

СОВРЕМЕННЫЙ ПОДХОД К ИЗМЕРЕНИЮ ИМПУЛЬСНЫХ РАДИОПОМЕХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АМПЛИТУДНО-ВЕРОЯТНОСТНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ

Д.А. Богаченков, ООО «РОДЕ и ШВАРЦ РУС»
Н.В. Лемешко, АО «Корпорация «Комета»

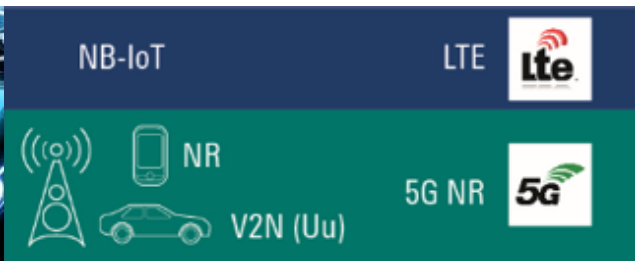
ROHDE & SCHWARZ

Make ideas real



АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЭМС

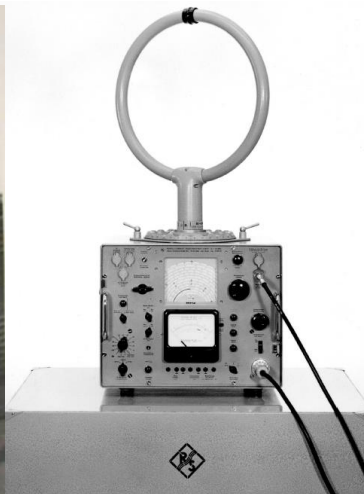
- Усложнение электромагнитной обстановки (ЭМО), повышение пространственной насыщенности;
- Снижение мощности полезных сигналов, миниатюризация устройств, переход к более низким технологическим нормам;
- Расширение полосы помехоэмиссии, увеличение тактовых частот и др.



CISPR - СПЕЦИАЛЬНЫЙ КОМИТЕТ ПО РАДИОПОМЕХАМ

CISPR - Comité International Spécial des Perturbations Radioélectriques
Специальный комитет по радиопомехам, первое собрание в июне 1934 г.

В качестве основной характеристики интенсивности радиопомех
предложено использовать квазипиковый детектор

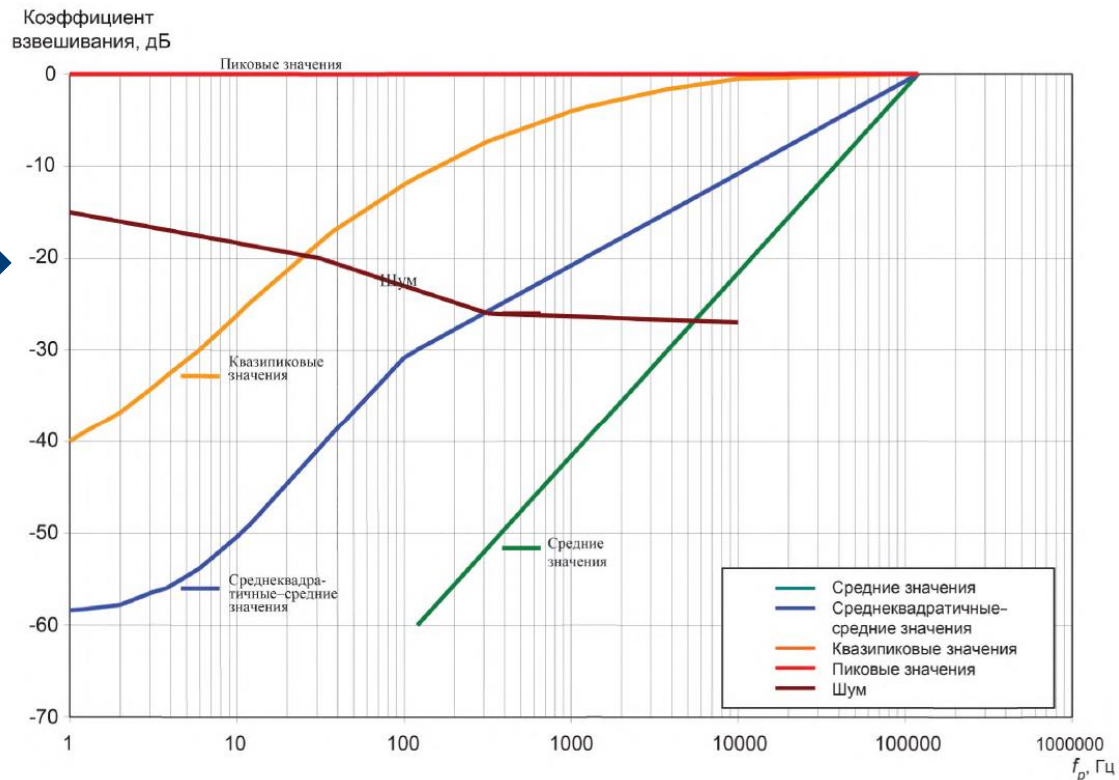
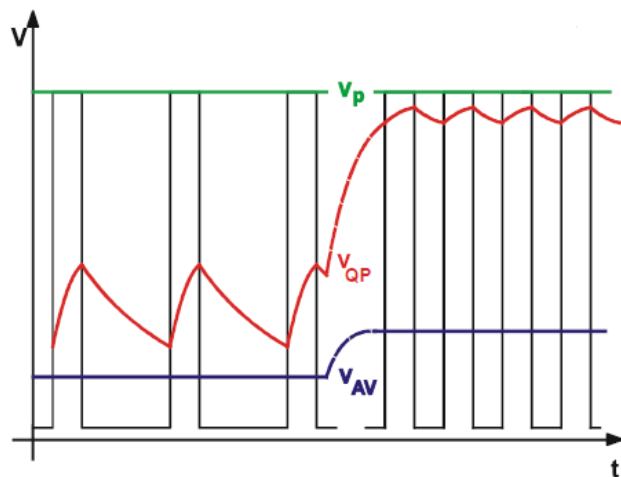


