

Application Note

借助隔离式放大器实现出色的辐射发射 EMI 性能



Andrew Cao

摘要

一些工业和汽车应用需要进行某种类型的隔离，以保护数字电路不受提供某种功能的高压电路的影响。德州仪器 (TI) 拥有品类齐全的**隔离式放大器**和**数据转换器**产品系列，这些产品具有电容隔离栅，能够帮助客户满足隔离数据的转换需求。德州仪器 (TI) 的电容隔离层具有出色的可靠性，通常可运行 100 年以上。有关 TI 电容隔离栅的更多信息，请参阅[隔离](#)网站。

辐射发射测试在这些应用中很常见，用以验证系统不会产生超过规定水平的辐射发射，而超过规定水平的辐射发射可能会对系统中的其他元件或电路产生不良影响。请参阅[了解数字隔离器中的电磁合规性测试](#)，更深入地了解 EMI。可接受的辐射量和辐射发射测试程序由国际无线电干扰特别委员会 (又称为 CISPR) 制定。工业应用根据 CISPR 11 标准进行测量，而汽车应用则根据 CISPR 25 标准进行测量。更多有关 CISPR 标准及相应频率范围的信息，请参阅[电源的传导 EMI 规格概述](#)。

本文档介绍了以下德州仪器 (TI) 隔离式放大器的辐射发射电磁干扰 (EMI) 性能：[AMC0381D-Q1](#)、[AMC0311D-Q1](#)、[AMC1200C](#)、[AMC0300D](#)、[AMC1200BDWV](#)、[AMC1200BDUB](#)、[AMC1400](#)、[AMC1300](#)、[AMC3330](#) 和 [AMC131M03](#)。

有关 AMC3301 系列的辐射发射 EMI 指南，请参阅[衰减 AMC3301 系列辐射发射 EMI 的优秀实践](#)。

内容

1 简介.....	3
2 当前一代德州仪器 (TI) 隔离式放大器的辐射发射性能.....	5
3 前几代德州仪器 (TI) 隔离式放大器的辐射发射性能.....	9
4 总结.....	15
5 参考资料.....	15
6 修订历史记录.....	16

插图清单

图 1-1. 隔离式放大器方框图.....	3
图 1-2. CISPR 25 测试设置.....	4
图 2-1. AMC0311D-Q1 CISPR 25 辐射发射 EMI 高压长扫描.....	5
图 2-2. AMC0311D-Q1 CISPR 25 辐射发射 EMI 低压长扫描.....	5
图 2-3. AMC0300D CISPR 25 辐射发射 EMI 高压长扫描.....	6
图 2-4. AMC0300D CISPR 25 辐射发射 EMI 低压长扫描.....	6
图 2-5. AMC0381D10-Q1 CISPR 25 辐射发射 EMI 高压长扫描.....	7
图 2-6. AMC0381D-Q1 CISPR 25 辐射发射 EMI 低压长扫描.....	7
图 2-7. AMC1200C CISPR 25 辐射发射 EMI 高压长扫描.....	8
图 2-8. AMC1200C CISPR 25 辐射发射 EMI 低压长扫描.....	8
图 3-1. AMC1200DUB CISPR 25 辐射发射 EMI 高压长扫描.....	9
图 3-2. AMC1200DUB CISPR 25 辐射发射 EMI 低压长扫描.....	9
图 3-3. AMC1200DWV CISPR 25 辐射发射 EMI 高压长扫描.....	10
图 3-4. AMC1200DWV CISPR 25 辐射发射 EMI 低压长扫描.....	10
图 3-5. AMC1400 CISPR 25 辐射发射 EMI 高压长扫描.....	11
图 3-6. AMC1400 CISPR 25 辐射发射 EMI 低压长扫描.....	11
图 3-7. AMC1300 CISPR 25 辐射发射 EMI 高压长扫描.....	12

图 3-8. AMC1300 CISPR 25 辐射发射 EMI 高压长扫描.....	12
图 3-9. AMC3330 CISPR 25 辐射发射 EMI 高压长扫描.....	13
图 3-10. AMC3330 CISPR 25 辐射发射 EMI 低压长扫描.....	13
图 3-11. AMC131M03 CISPR 25 辐射发射 EMI 高压长扫描.....	14
图 3-12. AMC131M03 CISPR 25 辐射发射 EMI 低压长扫描.....	14

商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

1 简介

在具有电容隔离栅的隔离式放大器中，当跨隔离栅的电容器充电和放电以传输一或零形式的数据时，会产生辐射发射。电荷沿相反方向流经差分电容器，大部分相互抵消，但是这些电荷在幅度或时间上的任何差异都会导致电磁能注入隔离地 **GND1** 和 **GND2** 之间。由于隔离栅的性质，能量无法找到导体来返回发射源。由于没有返回源的路径，因此能量以辐射发射的形式从器件引脚（以及引脚连接到的任何布线或 **PCB** 平面）进行辐射。这种辐射可以扩展到远高于放大器信号带宽和数据速率的频率，因为这是由皮秒级时序失配引起。

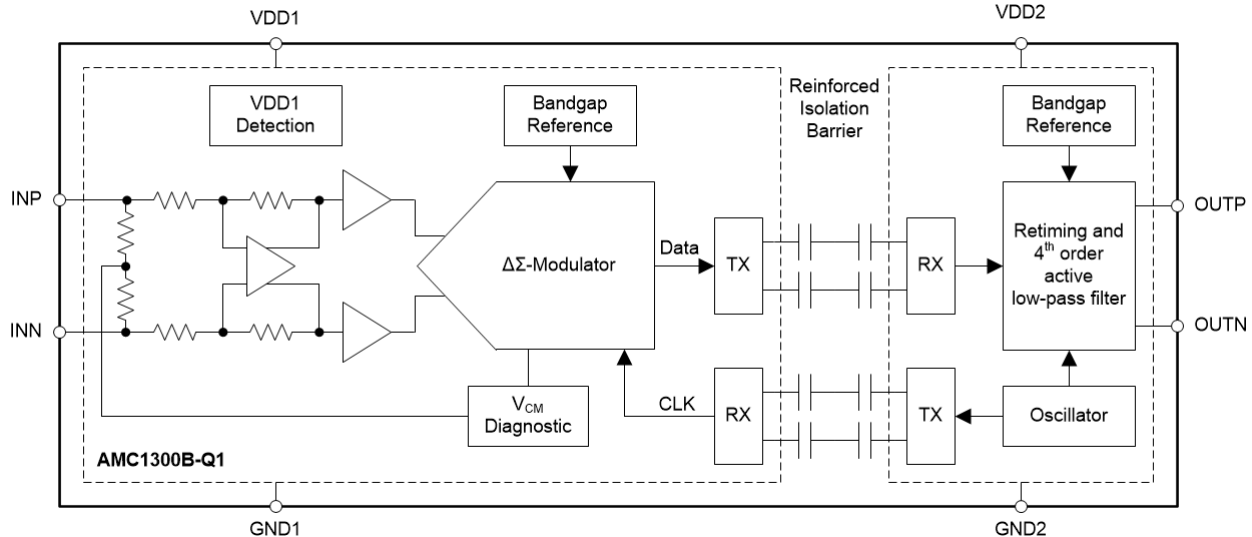


图 1-1. 隔离式放大器方框图

近年来，为了优化辐射 **EMI** 性能，德州仪器 (TI) 对隔离式放大器架构进行了重大改进。从 2018 年推出 **ISO224** 开始，与之前使用的脉冲编码相比，德州仪器 (TI) 的隔离式放大器开始使用开关键控 (OOK) 信号调制。OOK 调制显著提高了共模瞬态抗扰度水平。然后，TI 在 2020 年率先推出了 **AMC1300B-Q1** 隔离式放大器，这款放大器能够显著减少穿过隔离栅的能量，从而减少辐射发射，满足瞬态规格并具有足够的裕度。现在在 2025 年，**AMC03xx** 系列器件可通过新的单电容器隔离技术进一步降低辐射发射。这些设计变更以及重新设计的隔离式信号路径现已应用于除 **AMC1100**、**AMC1200** 和 **ISO224** 器件之外的所有德州仪器 (TI) 隔离式放大器产品系列中。信号链中经过优化的时序和振幅可将高频下的辐射发射 **EMI** 降至更低水平。

以下各节介绍了德州仪器 (TI) 隔离式放大器的辐射发射 **EMI** 性能。**AMC0381D-Q1**、**AMC0311D-Q1**、**AMC1200C** 和 **AMC0300D** 显示当前这代隔离式放大器的辐射发射性能数据，而 **AMC1200BDWV**、**AMC1200BDUB**、**AMC1400**、**AMC1300**、**AMC3330** 和 **AMC131M03** 显示上一代数据。辐射发射扫描均按照 CISPR 25 规定的标准执行。除 **AMC0311D-Q1**、**AMC1200C** 和 **AMC0300D** (使用 **DIYAMC-0-EVM** 印刷电路板 (PCB)) 外，均使用每个器件各自的 **EVM** 执行所有测试。

对于测试设置 (如果存在)，从 **EVM** 中移除变压器驱动器 (U3)，以减少外部元件噪声。输入端接地短路，输出端通过电阻器连接，如图 1-2 中的器件引脚设置所示。两个外部 3.3V 电池为器件的高压侧和低压侧供电。一个电池直接连接到器件的 **EVM**，另一个电池连接到 **LISN**。然后将 **LISN** 连接到跨越测试台的一根导线，以便为被测器件的一侧供电。1.5m 导线连接到器件的输入端或输出端，与 **LISN** 的电源位于同一侧。

对于每个器件，进行了两项测试：低压长和高压长。低压长的配置显示在 **CISPR 25 测试设置中的选项 A** 中。输入端连接到 1.5m 导线，短接连接到导线的末端。输出端通过电阻器连接。对于电源，低压侧连接到 **LISN** 的电源，高压侧直接连接到 3.3V 电池。高压长的配置显示在 **CISPR 测试设置中的选项 B** 中。输出端连接到 1.5m 导线，电阻器连接到导线的末端。输入端通过短接连接。对于电源，高压侧连接到 **LISN** 的电源，低压侧直接连接到 3.3V 电池。

