 | | 1 | — | — | — | — |
| 低频磁场 | 电力系统 | | 2 | — | — | — | — |
| | 电力系统谐波 | | 1 | — | — | — | — |
| | 非电力系统 | | 1 | — | — | — | — |
| | 直流线路 | 7 | 1 | — | — | — | — |
| | 电气铁道(16 2/3 Hz) | | 2 | — | — | — | — |
| 低频电场 | 电力系统(50 Hz~60 Hz) | | 2 | — | — | — | — |
| | 10 kHz~150 kHz | 8 | — | 2 | — | 3 | * |
| | 0.1 MHz~30 MHz | | — | 3 | — | 3 | * |
| 高频传导感应的 CW | 30 MHz~150 MHz | | — | 2 | — | 2 | * |
| | 3 kHz~95 kHz | 3 | — | 1 | — | — | — |
| | 95 kHz~500 kHz | | — | 2 | — | — | — |
| 高频传导信号 | ns | 9 | — | — | — | — | — |
| | μs, 近距离 | | — | 3 | — | 1 | * |
| | μs, 远距离 | | — | 2 | — | 1 | * |
| | ms | | — | 1 | — | — | * |
| 高频传导单向瞬态 | 高频 | 10 | — | 3 | — | 1 | * |
| | 中频 | | — | 2 | — | 1 | * |
| | 低频 | | — | 1 | — | — | * |
| | 9 kHz~27 MHz 任何源 | 11 | 3 | — | — | — | — |
| 高频辐射振荡 | 27 MHz, CB | | 3 | — | — | — | — |
| | 业余无线电所有频段 | | 3 | — | — | — | — |
| | 27 MHz~1 000 MHz 便携式, CB 除外 | | 3 | — | — | — | — |
| | 27 MHz~1 000 MHz 移动式, CB 除外 | | 2 | — | — | — | — |
| | 27 MHz~1 000 MHz 所有其他的 | | 1 | — | — | — | — |
| | 1 GHz~40 GHz 所有源 | | 2 | — | — | — | — |
| | 雷电, 远距离 | 12 | 2 | — | — | — | — |
| 高频辐射脉冲 | 有关的电力系统 | | 2 | — | — | — | — |
| | 静电放电 | 13 和 | 3 | — | — | — | — |
| ESD | 慢的 | 14 | 3 | — | — | — | — |
| | 快的 | | 3 | — | — | — | — |
| * 尚在考虑中。 | | | | | | | |

A2 第二类位置

媒介及相关端口的属性：

外壳：

距业余无线电台的距离大于 20 m；
距在 1.6 MHz 以下工作的无线电广播发射机的距离大于 5 km；
可能有高频电疗设备；
可能靠近当地变电站；
在公共场所可能有声频/助听系统。

交流电源：

电缆或较短的架空档距。

直流电源：

不适用。

信号/控制：

电缆或较短的架空档距。

接地：

大量金属结构，可能是(或不是)屏蔽接地，或接地的。

注：城市居民区可能是这类位置的代表。

附注：

暴露于中等雷闪区；
高压线可能途经建筑物上方。

表 A2 第 2 类位置

| 现 象 | | 有关细节 参考的 表格序号 | 五种端口的骚扰度 | | | | |
|----------------|---------------------------------------|---------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| | | | 外 壳 | 交流电源 | 直流电源 | 控制和信号 | 接 地 |
| 低频传导 | 谐波总畸变率 | 2 | — | 1 | — | — | — |
| | 信号 | 3 | — | 1 | — | — | — |
| | 0.1 kHz~3 kHz | | — | 1 | — | — | — |
| | 3 kHz~95 kHz | | — | 1 | — | — | — |
| | 95 kHz~500 kHz | | — | 1 | — | — | — |
| | 电压波动 电压暂降 短时中断 电压不平衡 频率变化 | 4 | — — — — — | 1 1 1 1 1 | — — — — — | — — — — — | — — — — — |
| | 低频感应 | 5 | — | — | — | 1 | — |
| | 交流网络中的直流 | * | — | * | * | * | — |
| 低频磁场 | 直流 | 6 | 1 | — | — | — | — |
| | 电气铁道 | | 1 | — | — | — | — |
| | 电力系统 | | 2 | — | — | — | — |
| | 电力系统谐波 | | 1 | — | — | — | — |
| | 非电力系统 | | 1 | — | — | — | — |
| 低频电场 | 直流线路 | 7 | 1 | — | — | — | — |
| | 电气铁道(16 2/3 Hz) | | 2 | — | — | — | — |
| | 电力系统(50 Hz~60 Hz) | | 2 | — | — | — | — |
| 高频传导 感应的 CW | 10 kHz~150 kHz | 8 | — | 3 | — | 3 | * |
| | 0.1 MHz~30 MHz | | — | 4 | — | 4 | * |
| | 30 MHz~150 MHz | | — | 3 | — | 3 | * |
| 高频传导信号 | 3 kHz~95 kHz | 3 | — | 1 | — | — | — |
| | 95 kHz~500 kHz | | — | 2 | — | — | — |
| 高频传导 单向瞬态 | ns | 9 | — | — | — | 1 | — |
| | μs, 近距离 | | — | 3 | — | 1 | * |
| | μs, 远距离 | | — | 2 | — | 2 | * |
| | ms | | — | 1 | — | — | * |
| 高频传导 振荡瞬态 | 高频 | 10 | — | 3 | — | 2 | * |
| | 中频 | | — | 2 | — | 2 | * |
| | 低频 | | — | 1 | — | — | * |
| 高频辐射振荡 | 9 kHz~27 MHz 任何源 | 11 | 2 | — | — | — | — |
| | 27 MHz, CB | | 4 | — | — | — | — |
| | 业余无线电所有频段 | | 4 | — | — | — | — |
| | 27 MHz~1 000 MHz 便携式, CB 除外 | | 3 | — | — | — | — |
| | 27 MHz~1 000 MHz 移动式, CB 除外 | | 2 | — | — | — | — |
| | 27 MHz~1 000 MHz 所有其他的 | | 1 | — | — | — | — |
| | 1 GHz~40 GHz 所有源 | | 2 | — | — | — | — |
| 高频辐射脉冲 | 雷电, 远距离 | 12 | 2 | — | — | — | — |
| | 有关的电力系统 | | 2 | — | — | — | — |
| 静电放电 ESD | 慢的 | 13 和 | 3 | — | — | — | — |
| | 快的 | 14 | 3 | — | — | — | — |
| * 尚在考虑中。 | | | | | | | |