Rohde & Schwarz

фото из открытых источников

ИЗМЕРЕНИЕ ИМПУЛЬСНЫХ ПОМЕХОВЫХ СИГНАЛОВ

Функции взвешивания различных детекторов CISPR определяющие рабочие области для широкополосных импульсных сигналов

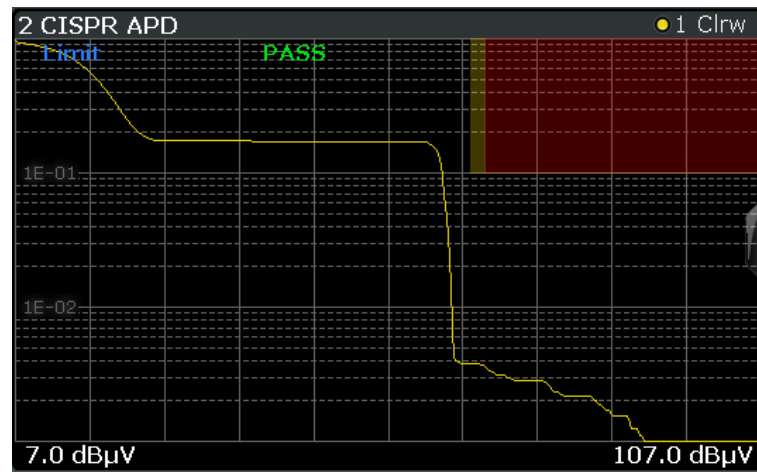
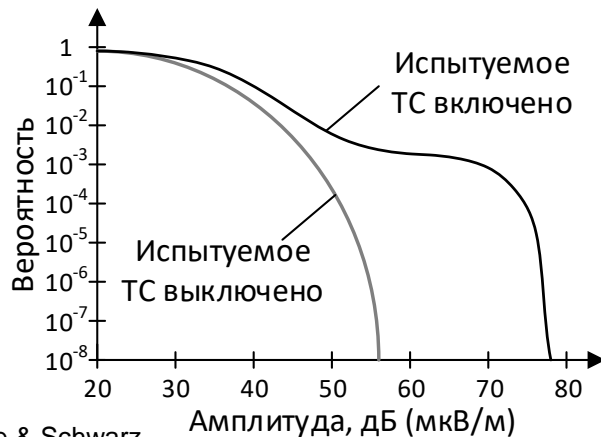


Пример из ГОСТ CISPR 16-1-1-2016

ТРЕБОВАНИЯ СТАНДАРТА CISPR 16-1-1

Измерения вероятностей с использованием функции распределения амплитуд помех целесообразно проводить для изделий или семейств изделий, которые могут создавать помехи цифровым системам связи (ГОСТ CISPR 16-1-1-2016)

Функцию распределения амплитуд помех определяют как совокупное распределение вероятности времени, в течение которого амплитуда помехи превышает установленный уровень.