使用四根天线来创建 CISPR 25 数据：150kHz 至 30MHz 用单极天线、30MHz 至 200MHz 用双锥天线、200MHz 至 1GHz 用对数周期天线和 1GHz 至 3GHz 用喇叭天线。对于定位，单极天线、双锥天线和对数周期天线放置在 **CISPR 测试设置中的位置 A**，距离测试台中心 1m。对于单极，需要一个铜板来将测试台连接到天线支架。喇叭

天线放置在 **CISPR 测试设置中的位置 B**，距离器件 1m。每次扫描以绿色显示平均单极扫描，以蓝色显示平均垂直扫描，以红色显示平均水平扫描。

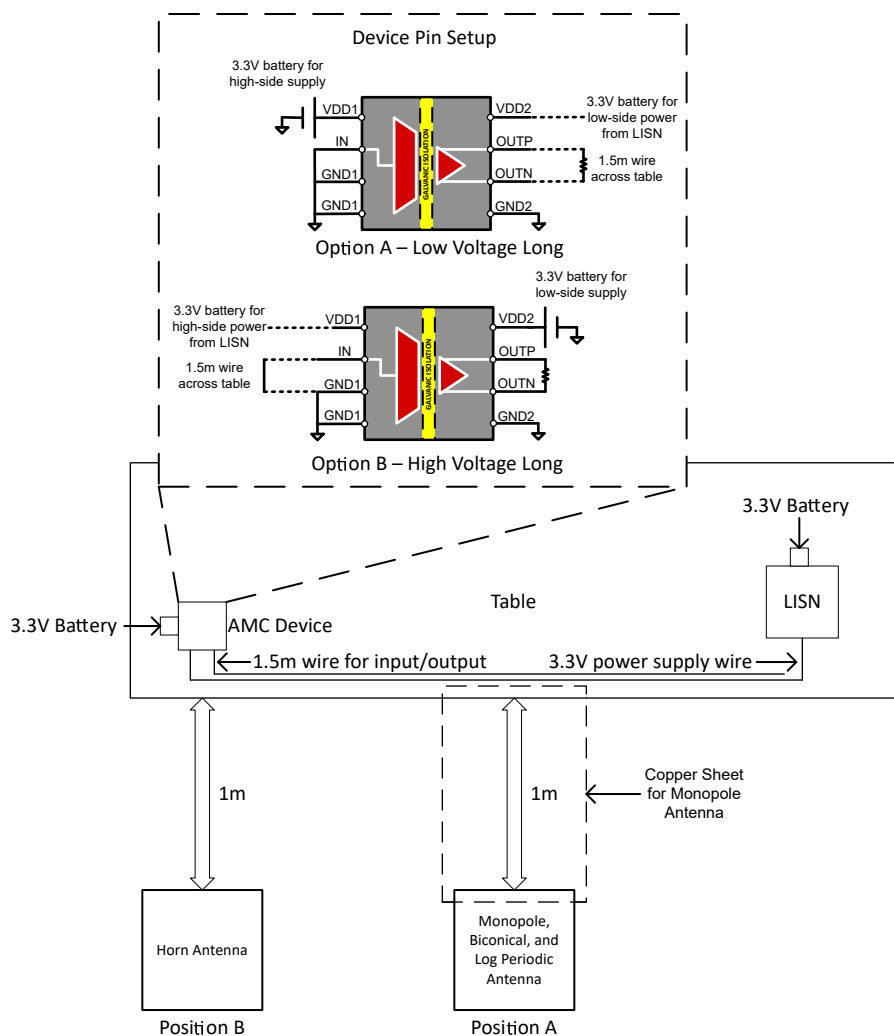


图 1-2. CISPR 25 测试设置

2 当前一代德州仪器 (TI) 隔离式放大器的辐射发射性能

德州仪器 (TI) 目前的隔离式放大器融合了辐射发射 EMI 性能方面多年取得的进展。在这一代中，器件具备单芯片电容器隔离并进一步改进了模拟信号链。以下各图是高压侧长 (连接到 1.5m 导线) 以及低压侧长时 [AMC0311D-Q1](#)、[AMC0300D](#)、[AMC0381D-Q1](#) 和 [AMC1200C](#) 的 CISPR 25 结果。