A3 第三类位置

媒介及相关端口的属性

外壳：

距业余无线电台的距离大于 20 m；
距在 1.6 MHz 以下工作的无线电广播发射机的距离大于 5 km；
寻呼和便携式通信系统；
ITE 高度集中；
可能有高频电疗设备；
可能靠近当地的变电站；
可能有声频/助听系统。

交流电源：

电缆或较短的架空线路；
高的谐波水平(ITE, 照明, ASD)；
装在屋顶的设备(暴露于雷闪区)。

直流电源：

不适用。

信号/控制：

电缆或较短的架空档距；
信号系统和被操作的电力系统之间耦合紧密。

接地：

大量金属结构,可能是(或不是)屏蔽接地,或接地；
电力系统和电信(包括当地的)系统常见的连接。

注：商业区是这类位置的代表。

附注：

和用户系统的连接；
没有制造厂或机械厂。

表 A3 第 3 类位置

| 现 象 | | 有关细节 参考的 表格序号 | 五种端口的骚扰度 | | | | |
|----------------|---------------------------------------|---------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| | | | 外 壳 | 交流电源 | 直流电源 | 控制和信号 | 接 地 |
| 低频传导 | 谐波总畸变率 | 2 | — | 1 | — | — | — |
| | 信号 | 3 | — | 1 | — | — | — |
| | 0.1 kHz~3 kHz | | | 1 | — | — | — |
| | 3 kHz~95 kHz | | | 1 | — | — | — |
| | 95 kHz~500 kHz | | | 1 | — | — | — |
| | 电压波动 电压暂降 短时中断 电压不平衡 频率变化 | 4 | — — — — — | 1 1 1 1 1 | — — — — — | — — — — — | — — — — — |
| | 低频感应 | 5 | — | — | — | 2 | — |
| | 交流网络中的直流 | * | — | * | * | * | — |
| 低频磁场 | 直流 | 6 | 1 | — | — | — | — |
| | 电气铁道 | | 1 | — | — | — | — |
| | 电力系统 | | 2 | — | — | — | — |
| | 电力系统谐波 | | 1 | — | — | — | — |
| | 非电力系统 | | 1 | — | — | — | — |
| 低频电场 | 直流线路 | 7 | 1 | — | — | — | — |
| | 电气铁道(16 2/3 Hz) | | 2 | — | — | — | — |
| | 电力系统(50 Hz~60 Hz) | | 2 | — | — | — | — |
| 高频传导 感应的 CW | 10 kHz~150 kHz | 8 | — | 3 | — | 3 | * |
| | 0.1 MHz~30 MHz | | — | 4 | — | 4 | * |
| | 30 MHz~150 MHz | | — | 3 | — | 3 | * |
| 高频传导信号 | 3 kHz~95 kHz | 3 | — | 1 | — | — | — |
| | 95 kHz~500 kHz | | — | 2 | — | — | — |
| 高频传导 单向瞬态 | ns | 9 | — | — | — | 2 | — |
| | μs, 近距离 | | — | 3 | — | 1 | * |
| | μs, 远距离 | | — | 2 | — | 1 | * |
| | ms | | — | 1 | — | — | * |
| 高频传导 振荡瞬态 | 高频 | 10 | — | 3 | — | 2 | * |
| | 中频 | | — | 2 | — | 2 | * |
| | 低频 | | — | 1 | — | — | * |
| 高频辐射振荡 | 9 kHz~27 MHz 任何源 | 11 | 2 | — | — | — | — |
| | 27 MHz, CB | | 3 | — | — | — | — |
| | 业余无线电所有频段 | | 4 | — | — | — | — |
| | 27 MHz~1 000 MHz 便携式, CB 除外 | | 3 | — | — | — | — |
| | 27 MHz~1 000 MHz 移动式, CB 除外 | | 2 | — | — | — | — |
| | 27 MHz~1 000 MHz 所有其他的 | | 1 | — | — | — | — |
| | 1 GHz~40 GHz 所有源 | | 3 | — | — | — | — |
| 高频辐射脉冲 | 雷电, 远距离 | 12 | 2 | — | — | — | — |
| | 有关的电力系统 | | 1 | — | — | — | — |
| 静电放电 ESD | 慢的 | 13 和 | 3 | — | — | — | — |
| | 快的 | 14 | 3 | — | — | — | — |

