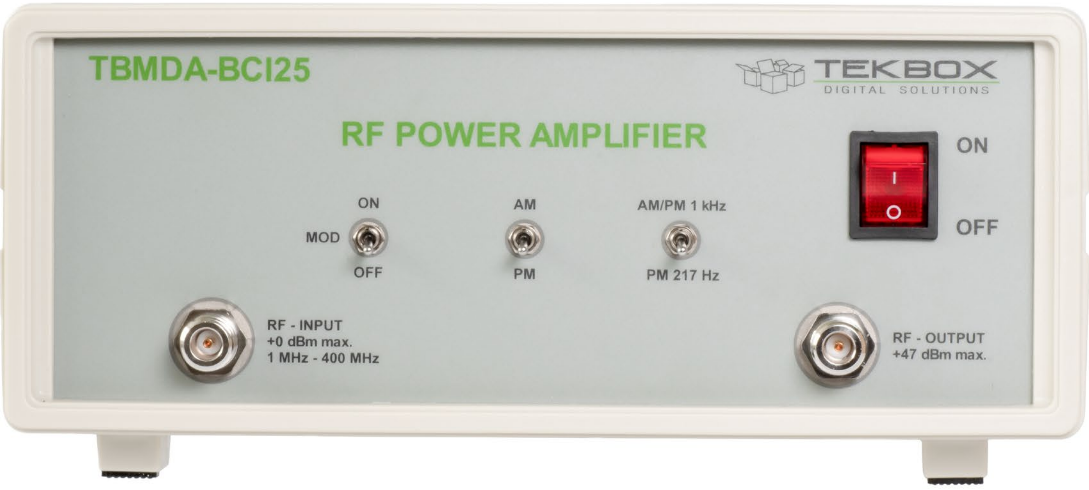


Rav 1.0

2023.05.06

TBMDA-BCI25
调制功率放大器
1MHz – 400MHz

概述

我们为经济实惠的预合规传导抗扰度测试提供了一套完整的解决方案：包括耦合去耦网络（CDN）、合适的校准适配器和 150 欧姆转换器；BCI 探头、适用的调制宽带功率放大器以及 EMCview PRO 软件。第三方频谱分析仪及其跟踪发生器可作为信号源。

TBMDA-BCI25 调制放大器为符合 ISO 11452-4 标准的 BCI 探头传导抗扰度测试提供了必要的带宽和调制功能，频率范围为 1 MHz 至 400 MHz。它设计为由信号发生器或频谱分析仪的跟踪发生器驱动。在 1 MHz 至 400 MHz 的频率范围内，其 1 dB 压缩点高达 30 W，能够生成高达 Level II（调幅，AM）和 Level IV（连续波，CW）的测试电平。内置的 AM/PM 调制器使得跟踪发生器可以作为信号源使用。TBMDA-BCI25 具有足够的增益，在频谱分析仪跟踪发生器提供 0 dBm 输入时即可实现最大输出功率。

除了 1 kHz、80%的调幅（AM）信号外，TBMDA-BCI25 还内置调制功能，可生成 1 kHz、50%占空比的调相（PM）信号。在 PM 模式下，TBMDA-BCI25 还可以生成占空比为 12.5%的 217 Hz 信号，以模拟手机 TDMA 噪声。

TBMDA-BCI25 前后视图

特点:

- CW波连续放大器（调制关闭）
- 1 kHz，80%AM调制
- 1 kHz，50%占空比脉冲调制
- 217 Hz，12.5%占空比脉冲调制增益

应用:

- 通用宽带射频放大器
- 驱动近场探头/天线，进行抗扰度测试
- 驱动TEM小室，进行抗扰度测试
- 驱动CDN或BCI探头的传导抗扰度测试

技术指标:

- 频率范围:　　　1MHz-400MHz
- 射频接口:　　　　N型 ，50Ω
- 小信号增益:　　47dB@typ.
- 增益平坦度:　　　1.5dB @ 1MHz-400MHz@Pin=-3dBm
- 饱和输出功率@ 1 MHz / Pin = 0 dBm: 45.1 dBm (32.2 W) typ.
- 饱和输出功率@ 10 MHz / Pin = 0 dBm: 45.2 dBm (33 W) typ.
- 饱和输出功率@ 50 MHz / Pin = 0 dBm: 45.9 dBm (38.6 W) typ.
- 饱和输出功率@ 100 MHz / Pin = 0 dBm: 45.7 dBm (37.5 W) typ.
- 饱和输出功率@ 150 MHz / Pin = 0 dBm: 46.2 dBm (41.2 W) typ.
- 饱和输出功率@ 200 MHz / Pin = 0 dBm: 45.6 dBm (36.1 W) typ.
- 饱和输出功率@ 250 MHz / Pin = 0 dBm: 46.3 dBm (42.5 W) typ.
- 饱和输出功率@ 300 MHz / Pin = 0 dBm: 46 dBm (39.7 W) typ.
- 饱和输出功率@ 350 MHz / Pin = 0 dBm: 45.8 dBm (37.8 W) typ.
- 饱和输出功率@ 400 MHz / Pin = 0 dBm: 45 dBm (31.6 W) typ.
- 1dB输出压缩点@ 1 MHz: +44.1 dBm typ. (Pin: -4 dBm)
- 1dB输出压缩点@10 MHz: +44.6 dBm typ. (Pin: -3 dBm)
- 1dB输出压缩点@100 MHz: +45.2 dBm typ. (Pin: -1 dBm)
- 1dB输出压缩点@150 MHz: +45.2 dBm typ. (Pin: -2 dBm)
- 1dB输出压缩点@200 MHz: +45.2 dBm typ. (Pin: -1dBm)
- 1dB输出压缩点@250 MHz: +45.6 dBm typ. (Pin: -2 dBm)

- 1dB输出压缩点@300MHz: +45.1 dBm typ. (Pin: -2 dBm)
- 1dB输出压缩点@350MHz: +44.8 dBm typ. (Pin: -2 dBm)
- 1dB输出压缩点@400MHz: +43.6 dBm typ. (Pin: -4 dBm)
- 2次谐波@100MHz@P_{out}=45.7dBm： < -23dBc
- 2次谐波@100MHz@P_{out}=40dBm： < -29dBc
- 3次谐波@100MHz@P_{out}=45.7dBm： < -12dBc
- 3次谐波@100MHz@P_{out}=40dBm： < -19dBc
- 总谐波失真度

  8.6% @100MHz, Pout=37dBm typ.

  12.1% @100MHz, Pout=40 dBm typ.

  17.6% @100MHz, Pout=43 dBm typ.

  25% @100MHz, Pout=45.7 dBm typ.
- 三阶截距点: +49dBm, @100 MHz, Δ f = 2MHz typ.
- 内部调制频率AM: 1 kHz±20%
- 内部调制频率PM: 1 kHz±20%，217 Hz±20%
- 占空比，PM: 50%±10%@1KHz；12.5%±20%@217Hz
- 供电电压: 110-240V @ AC
- 供电功耗: 108W @ 220V
- 工作温度: -20℃ ~ +50℃
- 最大输入功率: +0dBm
- 尺寸重量: 32 x 28 x 13 cm, 5.7 kg

◆ **TBMDA-BCI25的输出对输出不匹配具有很强的容忍度，但不建议开路或短路负载，因为它可能会损坏输出晶体管。当驱动近场探头、电流探头或任何未知阻抗的负载时，强烈建议在放大器的输出端插入一个≥3dB 的衰减器以保护输出级。**

小信号性能（P_{in} = -10dBm） @ 1MHz-1200MHz

频率[MHz]	1	10	50	100	150	200	250	300	350	400
输出功率 [dBm]	38.66	38.1	37.56	36.69	37.39	37.1	37.91	37.45	37.55	38.1
增益 [dB]	48.66	48.1	47.56	46.69	47.39	47.1	47.91	47.45	47.55	48.1