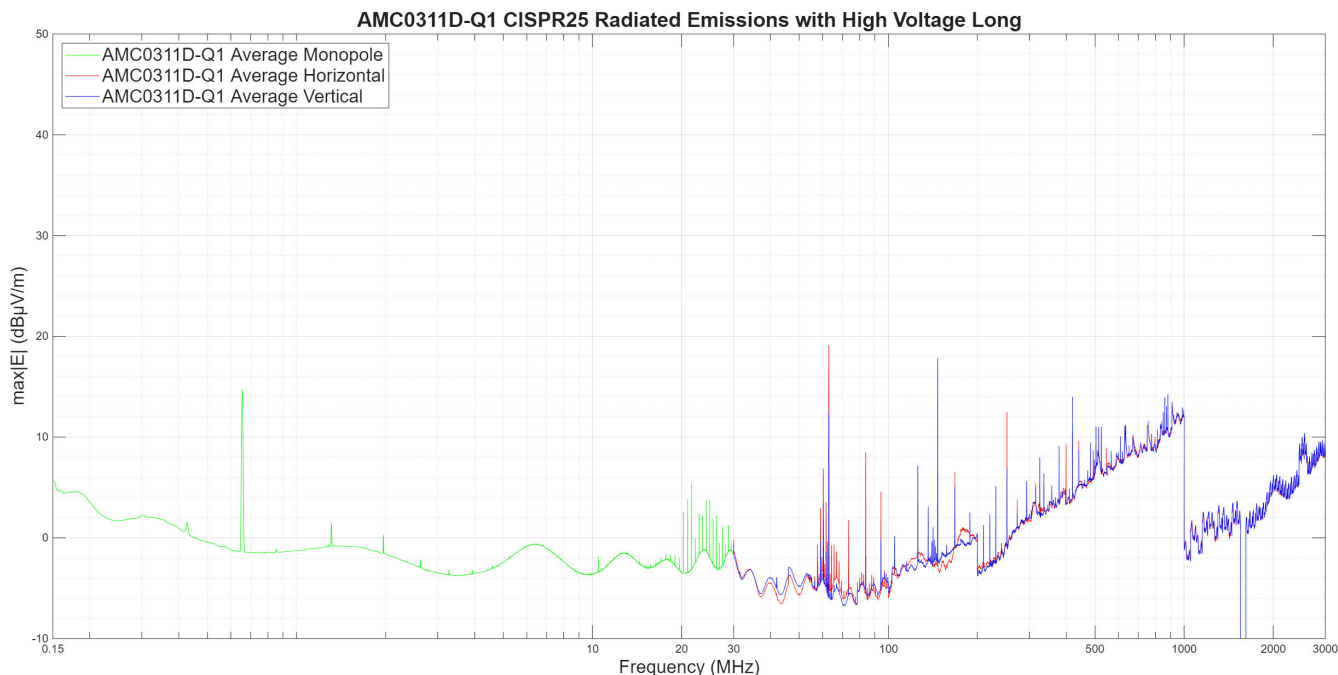


图 2-1. AMC0311D-Q1 CISPR 25 辐射发射 EMI 高压长扫描

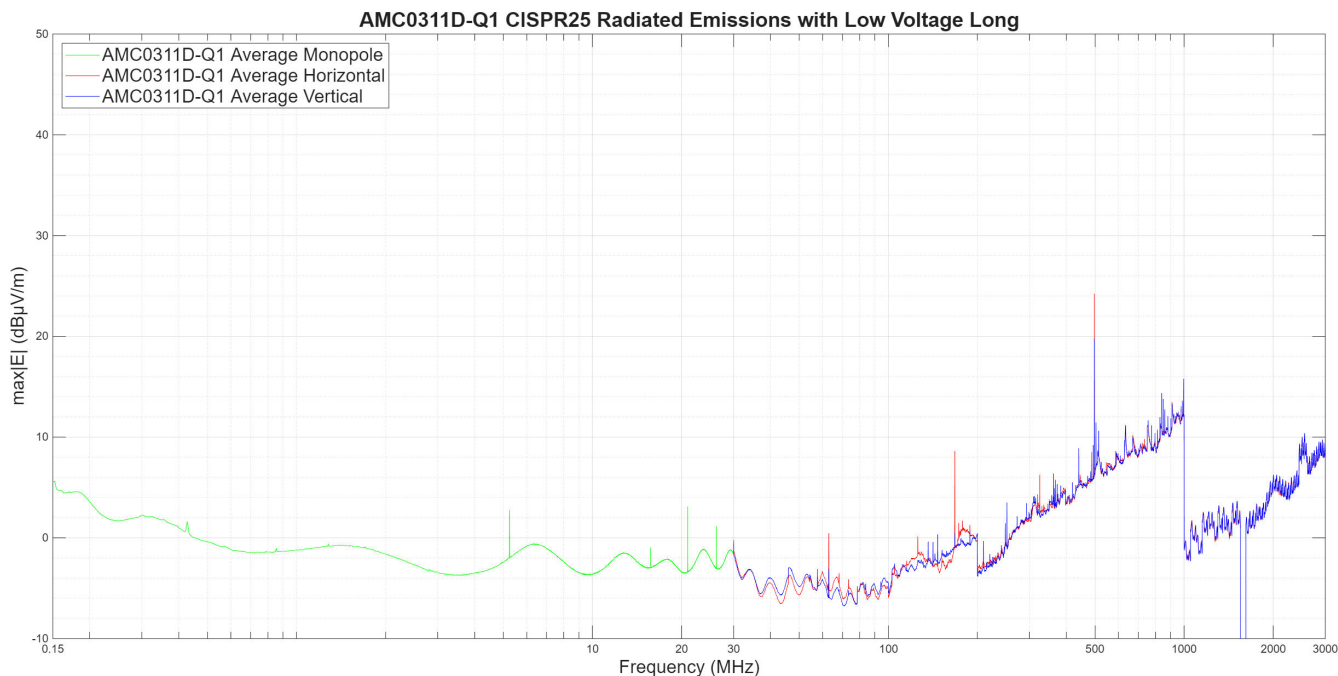


图 2-2. AMC0311D-Q1 CISPR 25 辐射发射 EMI 低压长扫描

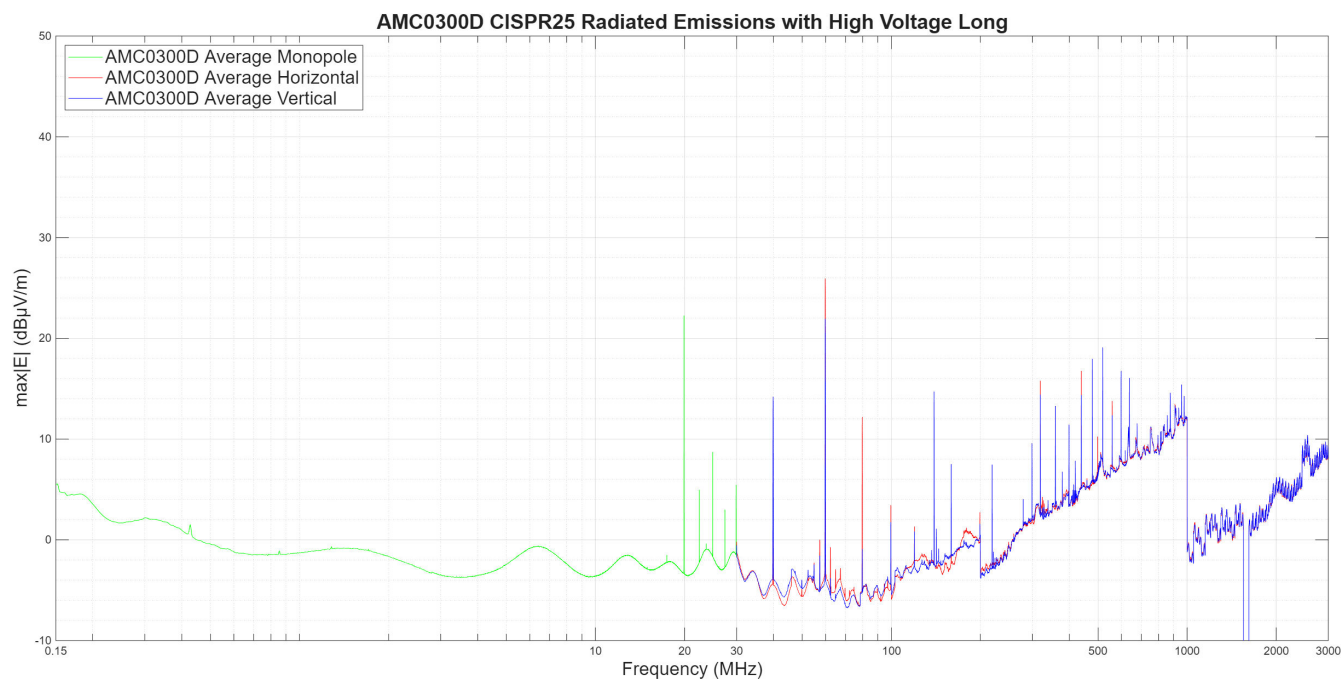


图 2-3. AMC0300D CISPR 25 辐射发射 EMI 高压长扫描

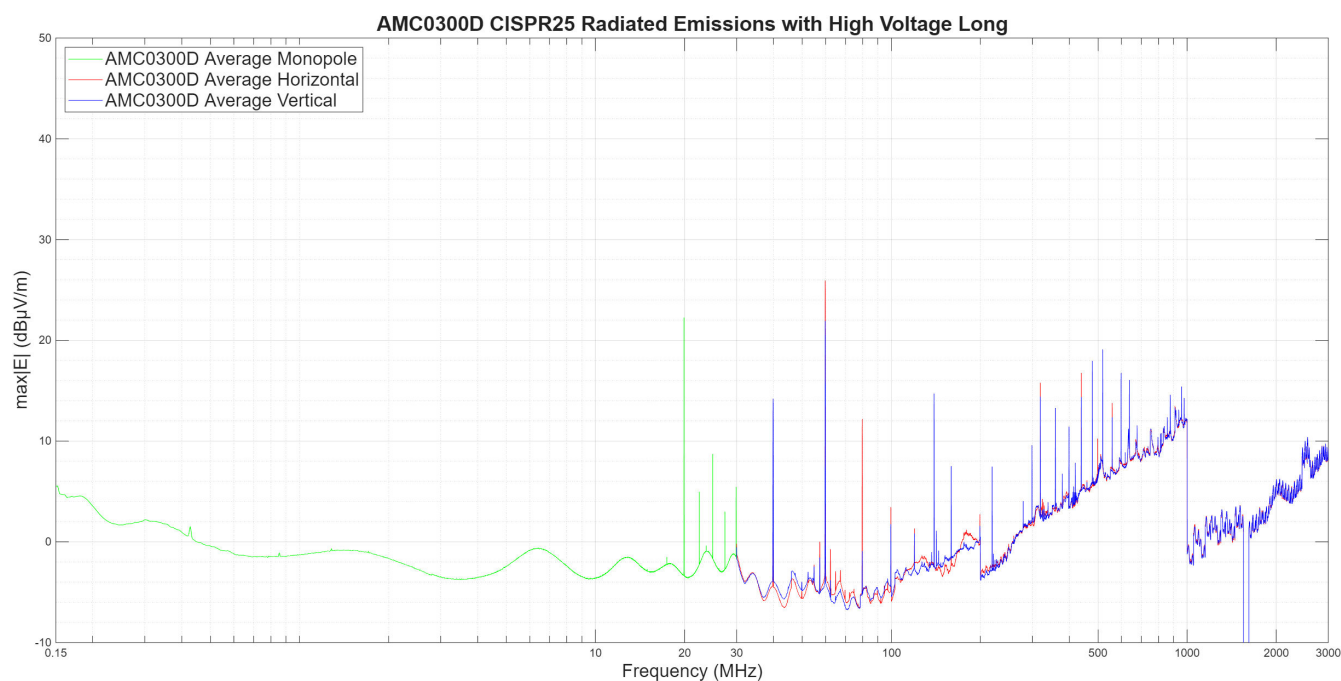


图 2-4. AMC0300D CISPR 25 辐射发射 EMI 低压长扫描

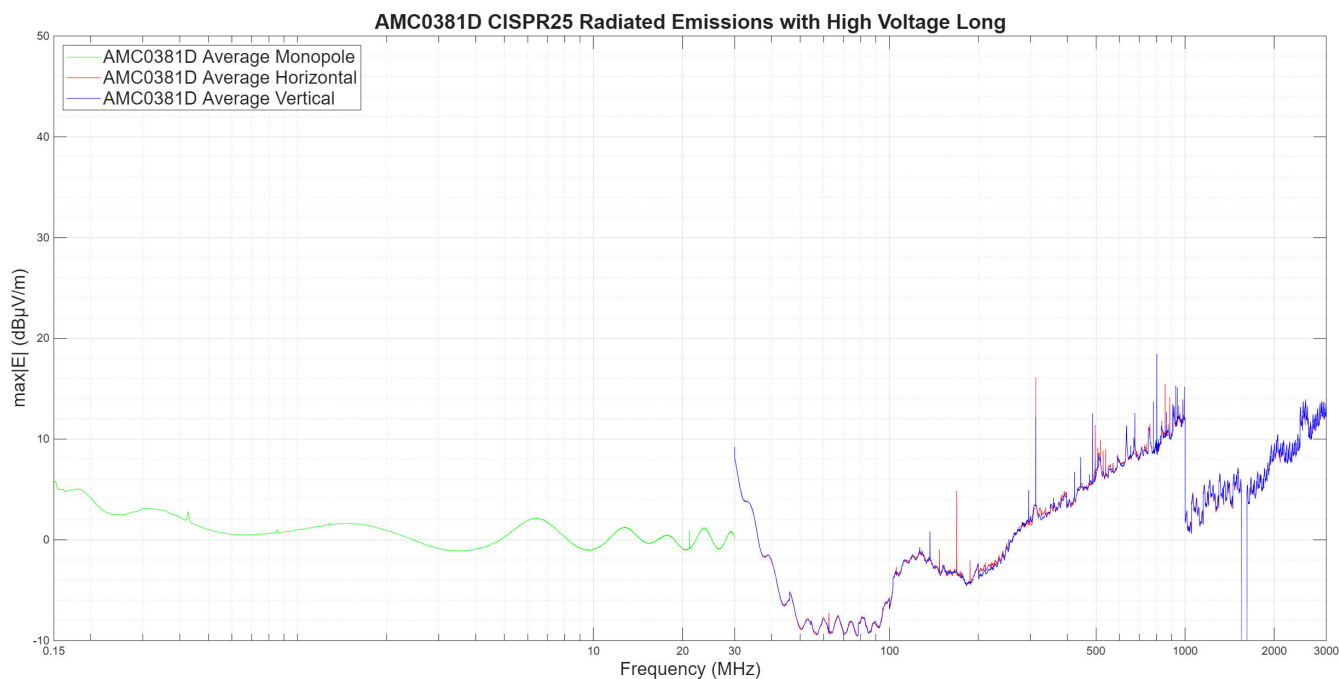


图 2-5. AMC0381D10-Q1 CISPR 25 辐射发射 EMI 高压长扫描

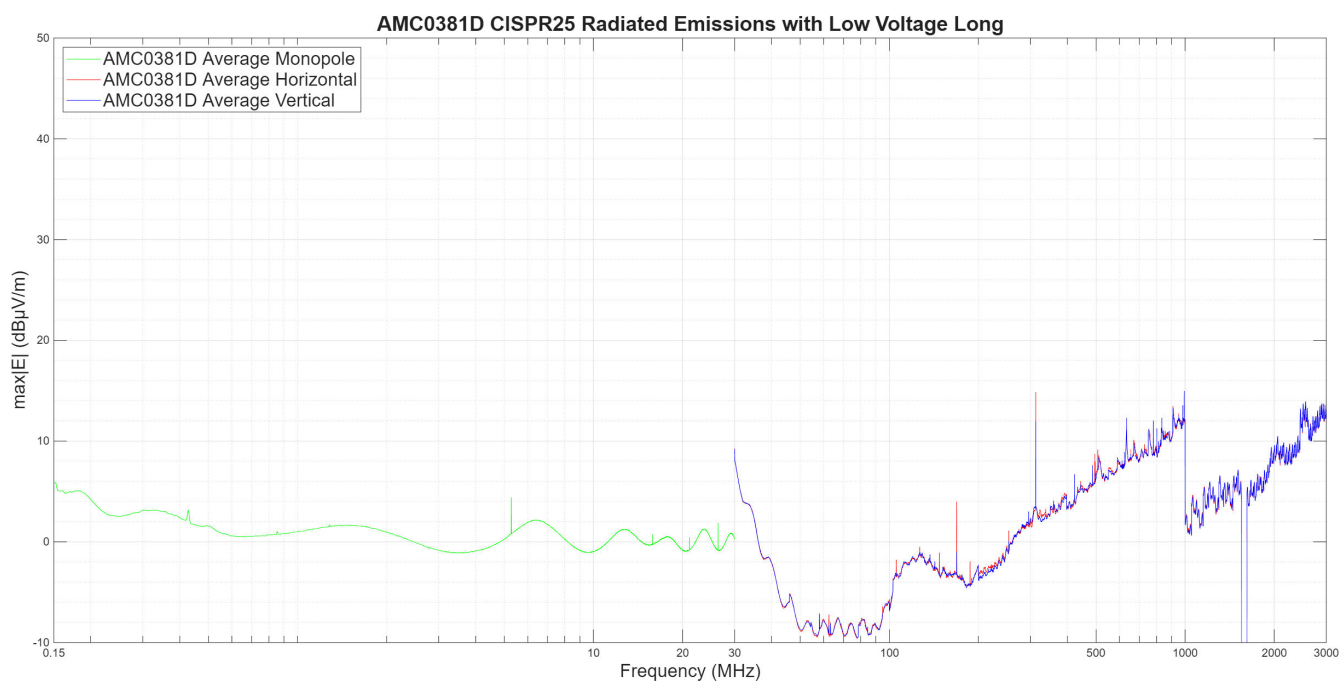