* 尚在考虑中。

A4 第四类位置

媒介及其相关端口的属性

外壳：

距业余无线电台的距离大于 **20 m**；
距在 **1.6 MHz** 以下工作的无线电广播发射机的距离大于 **5 km**；
寻呼和便携式通信系统；
ITE 高度集中；
可能靠近低功率的 **ISM**；
可能有高频电疗设备；
可能靠近当地的变电站；
可能有声频/助听系统。

交流电源：

电缆或较短的架空档距。

直流电源：

不适用。

信号/控制：

电缆或较短的架空档距。

接地：

大量金属结构，可能是(或不是)屏蔽接地或接地。

注：轻工业区可能是这类位置的代表。

表 A4 第 4 类位置

| 现 象 | | 有关细节 参考的 表格序号 | 五种端口的骚扰度 | | | | |
|----------------|---------------------------------------|---------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| | | | 外 壳 | 交流电源 | 直流电源 | 控制和信号 | 接 地 |
| 低频传导 | 谐波总畸变率 | 2 | — | 1 | — | — | — |
| | 信号 | 3 | — | 1 | — | — | — |
| | 0.1 kHz~3 kHz | | — | 1 | — | — | — |
| | 3 kHz~95 kHz | | — | 1 | — | — | — |
| | 95 kHz~500 kHz | | — | 1 | — | — | — |
| | 电压波动 电压暂降 短时中断 电压不平衡 频率变化 | 4 | — — — — — | 2 2 2 2 1 | — — — — — | — — — — — | — — — — — |
| | 低频感应 | 5 | — | — | — | 3 | — |
| | 交流网络中的直流 | * | — | * | * | * | — |
| 低频磁场 | 直流 | 6 | 1 | — | — | — | — |
| | 电气铁道 | | 1 | — | — | — | — |
| | 电力系统 | | 2 | — | — | — | — |
| | 电力系统谐波 | | 1 | — | — | — | — |
| | 非电力系统 | | 1 | — | — | — | — |
| 低频电场 | 直流线路 | 7 | 1 | — | — | — | — |
| | 电气铁道(16 2/3 Hz) | | 2 | — | — | — | — |
| | 电力系统(50 Hz~60 Hz) | | 2 | — | — | — | — |
| 高频传导 感应的 CW | 10 kHz~150 kHz | 8 | — | 3 | — | 3 | * |
| | 0.1 MHz~30 MHz | | — | 4 | — | 4 | * |
| | 30 MHz~150 MHz | | — | 3 | — | 3 | * |
| 高频传导信号 | 3 kHz~95 kHz | 3 | — | 1 | — | — | — |
| | 95 kHz~500 kHz | | — | 2 | — | — | — |
| 高频传导 单向瞬态 | ns | 9 | — | 3 | — | 2 | — |
| | μs, 近距离 | | — | 3 | — | 2 | * |
| | μs, 远距离 | | — | 2 | — | 2 | * |
| | ms | | — | 1 | — | — | * |
| 高频传导 振荡瞬态 | 高频 | 10 | — | 3 | — | 2 | * |
| | 中频 | | — | 2 | — | 2 | * |
| | 低频 | | — | 1 | — | — | * |
| 高频辐射振荡 | 9 kHz~27 MHz 任何源 | 11 | 3 | — | — | — | — |
| | 27 MHz, CB | | 3 | — | — | — | — |
| | 业余无线电所有频段 | | 3 | — | — | — | — |
| | 27 MHz~1 000 MHz 便携式, CB 除外 | | 3 | — | — | — | — |
| | 27 MHz~1 000 MHz 移动式, CB 除外 | | 2 | — | — | — | — |
| | 27 MHz~1 000 MHz 所有其他的 | | 2 | — | — | — | — |
| | 1 GHz~40 GHz 所有源 | | 2 | — | — | — | — |
| 高频辐射脉冲 | 雷电, 远距离 | 12 | 2 | — | — | — | — |
| | 有关的电力系统 | | 2 | — | — | — | — |
| 静电放电 ESD | 慢的 | 13 和 | 3 | — | — | — | — |
| | 快的 | 14 | 3 | — | — | — | — |

* 尚在考虑中。

A5 第五类位置

媒介及相关端口的属性

外壳：

距业余无线电台的距离大于 20 m；
距工作在 1.6 MHz 以下的无线电广播发射机的距离大于 5 km；
紧靠大功率的 ISM；
紧靠中压和高压电力系统操作和隔离装置；
高概率的手持式发射机和寻呼系统；
紧靠电弧焊机；
靠近中压电缆。

交流电源：

中型发电厂的地下电缆；
大型发电厂的专用高压变电站；
可能为专用馈电线
可能为自备发电
固有功率因数的校正
大型 ASD 系统
隔离开关的操作
电弧炉
大涌流负荷
可能有大故障电流