1dB压缩点@ 1MHz-400MHz

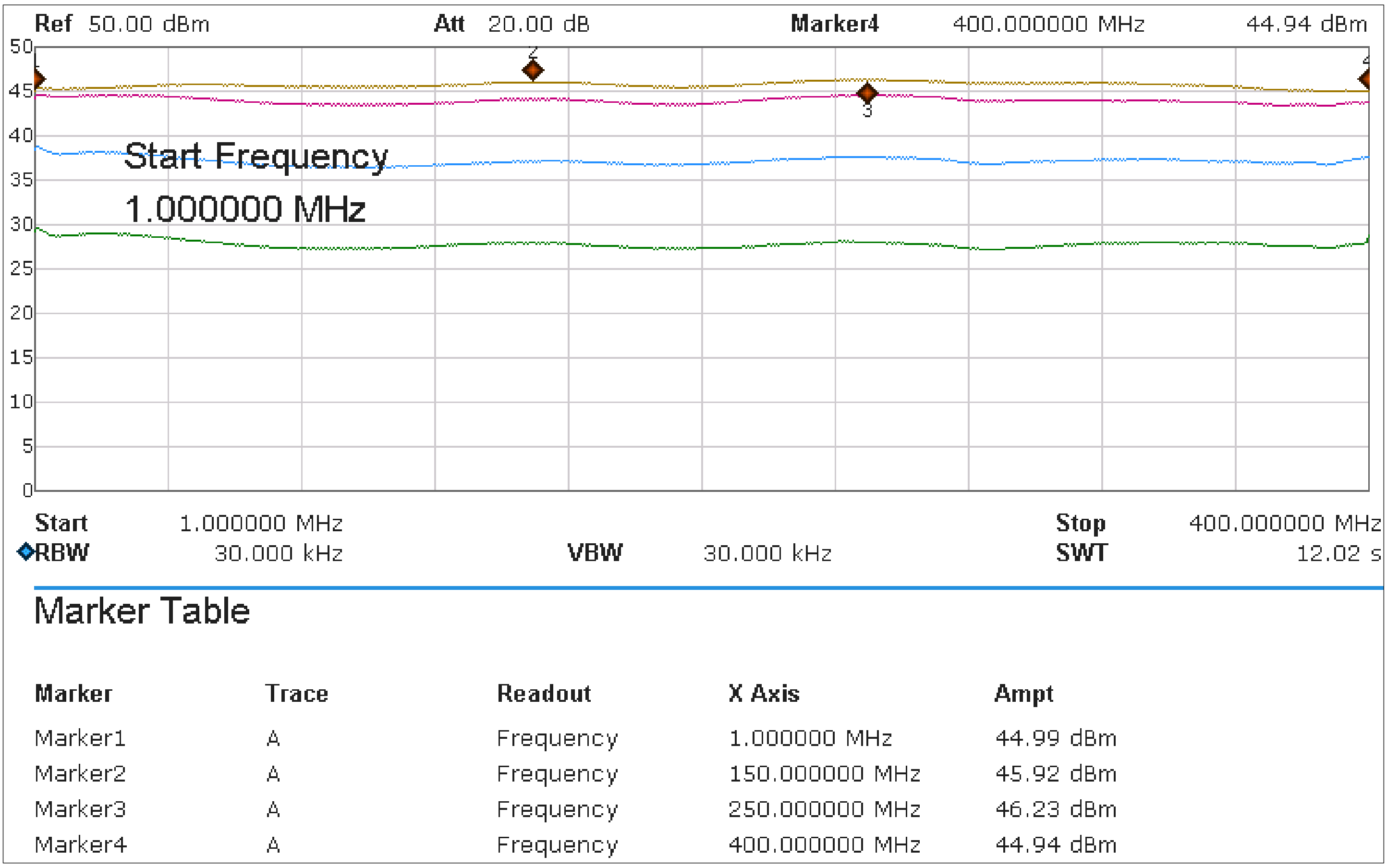
频率[MHz]	1	10	50	100	150	200	250	300	350	400
输出功率 [dBm]	44.11	44.59	45.32	45.15	45.24	45.2	45.63	45.07	44.82	43.6
输入功率[dBm]	-4	-3	-2	-1	-2	-1	-2	-2	-2	-4

饱和输入（Pin = 0dBm） @ 1MHz-400MHz

频率[MHz]	1	10	50	100	150	200	250	300	350	400
输出功率 [dBm]	44.99	45.19	45.87	45.74	45.92	45.57	46.23	45.99	45.78	44.94
增益 [dB]	44.99	45.19	45.87	45.74	45.92	45.57	46.23	45.99	45.78	44.94

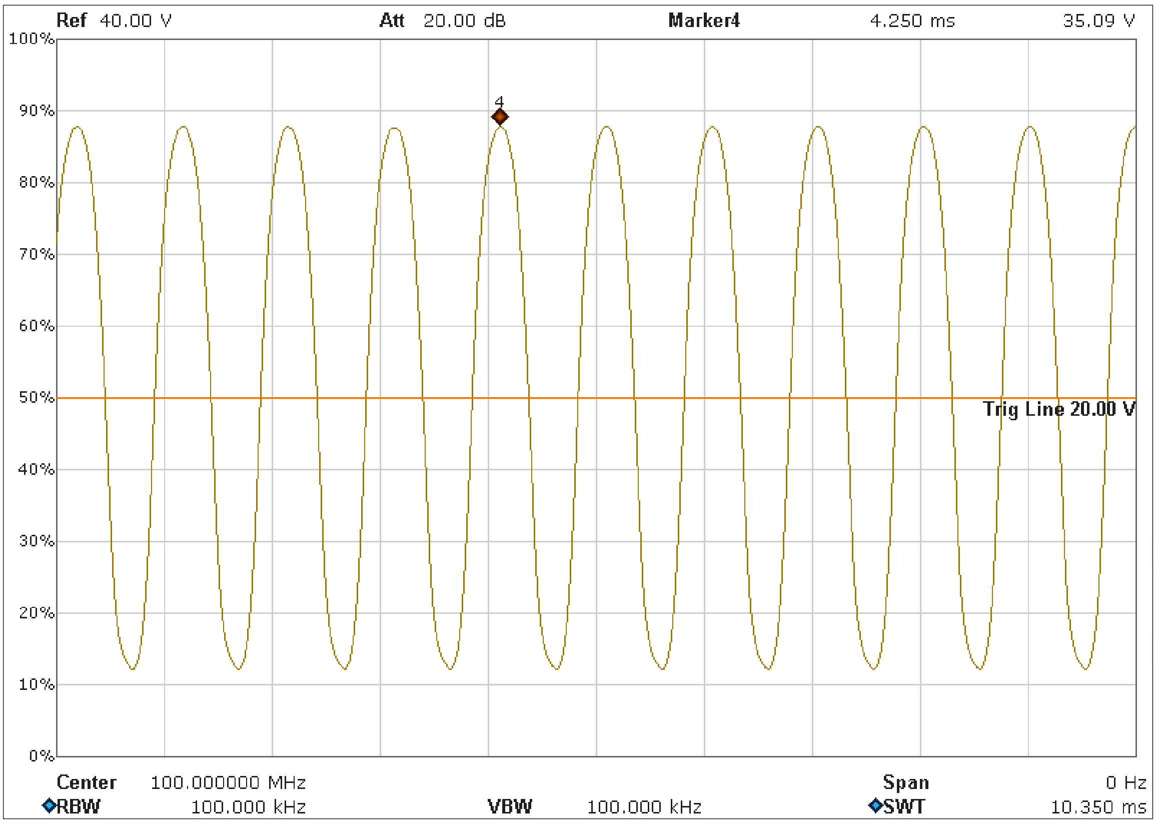
增益平坦度:

Pout vs frequency yellow: Pin = 0 dBm purple: Pin = -3 dBm blue: Pin = -10 dBm green: Pin = -20 dBm

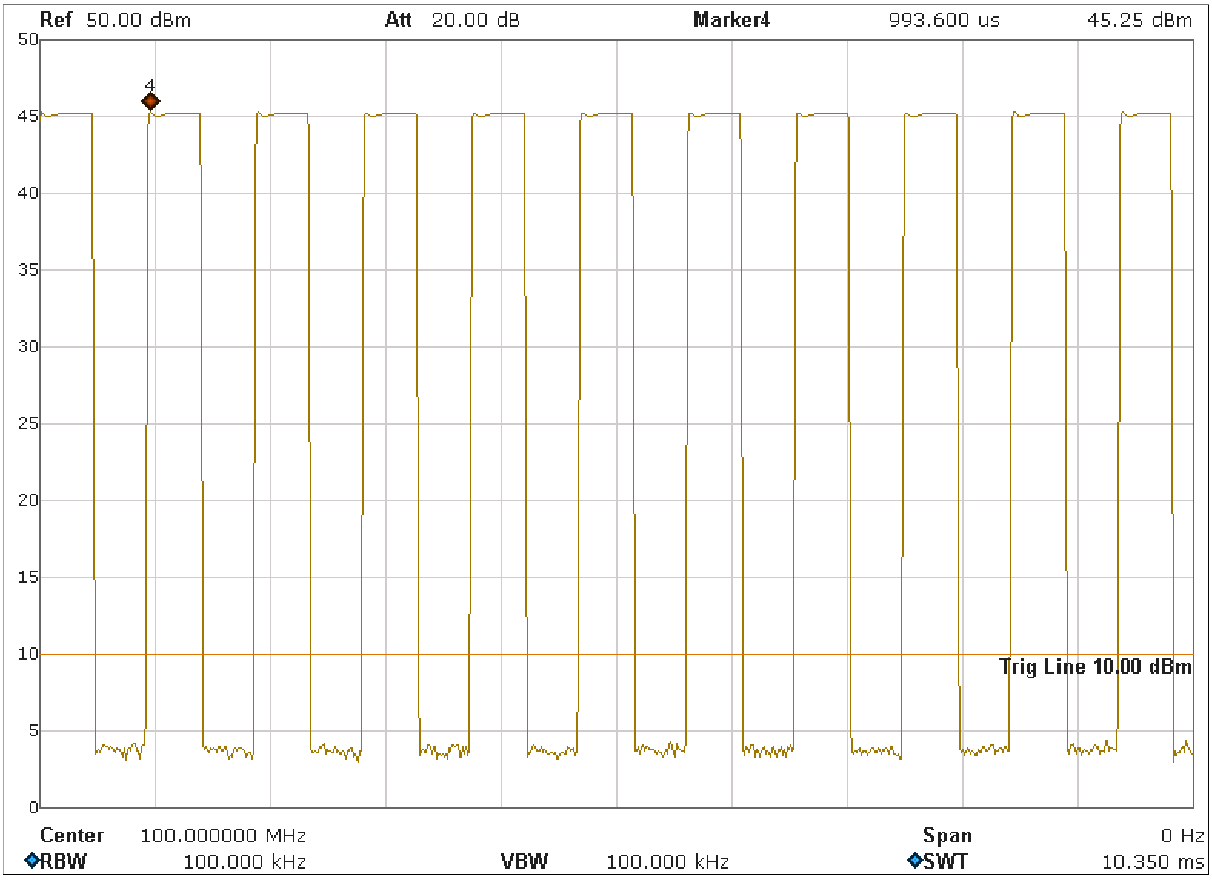


调制方式：

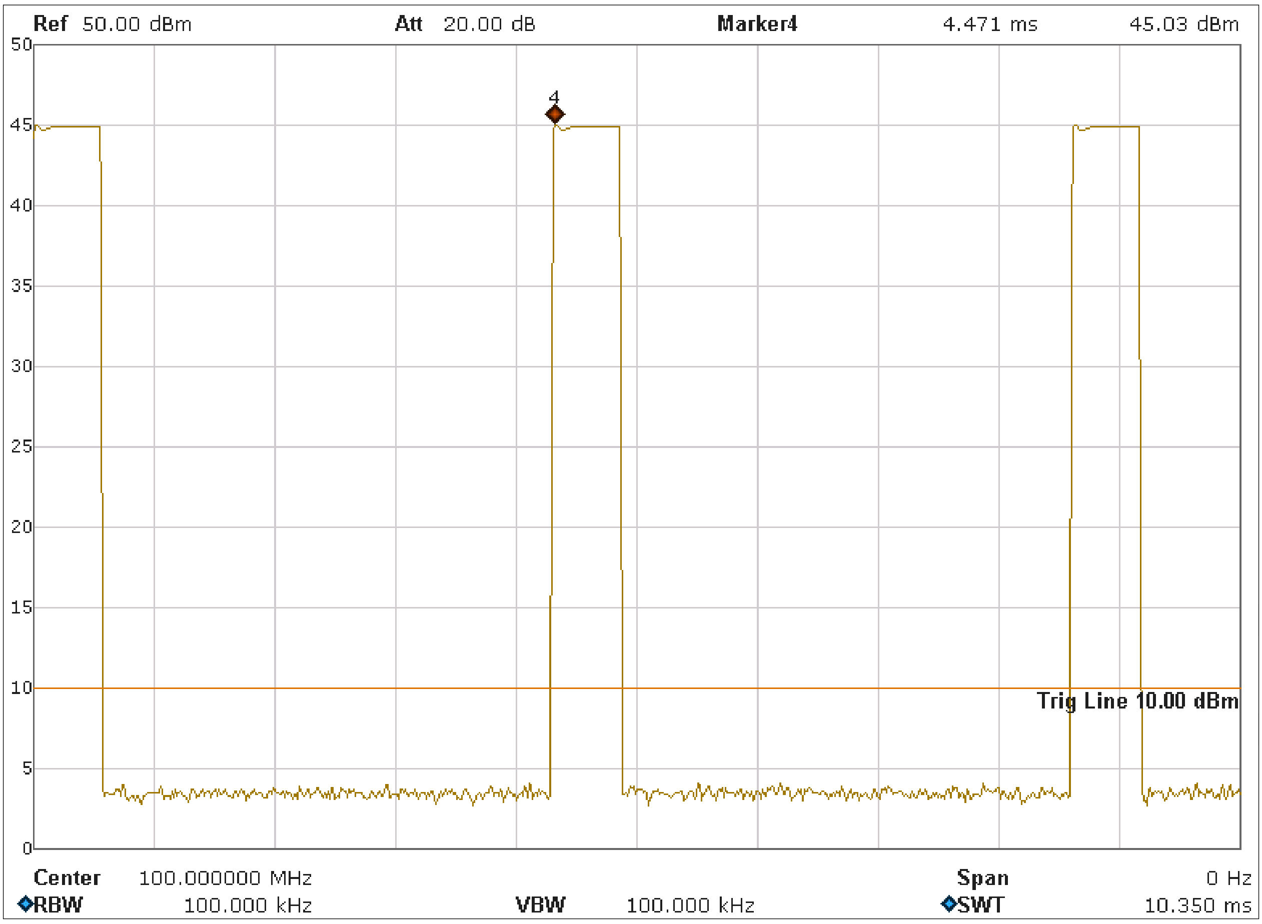
Zero span, 10 ms 扫描时间，峰值检波器



1 kHz, 80 % AM, envelope, 100 MHz, Pout = 44 dBm peak;