图 2-6. AMC0381D-Q1 CISPR 25 辐射发射 EMI 低压长扫描

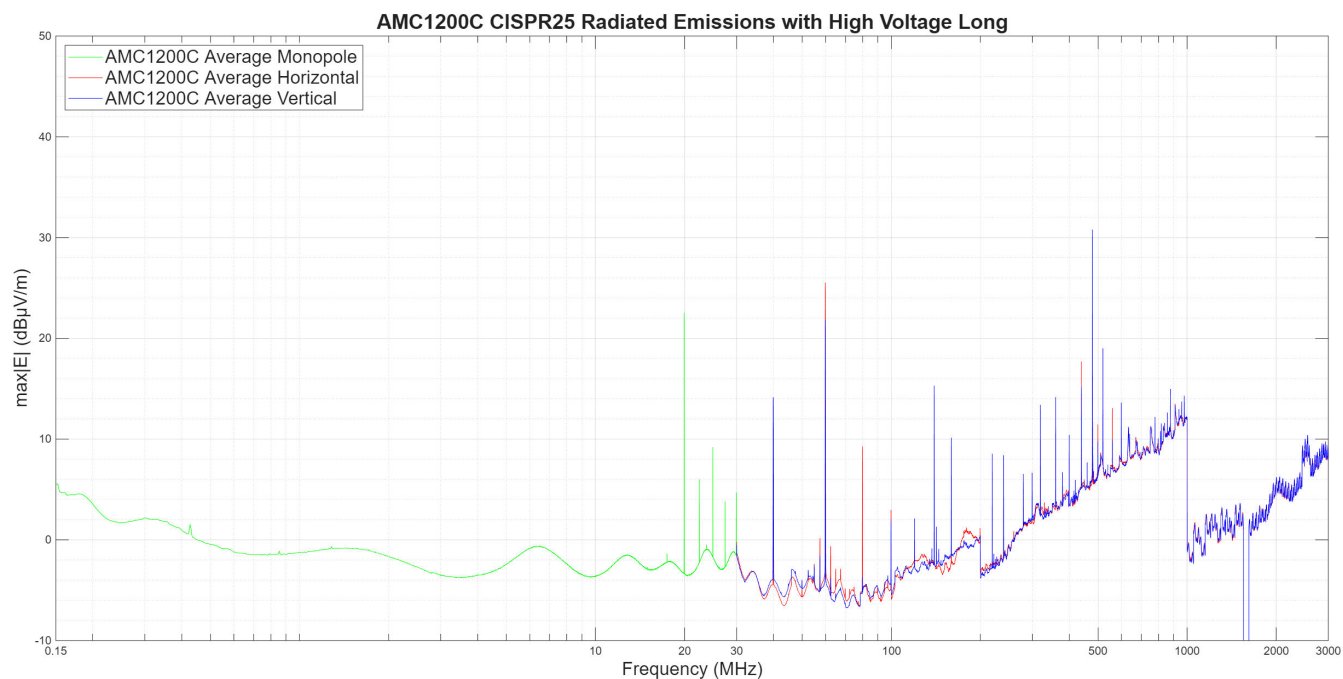


图 2-7. AMC1200C CISPR 25 辐射发射 EMI 高压长扫描

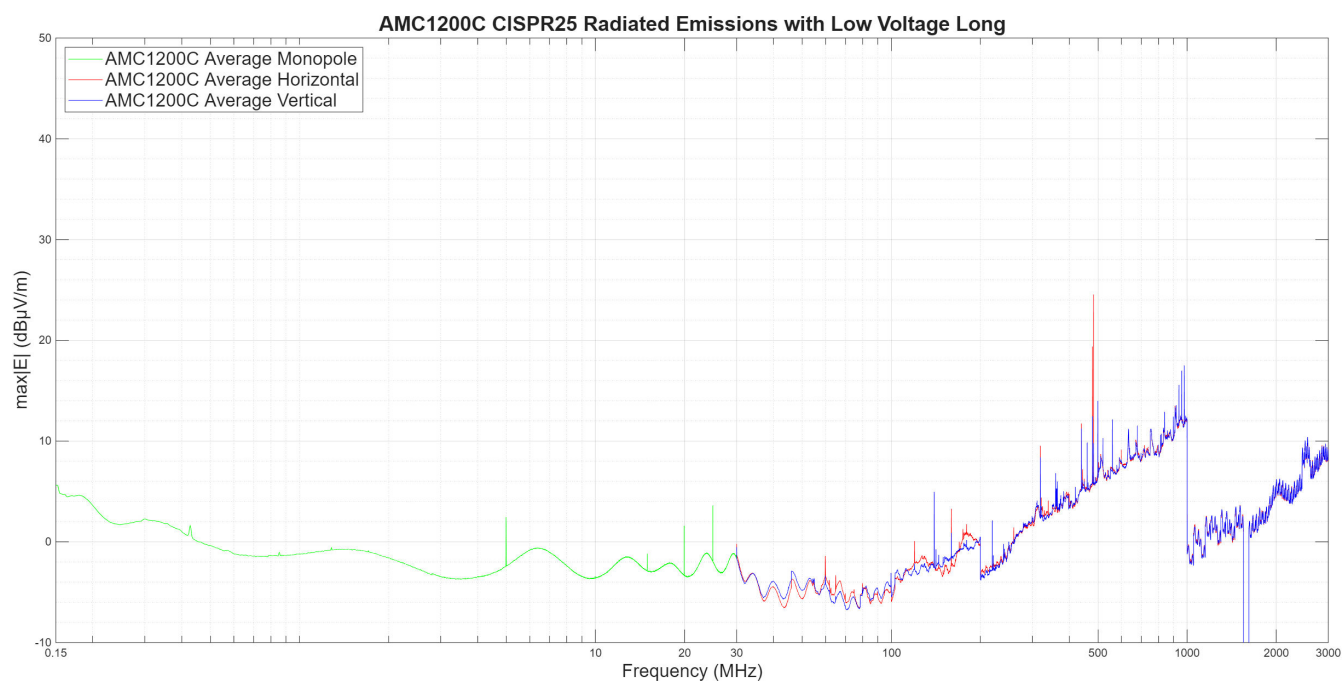


图 2-8. AMC1200C CISPR 25 辐射发射 EMI 低压长扫描

3 前几代德州仪器 (TI) 隔离式放大器的辐射发射性能

上一代隔离式放大器进行了很多改进，包括优化了模拟信号链，对穿过隔离栅的能量进行了更严格地管理，并可进行 OOK 数据传输。以下各图是当高压侧长 (连接到 1.5m 导线) 以及低压侧长时 **AMC1200BDWV**、**AMC1200BDUB**、**AMC1400**、**AMC1300**、**AMC3330** 和 **AMC131M03** 的 CISPR 25 结果。

