

通信产品电磁兼容性 (EMC) 测试技术与挑战

蔡正兵 赵津军

杭州泰鼎三捷检测技术有限公司 浙江杭州 310051

摘 要: 本文深入探讨了通信产品电磁兼容性 (EMC) 测试技术的最新进展及其面临的挑战。随着通信技术的飞速发展,设备间的电磁干扰问题日益凸显,对通信产品的EMC性能提出了更高要求。文章首先概述了EMC的基本概念与重要性,随后详细介绍了当前主流的EMC测试技术,包括辐射发射测试、传导发射测试、抗扰度测试等,并分析了这些技术在应用中的关键要点。进而,文章着重分析了通信产品在EMC测试中面临的技术难点与挑战,如高频信号的准确测量、复杂电磁环境下的测试方案设计、以及测试结果的准确解读与评估等。最后,针对这些挑战,提出了相应的解决策略与未来发展方向,旨在为通信产品的EMC设计与测试提供有价值的参考。

关键词: 电磁兼容性 (EMC); 通信产品; 测试技术

引言

在信息化高速发展的今天,通信产品已成为人们日常生活和工作中不可或缺的一部分。然而,随着通信设备的密集部署和频率资源的日益紧张,电磁兼容性问题愈发凸显,成为制约通信产品质量与性能的关键因素之一。EMC测试作为评估通信设备在电磁环境中正常工作能力的重要手段,其重要性不言而喻。本文旨在通过综述当前EMC测试技术的最新进展,剖析面临的挑战,为提升通信产品的EMC性能提供理论支撑和实践指导。

一、EMC基础与重要性

(一) EMC定义与原理

1. EMC定义。电磁兼容性 (Electromagnetic Compatibility, EMC) 是指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。简单来说,就是设备既能抵抗外部电磁干扰,又能控制自身产生的电磁辐射,确保在同一电磁空间内共存的其他设备或系统不受影响。2. EMC原理。EMC的实现基于两个基本原则:一是电磁屏蔽,通过物理隔离或特殊材料的使用,减少电磁波的辐射和接收;二是滤波与接地,通过合理的电路设计,将不需要的电磁能量滤除或导入大地,防止其干扰其他设备或系统。此外,EMC还涉及到电路布局、元器件选择、信号完整性设计等多个方面,是一个综合性的系统工程。

(二) EMC测试的必要性与意义

1. 必要性。随着电子技术的飞速发展,各类电子设

备广泛应用于生产生活的各个领域,电磁环境日益复杂。设备间的电磁干扰问题日益突出,不仅可能导致设备性能下降、数据传输错误,甚至可能引发安全事故。因此,对电子设备进行EMC测试,确保其符合相关标准,是保障设备安全、可靠运行的重要手段。2. 意义。EMC测试有助于提升产品质量,增强产品的市场竞争力。通过测试,可以及时发现并解决潜在的电磁兼容性问题,减少产品召回和维修成本。EMC测试有助于保护用户健康和安。电磁辐射对人体健康的影响不容忽视,符合EMC标准的设备能够减少对人体的电磁辐射暴露。EMC测试也是遵守法律法规、履行社会责任的必要条件。许多国家和地区都制定了严格的EMC法规和标准,要求上市销售的电子产品必须通过EMC测试。

(三) 通信产品EMC标准的国际现状

通信产品作为电子设备的重要分支,其EMC性能直接关系到通信网络的稳定性和安全性。因此,国际社会对通信产品的EMC标准给予了高度关注,并制定了一系列严格的标准和规范。1. 国际标准组织。国际电工委员会 (IEC) 是制定EMC国际标准的权威机构之一,其发布的IEC 61000系列标准是全球范围内广泛采用的EMC测试标准。此外,国际电信联盟 (ITU) 也针对通信产品制定了专门的EMC标准和测试方法。2. 地区性标准。除了国际标准外,各地区还根据自身的实际情况制定了相应的EMC标准。例如,欧洲地区的CE认证体系中包含了EMC指令,要求所有进入欧洲市场的电子产品必须符合EMC标准;美国联邦通信委员会 (FCC) 则负责监管

无线通信设备的EMC性能,确保其不会对公众健康和安
全造成威胁。3.发展趋势。随着通信技术的不断进步和
电磁环境的日益复杂,通信产品的EMC标准也在不断更
新和完善。一方面,标准的内容更加细化,涵盖了更多
的测试项目和测试场景;另一方面,标准的门槛也在逐
步提高,对产品的EMC性能提出了更高的要求。这既是
对制造商的挑战,也是推动行业技术进步、提升产品质
量的动力。