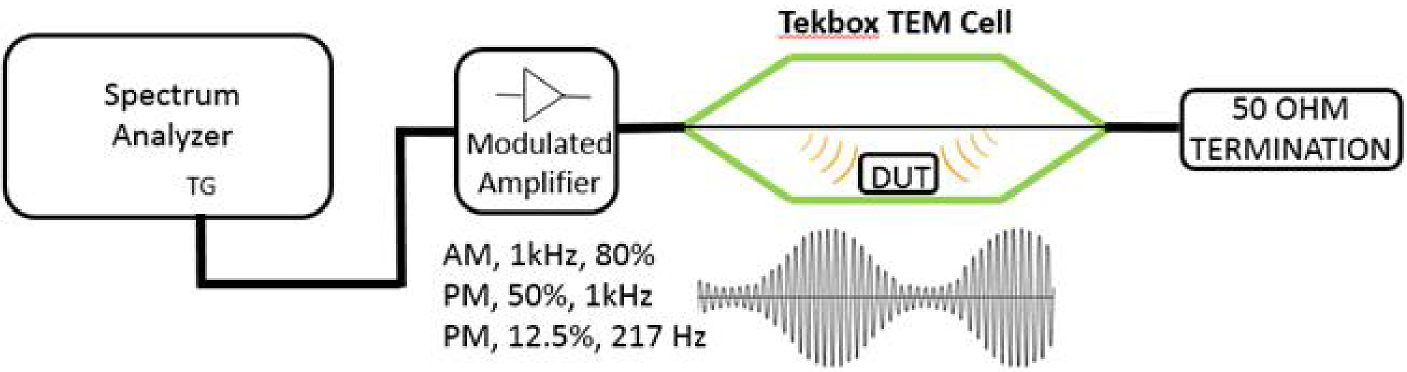
1 kHz, 50 % PM envelope, 100 MHz, Pout = 45 dBm peak



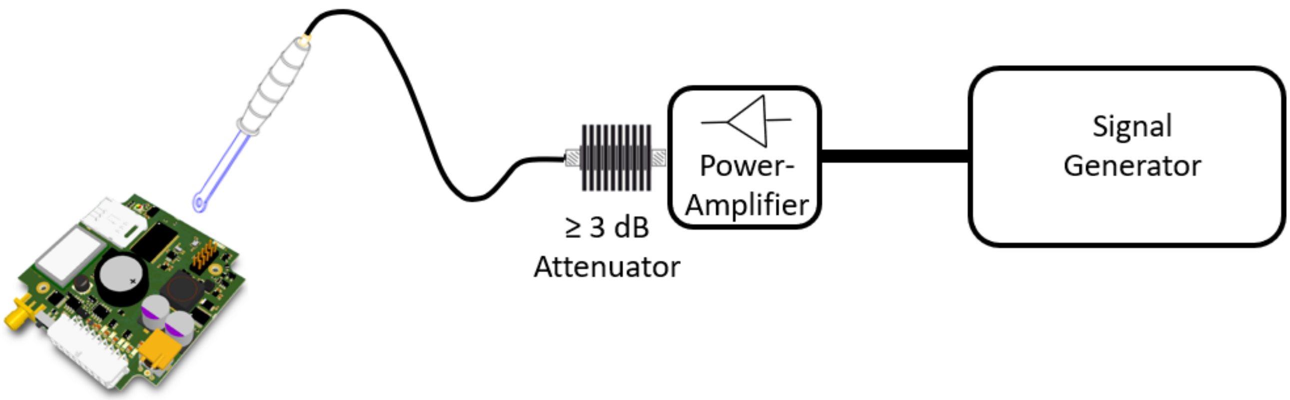
217 Hz, 12.5 % PM envelope, 100 MHz, Pout = 45 dBm peak

应用-抗扰度测试：

使用TEM小室进行抗扰度测试



使用近场探头进行抗扰度测试



EMC辐射抗扰度预测试通常有两个步骤。

- 首先，使用TEM小室对产品进行抗扰度测试，如果被测品（DUT）表现出任何故障.
- 其次，使用近场探头对表现出故障的产品进行测量定位，判定PCBA上的敏感电路.

TEM小室场强：

用于一致性抗扰度预测试的TEM小室内部通常是不配备场强探头的，但是，TEM小室内部的场强可以以足够高的精度进行计算.

隔板与TEM单元下（上）壁之间的电场（V/m）为

E=V/d，其中V是施加信号的RMS电压，d 是隔板与上（上）壁之间的距离，这基于简化的假设，即 E 场是完全均匀/均匀分布的.

一个更实用的公式是 E=V*Cor/d，其中Cor是对DUT体积上的平均场强的校准因子，它是通过对单元横截面的场分布分析得出来的。

假设DUT放置在底壁与隔板的中间位置，那么我们可以使用具有足够精度的简化公式。

TBTC0：d=2.8cm　　E = (√(P*50Ω))*35.7

TBTC1：d = 5 cm　　E = (√(P*50Ω))*20

TBTC2：d = 10 cm　　E = (√(P*50Ω))*10

TBTC3：d = 15 cm　　E = (√(P*50Ω))*6.66

上述公式中的功率P必须以[W]为单位输入

P [W] = 0.001*(10^ (P[dBm]/10))

TBMDA-BCI25驱动TEM小室计算场强

频率[MHz]	输入功率[dBm]	输出功率[dBm]	TBTC0[V/m]	TBTC1[V/m]	TBTC2[V/m]	TBTC3[V/m]
1	-3	44.54	1346.3	754.2	377.1	251.2
10	-3	44.59	1354.1	758.6	379.3	252.6
50	-3	44.55	1347.9	755.1	377.6	251.5
100	-3	43.96	1259.4	705.5	352.8	234.9
150	-3	44.5	1340.1	750.8	375.4	250
200	-3	44.06	1274	713.7	356.8	237.7
250	-3	44.97	1414.7	792.5	396.3	263.9
300	-3	44.37	1320.2	739.6	369.8	246.3
350	-3	44.1	1279.8	717	358.5	238.8
400	-3	44.14	1285.7	720.3	360.2	239.9