ПРИМЕРЫ СХЕМ ИЗМЕРЕНИЯ АВР

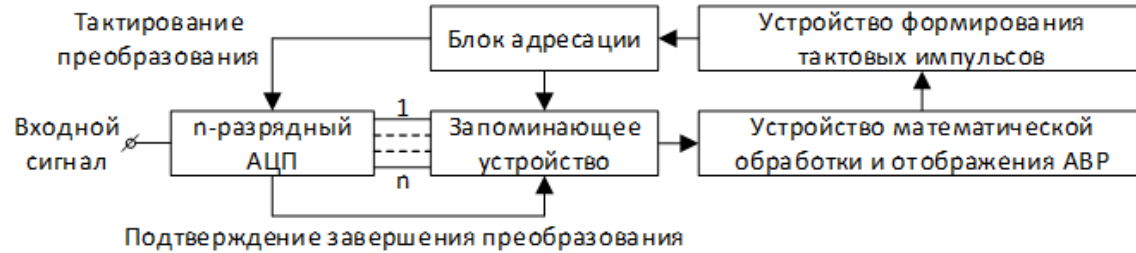


Схема измерения AVR с использованием АЦП

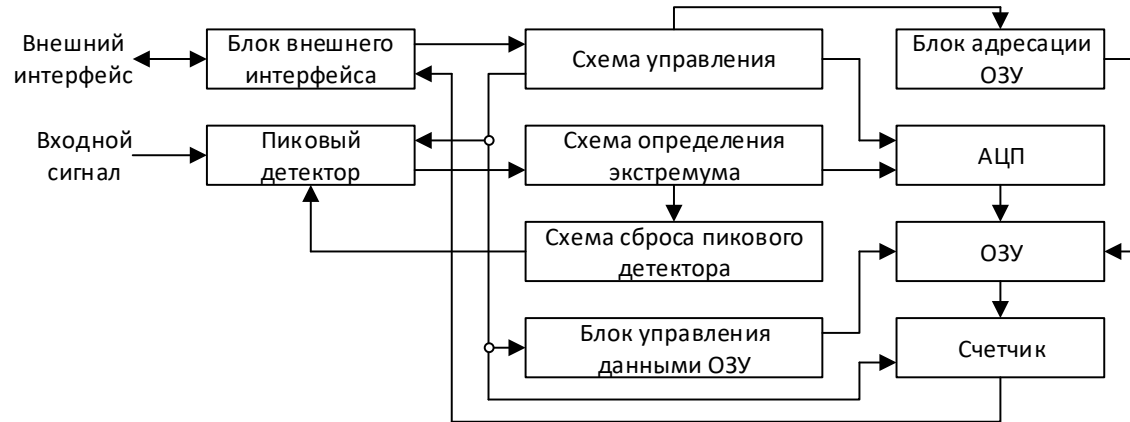
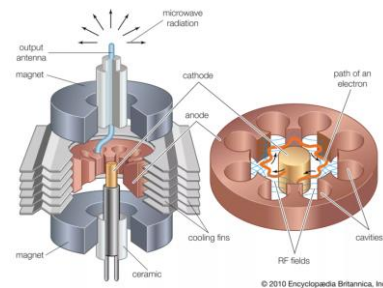


Схема анализа помех с малой частотой повторения

CISPR 11: ПРОМЫШЛЕННЫЕ, НАУЧНЫЕ, МЕДИЦИНСКИЕ И БЫТОВЫЕ ВЧ УСТРОЙСТВА

- Требования проведения измерений АВР для нестабильных радиочастотных эмиссий в диапазоне частот 1 – 18 ГГц