直流电源：

带电池的整流器
操作感性电荷
大涌流负荷

信号/控制：

广泛的线路，在发电厂中可以被隔离
可能有电缆管道走线
可能和电力开关装置紧密耦合
暴露于户外
暴露于增加的雷闪区

接地：

与网络大范围的连接
大面积的接地网，一般能得到很好的控制
互连的分散接地网
大型接地环
可能有接地故障大电流

注：重工业区、发电厂或开关站可能是这类位置的代表。

表 A5 第 5 类位置

| 现 象 | | 有关细节 参考的 表格序号 | 五种端口的骚扰度 | | | | |
|-----------------------|-----------------------------|---------------------|----------|------|------|-------|-----|
| | | | 外 壳 | 交流电源 | 直流电源 | 控制和信号 | 接 地 |
| 低频传导 | 谐波总畸变率 | 2 | — | 2 | — | — | — |
| | 信号 | 3 | — | 1 | 1 | — | — |
| | 0.1 kHz~3 kHz | | — | 1 | 1 | — | — |
| | 3 kHz~95 kHz | | — | 1 | 1 | — | — |
| | 95 kHz~500 kHz | 4 | — | 2 | 1 | — | — |
| | 电压波动 | | — | 2 | 1 | — | — |
| | 电压暂降 | | — | 2 | A | — | — |
| | 短时中断 | | — | 1 | — | — | — |
| | 电压不平衡 | | — | 1 | — | — | — |
| | 频率变化 | | — | 1 | — | — | — |
| | 低频感应 | 5 | — | — | 3 | 4 | 3 |
| | 交流网络中的直流 | * | — | * | * | * | — |
| 低频磁场 | 直流 | 6 | 3 | — | — | — | — |
| | 电气铁道 | | 2 | — | — | — | — |
| | 电力系统 | | 3 | — | — | — | — |
| | 电力系统谐波 | | 3 | — | — | — | — |
| | 非电力系统 | | 1 | — | — | — | — |
| 低频电场 | 直流线路 | 7 | 4 | — | — | — | — |
| | 电气铁道(16 2/3 Hz) | | 4 | — | — | — | — |
| | 电力系统(50 Hz~60 Hz) | | 4 | — | — | — | — |
| 高频传导 感应的 CW | 10 kHz~150 kHz | 8 | — | 3 | 3 | 4 | * |
| | 0.1 MHz~30 MHz | | — | 3 | 3 | 5 | * |
| | 30 MHz~150 MHz | | — | 3 | 3 | 3 | * |
| 高频传导信号 | 3 kHz~95 kHz | 3 | — | 1 | 1 | — | — |
| | 95 kHz~500 kHz | | — | 2 | 1 | — | — |
| 高频传导 单向瞬态 | ns | 9 | — | 3 | 3 | 2 | — |
| | μs, 近距离 | | — | 3 | 2 | 3 | * |
| | μs, 远距离 | | — | 2 | 2 | 3 | * |
| | ms | | — | 2 | 2 | — | * |
| 高频传导 振荡瞬态 | 高频 | 10 | — | 3 | — | 2 | * |
| | 中频 | | — | 2 | — | 2 | * |
| | 低频 | | — | 3 | — | — | * |
| 高频辐射振荡 | 9 kHz~27 MHz 任何源 | 11 | 5 | — | — | — | — |
| | 27 MHz, CB | | 2 | — | — | — | — |
| | 业余无线电所有频段 | | 3 | — | — | — | — |
| | 27 MHz~1 000 MHz 便携式, CB 除外 | | 4 | — | — | — | — |
| | 27 MHz~1 000 MHz 移动式, CB 除外 | | 2 | — | — | — | — |
| | 27 MHz~1 000 MHz 所有其他的 | | 2 | — | — | — | — |
| | 1 GHz~40 GHz 所有源 | | 3 | — | — | — | — |
| 高频辐射脉冲 | 雷电, 远距离 | 12 | 2 | — | — | — | — |
| | 气体绝缘变电站 | | 4 | — | — | — | — |
| | 空气绝缘变电站** | | 4 | — | — | — | — |
| | 有关的电力系统 | | 4 | — | — | — | — |
| 静电放电 ESD | 慢的 | 13 和 | 2 | — | — | — | — |
| | 快的 | 14 | 2 | — | — | — | — |
| * 尚在考虑中。 | | | | | | | |
| ** 表 12 给出了这两种变电站的区别。 | | | | | | | |