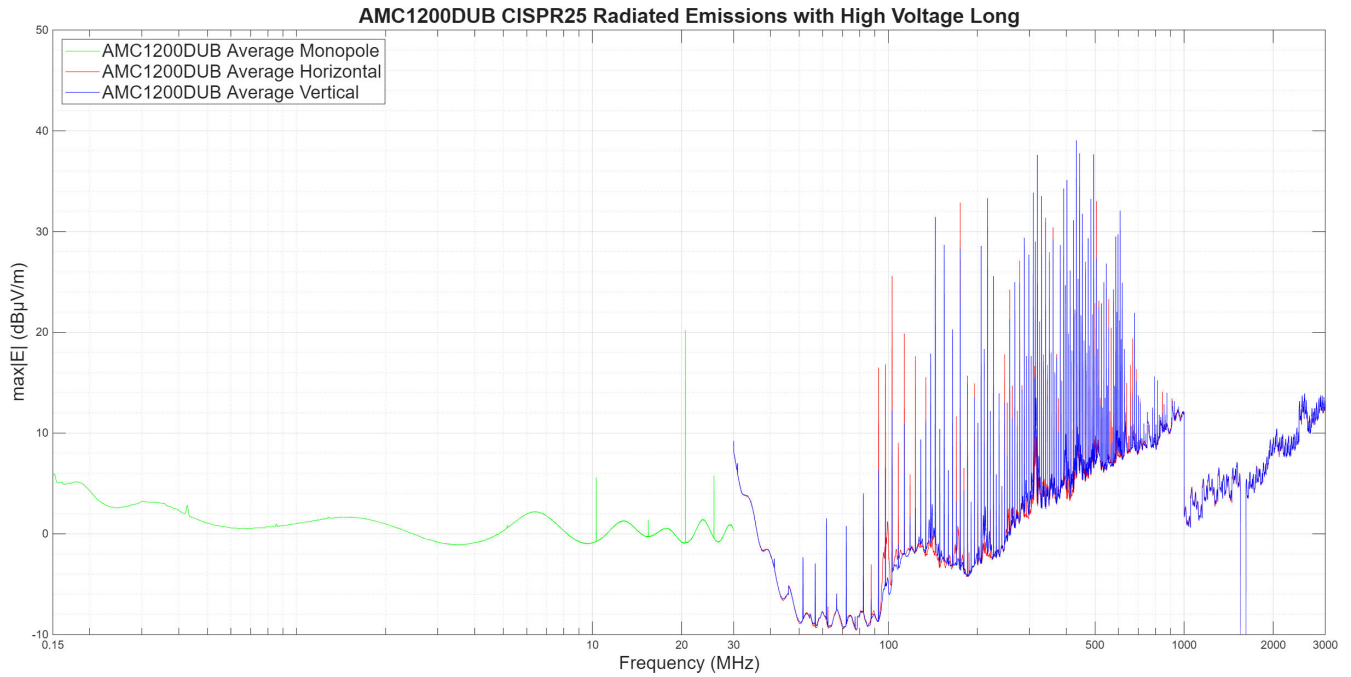


图 3-1. AMC1200DUB CISPR 25 辐射发射 EMI 高压长扫描

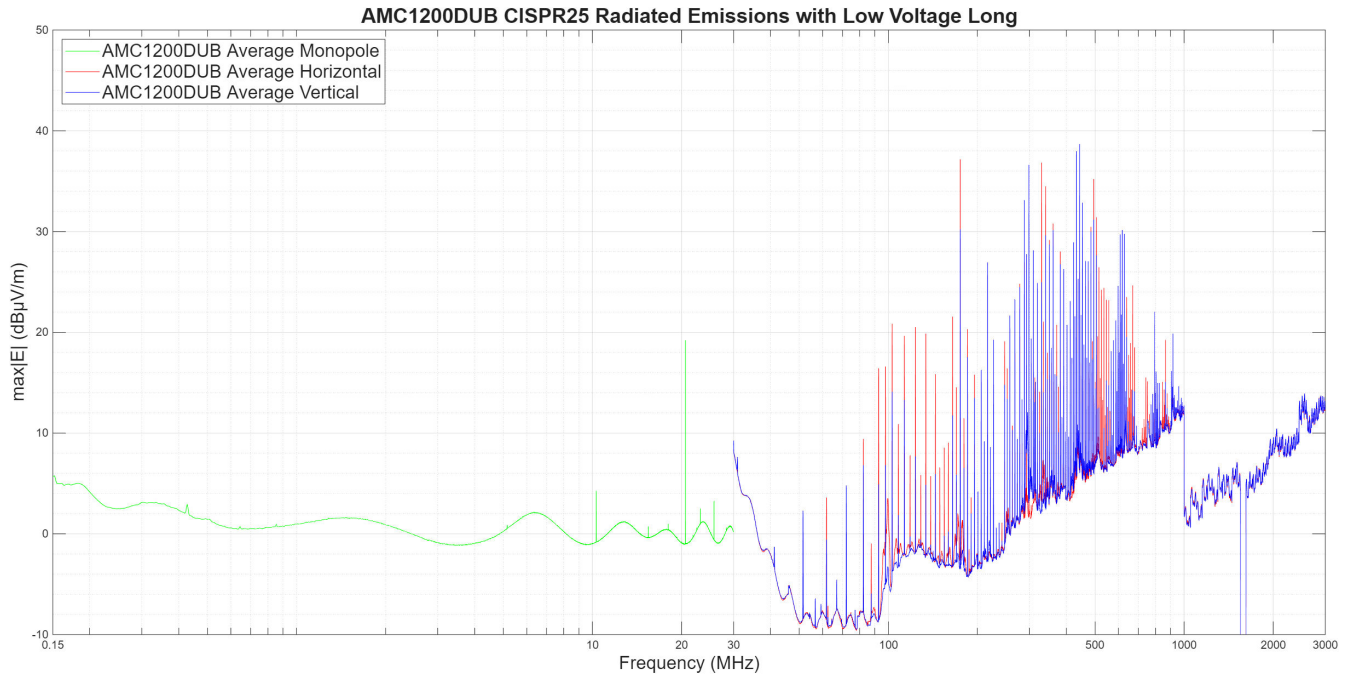


图 3-2. AMC1200DUB CISPR 25 辐射发射 EMI 低压长扫描

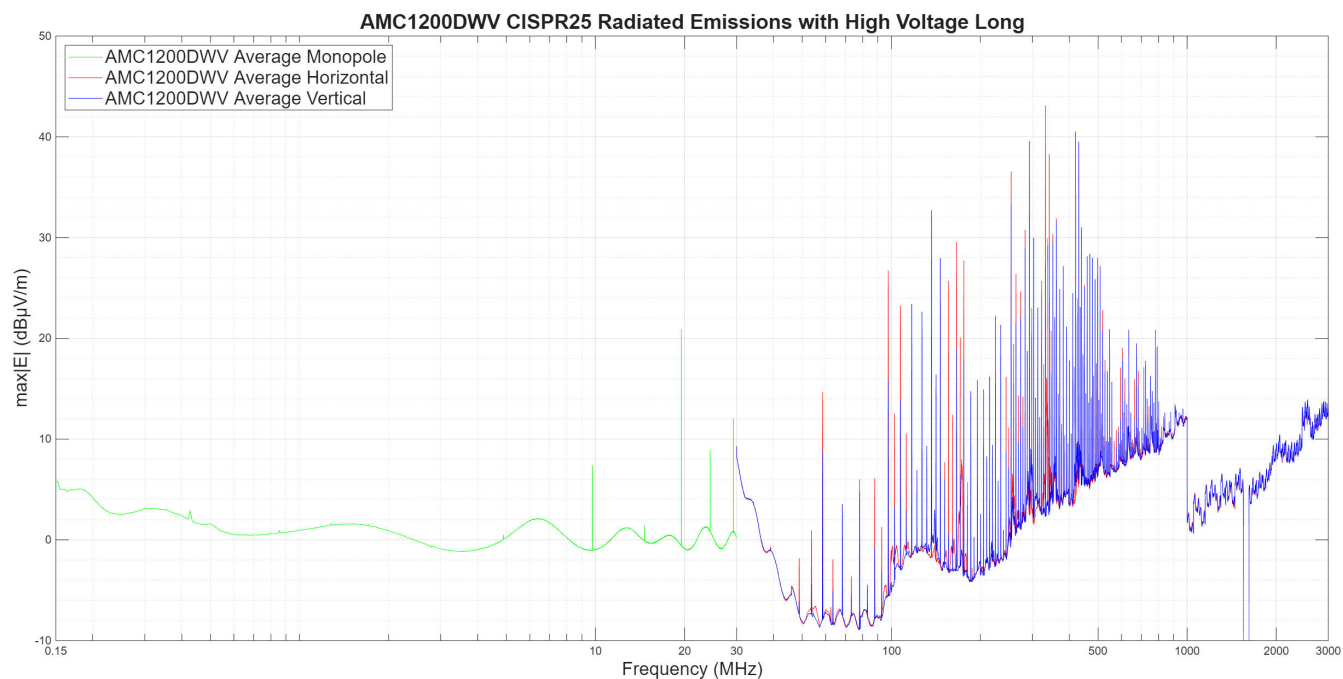


图 3-3. AMC1200DWV CISPR 25 辐射发射 EMI 高压长扫描

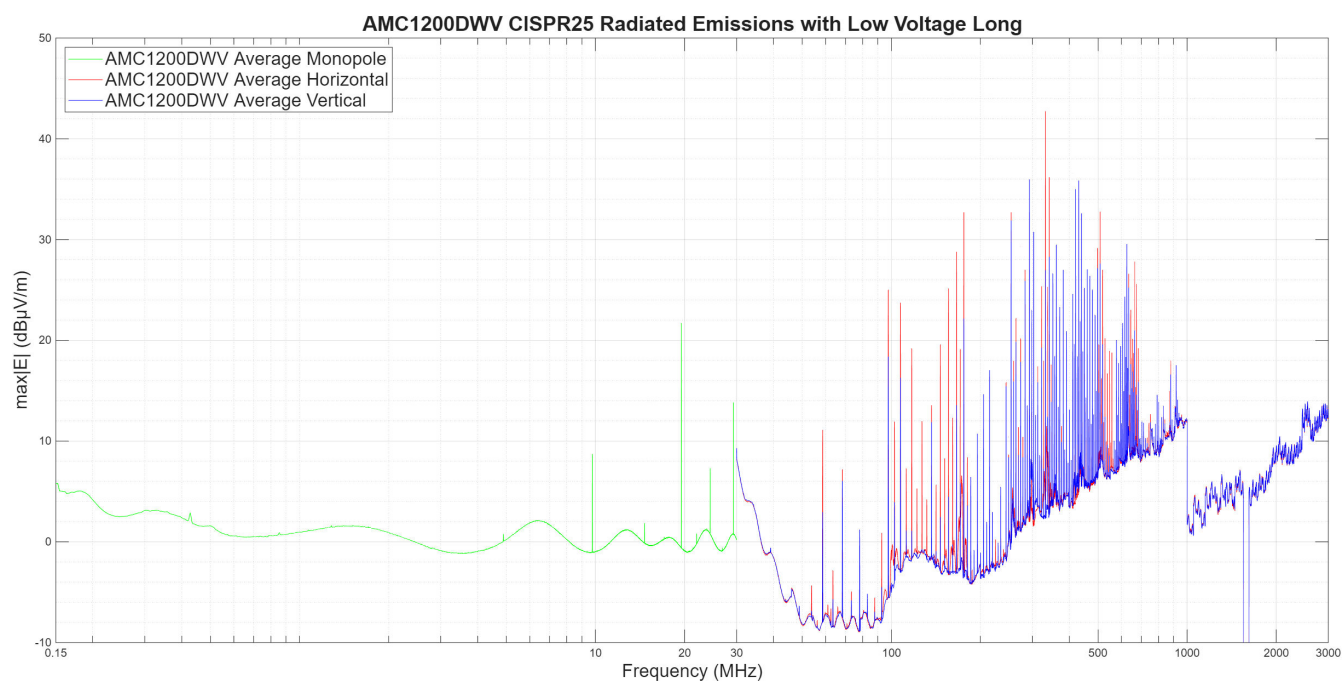


图 3-4. AMC1200DWV CISPR 25 辐射发射 EMI 低压长扫描

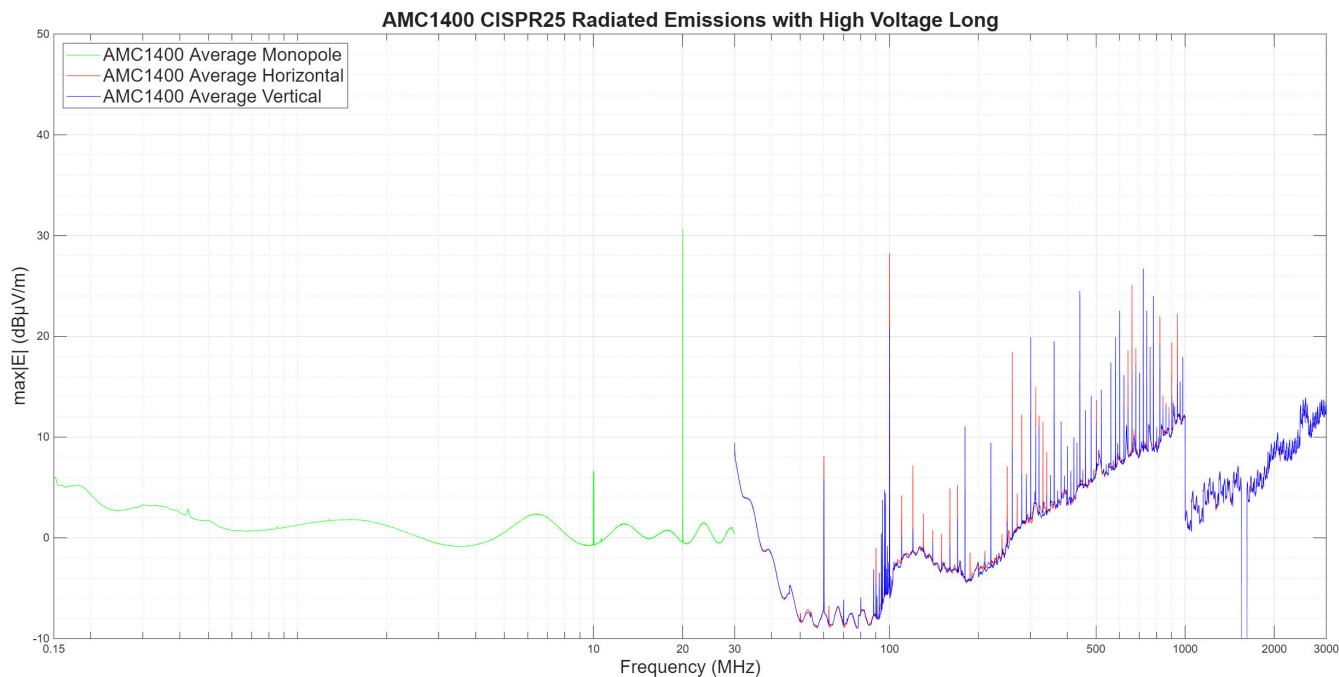


图 3-5. AMC1400 CISPR 25 辐射发射 EMI 高压长扫描

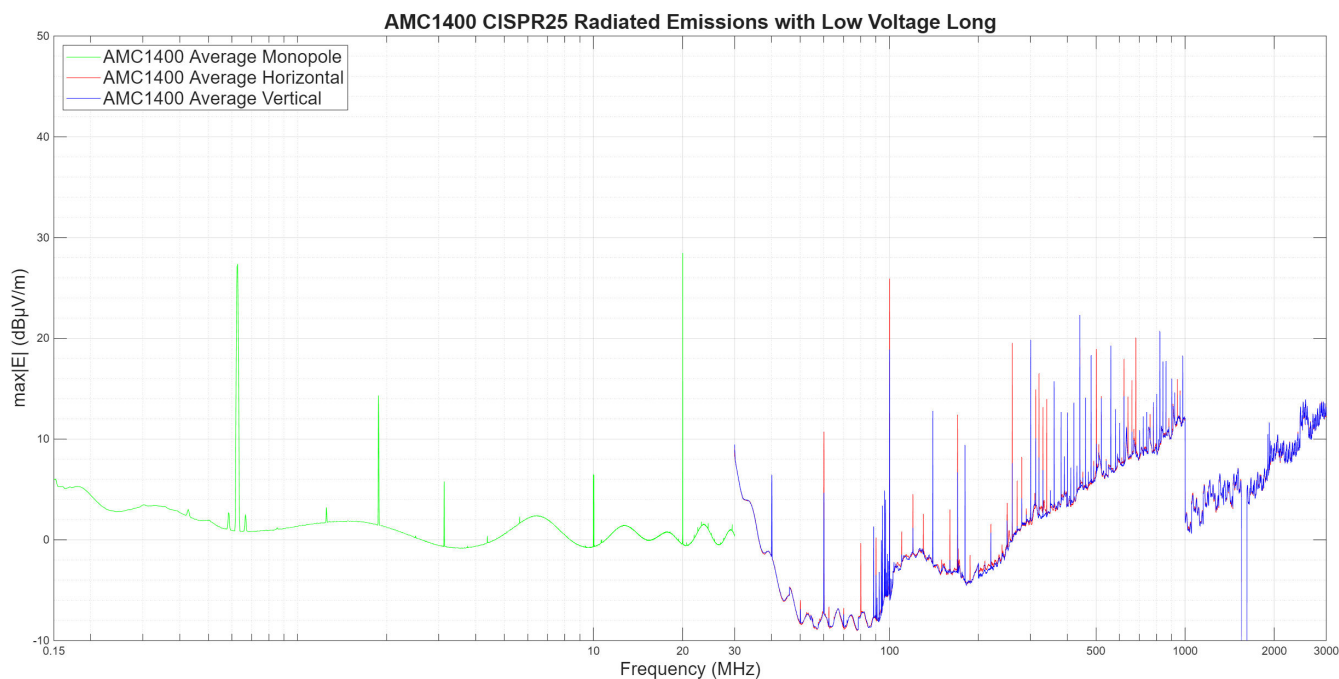


图 3-6. AMC1400 CISPR 25 辐射发射 EMI 低压长扫描

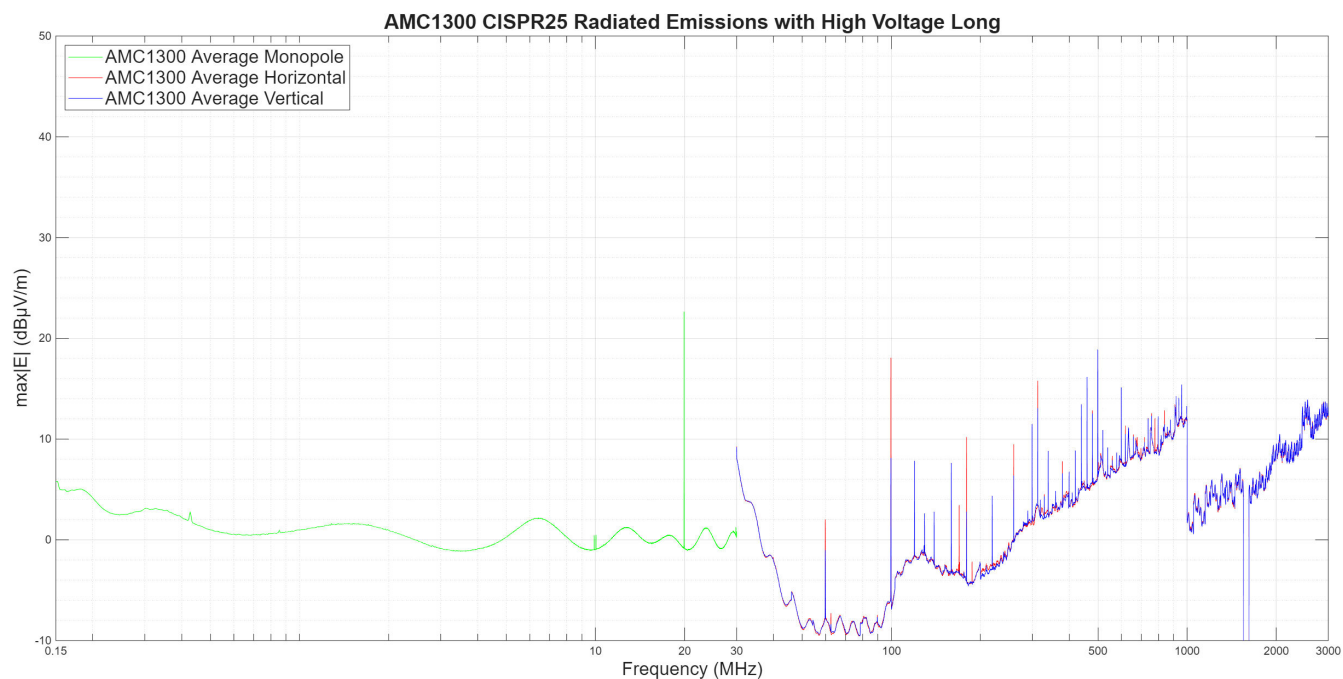


图 3-7. AMC1300 CISPR 25 辐射发射 EMI 高压长扫描

