

小家电类产品在EMC测试中的性能分析与优化

章 宁 谢思朝 姜颖连

杭州泰鼎检测技术有限公司 浙江杭州 310051

摘 要：本文聚焦于小家电类产品在电磁兼容性（EMC）测试中的性能表现，通过深入剖析小家电产品在电磁环境中的工作特性，揭示了其在EMC测试中常见的问题与挑战。文章首先概述了EMC测试的重要性及其对家电产品安全、性能及市场准入的影响，随后详细分析了小家电产品在辐射发射、传导发射、抗扰度等关键测试项目中的性能表现。基于实测数据与案例分析，本文提出了针对小家电产品的EMC性能优化策略，包括硬件设计改进、软件算法调整、系统集成优化等多个方面。最后，总结了小家电类产品EMC性能优化的重要意义，并对未来发展趋势进行了展望，为小家电行业的持续健康发展提供了参考。

关键词：小家电产品；EMC测试；性能分析

引言

随着智能家居的兴起，小家电产品作为日常生活中不可或缺的一部分，其电磁兼容性（EMC）问题日益受到关注。EMC不仅关乎产品的安全性与稳定性，还直接影响到用户的使用体验及产品的市场竞争力。本文旨在通过系统性地分析小家电产品在EMC测试中的性能表现，探讨其背后的原因，并提出切实可行的优化方案，以期以小家电行业的品质提升和技术创新提供有力支持。

一、小家电产品 EMC 测试概述

（一）EMC 测试的重要性与标准体系

1. EMC 测试的重要性。（1）保障产品安全。电磁兼容性（EMC）问题直接关系到产品的使用安全。小家电产品作为日常生活中频繁使用的电器设备，若其 EMC 性能不达标，可能会产生电磁辐射超标、对其他设备造成干扰或自身易受外界电磁干扰而失效等问题，从而引发安全隐患，如火灾、电击等。因此，通过 EMC 测试，可以确保小家电产品在正常使用过程中不会对用户及周围环境造成危害。（2）提升产品质量。EMC 性能是衡量电器产品质量的重要指标之一。小家电产品通过 EMC 测试，不仅证明了其符合相关标准和法规要求，还体现了制造商对产品质量的高度重视和持续改进的承诺。优秀的 EMC 性能能够提升产品的可靠性和耐用性，减少因电磁干扰导致的故障率，从而增强用户满意度和品牌忠诚度。（3）促进市场准入。在全球贸易日益频繁的今天，各国对进口电器产品的 EMC 要求越来越严格。小家电产

品若要通过国际市场的准入门槛，必须获得相关 EMC 认证和测试报告。这些认证和报告不仅是产品进入国际市场的“通行证”，也是提升企业国际竞争力和品牌形象的重要手段。（4）推动技术创新。EMC 测试不仅是对现有产品性能的评估，更是推动技术创新的重要动力。在测试过程中，制造商需要不断探索新的电磁兼容技术和方法，以应对日益复杂的电磁环境和更高的测试要求。这种技术创新不仅能够提升产品的 EMC 性能，还能够带动整个行业的技术进步和产业升级。2. EMC 标准体系。（1）国际标准。国际上，EMC 标准主要由国际电工委员会（IEC）负责制定和推广。IEC 标准在全球范围内具有广泛的认可度和影响力，如 IEC 61000 系列标准涵盖了电磁兼容性的各个方面，包括电磁环境、电磁发射、电磁抗扰度等。小家电产品在进行 EMC 测试时，通常需要遵循这些国际标准。（2）地区标准。除了国际标准外，不同国家和地区还根据自身的实际情况制定了相应的 EMC 标准。例如，欧洲地区有 CE 认证体系下的 EMC 指令（2014/30/EU），要求所有进入欧洲市场的电器产品必须满足相关 EMC 要求；美国则有 FCC（联邦通信委员会）的电磁兼容性规定；中国则实施了强制性产品认证制度（CCC），其中也包括了 EMC 方面的要求。这些地区标准在细节上可能与国际标准有所差异，但总体目标是一致的，即确保电器产品的 EMC 性能符合规定要求。（3）行业标准与企业标准。此外，一些行业协会或企业还会根据自身产品特性和市场需求制定更为具体的 EMC 标准或规范。这些标准或规范可能更加侧重于某一方面的 EMC