A6 第六类位置

媒介及相关端口的属性

外壳：

高压线下方的停车场
紧靠大功率移动式发射机

交流电源：

架空线
暴露于雷闪区

直流电源：

不适用

信号/控制：

暴露于雷闪区

接地：

有不同参考地的长线

注：交通区可能是这类位置的代表。

附注：

适用于固定的设备。

表 A6 第 6 类位置

| 现 象 | | 有关细节 参考的 表格序号 | 五种端口的骚扰度 | | | | |
|----------------|-----------------------------|---------------------|----------|------|------|-------|-----|
| | | | 外 壳 | 交流电源 | 直流电源 | 控制和信号 | 接 地 |
| 低频传导 | 谐波总畸变率 | 2 | — | 1 | — | — | — |
| | 信号 | 3 | — | 1 | — | — | — |
| | 0.1 kHz~3 kHz | | — | 1 | — | — | — |
| | 3 kHz~95 kHz | | — | 1 | — | — | — |
| | 95 kHz~500 kHz | | — | 1 | — | — | — |
| | 电压波动 | 4 | — | 1 | — | — | — |
| | 电压暂降 | | — | 1 | — | — | — |
| | 短时中断 | | — | 1 | — | — | — |
| | 电压不平衡 | | — | 1 | — | — | — |
| | 频率变化 | | — | 1 | — | — | — |
| | 低频感应 | 5 | — | — | — | 1 | — |
| | 交流网络中的直流 | * | — | * | * | * | — |
| 低频磁场 | 直流 | 6 | 1 | — | — | 1 | — |
| | 电气铁道 | | 1 | — | — | 1 | — |
| | 电力系统 | | 2 | — | — | 1 | — |
| | 电力系统谐波 | | 1 | — | — | 1 | — |
| | 非电力系统 | | 1 | — | — | 1 | — |
| 低频电场 | 直流线路 | 7 | 3 | — | — | — | — |
| | 电气铁道(16 2/3 Hz) | | 1 | — | — | — | — |
| | 电力系统(50 Hz~60 Hz) | | 4 | — | — | — | — |
| | | | 3 | — | — | — | — |
| 高频传导 感应的 CW | 10 kHz~150 kHz | 8 | — | 2 | — | 1 | * |
| | 0.1 MHz~30 MHz | | — | 2 | — | 1 | * |
| | 30 MHz~150 MHz | | — | 2 | — | 1 | * |
| 高频传导信号 | 3 kHz~95 kHz | 3 | — | 1 | — | — | — |
| | 95 kHz~500 kHz | | — | 1 | — | — | — |
| 高频传导 单向瞬态 | ns | 9 | — | — | — | 3 | — |
| | μs, 近距离 | | — | 3 | — | 3 | * |
| | μs, 远距离 | | — | 3 | — | 3 | * |
| | ms | | — | 3 | — | — | * |
| 高频传导 振荡瞬态 | 高频 | 10 | — | 3 | — | 3 | * |
| | 中频 | | — | 2 | — | 3 | * |
| | 低频 | | — | 2 | — | — | * |
| 高频辐射振荡 | 9 kHz~27 MHz 任何源 | 11 | 3 | — | — | — | — |
| | 27 MHz, CB | | 3 | — | — | — | — |
| | 业余无线电所有频段 | | 3 | — | — | — | — |
| | 27 MHz~1 000 MHz 便携式, CB 除外 | | 3 | — | — | — | — |
| | 27 MHz~1 000 MHz 移动式, CB 除外 | | 5 | — | — | — | — |
| | 27 MHz~1 000 MHz 所有其他的 | | 2 | — | — | — | — |
| | 1 GHz~40 GHz 所有源 | | 2 | — | — | — | — |
| 高频辐射脉冲 | 雷电, 远距离 | 12 | 2 | — | — | — | — |
| | 有关的电力系统 | | 2 | — | — | — | — |
| 静电放电 ESD | 慢的 | 13 和 | 1 | — | — | — | — |
| | 快的 | 14 | 1 | — | — | — | — |
| * 尚在考虑中。 | | | | | | | |

A7 第七类位置

媒介及相关端口的属性

外壳：

- 能使用有意的建筑屏蔽
- 能禁止使用便携式发射机
- 采用 **ESD** 减缓措施

交流电源：

- 电缆或较短的架空线
- 高谐波水平(**ITE**,照明,**ASD**)
- 装在屋顶上的设备(暴露于雷闪区)

直流电源：

- 带电池的专用整流器(可以是备用的)
- 可能是备用发电机

信号/控制媒介：

- 对无避雷线线路的雷电冲击保护
- 采用 **ESD** 减缓措施

接地：

- 控制很好的习惯做法

注：通信中心可能是这一位置的代表。

表 A7 第 7 类位置

| 现 象 | | 有关细节 参考的 表格序号 | 五种端口的骚扰度 | | | | |
|---|-------------------------------|---------------------|----------|------|------|-------|-----|
| | | | 外 壳 | 交流电源 | 直流电源 | 控制和信号 | 接 地 |
| 低频传导 | 谐波总畸变率 | 2 | — | 1 | — | — | — |
| | 信号 | 3 | — | 1 | — | — | — |
| | 0.1 kHz~3 kHz | | — | 1 | — | — | — |
| | 3 kHz~95 kHz | | — | 1 | — | — | — |
| | 95 kHz~500 kHz | 4 | — | 1 | — | — | — |
| | 电压波动 | | — | 1 | — | — | — |
| | 电压暂降 | | — | 1 | — | — | — |
| | 短时中断 | | — | 1 | — | — | — |
| | 电压不平衡 | | — | 1 | — | — | — |
| | 频率变化 | | — | 1 | — | — | — |
| | 低频感应 | 5 | — | — | — | 1 | — |
| | 交流网络中的直流 | * | — | * | * | * | — |
| 低频磁场 | 直流 | 6 | 1 | — | — | 1 | — |
| | 电气铁道 | | 1 | — | — | 1 | — |
| | 电力系统 | | 2 | — | — | 1 | — |
| | 电力系统谐波 | | 1 | — | — | 1 | — |
| | 非电力系统 | | 1 | — | — | 1 | — |
| 低频电场 | 直流线路 | 7 | 1 | — | — | — | — |
| | 电气铁道(16 2/3 Hz) | | 1 | — | — | — | — |
| | 电力系统(50 Hz~60 Hz) | | 1 | — | — | — | — |
| 高频传导 感应的 CW | 10 kHz~150 kHz | 8 | — | 2 | 2 | 2 | * |
| | 0.1 MHz~30 MHz | | — | 2 | 2 | 2 | * |
| | 30 MHz~150 MHz | | — | 2 | 2 | 2 | * |
| 高频传导信号 | 3 kHz~95 kHz | 3 | — | 1 | — | — | — |
| | 95 kHz~500 kHz | | — | 2 | — | — | — |
| 高频传导 单向瞬态 | ns | 9 | — | 2 | — | 2 | — |
| | μs, 近距离 | | — | 2 | — | 2 | * |
| | μs, 远距离 | | — | 2 | — | 2 | * |
| | ms | | — | 1 | — | — | * |
| 高频传导 振荡瞬态 | 高频 | 10 | — | 2 | — | 2 | * |
| | 中频 | | — | 2 | — | 2 | * |
| | 低频 | | — | 1 | — | — | * |
| 高频辐射振荡 | 9 kHz~27 MHz 任何源 | 11 | 1 | — | — | — | — |
| | 27 MHz, CB | | 2 | — | — | — | — |
| | 业余无线电所有频段 | | 2 | — | — | — | — |
| | 27 MHz~1 000 MHz 便携式, CB 除外** | | 1 | — | — | — | — |
| | 27 MHz~1 000 MHz 移动式, CB 除外 | | 2 | — | — | — | — |
| | 27 MHz~1 000 MHz 所有其他的 | | 1 | — | — | — | — |
| | 1 GHz~40 GHz 所有源 | | 2 | — | — | — | — |
| 高频辐射脉冲 | 雷电, 远距离 | 12 | 2 | — | — | — | — |
| | 有关的电力系统 | | 2 | — | — | — | — |
| 静电放电 ESD*** | 慢的 | 13 和 | 1 | — | — | — | — |
| | 快的 | 14 | 1 | — | — | — | — |
| * 尚在考虑中。 ** 数值表示禁止; 数值 4 表示不实施禁止。 *** 数值 1 表示采用 ESD 减缓措施; 数值 3 表示不采用。 | | | | | | | |

