

广播电视业务的 电磁兼容技术

陈成全 程 岗 编著
武冷茜 金 英



中国标准出版社

广播电视业务的电磁 兼容技术

陈成全 程 岗 编著
武冷茜 金 英

中国标准出版社

(京)新登字 023 号

内 容 简 介

本书系统介绍了有关广播电视业务的电磁兼容问题,共分五部分。

简要介绍了有关电磁干扰和电磁兼容的基本知识,国际和国内有关电磁兼容,特别是和广播电视业务有关的电磁兼容的情况;各种干扰和它们的特点、测量、用于干扰测量的三种检波器及一些辅助设备。

有关部门间无线电业务的电磁兼容,广播、电视、通信、雷达、导航等业务之间的相互影响和解决办法;

广播电视业务与各种工业干扰间的电磁兼容,对诸如工、科、医设备,汽车,内燃机点火系统,电气化铁路,高压输电线,家用电器等形形色色干扰源进行介绍,分析它们的特点和原理,以及为保护广播电视业务,而如何限制它们的干扰能量;也初步介绍了广播和电视设备的抗扰度。

广播电视业务的电磁 兼容技术

陈成全、程 岗 编著
武冷茜、金 英
责任编辑 傅宝琴

*

中国标准出版社出版
(北京复外三里河)

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

版权专有 不得翻印

*

开本 787×1092 1/32 印张 8.875 字数 241 千字

1993 年 11 月第 1 版 1993 年 11 月第一次印刷

印数 1—4 000

*

书号: ISBN 7-5066-0611-9/TN·012 定价 7.00 元

*

标 目 210-08

前 言

电磁兼容是目前国际和国内通讯技术的一个热门话题,它关系到无线电业务中的各个领域和部门。各种无线电业务都在寻求自己的最佳电磁工作环境,以保证在错综复杂的干扰条件下能良好的进行工作。广播电视业务,作为无线电领域中一个部门,又是一个和广大人民群众生活密切相关的一个部门。如何防止干扰,改善质量,是一个十分重要问题。电磁兼容对广播电视有着极为重要意义。

要想实现电磁兼容,首先便得区分各种干扰和它们的特点,从而需要对测试手段能正确了解和使用。所以,本书在这方面也着重作了叙述。这是实现电磁兼容技术的基础。

为了实现广播、电视、通信、雷达、导航等业务间的电磁兼容,为了实现广播电视业务与各种工业干扰间的电磁兼容,经常需要进行实地测量和对声音与图像质量进行主观评价。这些都是广播电视领域中的特殊要求,所以我们也作了比较详细的叙述。

我们希望本书对广播电视领域的技术工作者在和各种干扰斗争中,能成为一本有用的参考书。如果因此而使广播声音和电视图像质量得到提高,将是我们最大的安慰。如果读者在阅读过程中,指出书中的不足之处和改进措施,我们则将万分感谢。

参加本书的编写人员有:陈成全(第一章,第三章中的一、二节,第五章),程岗(第二章以及第四章中的第一节),武冷茜(第三章中的三、四节,第四章中的四、五节),金英(第四章中的二、三节)。

编者

1992.7

目 录

第一章 概述	1
一、电磁干扰(EMI)和电磁兼容(EMC)	1
二、有关电磁干扰的基本知识	2
三、国际上有关 EMC 的情况	4
四、国内有关 EMC 的情况	6
五、广播电视业务与电磁兼容	6
六、广播电视业务电磁兼容有关标准	7
第二章 电磁兼容的基本测量设备和测量技术	10
一、电磁干扰测量接收机	11
1. 电磁干扰测量接收机与一般接收机的区别	13
2. 电磁干扰测量接收机典型检波器介绍	16
3. 电磁干扰信号在不同检波器上的响应	29
4. 电磁干扰测量接收机主要技术性能指标	40
5. 频谱分析仪	41
6. 音频干扰电压表	43
7. 国内外典型电磁干扰测量接收机	44
二、电磁干扰测量用辅助设备	46
1. 天线	46
2. 人工电源网络	48
3. 电流探头	48
4. 吸收式功率钳	49
5. TEM 小室和其它辅助设备	50
三、电磁干扰测量方法	51
1. 电磁干扰信号的分类	51
2. 电磁干扰信号的传播途径	53
3. 传导干扰测量	54
4. 辐射干扰测量	55