上述输出功率是在CW信号的情况下RMS输出功率。

注意，在80%AM调制的情况下，调制信号的RMS功率将比CW信号的RMS功耗低5.1dB。

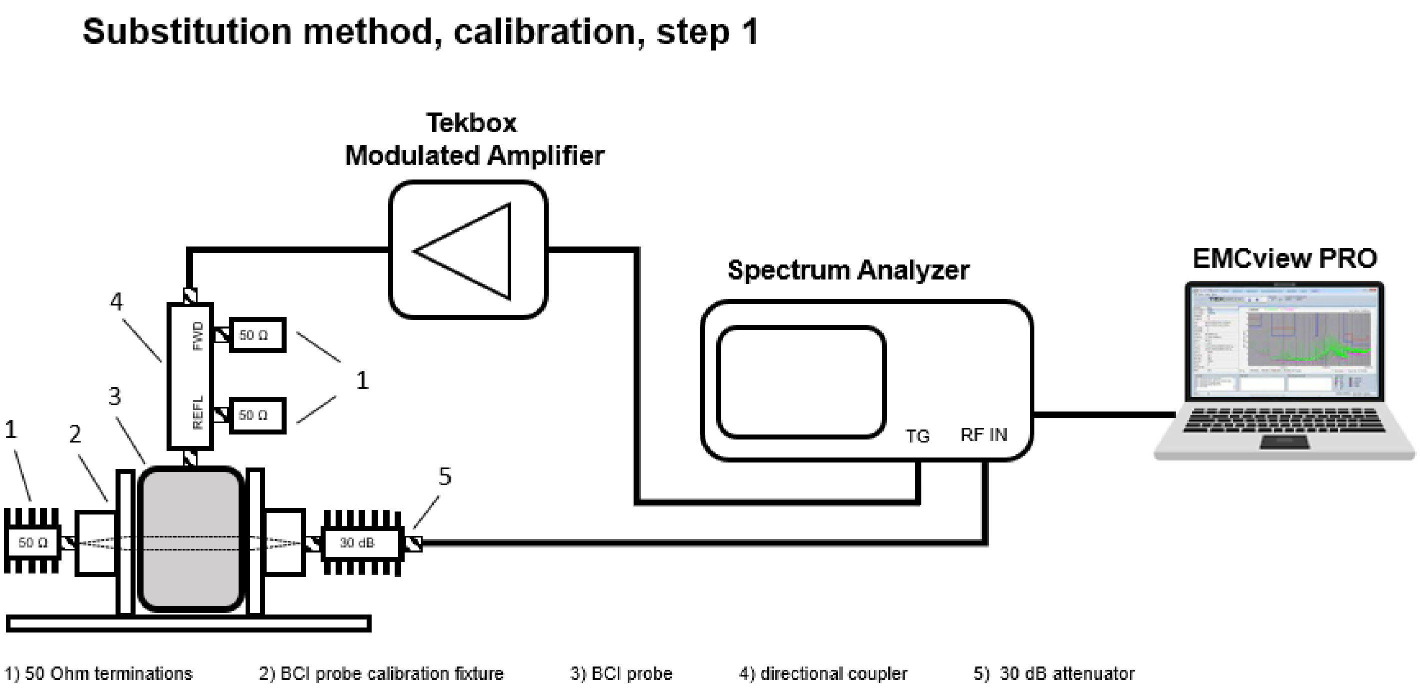
应用 - 使用BCI探头进行传导抗扰度测试

使用EMCview PRO的ISO 11452-4替代法

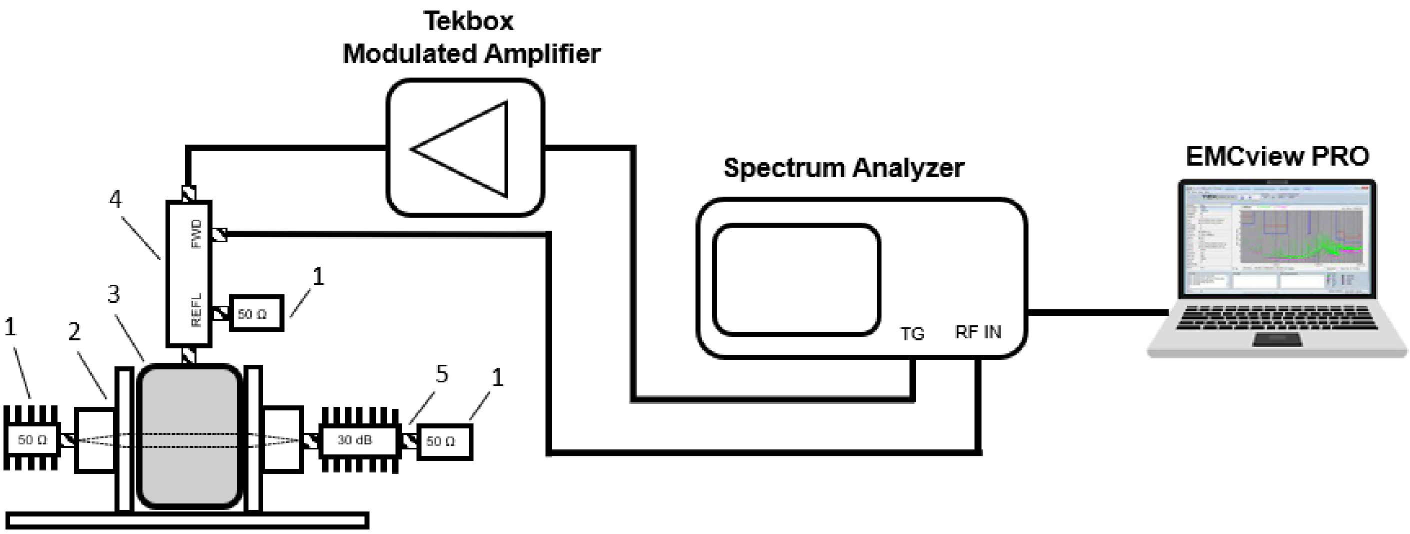
汽车抗扰度标准ISO 11452-4以及国防和航空电子产品的抗扰度标准规定了感应干扰电流的应力水平。传统的校准和测试方法使用电流监测探头来创建控制回路，从而维持所需的干扰电流。然而，电缆谐振可能会干扰电平控制回路。高阻抗谐振会导致射频放大器的输出功率增加，以实现规定的干扰电流；同样，低阻抗谐振可能会显著降低射频放大器的输出功率。这种情况在大多数实际电磁环境中是不现实的，可能导致严重的过测试或欠测试问题。

为了解决与闭环测试方法相关的过测试/欠测试问题，标准提供了替代法（开环），即通过测量注入100欧姆环路的电流来设置干扰电流。在校准过程中，使用定向耦合器测量前向功率和反射功率，同时调整射频功率以在50欧姆负载上实现所需的干扰电流水平。在实际抗扰度测试期间，前向功率水平根据校准期间记录的值进行设置。

用于预合规目的的替代校准方法设置：



Substitution method, calibration, step 2



1) 50 Ohm terminations 2) BCI probe calibration fixture 3) BCI probe 4) directional coupler 5) 30 dB attenuator

- **示例：测试等级 I – 60 mA**

  在50欧姆负载中实现60mA电流需要22.6 dBm的功率。

  假设典型BCI探头在100欧姆环路中的插入损耗为8 dB。

  假设定向耦合器的插入损耗为1 dB。

  调制放大器输出端所需的功率为：

  测试等级 [dBm] + BCI探头插入损耗 + 6 dB（衰减器） + 5.1 dB（80% AM RMS）

  22.6 dBm + 8 dB + 1 dB + 5.1 dB = 36.7 dBm = 4.7 W

- **示例：测试等级 IV – 200 mA**

  在50欧姆负载中实现200 mA电流需要33 dBm的功率。

  假设典型BCI探头在100欧姆环路中的插入损耗为8 dB。

  假设定向耦合器的插入损耗为1 dB。

  调制放大器输出端所需的功率为：

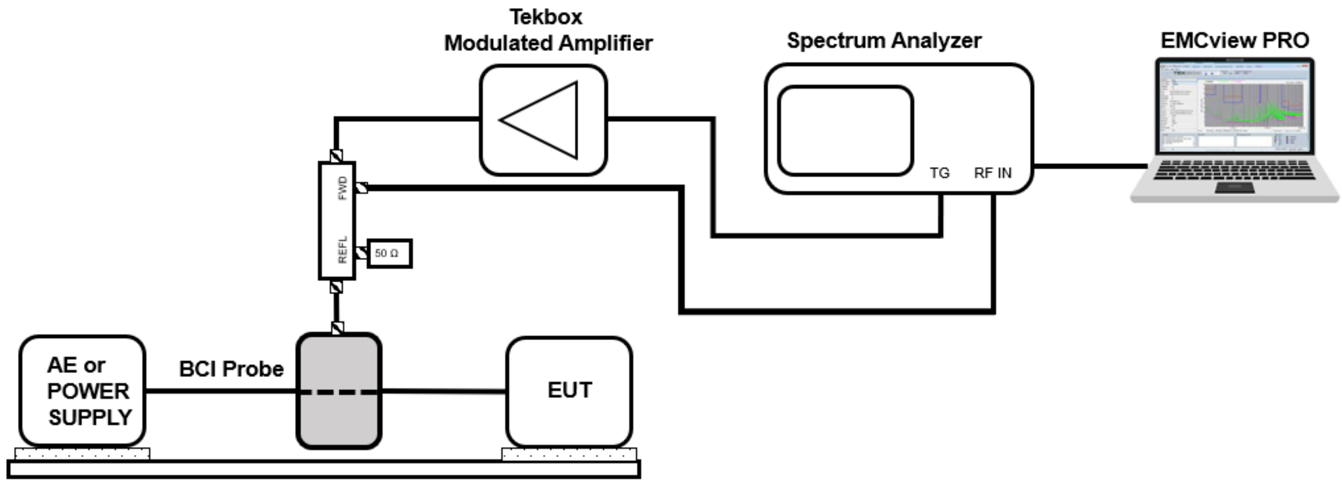
  测试等级 [dBm] + BCI探头插入损耗 + 6 dB（衰减器） + 5.1 dB（80% AM RMS）