A8 第八类位置

媒介及相关端口的属性

外壳：

紧靠小功率 **ISM** 设备

X 射线管内的 **X** 射线脉冲和内部闪络

高频电疗设备

线性加速器(在 **GHz** 频段内磁控管的击穿)

超声波设备(**MHz** 电脉冲)

交流电源：

救生设备

隔离变压器

不间断电源

备用发电机

直流电源：

不适用

信号/控制媒介：

信号系统与被操作电力系统之间耦合紧密

低电平监视系统

接地：

控制很好的接地(安全)习惯作法

注：医院可能是这类位置的代表。

附注：

在有磁共振成像设备的某些区域会出现较高的直流和低频磁场。

在某些区域会出现脉冲激光和手术刀。

表 A8 第 8 类位置

| 现 象 | | 有关细节 参考的 表格序号 | 五种端口的骚扰度 | | | | |
|----------------|-----------------------------|---------------------|----------|------|------|-------|-----|
| | | | 外 壳 | 交流电源 | 直流电源 | 控制和信号 | 接 地 |
| 低频传导 | 谐波总畸变率 | 2 | — | 1 | — | — | — |
| | 信号 0.1 kHz~3 kHz | 3 | — | 1 | — | — | — |
| | 3 kHz~95 kHz | | | 1 | — | — | — |
| | 95 kHz~500 kHz | | | 1 | — | — | — |
| | 电压波动 | 4 | — | 1 | — | — | — |
| | 电压暂降 | | — | 1 | — | — | — |
| | 短时中断 | | — | 1 | — | — | — |
| 低频磁场 | 电压不平衡 | | — | 1 | — | — | — |
| | 频率变化 | | — | 1 | — | — | — |
| | 低频感应 | 5 | — | — | — | 1** | — |
| 低频电场 | 交流网络中的直流 | * | — | * | * | * | — |
| | 直流 | 6 | 1 | — | — | 3 | — |
| | 电气铁道 | | 1 | — | — | 3 | — |
| | 电力系统 | | 2 | — | — | 3 | — |
| | 电力系统谐波 | | 1 | — | — | 3 | — |
| | 非电力系统 | | 1 | — | — | 3 | — |
| 高频传导 | 直流线路 | 7 | 1 | — | — | — | — |
| | 电气铁道(16 2/3 Hz) | | 1 | — | — | — | — |
| | 电力系统(50 Hz~60 Hz) | | 1 | — | — | — | — |
| 高频传导感应的 CW | 10 kHz~150 kHz | 8 | — | 2 | — | 2 | 2 |
| | 0.1 MHz~30 MHz | | — | 2 | — | 3 | 2 |
| | 30 MHz~150 MHz | | — | 2 | — | 2 | — |
| 高频传导信号 | 3 kHz~95 kHz | 3 | — | 1 | — | — | — |
| | 95 kHz~500 kHz | | — | 2 | — | — | — |
| 高频传导单向瞬态 | ns | 9 | — | — | — | 1 | — |
| | μs, 近距离 | | — | 3 | — | 1 | * |
| | μs, 远距离 | | — | 2 | — | 1 | * |
| | ms | | — | 1 | — | — | * |
| 高频传导振荡瞬态 | 高频 | 10 | — | 2 | — | 2 | * |
| | 中频 | | — | 2 | — | 2 | * |
| | 低频 | | — | 1 | — | — | * |
| 高频辐射振荡 | 9 kHz~27 MHz 任何源 | 11 | 2 | — | — | — | — |
| | 27 MHz, CB | | 3 | — | — | — | — |
| | 业余无线电所有频段 | | 3 | — | — | — | — |
| | 27 MHz~1 000 MHz 便携式, CB 除外 | | 2 | — | — | — | — |
| | 27 MHz~1 000 MHz 移动式, CB 除外 | | 2 | — | — | — | — |
| | 27 MHz~1 000 MHz 所有其他的 | | 2 | — | — | — | — |
| | 1 GHz~40 GHz 所有源 | | 2 | — | — | — | — |
| 高频辐射脉冲 | 雷电, 远距离 | 12 | 2 | — | — | — | — |
| | 有关的电力系统 | | 2 | — | — | — | — |
| 静电放电 ESD | 慢的 | 13 和 | 2 | — | — | — | — |
| | 快的 | 14 | 2 | — | — | — | — |
| * 尚在考虑中。 | | | | | | | |
| ** 在某些区域为 2 级。 | | | | | | | |