5. 电磁干扰测量结果的统计评价方法	56
第三章 广播电视业务本身以及和其它无线电业务间的电磁兼容	58
一、广播电视业务本系统内的电磁兼容	58
1. 电视、调频和广播发射台间的相互影响	58
2. 电视机特性形成的干扰和相应的兼容措施	61
二、广播电视业务与邮电通信业务间的电磁兼容	68
1. 电视发射对微波通信形成的干扰及兼容措施	68
2. 同轴电缆载波通信系统和无线电广播之间的干扰处理	69
3. 对称电缆载波通信系统和无线电广播之间的干扰处理	71
4. 架空明线载波通信系统和无线电广播之间的干扰处理	72
三、广播电视业务与雷达业务间的电磁兼容	73
1. 雷达信号的特性及实际雷达频谱	73
2. 雷达的干扰机制	83
3. 雷达信号的地面传播衰减特性	88
4. 主观评价试验及干扰防护率	93
5. 干扰防护计算	97
6. 雷达阵地对广播电视的干扰防护要求	102
四、广播电视与其它无线电业务间的电磁兼容	104
1. 杂散输出干扰的防止	104
2. 广播电视与航空导航台站间的电磁兼容	105
3. 广播电视与移动通信和短波收信、测向台间的电磁兼容	108
4. 加强法制管理,合理使用频率	114
第四章 广播电视与各种工业干扰间的电磁兼容	116
一、广播电视与工业、科学、医疗用射频设备之间的电磁兼容	116
1. 工业、科学、医疗用射频设备概况	116
2. 干扰机理及特性	118
3. 干扰测量方法	127
4. 干扰限值	130
二、电气化铁道产生的无线电干扰	135
1. 我国电气化铁道概况	135

2. 电气化铁道无线电干扰特性	137
3. 电气化铁道对广播电视的影响及主观评价	152
4. 电气化铁道无线电干扰防护间距的计算	156
三、高压输电系统的无线电干扰	163
1. 电晕放电所产生的无线电干扰	165
2. VHF 频段架空输电线路、变电站无线电干扰特性	174
3. 对架空电力线路、变电站无线电干扰的主观评价	182
4. 架空电力线路和变电站无线电干扰的测量	185
四、汽车、机动船和火花点火装置及繁忙公路的无线电干扰	192
1. 干扰的产生机理	193
2. 干扰特性	197
3. 干扰测量	201
4. 干扰限值	205
5. 干扰的抑制	211
6. 汽车干扰的研究动向	220
7. 对于公路移动车辆的干扰研究	230
五、办公用信息设备、家用电器及电动工具与广播电视间的电磁兼容	241
1. 办公用信息设备的干扰特性	241
2. 办公用信息设备无线电干扰的测量和限值	243
3. 家用电器及电动工具等无线电干扰特性及限值	247
4. 干扰测量及产品允许值评价	253
第五章 广播电视设备的抗干扰	259
一、抗扰度及其测量原理	259
二、0.15~150 MHz 频段环境场的抗扰度测量	263
1. 电视接收机的抗扰度测量	263
2. 声音接收机 1F 频段抗扰度测量	264
3. 录音机和录像机抗扰度测量	265
三、150~1 000 MHz 频段环境场的抗扰度测量	266
1. 测量场地要求	266
2. 测量程序	267
3. 测量安排和校准	267

4. 调谐频道上电视接收机的抗扰度测量	267
四、外部抗扰度的有关限值	268
五、内部抗扰度的测量方法和限值	268
参考文献	273
附录 本书中所用缩写和代号的意义	274

第一章 概 述

一、电磁干扰(EMI)和电磁兼容(EMC)

电磁干扰(EMI)是指一种不希望有的电磁信号,它对电子设备或电子系统的正常工作形成有害的影响。几乎每一种电子设备或系统都会产生出程度不同的 EMI 信号。这些信号可能以电磁辐射的形式发射,也可能通过电缆,导线等传播。反过来,几乎每一种电子设备或系统对其它设备所产生的干扰信号都具有一定的敏感性。所以关于 EMI,存在着三个因素:辐射或(和)传导电磁波的源;电磁波借以扩散出去的媒介;干扰信号的接收者。三者中只要消除其一,EMI 就不会发生。