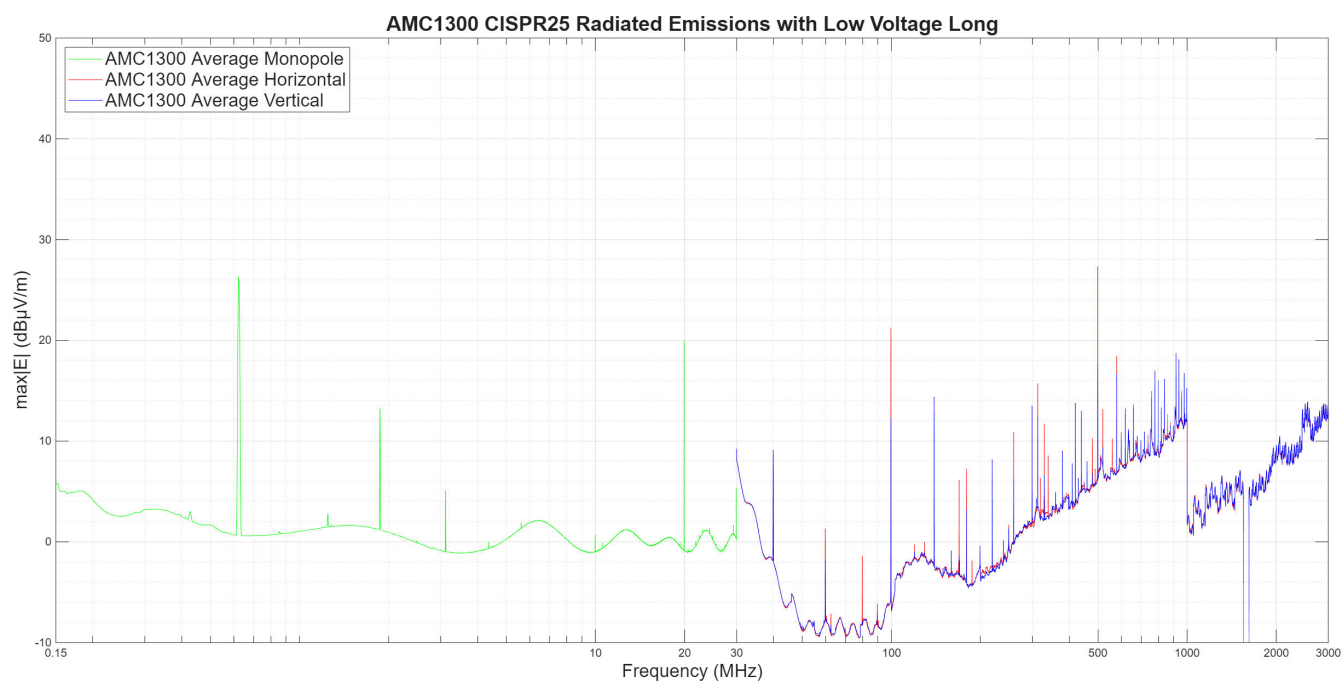


图 3-8. AMC1300 CISPR 25 辐射发射 EMI 高压长扫描

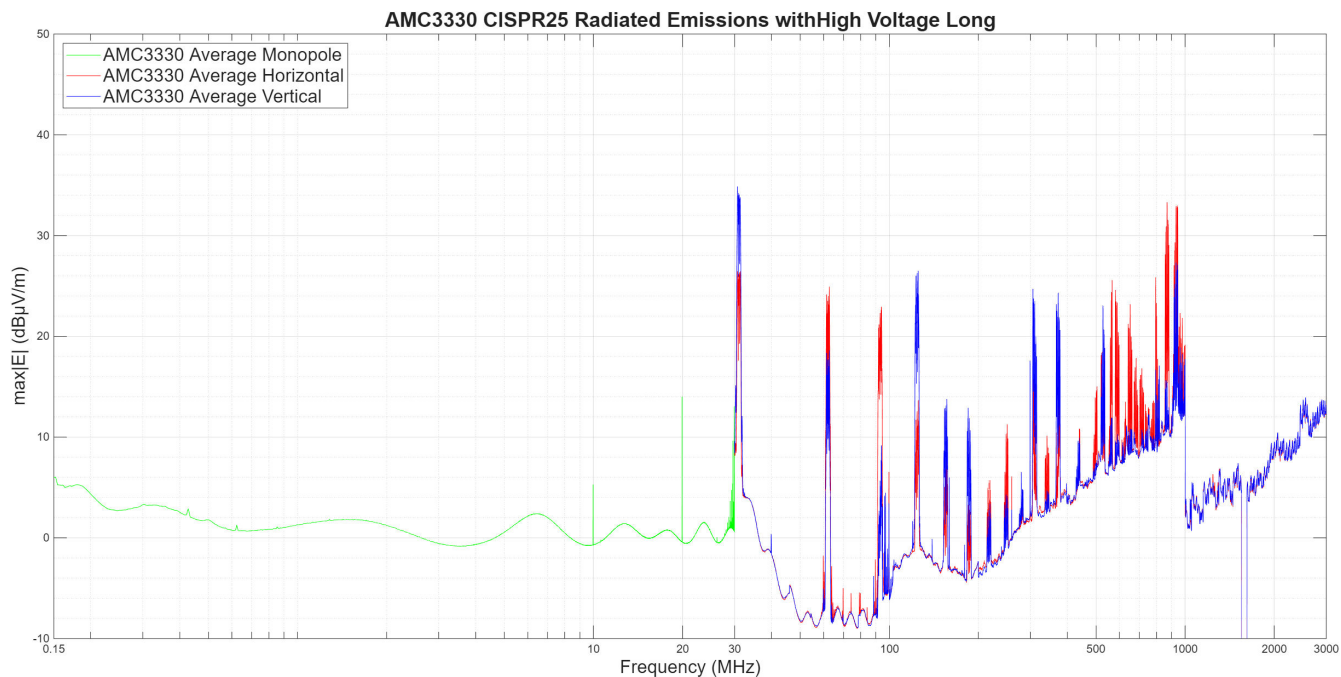


图 3-9. AMC3330 CISPR 25 辐射发射 EMI 高压长扫描

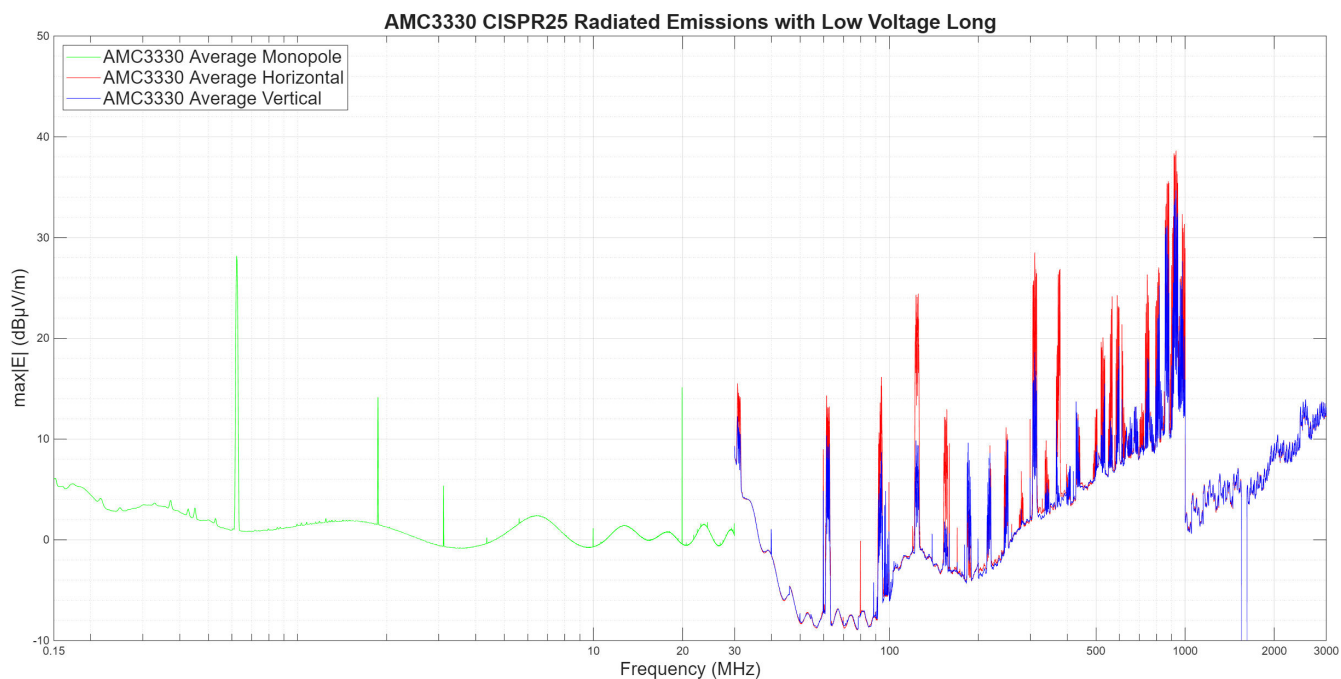


图 3-10. AMC3330 CISPR 25 辐射发射 EMI 低压长扫描

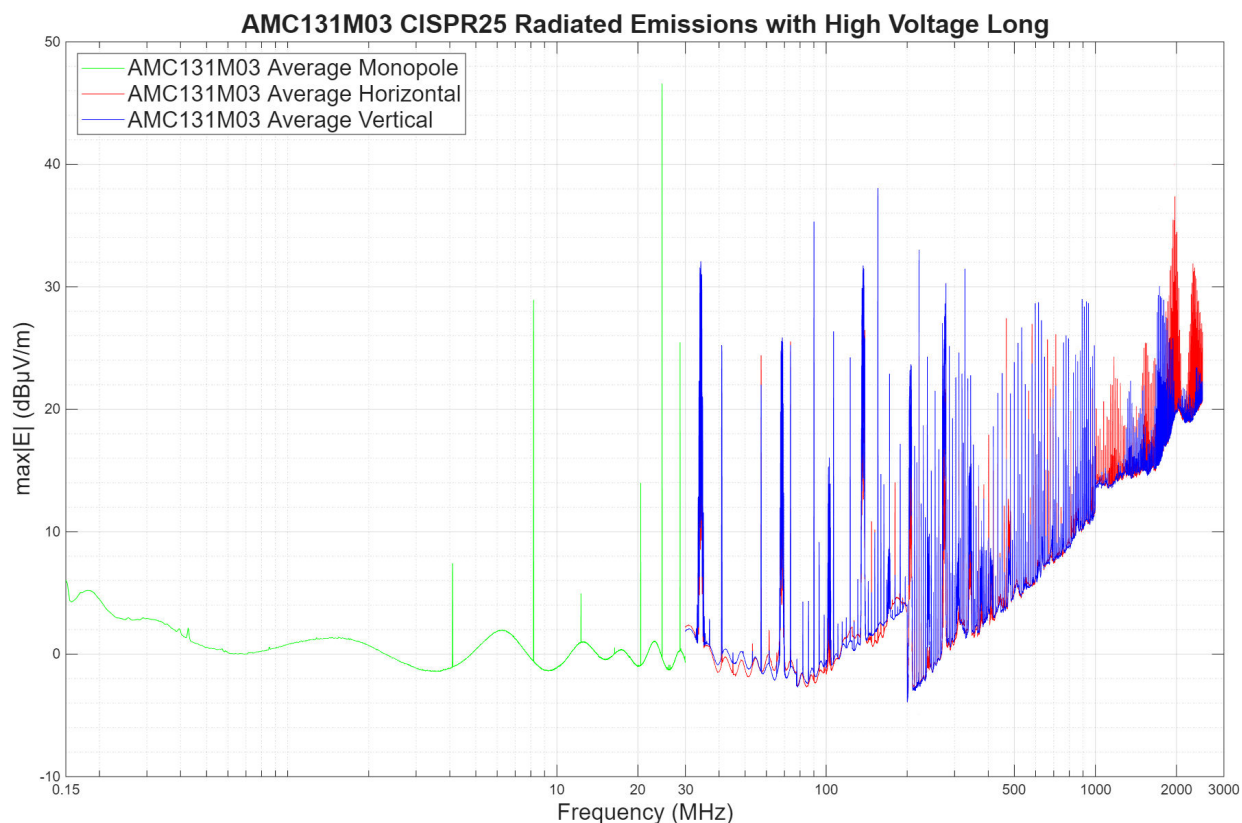


图 3-11. AMC131M03 CISPR 25 辐射发射 EMI 高压长扫描

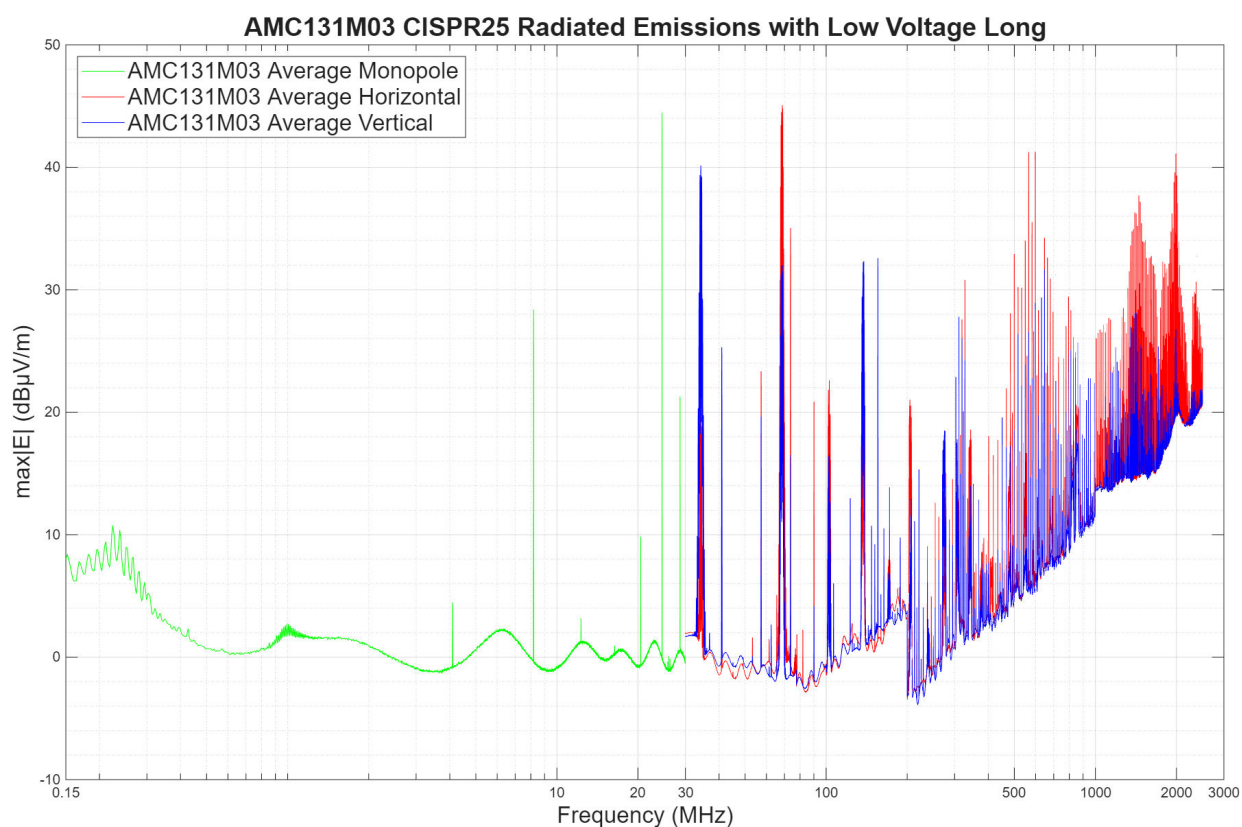


图 3-12. AMC131M03 CISPR 25 辐射发射 EMI 低压长扫描

4 总结

在过去的几年里，由于具有长期可靠性和强大的模拟性能，电容隔离已成为许多需要[隔离式放大器](#)和[数据转换器](#)的客户的热门选择。使用德州仪器 (TI) 重新设计的隔离式放大器 (包括 [AMC0381D-Q1](#)、[AMC0311D-Q1](#)、[AMC1200C](#) 和 [AMC0300D](#)) 时，客户可以放心地通过电容隔离实现高可靠性和高模拟性能，并享受出色的辐射发射 EMI 性能所带来的便利。