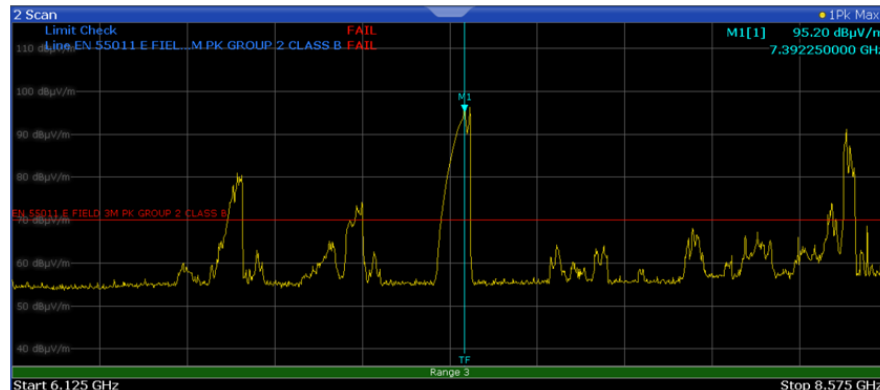
Измерения АВР проводятся для диапазонов: Band I: 1005-2395 МГц, Band II: 2505-17995 МГц с исключением диапазона 5720-5880 МГц



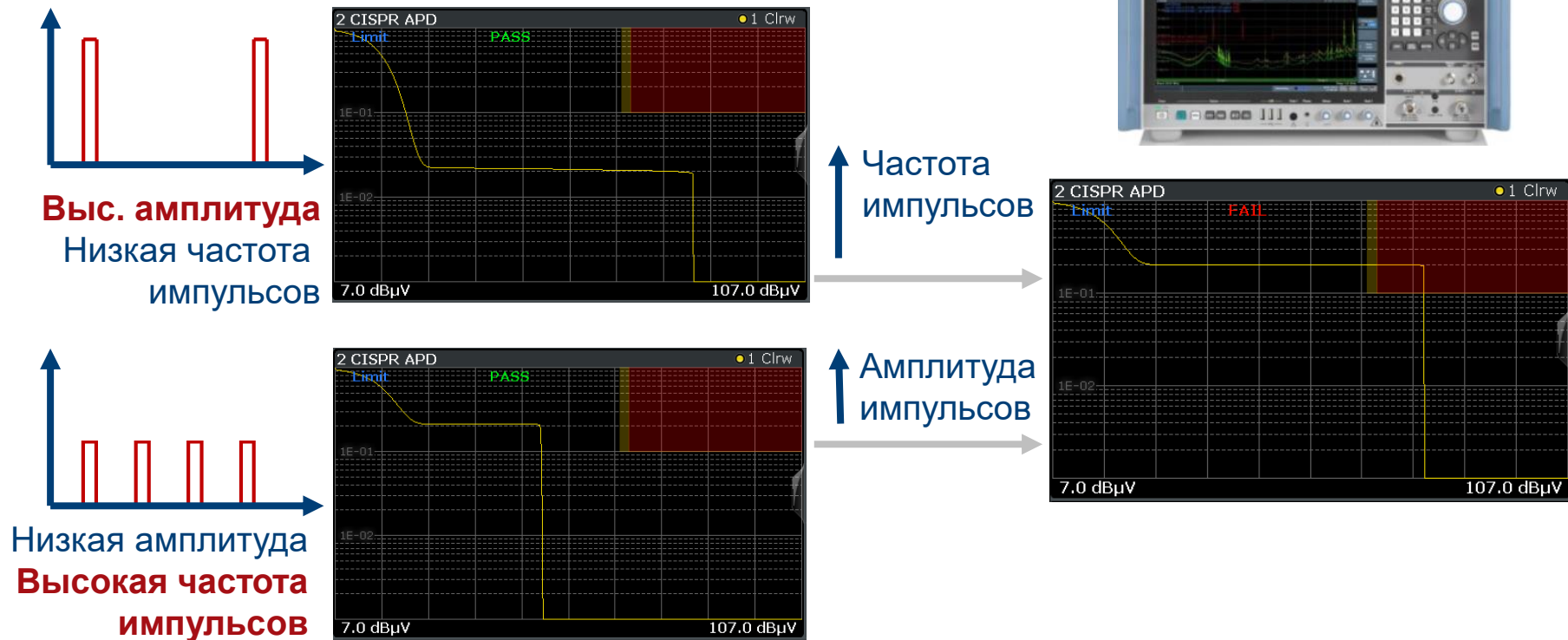
7 поддиапазонов измерений

Harmonics of 2,45 GHz, Order no.	Frequency sub-ranges GHz
Not defined	1,005 to 2,395
2	2,505 to 6,125 ^a
3	6,125 to 8,575
4	8,575 to 11,025
5	11,025 to 13,475
6	13,475 to 15,925
7	15,925 to 17,995

^a Measurements in the ISM band 5,720 GHz to 5,880 GHz are excluded, see Table 1.