电磁兼容(EMC)是指一些电子设备或系统,它们间任一电子设备或系统所产生的干扰不足以影响其余电子设备或系统的正常性能时的状态。随着科技进步和社会发展,新的电子设备或系统在我们周围不断的涌现。因而相互之间的影响愈来愈多,问题愈来愈严重。若不及时考虑和正确处理电磁兼容问题,则将造成难以估量的后果。小则使某些局部设备不能正常工作,大则使某种大系统发生误动作,或者使我们周围的电磁环境失去平衡。如果想达到电磁兼容,就得设法消除或减弱发射源的信号电平,或切断其传播路径,或者对干扰信号接收者进行保护(即降低它们对干扰的敏感度)。总之,只有既了解本设备本系统的电磁特点,又了解与它设备它系统之间可能发生的电磁关系,才能正确的考虑如何避免相互之间的有害影响,而达到相互间的电磁兼容。

二、有关电磁干扰的基本知识

电磁干扰信号的频谱很宽,可以从 10 Hz 直到 30 GHz。

电磁干扰源可分成自然的和人为的二种。自然界的干扰中,属于地球上的干扰有:大气、雷电、雨雪干扰等;属于地球外的干扰有:太阳干扰,射电星干扰等。自然界的干扰,不在本书所讨论的范围之内。

人为干扰中又可分成“有意识的”干扰和“无意识的”干扰两类。“有意识的”干扰是指为进行信息传播和交换而有意识的发射电磁波,但同时也给其它设备和系统造成干扰。这类发射频带较窄,其电平和频率都可以控制,如广播,导航,雷达和通信等。“无意识的”干扰是指所产生的电磁能量主要供给本身使用,但有一部分无意识的泄漏出去而对其它设备和系统形成干扰,如工业、科学和医疗设备,内燃机点火系统,继电器、开关、电机、机床、电源线、照明灯、电动工具、电视机、电子计算机、以及高压电力线、电气化铁路等。这类干扰的频带,有的很宽,有的较窄。它们的电平和频率有时能控制,有时不能控制。

受干扰设备,同理也可分成“有意识的”接收设备和“无意识的”接收设备。前者指那些专门设计用来接收“有意识”发射的电磁波的设备。它的特点是具有窄带性质且灵敏度较高便于接收低电平信号。因而,落在它的频带范围内的非所需信号(无论是有意识的或无意识的)都易形成对本信号的干扰。“无意识的”接收设备,是指那些不是故意设计用来接收有用信号的设备,它频带宽,灵敏度低,只有较高的电平才能使其作用。

对于无意识的发射,要尽量加以限制。如果它为窄带的话,则对其频率稳定性和带宽都要加以控制。例如,目前影响人民群众收听和收看广播与电视的最厉害的干扰设备,是工业、科学和医疗设备,它们属于无意识发射,频带较窄,国际电信联盟(ITU)对这些设备允许使用的频率及其稳定性,都作了严格规定,如表 1-1 所示。

表 1-1

频率(MHz)	频率容差	最大辐射限制
6.780	±15 kHz	尚未确定
13.560	±0.05%	不限制*
27.120	±0.6%	不限制*
40.680	±0.05%	不限制*
433.910	±0.2%	尚未确定
915.000	±13 MHz	不限制*
2 450	±50 MHz	不限制*
5 800	±75 MHz	不限制*
24 125	±125 MHz	不限制*
61 250	±250 MHz	尚未确定
122 500	±500 MHz	尚未确定
245 000	±1 000 MHz	尚未确定

* 在我国则希望这些值尽可能的低。

干扰源和接收体之间的干扰耦合,主要为三种模式:天线—天线,天线—导线,导线—导线。第1,2模式属于辐射型,第3模式属于传导型。传导型可以通过电源线,公共地线和互连电缆发生。

辐射是由高阻抗的电场源,例如单极子天线,或者低阻抗的磁场源,例如变压器造成的。

在远场辐射场中,等效干扰源通常是用等效无方向辐射功率($EIRP$)来表示:

$$P = \frac{4\pi r^2 E^2}{Z} \quad (1-1)$$

式中: P —— 功率, W;

r —— 距离, m;

E —— 场强, V/m;

Z —— 自由空间波阻抗 $= 120 \pi \Omega$ 。

也可用下式表示:

$$EIRP = P_t G_t \quad (1-2)$$

式中 P_t —— 发射功率;

G_t —— 发射增益。

在考虑兼容问题时, 普遍使用的一个概念是“保护率”。其定义是: 在保证接收机输出端的有用信号达到规定质量要求的前提下, 接收机输入端处有用信号与无用信号的最小比值, 通常以分贝(dB)表示。只有满足保护率要求, 才能说两台设备或两个系统可以电磁兼容; 否则便是不能兼容。因而需要寻找条件, 使保护率要求能得到满足。