二、通信产品EMC测试技术概述

(一) 辐射发射测试技术

辐射发射测试是评估通信产品向周围环境发射电磁
波的能力,即评估其电磁辐射水平是否超过规定限值。
这一测试对于确保通信产品不会对邻近的电子设备造成
干扰至关重要。1.测试原理。辐射发射测试基于电磁场
理论,通过专门的测试设备(如频谱分析仪、天线等)
测量产品在特定频率范围内的电磁辐射强度。测试过程
中,产品被置于一个模拟实际工作环境的测试室内,通
过调整测试参数(如频率、距离、极化方式等),全面
评估其辐射特性。2.测试方法。辐射发射测试通常包括
开放场测试(OATS)和屏蔽室测试(TEM Cell或GTEM
Cell)两种方法。开放场测试适用于大型设备或系统,能
够提供较为真实的电磁环境;而屏蔽室测试则适用于小
型设备或组件,能够在受控的电磁环境下进行精确测量。

(二) 传导发射测试技术

传导发射测试是评估通信产品通过电源线、信号线
等导体向外部传导电磁能量的能力。这一测试对于确保
产品不会对电网或其他设备造成传导干扰具有重要意义。
1.测试原理。传导发射测试基于电路理论,通过测量产
品在特定频率范围内的传导电流或电压,评估其传导发
射水平。测试过程中,产品被连接到专用的测试设备上,
模拟实际工作条件下的电流或电压传输路径。2.测试方
法。传导发射测试通常包括电源线传导发射测试和信号
线传导发射测试两种类型。电源线传导发射测试主要关
注产品通过电源线向电网传导的电磁能量;而信号线传
导发射测试则关注产品通过信号线向外部设备传导的电
磁能量。3.测试要点。在进行传导发射测试时,需要确
保测试设备的精度和稳定性,以避免测试误差。

(三) 抗扰度测试技术

抗扰度测试是评估通信产品在外部的电磁干扰环境
下的工作稳定性和可靠性。这一测试对于确保产品能够在
复杂的电磁环境中正常工作至关重要。1.测试原理。抗

扰度测试基于电磁兼容性理论,通过向产品施加模拟的
电磁干扰信号,观察其对产品性能的影响。测试过程中,
产品被置于一个受控的电磁干扰环境中,通过调整干扰
信号的参数(如频率、幅度、调制方式等),评估产品的
抗扰度能力。2.测试方法。抗扰度测试包括多种类型,
如静电放电(ESD)测试、射频电磁场辐射抗扰度测试
(RS)、电快速瞬变脉冲群测试(EFT/B)等。每种测试
方法都针对不同类型的电磁干扰进行模拟和评估。3.测
试要点。在进行抗扰度测试时,需要确保测试环境的稳
定性和可控性,以便准确模拟外部电磁干扰环境。

三、通信产品EMC测试面临的挑战

(一) 高频信号的准确测量难题

随着通信技术的快速发展,高频信号在通信产品中的
应用越来越广泛,如5G、Wi-Fi 6等无线通信技术均
采用了高频段进行数据传输。然而,高频信号的测量却
面临着一系列难题,给EMC测试带来了巨大挑战。1.测
量设备的限制。高频信号的测量对测试设备的性能要求
极高,包括频率范围、灵敏度、动态范围等。现有的测
量设备往往难以完全满足高频信号的测量需求,尤其是
在高频段下,设备的非线性、噪声等因素会对测量结果
产生显著影响。2.信号衰减与反射。高频信号在传输过
程中容易受到衰减和反射的影响,导致信号质量下降。
在EMC测试中,如何准确模拟信号的实际传输路径,减
少衰减和反射对测量结果的影响,成为了一个亟待解决
的问题。3.校准与验证。高频信号的测量需要进行严格
的校准和验证,以确保测量结果的准确性。然而,高频
段的校准标准和方法尚未完全成熟,且校准设备的精度
和稳定性也面临诸多挑战。为了应对高频信号的准确测
量难题,测试工程师需要不断探索新的测量技术和方法,
如采用先进的矢量网络分析仪、时域门控技术等,以提
高测量精度和可靠性。同时,还需要加强设备的校准和
验证工作,确保测量结果的准确性和可重复性。

(二) 复杂电磁环境下的测试方案设计

通信产品在实际使用过程中往往处于复杂的电磁环
境中,如城市高楼、工业厂房等。这些环境中的电磁干
扰源众多,且干扰特性复杂多变,给EMC测试方案设计
带来了巨大挑战。1.电磁环境模拟。如何准确模拟通信
产品在实际使用中的电磁环境,是测试方案设计中的关
键问题。现有的电磁环境模拟技术往往难以完全还原实
际环境的复杂性,导致测试结果与实际情况存在偏差。2.
测试场景构建。在测试方案设计中,需要根据产品的