ИЗМЕРЕНИЕ АМПЛИТУДНО-ВЕРОЯТНОСТНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ



ESW-K58: MULTI CISPR APD

Настройка режима измерений ABP



Измерительный приемник
R&S ESW с опцией ESW-K58

Measurement Settings | **Evaluation Table**

Frequency Settings
Center Frequency:

Predefined Settings

Measurement Settings
No Of Channels:
Span:
Analysis Bandwidth (ABW):
Acquisition Time:

The diagram illustrates the measurement setup. It shows a frequency axis f [Hz] with a central 'Center Frequency'. The 'Span' is the total frequency range, and the 'ABW' (Analysis Bandwidth) is the width of the individual measurement channels. The channels are labeled as $-\frac{n-1}{2}$ Channel, ..., -1 Channel, 0 Channel, +1 Channel, ..., $+\frac{n-1}{2}$ Channel.

Measurement Settings | **Evaluation Table**

Limit Table

Evaluation

	90.0 MHz	91.0 MHz	92.0 MHz	93.0 MHz	94.0 MHz
Rel Freq	-10.0 MHz	-9.0 MHz	-8.0 MHz	-7.0 MHz	-6.0 MHz
E Limit	70.0 dB μ V	70.0 dB μ V	70.0 dB μ V	70.0 dB μ V	70.0 dB μ V
E Margin	2.0 dB	2.0 dB	2.0 dB	2.0 dB	2.0 dB
P Limit	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
P Margin	0.00001	0.00001	0.00001	0.00001	0.00001

ESW-K58: MULTI CISPR APD

Измерительный приемник
R&S ESW с опцией ESW-K58



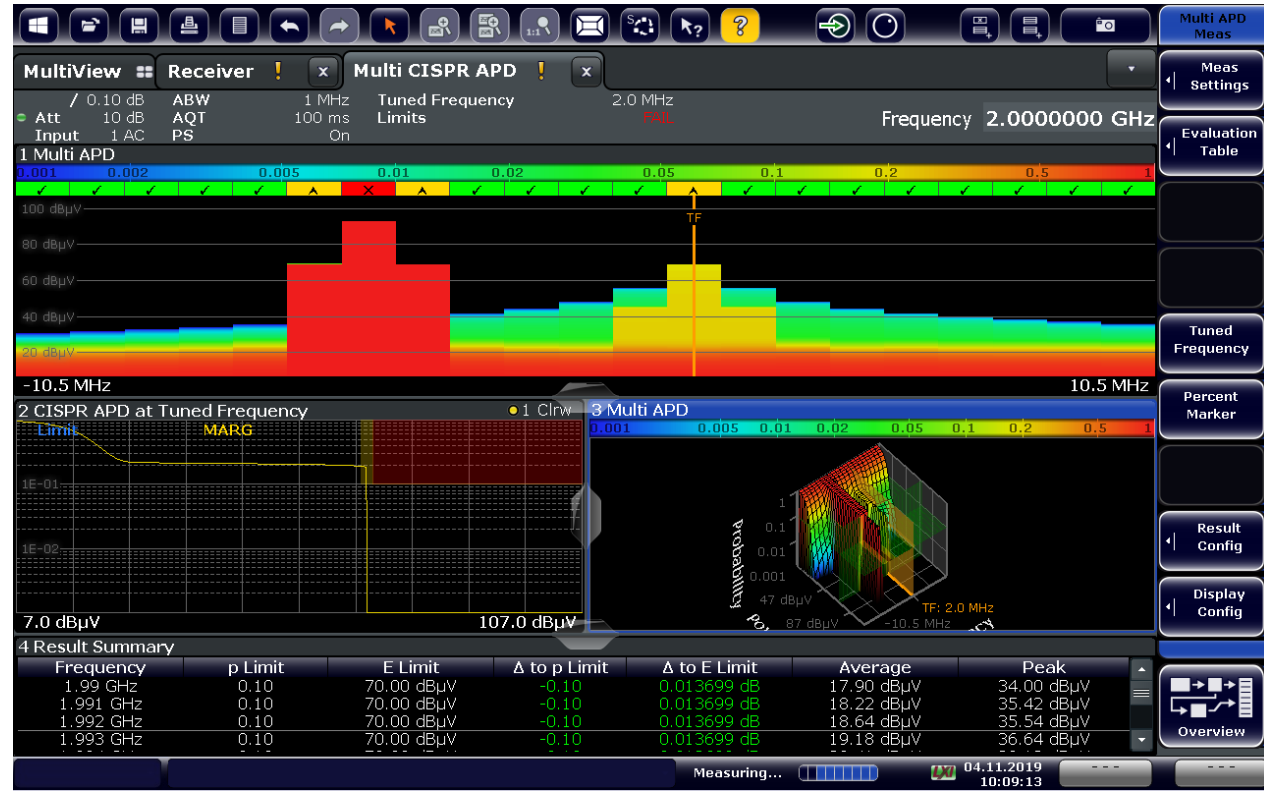
Одновременные измерения ABP
по 21 каналу в полосе до 20 МГц
или 67 каналах в полосе 120 кГц