解决兼容问题的有效办法是对一些具体的电子器件和设备制订出干扰限值; 对一些受干扰的电子器件和设备制订出抗扰度要求; 而系统之间或部门之间则应根据实验结果而制订出共同遵守的协议, 例如, 干扰源和被干扰对象之间保持适当的距离。

三、国际上有关 EMC 的情况

国外在 EMC 方面开展工作较早。约在 50 多年前, 由于老式的接收机易于振荡, 往往或为干扰源。在接收机设计技术改进并克服了这种现象之后, 电气设备(马达、整流子、电气医疗设备等)就成了主要干扰源。主要是对广播接收有很大影响, 于是不得不对干扰进行控制。考虑到, 如果各国对出口的电气机械及家用电器提出不同的要求, 则可能在国际贸易上引起纠纷。于是在 1933 年在法国巴黎由国际电工技术委员会(IEC)和国际广播协会组成了联合委员会, 建议成立了国际无线电干扰专门委员会(CISPR)并于 1934 年在巴黎正式成立。会员有国际电工技术委员会, 国际广播协会, 国际无线电通信咨询委员会(CCIR), 国际大电网会议(CIGRE), 国际铁路与电车

协会(IURT),电能产生与分配协会(UPDEE)等。由此可见,国际无线电干扰专门委员会从它成立的第一天起,其主要目的便是为了保护广播接收的。

第二次世界大战结束后,CISPR 继续召开会议。1984 年在巴黎庆祝了它成立 50 周年纪念,我国也派出代表团参加了会议。

随着科技进步及无线电在更多领域的推广应用,发现数字电子设备,微处理机等也是无线电接收的严重干扰源。被干扰对象,除了广播电视外,还有导航设备,特别是飞行器的仪表着陆系统(ILS)。于是国际合作进一步扩大,国际民航组织,国际电热联合会等也都参加了 CISPR,CISPR 下面共设 A、B、C、D、E、F、G 七个分委员会。它们的职责范围分别是:

A 分会——研究制订无线电干扰的测量方法和测量仪器;

B 分会——研究制订工业、科学和医疗设备的干扰限值及测量方法;

C 分会——研究制订架空电力线和电气化铁路的干扰限值及测量方法;

D 分会——研究制订内燃机、火花点花装置(汽车、摩托车、机动船等)的干扰限值及测量方法;

E 分会——研究制订无线电接收机,录音录像机,放大器等的抗干扰和干扰的限值及测量方法;

F 分会——研究制订家用电器的干扰限值及测量方法;

G 分会——研究制订微处理机和办公室自动化设备的抗干扰和干扰的限值及测量方法。

此外,欧洲经济共同体也建立了一个技术委员会,制订无线电干扰的共同标准,以减少共同市场中的贸易障碍。1973 年当欧共体扩大到九个国家时,成立了欧洲标准化委员会,其会员扩大到欧洲自由贸易协会(EFAA)的国家。但应当指出,他们有关干扰方面的文件,基本上都是以 CISPR 的文件为基础的。

四、国内有关 EMC 的情况

我国于 1979 年,在当时的国家标准总局领导下,召集有关部委成立了相应组织,来考虑我国的无线电干扰问题。于 1986 年正式成立了我国的无线电干扰标准化技术委员会,会员包括邮电、广播、电子、交通、铁道、航空、造船等方面的科研、教学及管理人员。与国际上 CISPR 对应,下面也设立了 A、B、C、D、E、F、G 分委员会,其职能范围也与国际上 CISPR 的各分委员会相对应。

国际上的 CISPR 是只考虑民用设备间的干扰和抗干扰问题,不涉及政府部门间的问题。考虑到我国的具体情况,部门间的电磁兼容和干扰及抗干扰事例,要比民用设备的事例又多又复杂。于是在 1989 年,在我国无线电干扰标准化技术委员会下面,又设立了一个 S 分会,从事政府部门间的电磁兼容问题。

经过几年来的努力,并以国际 CISPR 文件为基础,在我国的无线电干扰标准化委员会领导下,也制订出了一些国家标准。对抑制无线电干扰起到了一定的作用。

在中国电工技术委员会下面,也有一个电磁兼容专业技术委员会,它只从事电磁兼容方面的学术活动。

此外,由中国通信学会、中国电子学会、中国铁道学会、中国计算机学会、中国电工学会、中国电机学会等六学会每隔数年还要举办一次电磁兼容学术讨论会。这些对促进我国电磁兼容水平的提高,都起着积极的作用。