  33 dBm + 8 dB + 1 dB + 5.1 dB = 47.1 dBm = 51.3 W

TBMDA-BCI25可实现的测试等级和频率范围

放大器	调制	测试等级	频率范围
TBMDA-BCI25	AM 80%, 1 kHz	Level I, Level II	1 MHz - 400 MHz
	CW	Level I - Level IV	1 MHz - 400 MHz

Substitution method, immunity test



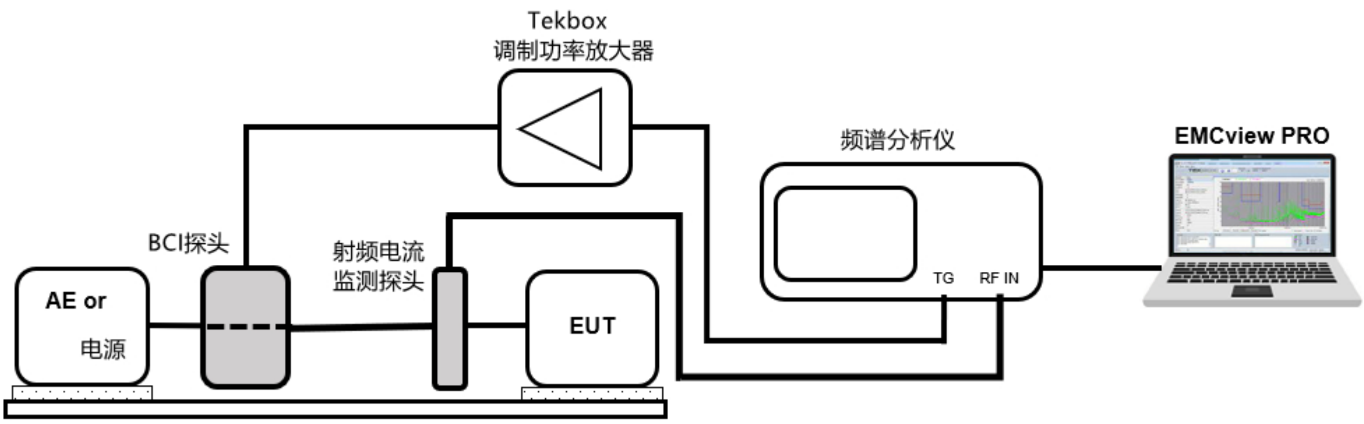
按照上图所示设置测试设备和被测设备（DUT）。在EMCview PRO中，加载校准期间创建的文件，然后按下“播放”按钮以运行抗扰度测试。

使用EMCview PRO的ISO11452-4闭环方法

闭环方法通过使用电流探头测量实际注入的电流来控制注入电流。

注入电流取决于被测设备（EUT）和电缆的阻抗，可能无法在所有频率下实现，尤其是在使用未接地的EUT时。在电缆的并联谐振频率下，阻抗会变得非常高，维持设定的电流水平可能会超出射频功率放大器的能力范围。这是闭环方法常见的问题。

目前提供的调制放大器（除可能适用于Level I外）无法提供足够的功率。通常情况下，闭环抗扰度测试需要使用输出功率为100至250W的放大器。

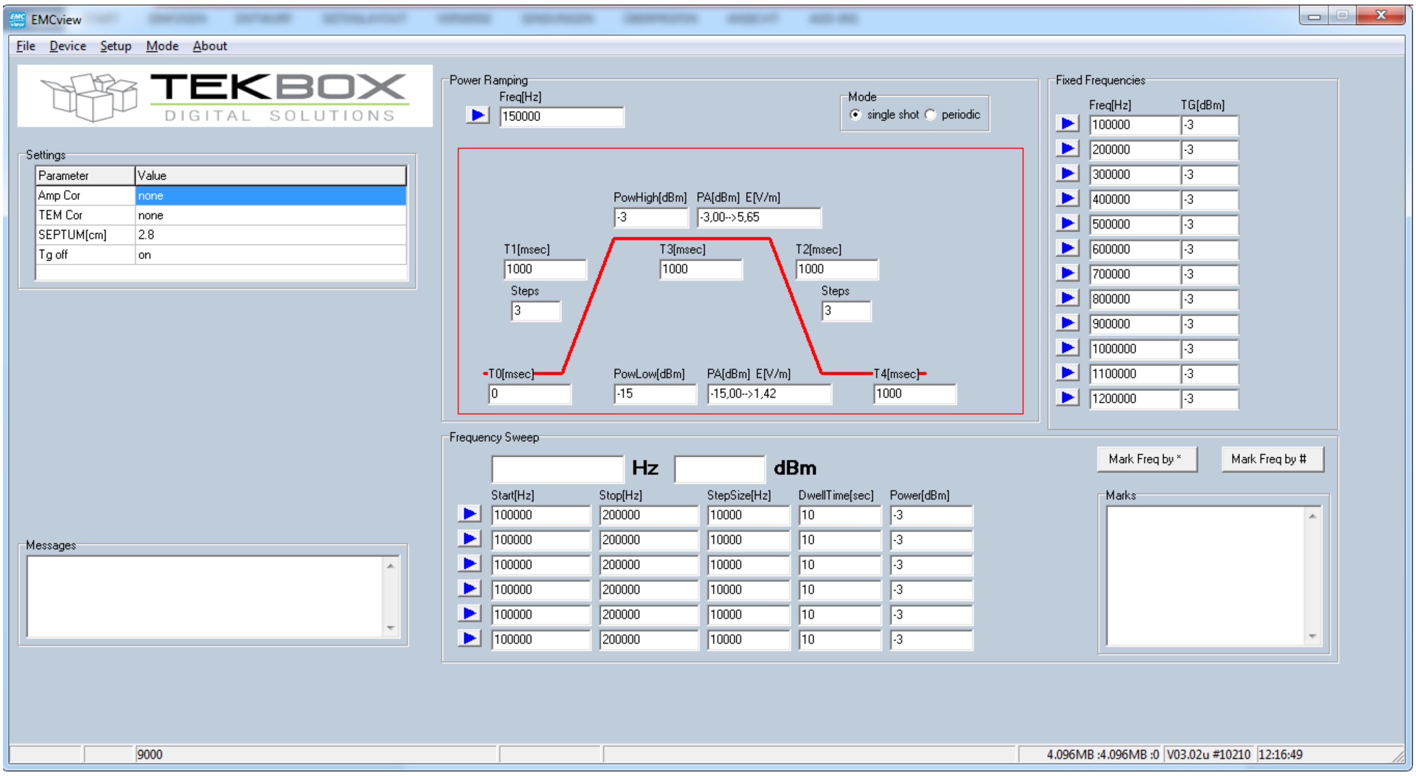


EMCview PRO 抗扰度分析仪软件:

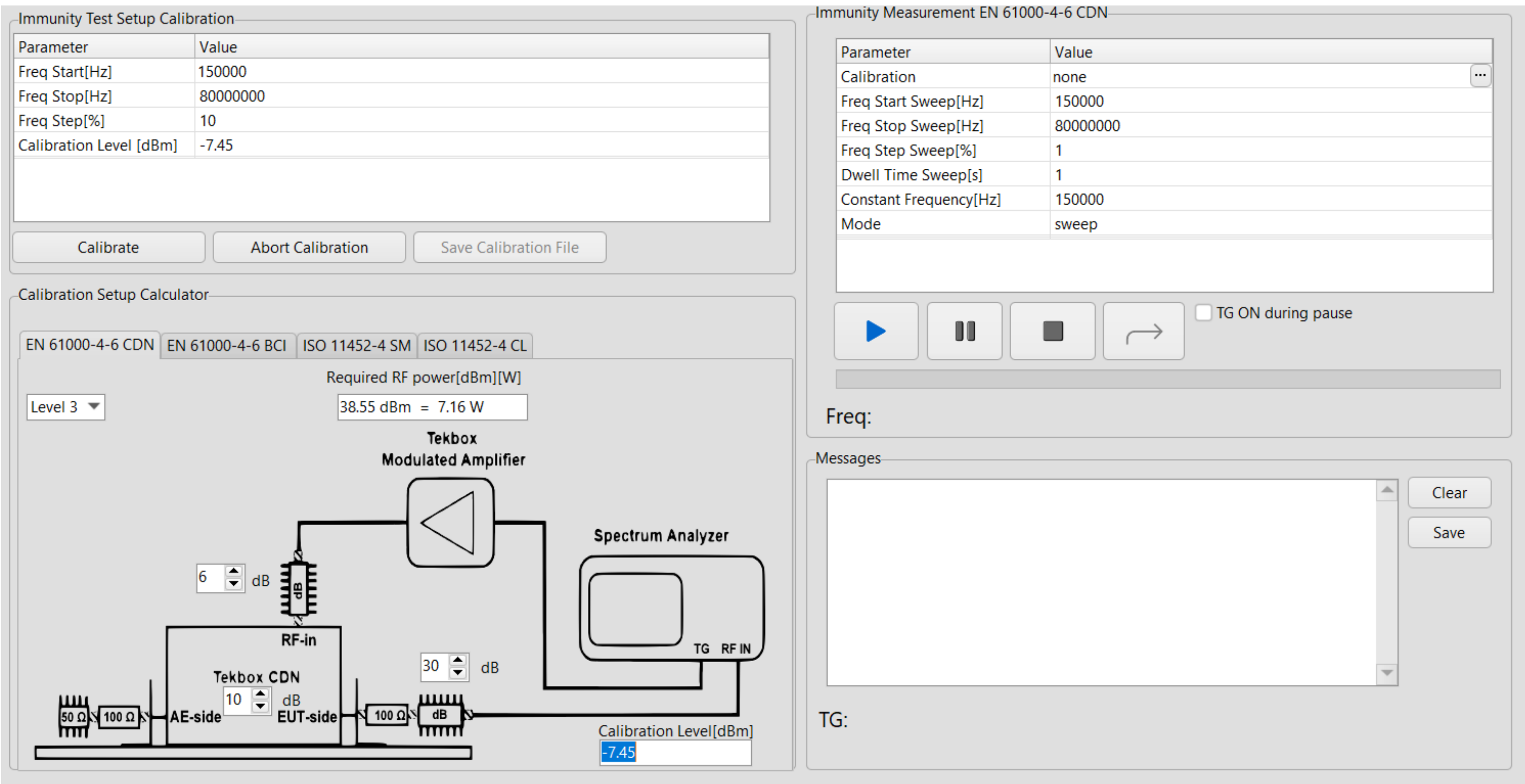
Tekbox为EMC一致性预测试提供了两个不同版本的测试软件.

- EMCview提供了一种功能，用于控制跟踪源的输出频率和电平，并使用恒定的跟踪源电平进行扫描。
- EMCview PRO提供了一个更复杂的功能，能够对基于CDN和BCI的设置进行校准扫描。产生的校准文件用于在抗扰度测试扫描期间设置跟踪发生器电平。

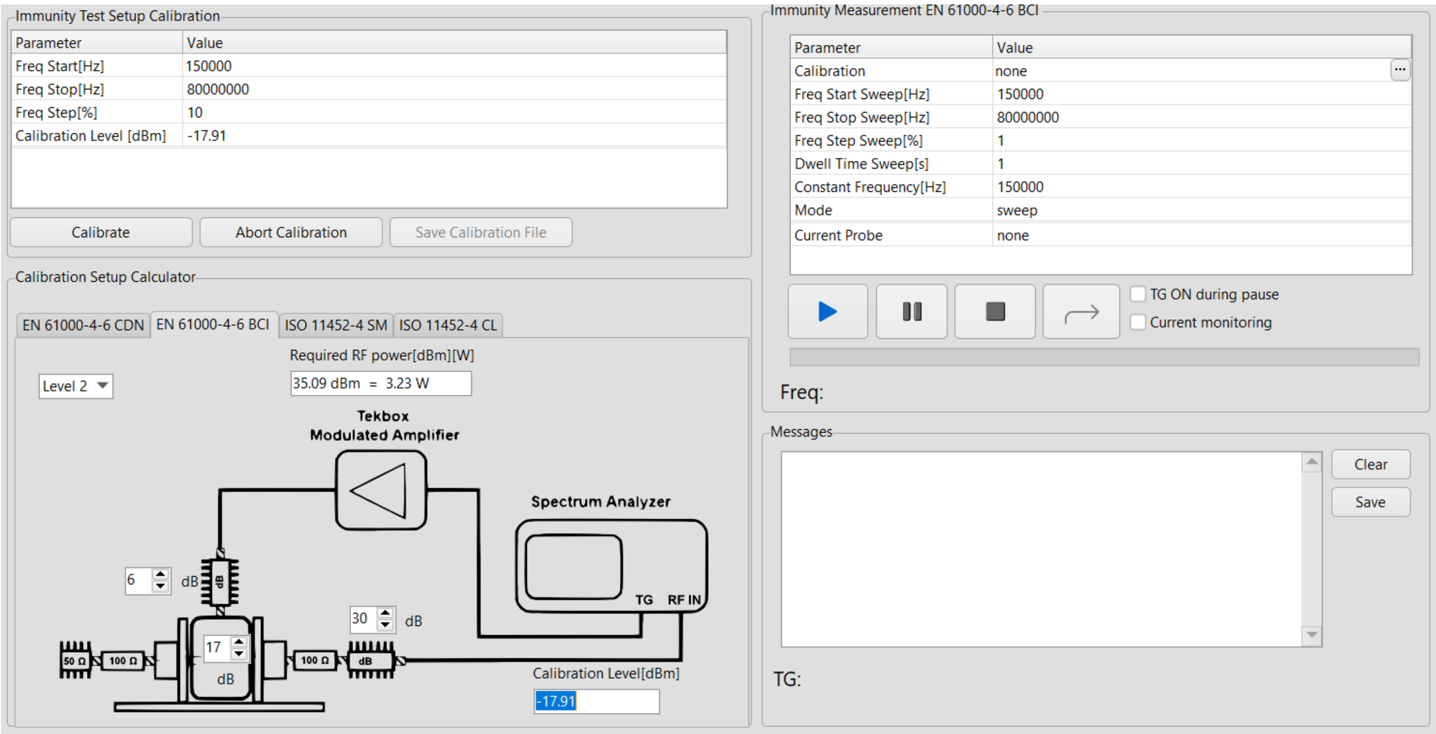
Tekbox EMCview目前支持Rigol、Siglent、Owon、R&S FPC和FPH系列频谱分析仪。