Распределение ABP
На заданной частоте



Список частот с проверкой
на превышение

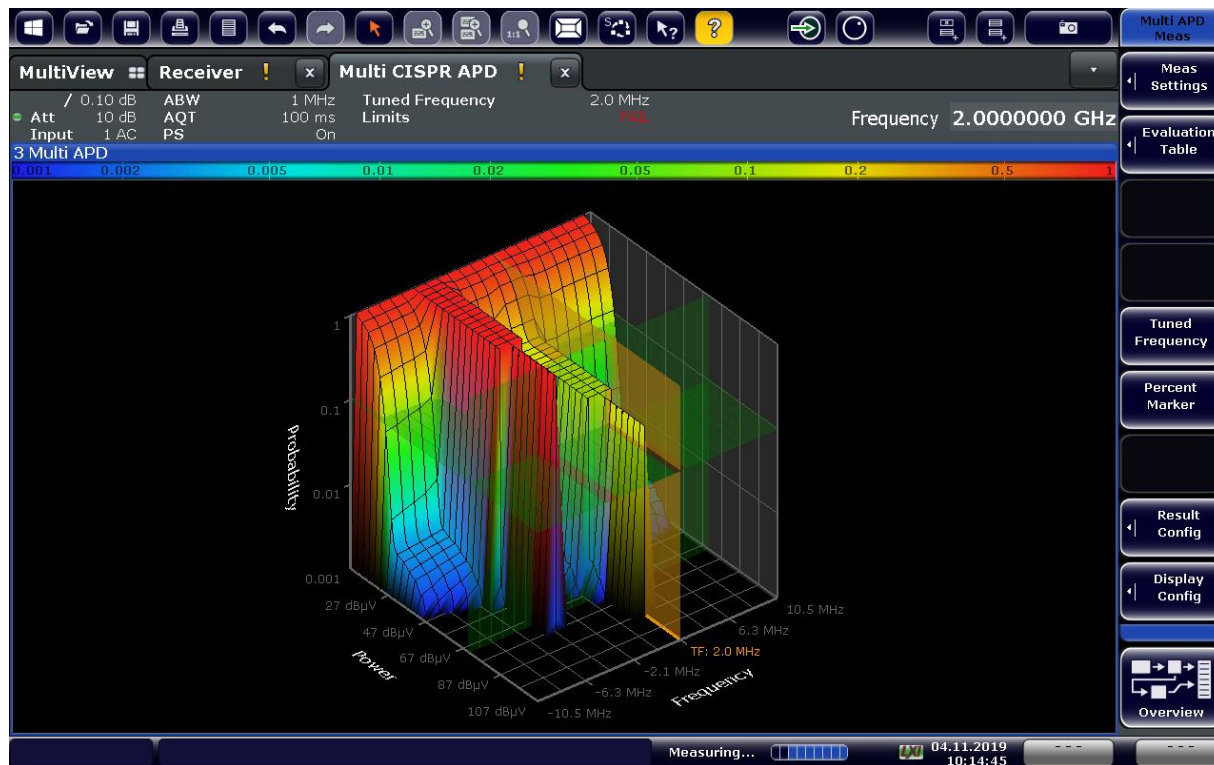


Rohde & Schwarz

ESW-K58: 3D ДИАГРАММА ABP

► 3D – диаграмма ABP

- ✓ Все каналы на одной диаграмме
- ✓ Проверка пределов по каждому каналу
- ✓ Настройка частоты



ИЗМЕРЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ ПО R&S ELEKTRA

The screenshot displays the ELEKTRA 0.43 software interface. The top section shows a list of Test Templates for EN 55011 E Field 10m Group 2 Class B, EN 55011 E Field 10m QP Group 1 Class B, EN 55011 E Field 3m Group 2 Class B above 1 GHz, and EN 55011 E Field 3m Group 2 Class B below 1 GHz. The bottom section shows the EMI Test Receiver configuration, including the Receiver (HL562E), Filter Type (6 dB), and Input Selection (1 AC).