五、广播电视业务与电磁兼容

如前所述,国际无线电干扰特别委员会的成立,首先就是为了保护广播接收。由此便足以看到广播电视和电磁兼容的密切关系。

广播和电视是一个庞大而复杂的电子系统,使用着多种电子设备。这个系统及其设备之间,与其它部门其它系统,以及与其它各式各样的电子设备之间都存在着电磁兼容问题。例如工业、科学、医疗

设备;家用电器;高压线;电气化铁路等都对广播与电视的收听和收看形成程度不同的干扰。雷达、通信系统有时也会使广播与电视的接收受到影响。反过来,电台的强大的电磁波辐射,也足以使导航发生偏差,雷达错误显示,通信受到干扰。就广播电视系统本身,如果各电台的频率选择不当,无线高度和发射功率以及电台之间的距离不当,彼此间也会形成干扰。下面将详细叙述上述诸方面的电磁兼容问题。

六、广播电视业务电磁兼容有关标准

无论在保护广播电视业务,或是在实现和广播电视业务的电磁兼容中,制订标准并加以贯彻执行是一种行之有效的办法。这里可分成两种情况,第一种标准是纯粹为了保护广大人民群众能直接收好广播和电视节目;第二种标准是广播电视有关部门,在执行自己的业务过程中,能具有良好的工作环境,或者不破坏其它部门业务的工作环境。关于第一种标准,现在已经有的,或正在制订的如表 1-2。

表 1-2

标准编号	标准名称	备注
GB 4343	电动工具、家用电器和类似器具无线电干扰特性的测量方法和允许值	
GB 4824.1	工业、科学和医疗射频设备无线电干扰允许值	
GB 4824.2	工业、科学和医疗射频设备无线电干扰特性的测量方法	
GB 6114	广播接收机干扰特性测量方法	
GB 6279	车辆、机动船和火花点火发动机驱动装置无线电干扰特性的测量方法及允许值	
GB 7236	广播接收机干扰特性限值	
GB 7349	高压架空输电线、变电站无线电干扰测量方法	
GB 9254	信息技术设备的无线电干扰极限值和测量方法	
GB 11604	高压电器设备无线电干扰测试方法	
	电视接收机确保与电缆分配系统兼容的技术要求	正在制订中

关于第二种标准,现在已有或正在制订的如表 1-3。

表 1-3

标准编号	标准名称	备注
GB 6364	航空无线电导航台站电磁环境要求	
GB 7432	同轴电缆载波通信系统抗无线电广播和通信干扰的指标	
GB 7433	对称电缆载波通信系统抗无线电广播和通信干扰的指标	
GB 7434	架空明线载波通信系统抗无线电广播和通信干扰的指标	
GB 7495	架空电力线路与调幅广播收音台的防护间距	
GBJ 142	中短波广播发射台与电缆载波通信系统的防护间距	
GBJ 143	架空电力线路、变电所对电视差转台、转播台无线电干扰防护间距	
GJB 151	军用设备和分系统电磁发射和敏感度要求	
	对空情报雷达站电磁环境防护要求	正在制订中
	短波无线电测向台(站)电磁环境要求	正在制订中
	短波无线电收信台(站)电磁环境要求	正在制订中
	交流电气化铁路与调幅广播收音台无线电干扰防护间距	正在制订中
	雷达与电视、调频广播差转台和收转台的防护间距	正在制订中
	调幅广播收音台、电视及调频广播发射(差转)台与各级公路间无线电干扰防护间距	正在制订中

值得提出的是,同一设备和系统,在不同情况下,考虑电磁兼容的条件会大不相同。例如,同一条高压架空电力线路,考虑它对个别家庭的电视干扰和电视差转台的干扰时,条件的差别便很大。这是因为,如果差转台受到影响,则看不到电视不是一家一户的问题,而是整个村镇或企业的问题。一部汽车的无线电干扰限值,虽然有了明确规定,但在繁忙街道和公路上,络绎不绝的汽车流所产生的干扰,却

会对附近的广播和电视的收转台和差转台构成大威胁。在后面讨论广播电视业务的电磁兼容时,对这些影响较大的干扰机理及相应措施,将给予较详尽的叙述。