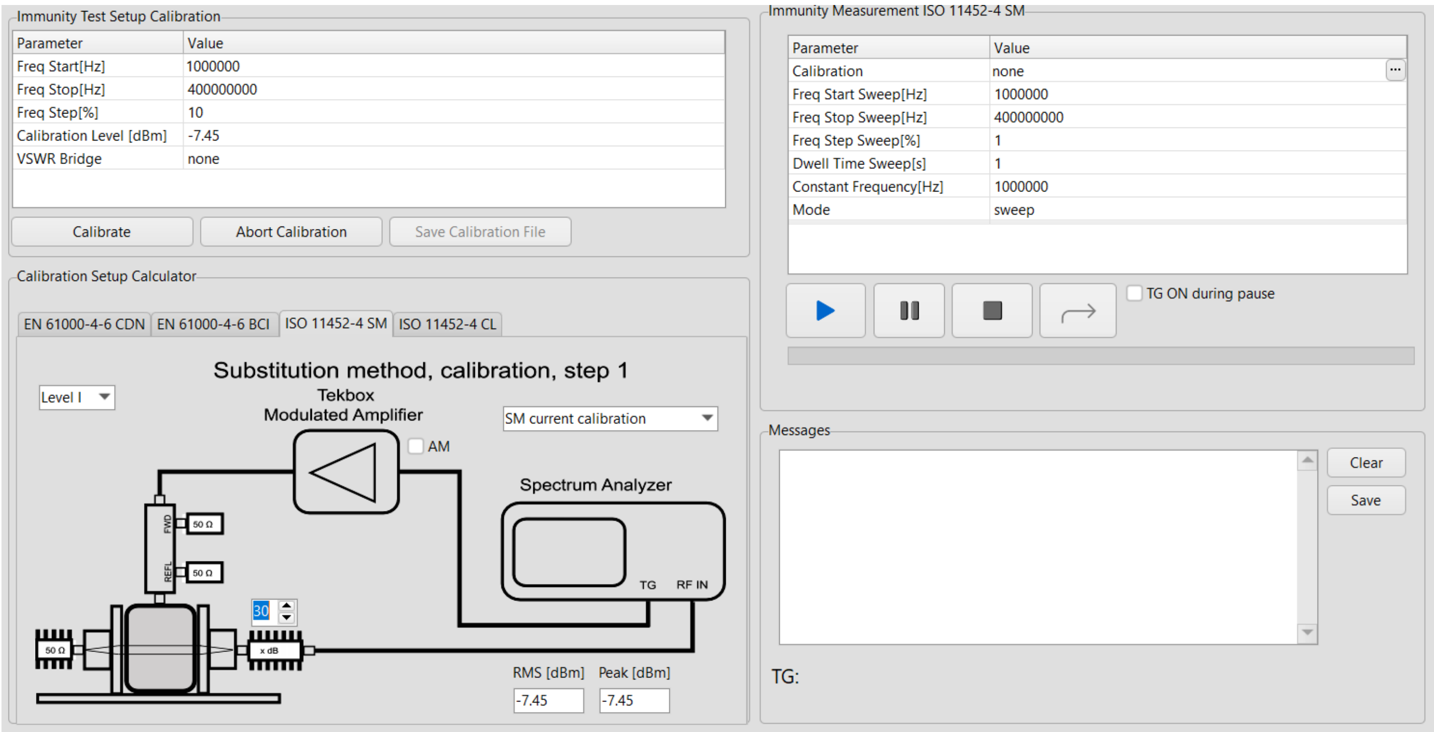
EMCview/EMCview Pro跟踪源控制功能的屏幕截图



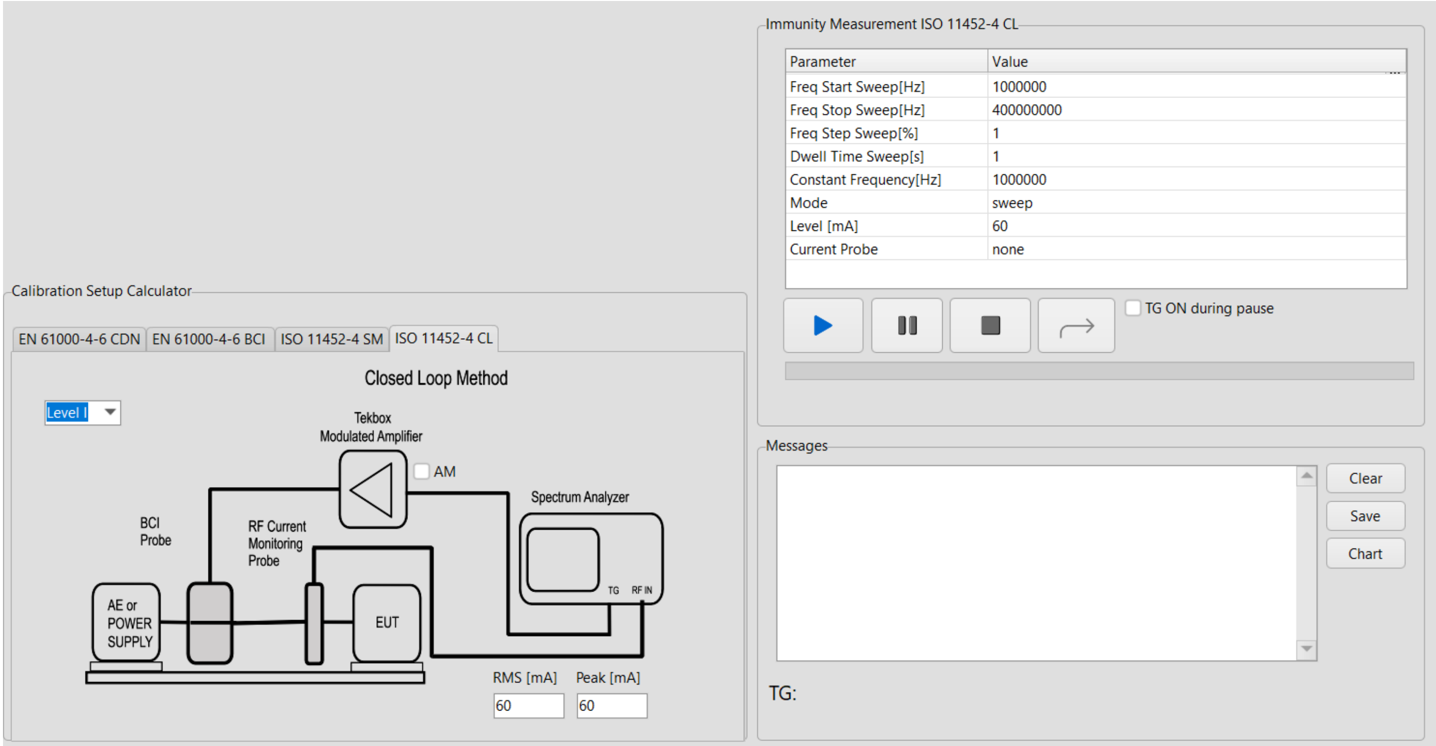
EMCview Pro的CDN抗扰度测试功能截图



EMCview Pro的EN 61000-4-6 BCI抗扰度测试功能截图



EMCview Pro的ISO 11452-4替代法抗扰度测试功能截图



EMCview Pro的ISO 11452-4闭环抗扰度测试功能截图

警告：

切勿将TBMDA-BCI25的输出直接连接到频谱分析仪的输入。请检查频谱分析仪的最大输入额定值，并使用适当的衰减器进行保护。不建议使用开路或短路负载，否则可能会损坏射频输出级。当驱动驻波比（SWR）较差的负载时，请在放大器输出端使用≥3 dB的衰减器。

示例：

Rigol DSA815 – 最大输入功率额定值：+20 dBm

订货信息：

型号	描述
TBMDA-BCI25-EU	调制功率放大器、75cm电缆线（N型）、6dB/30dB衰减器、欧标电源线
TBMDA-BCI25-US	调制功率放大器、75cm电缆线（N型）、6dB/30dB衰减器、美标电源线
TBMDA-BCI25-UK	调制功率放大器、75cm电缆线（N型）、6dB/30dB衰减器、英标电源线
TBMDA-BCI25-AU	调制功率放大器、75cm电缆线（N型）、6dB/30dB衰减器、澳标电源线