性能要求或测试方法,以满足特定市场或客户的需求。

(二) 小家电产品在EMC测试中的现状与挑战

1. 现状。(1) 测试意识逐渐增强。随着消费者对电器产品安全性和质量要求的不断提高,以及国际市场对EMC认证要求的日益严格,小家电制造商越来越重视EMC测试工作。他们开始积极了解和学习EMC相关知识,建立健全EMC测试体系,确保产品能够通过相关测试并获得认证。(2) 测试技术不断进步。随着科技的发展和测试设备的不断更新换代,EMC测试技术也在不断进步。现代EMC测试设备具有更高的精度、更广的测试范围和更强的自动化程度,能够更准确地模拟实际电磁环境并评估产品的EMC性能。同时,一些先进的测试方法和算法也被广泛应用于EMC测试中,如时域反射法、频域分析法等,进一步提高了测试的准确性和效率。(3) 测试范围不断扩大。随着智能家居和物联网技术的快速发展,小家电产品的功能越来越丰富、连接越来越紧密。这使得小家电产品在EMC测试中需要考虑的因素也越来越多、测试范围越来越广。除了传统的辐射发射、传导发射和抗扰度测试外,还需要关注无线通信频段的兼容性、网络安全性等方面的测试要求。2. 挑战。(1) 测试标准不断更新。EMC标准是一个不断发展的体系,随着新技术、新产品的不断涌现和电磁环境的不断变化,EMC标准也在不断更新和完善。这对小家电制造商来说是一个巨大的挑战,因为他们需要不断跟踪和学习最新的EMC标准和技术要求,确保产品能够始终符合最新的测试要求。

二、小家电产品EMC性能分析

(一) 辐射发射性能分析

辐射发射是指电子设备在工作过程中,通过空间传播的方式向外辐射电磁能量的现象。对于小家电产品而言,辐射发射性能的好坏直接关系到其是否会对周围环境中的其他电子设备造成干扰。1. 辐射发射源识别。小家电产品的辐射发射主要来源于其内部的电路板、电源线、电机等部件。其中,电路板上的高频信号、开关电源的工作频率以及电机的运转都可能成为辐射发射的源头。因此,在进行辐射发射性能分析时,需要准确识别这些潜在的辐射发射源。2. 测试方法与标准。辐射发射测试通常采用天线接收法,通过测量产品在特定频段内的辐射功率或场强来评估其辐射发射水平。国际上,IEC 61000-4-3标准提供了详细的辐射发射测试方法和限值要求。小家电产品在进行辐射发射测试时,需遵循该标

准或相应地区/行业的具体要求。3. 性能表现与问题剖析。小家电产品的辐射发射性能表现各异,主要取决于其设计、制造及材料选择等因素。一些设计不合理或制造工艺粗糙的产品,其辐射发射水平可能远高于标准要求,从而对周围环境中的其他电子设备造成干扰。此外,电源线、信号线等布线不当也可能成为辐射发射的“漏网之鱼”。针对这些问题,制造商需从源头入手,优化产品设计、改进制造工艺、合理布线等,以降低产品的辐射发射水平。

(二) 传导发射性能分析

传导发射是指电子设备在工作过程中,通过电源线、信号线等导体将电磁能量传输到电网或其他设备的现象。对于小家电产品而言,传导发射性能的好坏直接关系到其是否符合电网的电磁兼容性要求以及是否会对连接在同一电网上的其他设备造成干扰。1. 传导发射路径分析。小家电产品的传导发射路径主要包括电源线、信号线以及接地线等。这些路径上的电磁能量可能通过电阻、电容或电感等元件耦合到电网或其他设备上。因此,在进行传导发射性能分析时,需要仔细分析这些路径上的电磁耦合情况。2. 测试方法与标准。传导发射测试通常采用电压注入法或电流探头法,通过测量产品在特定频段内的传导电压或电流来评估其传导发射水平。IEC 61000-4-6标准提供了详细的传导发射测试方法和限值要求。小家电产品在进行传导发射测试时,同样需遵循该标准或相应地区/行业的具体要求。3. 性能表现与改进措施。小家电产品的传导发射性能同样受到设计、制造及材料选择等因素的影响。一些设计不合理或制造工艺粗糙的产品,其传导发射水平可能超出标准要求,从而对电网稳定性及连接在同一电网上的其他设备造成不良影响。为了改善传导发射性能,制造商可以采取以下措施:优化电源设计、使用低阻抗的电源线、增加滤波元件等。

(三) 抗扰度性能分析

抗扰度是指电子设备在受到外界电磁干扰时仍能正常工作并保持预定性能的能力。对于小家电产品而言,抗扰度性能的好坏直接关系到其在复杂电磁环境中的稳定性和可靠性。1. 干扰源识别。小家电产品可能受到的电磁干扰源众多,包括雷电、无线电广播、移动通信基站等自然和人为因素。这些干扰源可能通过传导或辐射的方式对小家电产品造成影响。2. 测试方法与标准。抗扰度测试通常采用模拟干扰源的方法,通过向被测产