Name	Test Standard	Frequency Range	Measurement Class	User Tags
EN 55011 E Field 10m Group 2 Class B		30 MHz - 1 GHz	EMI	radiatedStand
EN 55011 E Field 10m QP Group 1 Class B		30 MHz - 1 GHz	EMI	radiatedStand
EN 55011 E Field 3m Group 2 Class B above 1 GHz		1 GHz - 6 GHz	EMI	Standard Data
EN 55011 E Field 3m Group 2 Class B below 1 GHz		30 MHz - 1 GHz	EMI	Standard Data

EMI - Electric Field Strength

Active: Frequency Range: 30 MHz - 200 MHz, Meas. BW (Overview): 1 MHz, Hardware Setup: Radiated disturbance (30MHz - 1G), Table 6_Class B_Radiated Distur...

EMI Test Receiver: Receiver-HL562E, HL562E, Maturco NCD Turntable, Maturco NCD Turntable

Settings (Overview): Operating Mode: Test Receiver, Spectrum Analyzer, Scan Mode: Time Domain Scan, Detectors: PK+, CAV, Filter Type: 6 dB

Input Selection: 1 AC, RF Attenuation: 0 dB, Min. Attenuation: 0 dB, Pre-amplifier: 0 dB

The screenshot displays the ELEKTRA 0.43 software interface, showing the EMI Test Receiver configuration and the EMI Graphics and Tables sections. The EMI Test Receiver configuration includes the Receiver (HL562E), Filter Type (6 dB), and Input Selection (1 AC). The EMI Graphics and Tables sections show the Spectrum Overview and the EMI Tables.

EMI Test Receiver: Receiver-HL562E, HL562E, Maturco NCD Turntable, Maturco NCD Turntable

Settings (Overview): Operating Mode: Test Receiver, Spectrum Analyzer, Scan Mode: Time Domain Scan, Detectors: PK+, CAV, Filter Type: 6 dB

Input Selection: 1 AC, RF Attenuation: 0 dB, Min. Attenuation: 0 dB, Pre-amplifier: 0 dB

EMI Graphics: Spectrum Overview, EMI Tables

EMI Test Receiver: Receiver-HL562E, HL562E, Maturco NCD Turntable, Maturco NCD Turntable

Settings (Overview): Operating Mode: Test Receiver, Spectrum Analyzer, Scan Mode: Time Domain Scan, Detectors: PK+, CAV, Filter Type: 6 dB

Input Selection: 1 AC, RF Attenuation: 0 dB, Min. Attenuation: 0 dB, Pre-amplifier: 0 dB

EMI Graphics: Spectrum Overview, EMI Tables

EMI Test Receiver: Receiver-HL562E, HL562E, Maturco NCD Turntable, Maturco NCD Turntable

Settings (Overview): Operating Mode: Test Receiver, Spectrum Analyzer, Scan Mode: Time Domain Scan, Detectors: PK+, CAV, Filter Type: 6 dB

Input Selection: 1 AC, RF Attenuation: 0 dB, Min. Attenuation: 0 dB, Pre-amplifier: 0 dB

EMI Graphics: Spectrum Overview, EMI Tables



Rohde & Schwarz

<https://www.rohde-schwarz.com/software/elektra-emc/>

ЗАКЛЮЧЕНИЕ



- Реализовано многоканальное автоматизированное измерение ABP на базе приемников для сертификационных испытаний R&S ESW в полном соответствии с требованиями ГОСТ CISPR 16-1-1-2016
- Функционал ESW-K58 MULTI CISPR APD обеспечивает одновременное построение ABP по разным каналам, что позволяет существенно экономить время при испытаниях
- Измерения ABP позволяет более точно измерить средние и пиковые значения напряженности электромагнитного поля радиопомех
- В дальнейшем в CISPR планируется расширение типов ТС, для которых будут требоваться измерения ABP: оборудование ISM (CISPR11), мультимедиа (CISPR32) и др.

**СПАСИБО
ЗА ВНИМАНИЕ!**

Богаченков Дмитрий Алексеевич

e-mail: dmirty.bogachenkov@rohde-schwarz.com



Rohde & Schwarz