使用场景构建相应的测试场景。然而,不同场景下的电磁干扰特性差异显著,如何选择合适的测试场景并进行有效构建,成为了一个难题。3.测试参数设置。测试参数的设置直接影响测试结果的准确性和可靠性。在复杂电磁环境下,如何合理设置测试参数以充分暴露产品的EMC问题,同时避免误判和漏判,是测试方案设计中的另一个重要问题。为了应对复杂电磁环境下的测试方案设计挑战,测试工程师需要加强与产品设计师和使用者的沟通合作,深入了解产品的使用场景和电磁环境特性。同时,还需要不断探索新的测试技术和方法,如采用虚拟现实(VR)技术模拟实际电磁环境、引入人工智能(AI)算法优化测试参数设置等,以提高测试方案的科学性和有效性。

(三) 测试结果的准确解读与评估

测试结果的准确解读与评估是EMC测试过程中的关键环节。然而,在实际操作中,由于测试结果受多种因素影响且表现形式复杂多样,给结果的解读与评估带来了巨大挑战。1.数据处理与分析。测试过程中产生的大量数据需要进行有效处理和分析,以提取出有用的信息。然而,数据处理和分析方法的选择对结果的影响显著,如何选择合适的处理方法并准确分析数据结果成为了一个难题。2.标准符合性判断。EMC测试结果的评估需要依据相关标准进行判断。然而,不同标准之间的差异和更新可能导致判断结果的不一致性和滞后性。如何准确理解和应用相关标准以做出合理的判断成为了一个重要问题。3.不合格项整改建议。对于测试中发现的不合格项需要提出有效的整改建议。然而,不同产品的EMC问题可能具有独特性且整改难度较大,如何提出切实可行的整改建议并跟踪整改效果成为了一个挑战。为了应对测试结果的准确解读与评估挑战,测试工程师需要加强对测试数据的分析和处理能力培训,提高数据处理的准确性和效率。同时,还需要密切关注相关标准的更新和变化,确保评估结果的准确性和时效性。此外,还需要加强与产品设计师和生产商的沟通合作,共同制定有效的整改方案并跟踪整改效果以确保产品的EMC性能符合相关要求。

四、应对挑战的策略与未来展望

(一) 技术创新与设备升级

技术创新是推动EMC测试技术发展的关键动力。随着高频、宽带通信技术的快速发展,EMC测试设备需不

断升级以适应新的测试需求。未来,我们应加大对高精度、宽频段测量设备的研发投入,提升设备在复杂电磁环境下的测量能力和稳定性。同时,积极探索新的测试技术和方法,如利用人工智能、大数据等技术优化测试流程,提高测试效率和准确性。通过技术创新与设备升级,为通信产品的EMC测试提供更加可靠的技术支撑。

(二) 标准体系完善与国际化合作

完善的EMC标准体系是保障测试结果互认、促进国际贸易和技术交流的基础。我们应积极参与国际EMC标准的制定和修订工作,推动国内标准与国际标准接轨。同时,加强与国外测试机构的合作与交流,分享测试技术和经验,共同提升全球EMC测试水平。通过国际化合作,促进技术交流和资源共享,为通信产品的全球化市场准入提供有力支持。

(三) 人才培养与知识普及

人才是EMC测试事业发展的核心资源。我们应加大对EMC测试领域专业人才的培养力度,建立多层次、多形式的人才培养体系。通过举办培训班、研讨会等活动,提高测试工程师的专业素养和创新能力。同时,加强EMC知识的普及工作,提高全社会对EMC重要性的认识。通过人才培养与知识普及,为EMC测试事业的持续发展提供坚实的人才保障和智力支持。

结语

通信产品的电磁兼容性测试是确保其在复杂电磁环境中稳定可靠运行的关键环节。面对日益严峻的技术挑战,我们需要不断创新测试技术,完善标准体系,加强国际合作,同时注重人才培养与知识普及。只有这样,才能有效应对未来通信产品EMC测试中的各种问题,推动通信技术的持续健康发展。

参考文献

- [1] 范季陶,李天石,苏立轩.铁路通信信号产品的电磁兼容检测技术[J].铁道通信信号,2014,50(07):70-73.
- [2] 周镒,郭琳,陆冰松,等.无线通信设备电磁兼容性要求和测量方法[J].现代电信科技,2007,(10):40-45.
- [3] 龚增,杨自佑.电磁兼容性及其对产品、贸易和通信的影响[J].电工技术杂志,2001,(11):21-23.