品施加特定频率和强度的电磁场或电压来评估其抗扰度性能。IEC 61000-4 系列标准中包含了多种抗扰度测试方法,如静电放电(ESD)、射频电磁场辐射抗扰度(RS)、电快速瞬变脉冲群(EFT/B)等。小家电产品在进行抗扰度测试时,需根据产品特性和测试要求选择合适的测试方法和标准。3.性能表现与提升策略。小家电产品的抗扰度性能表现同样受到设计、制造及材料选择等因素的影响。一些设计不合理或防护措施不足的产品,在受到外界电磁干扰时可能出现性能下降甚至损坏的情况。为了提升抗扰度性能,制造商可以采取以下策略:加强产品的屏蔽设计、优化接地系统、增加滤波和抑制电路等。

三、小家电产品 EMC 性能优化策略

(一) 硬件设计优化

1.电路板布局与布线。合理的电路板布局与布线是减少电磁辐射和传导发射的基础。优化策略包括采用多层板设计以分隔信号层与电源层,减少信号间的串扰;使用短而直的走线,避免环路和长距离并行布线,以减少天线效应;在高频信号线周围增加地孔或地网,提高屏蔽效果。2.滤波与抑制元件。在关键电路节点添加适当的滤波器和抑制元件,如共模电感、差模电容等,可以有效滤除高频噪声,降低辐射发射和传导发射水平。同时,合理设计滤波电路的参数,确保在不影响正常信号传输的前提下,最大限度地抑制电磁干扰。3.接地设计。良好的接地设计对于提高小家电产品的 EMC 性能至关重要。应采用单点接地或多点接地策略,根据产品特性和电路复杂度选择合适的接地方式。确保所有关键元件和金属外壳都可靠接地,以减少地电位差引起的电磁干扰。4.屏蔽设计。对于辐射发射严重的部件或区域,如高频信号发生器、电机等,应采用金属屏蔽罩进行屏蔽处理。屏蔽罩应紧密贴合被屏蔽对象,并确保良好的接地,以形成有效的电磁屏蔽屏障。

(二) 软件算法调整

1.电源管理策略。通过优化电源管理算法,如引入软启动、功率因数校正(PFC)等技术,可以减少电源在启动和运行过程中产生的电磁干扰。此外,合理的电压调节和电流控制算法也能帮助提高电源的稳定性和效率,从而降低电磁辐射。2.信号处理算法。对于需要处

理高频信号的小家电产品,如无线遥控器、蓝牙音箱等,采用先进的信号处理算法,如数字滤波、自适应均衡等,可以有效提高信号的抗干扰能力,减少误码率和传输过程中的电磁辐射。3.工作模式优化。通过调整产品的工作模式,如降低工作频率、减少不必要的信号传输等,可以降低产品的电磁辐射水平。

(三) 系统集成改进

1.模块化设计。采用模块化设计思想,将小家电产品划分为多个功能模块,每个模块独立设计并进行 EMC 测试。这样不仅可以降低整体设计的复杂度,还能方便地进行故障排查和性能优化。同时,模块化设计还有助于提高产品的可维护性和可扩展性。2.接口与连接管理优化。产品内部的接口与连接管理,如采用标准化的接口协议、增加接口隔离措施等,可以减少接口间的电磁干扰。此外,合理设计接口电路的电气参数和布线方式,也能提高接口的 EMC 性能。3.整体测试与验证。在系统集成完成后,进行全面的 EMC 测试与验证是必不可少的环节。通过模拟实际使用场景中的电磁环境,对产品进行全面的辐射发射、传导发射和抗扰度测试,确保产品满足相关标准和法规要求。同时,根据测试结果进行针对性的优化调整,以进一步提升产品的 EMC 性能。

结语

本文全面剖析了小家电产品在 EMC 测试中的性能表现,揭示了其在辐射发射、传导发射、抗扰度等方面的性能特点及存在的问题。通过深入分析,本文提出了包括硬件设计优化、软件算法调整、系统集成改进在内的多维度 EMC 性能优化策略。这些策略不仅有助于提升小家电产品的 EMC 性能,还能增强其市场竞争力,推动整个小家电行业的健康发展。

参考文献

- [1] 祝贺,马超,赵慧云.小家电类产品质量监督抽查中常见抽样问题[J].中国质量监管,2023,(07):86-87.
- [2] 郝旭佳.小家电类产品造型的视觉张力[J].包装与设计,2022,(02):104-105.
- [3] 刘芳琪,刘烨雯.小家电类产品色彩设计研究[J].大众文艺,2017,(06):130.