5 参考资料

- 德州仪器 (TI)，[了解数字隔离器中的电磁合规性测试](#)，应用手册。
- 德州仪器 (TI)，[电源的传导 EMI 规格概述](#)，应用手册。
- 德州仪器 (TI)，[衰减 AMC3301 系列辐射发射 EMI 的优秀实践](#)，应用手册。

6 修订历史记录

Changes from Revision * (October 2025) to Revision A (September 2026)	Page
• 更新了整个文档中的表格、图和交叉参考的编号格式.....	3

重要通知和免责声明

TI“按原样”提供技术和可靠性数据（包括数据表）、设计资源（包括参考设计）、应用或其他设计建议、网络工具、安全信息和其他资源，不保证没有瑕疵且不做任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、与某特定用途的适用性或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

这些资源可供使用 TI 产品进行设计的熟练开发人员使用。您将自行承担以下全部责任：(1) 针对您的应用选择合适的 TI 产品，(2) 设计、验证并测试您的应用，(3) 确保您的应用满足相应标准以及任何其他安全、安保法规或其他要求。

这些资源如有变更，恕不另行通知。TI 授权您仅可将这些资源用于研发本资源所述的 TI 产品的相关应用。严禁以其他方式对这些资源进行复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。对于因您对这些资源的使用而对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，您将全额赔偿，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 销售条款](#)、[TI 通用质量指南](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款或 TI 产品随附的其他适用条款的约束。TI 提供这些资源并不会扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品发布的适用的担保或担保免责声明。除非德州仪器 (TI) 明确将某产品指定为定制产品或客户特定产品，否则其产品均为按确定价格收入目录的标准通用器件。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

版权所有 © 2026，德州仪器 (TI) 公司

最后更新日期：2025 年 10 月