附录 B

(提示的附录)

辐射振荡骚扰

辐射振荡骚扰一般以调制载波的形式出现。下面给出了典型的波形。图 B1 是 FM 或 ϕM (相位调制) 信号, 图 B2 是双边带——抑制载波 (DSB-SC) 信号, 图 B3 是带有单音调制的 AM 信号, 图 B4 是阻尼衰减的正弦波。

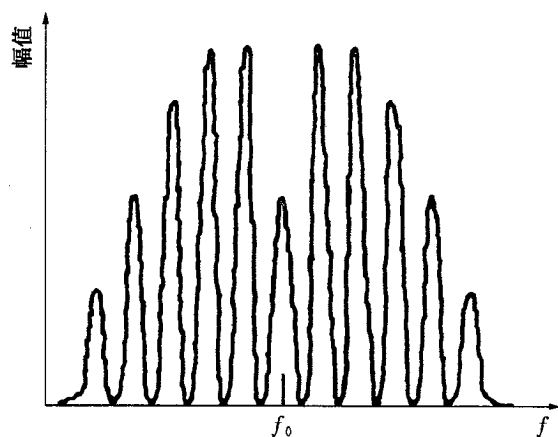


图 B1 FM 或 ϕM (相位调制) 信号

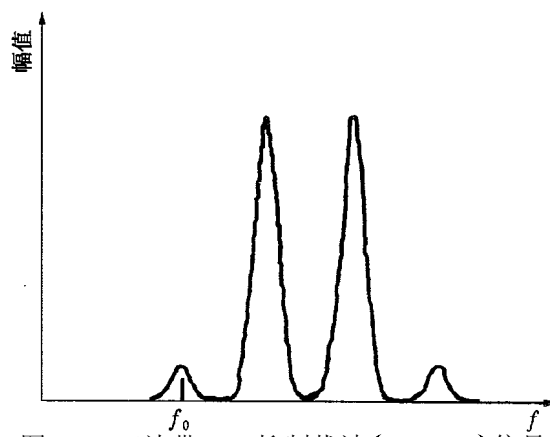


图 B2 双边带——抑制载波 (DSB-SC) 信号

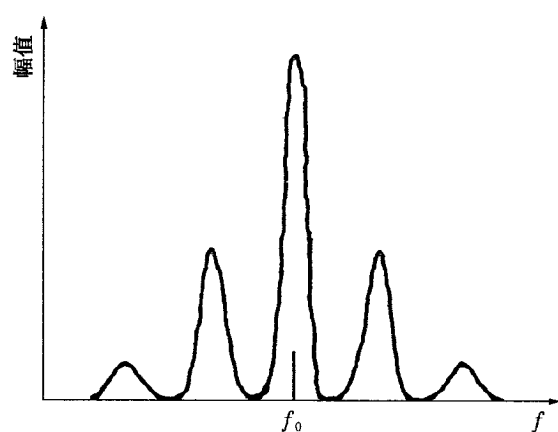


图 B3 带有单音调制的 AM 信号

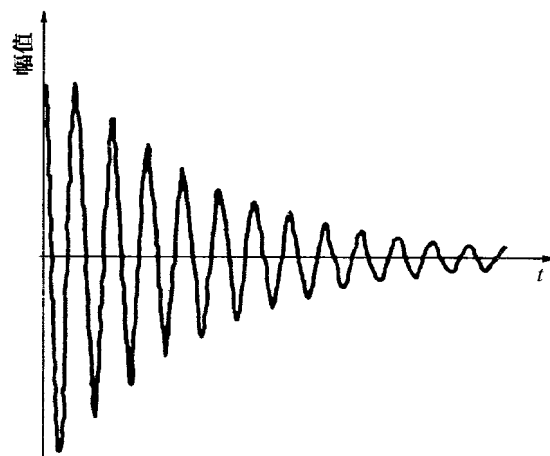


图 B4 阻尼衰减的正弦波

典型的起因和来源

辐射振荡波的典型源可能是:

- 无线电广播发射机;
- 便携式和移动式发射机;

许多所谓的脉冲骚扰, 诸如由雷达产生的信号, 是振荡型辐射波的脉冲群。以基频谐波方式有效发射的源可以认为是发射了几种性质不同的连续振荡辐射骚扰, 脉冲宽度调制开关模式电源的发射就是一个例子。

在很多情况下, 可能由辐射振荡骚扰产生的干扰与调制有关。极化也是重要的, 其意义是明确的, 例如由天线在它的附近所产生的场。这些问题不在本附录中考虑。

在 5.2.1 节表中的数据是基于考虑到概率 $P_r\{E \geq E_L\}$, 即距功率为 P 的发射机之距离为 d 处所观察到的场强 E 将不超过给定的水平 E_L , 以及由 $\{E\}_{v/m} = 7[\{P\}_w]^{1/2}/\{d\}_m$ 给出的 $E(d)$ 。假定观察点是

在发射机周围的环形区域内,在该区域的内、外边界上的场强大小分别为 E_i 和 E_o 。根据定义,在内边界处, $P_r\{E \geq E_L\} = 0\%$; 在外边界处, $P_r\{E \geq E_L\} = 100\%$ 。表 B1 给出了与所示发射机类型的典型值有关的若干个 P 值情况下 E 和 d 的关系。

表 B1

| 骚扰度 | $E_L(V/m)$ | AM 广播 150 kHz~30 MHz $P=500\text{ kW}$ | 步话机 27 MHz~1 000 MHz $P=5\text{ W}$ | CB27 MHz $P=12\text{ W}$ | TV-VHF 48 MHz~223 MHz $P=200\text{ W}$ |
|-----|------------|--|---|-----------------------------|--|
| | | $d(m)$ | $d(m)$ | $d(m)$ | $d(m)$ |
| 1 | 0.3 | 15 650 | 52 | 80 | 9 900 |
| 2 | 1 | 4 950 | 16 | 24 | 3 130 |
| 3 | 3 | 1 565 | 5.2 | 8 | 990 |
| 4 | 10 | 495 | 1.6 | 2.4 | 313 |
| 5 | 30 | 156 | 0.5 | 0.8 | 99 |

选择的 E 值与概率(每十倍为一步长)相对应,即从 $P_r\{E \geq 0.3\text{ V/m}\} = 0.1\%$ 到 $P_r\{E \geq 30\text{ V/m}\} = 10^{-6}\%$,按下式计算:

$$E_L = \frac{\beta E_o}{[P_r\{E \leq E_L\}(\beta^2 - 1) + 1]^{1/2}} = \frac{E_o}{[P_r\{E \leq E_L\}]^{1/2}}$$

式中, $\beta = E_o/E_i$, 设 $E_o = 0.01\text{ V/m}$, 在无线电广播发射机工作范围内经常遇到的最小值, $E_i = 200\text{ V/m}$ 是在频率从 1 MHz 到 10 MHz 范围内的 IRPA 辐射危害限值。如果 $E_i \gg E_o$, 则近似计算是有效的。

附录 C
(提示的附录)
辐射脉冲骚扰

有各种形式的脉冲辐射骚扰。下面给出了两个典型的波形。图 C1 是在距离为 1 km 处雷电放电的电场;图 C2 是距静电放电 1 m 处的电场(有关等级分别见表 12 和表 14),最大的变化率 dE/dt 以 $Vm^{-1}ns^{-1}$ 为单位,在图中用虚线表示。

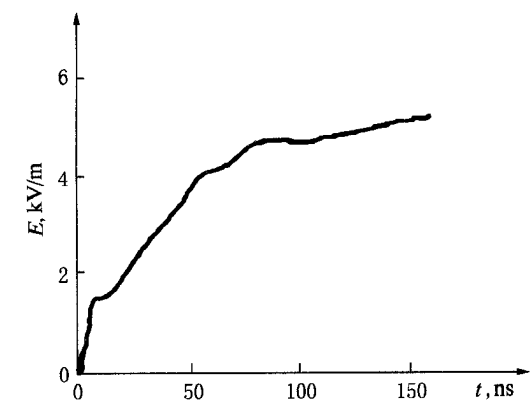


图 C1 在距离为 1 km 处雷电放电的电场

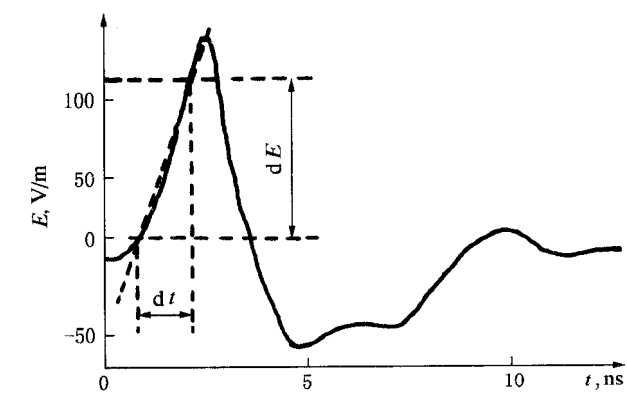


图 C2 距静电放电 1 m 处的电场

脉冲辐射骚扰最常见的起因包括：

- 雷电放电；
- 静电放电；
- 在低压和高压电网中投切负荷的操作。

两个重要的参数是：电场对时间导数的最大值和磁场对时间导数的最大值。这些参数是所选择变量的函数，所选择变量为频率，信号的付氏变换以快于 **30 dB/倍频程** 的速率衰减。

关于脉冲的测量，现代的仪器和可得到的场测量结果基本上被限制到 **1 GHz**。这一限制的原因是最高频率限制为 **1 GHz**。频率分刻度的选择可以取任意的十进制单位，视方便选取。

可以看到，极性变化多于 **10** 次的快速上升阻尼振荡场能够分解成振荡型和脉冲型两部分。

脉冲最有意义的辅助参数是：持续时间、能量、重复率（每种现象的脉冲数）、出现率（每单位时间的现象数），后者按统计方法考虑。

应注意脉冲的能量不作为一个参数来考虑，评估可能造成的直接破坏影响是困难的。然而，辐射现象对尺寸不超过 **3 m** 的设备造成直接破坏影响是件很不平常的事情。
